รายงานการวิจัย

โครงการ

การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

โดย

1. นายสุรินทร์ หาญถาวรชัย 31.1369

2. นายสุฤทธิ์ ทิพยมาลย์สิงห์ 31.1371

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา SPECIAL PROJECT ปีการศึกษา 2534

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007719

หน้าอนุมัติ

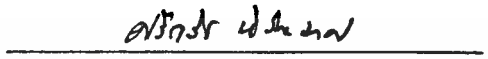
ภาควิชา วิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

อาจารย์ สุรัตน์ หวังเจริญ

(หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>กรรมการวัดผลโครงงาน</u>

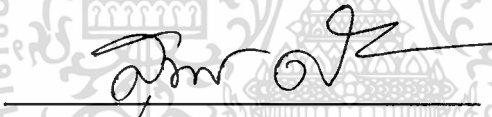


อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ

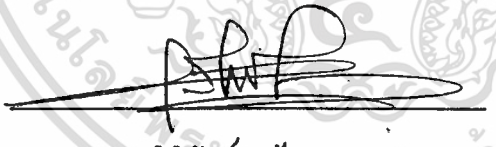
กรรมการ

อ. สุรัตน์ หวังเจริญ



กรรมการ

อ. สุพจน์ ศรีนิล

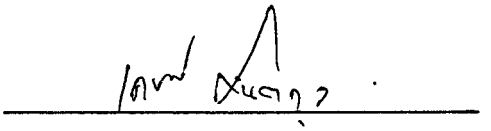


กรรมการ

ผศ. ศิริวัฒน์ ไชยชนะ

กรรมการ

อ. วิบูลย์ วุฒิญาณ



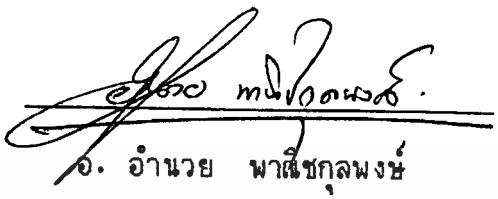
กรรมการ

อ. เกษม อมันตกุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

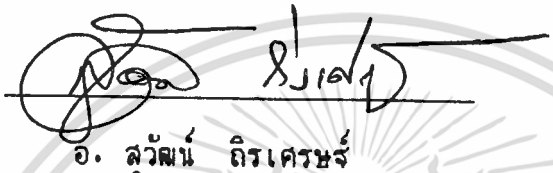
_____ กรรมการ

อ. ศิลป์ชัย จานสุวรรณ



กรรมการ

อ. อำนวย พาณิชกุลพงษ์



กรรมการ

อ. สุวัฒน์ ถิรเศรษฐ์

กรรมการ

อ. ศักดิ์ชัย สถานุพงษ์

กรรมการ

ผศ. ดร. แดง เหรียญสุวรรณ

กรรมการ

อ. สกุล ห่อวโนทยาน

กรรมการ

อ. จักรพงษ์ พงษ์เพ็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

หัวข้อปริญญานิพนธ์

" การวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ "

(Prestressed concrete Analysis & Design by Microcomputer)

โดย นาย สุรินทร์ หาญถาวรชัย 31.1369

นาย สุฤทธ์ ทิพยมาลย์สิงห์ 31.1371

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ

ในปัจจุบัน การก่อสร้างโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง นับว่าเป็นที่แพร่หลายอย่างมาก ดังนั้นขั้นตอนในการออกแบบจึงถือว่าเป็นส่วนสำคัญในงาน ซึ่งขั้นตอนการออกแบบสำหรับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง มีกระบวนการที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน เพราะมีสูตร และข้อกำหนดมากมาย ซึ่งอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นการนำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบจึงมีความเหมาะสม เพราะไมโครคอมพิวเตอร์มีการคำนวนที่แม่นยำและถูกต้องมากกว่าการคำนวนด้วยมือมาก

เนื่องจากเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้น ทางผู้จัดทำจึงเล็งเห็นถึงข้อได้เปรียบในการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ในการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ซึ่งชนิดของโครงสร้างในปริญญานิพนธ์ มีดังนี้

- คานคอนกรีตอัดแรง แบบ Simple Beam
- พื้นคอนกรีตอัดแรงแบบสองทาง four edges support

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี ก็เนื่องจากการช่วยเหลือจากอาจารย์และเพื่อนๆ หลายคน ที่ได้ให้คำแนะนำรวมทั้งช่วยเหลือ โดยเฉพาะ ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่คอยแนะแนวทางในการดำเนินงานมาโดยตลอด ซึ่งทางผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอขอบพระคุณบริษัท Posten Engineering จำกัด ที่ได้กรุณาให้เอกสารประกอบในงานนี้

ท้ายที่สุดนี้ หาก ปริญญานิพนธ์ ฉบับนี้มีข้อผิดพลาด หรือข้อบกพร่องประการใด ทางคณะผู้จัดทำก็ขอน้อมรับไว้

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญลักษณ์

A_c = เนื้อที่หน้าตัดของคอนกรีตในโครงสร้างคาน

A_{sc} = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมอัดแรงที่ต้องใช้

A_{sf} = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริม ซึ่งทำให้เกิดกำลังอัดของปีกคานที่ยื่นในหน้าตัดรูปตัว I และ T

A_{sr} = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมอัดแรงเป็นกลุ่ม ๆ ที่ต้องการสำหรับตัวคาน

A_v = เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน ทำหน้าที่รับแรงดึงภายในระยะ s ซึ่งวัดในทิศทางขนานกับเหล็กเสริมตามยาว

a,a' = ระยะความลึกของ Stress Block รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเทียบเท่าที่พิจารณาของคานคอนกรีต โดยทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง

b = ความกว้างของผิวหน้าซึ่งรับแรงอัดของโครงอาคารรับแรงดัด

b = ความกว้างของพื้นคิดต่อ 1 เมตร

b' = ความกว้างของตัวคานส่วน web ในหน้าตัดรูป I และ T

c,c' = แรงอัดในคอนกรีตโดยทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง

c_c = สัมประสิทธิ์ของการล้าของคอนกรีต

C = ระยะขอบผิวซึ่งเกิดแรงอัดสูงสุดไปยังแกนสะเทินที่กำลังประลัย

c_b,c_t = ระยะวัดจากแกนสะเทินไปยังขอบผิวล่าง และบนของคอนกรีตอัดแรงตามลำดับ (กรณีก่อนนำไปใช้งาน)

c_b',c_t' = ระยะวัดจากแกนสะเทินไปยังขอบผิวล่าง และบนของคอนกรีตอัดแรงตามลำดับ (กรณีนำไปใช้งาน)

c.g. = จุดศูนย์ถ่วง

c.g.c = จุดศูนย์ถ่วงของคอนกรีต

c.g.s = จุดศูนย์ถ่วงของเหล็กเสริม

C_x = ค่าสัมประสิทธิ์ของการหาโมเมนต์ลบในการออกแบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสองทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C_y = ค่าสัมประสิทธิ์ของการหาโมเมนต์บวกในการออกแบบพื้นคอนกรีตอัดแรงสองทาง

d = ความลึกประสิทธิผลในโครงสร้าง

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของเหล็กเสริม

DL = น้ำหนักใช้งานคงที่

E_c = โมดูลัสยืดหยุ่นของคอนกรีต

E_s = โมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กเสริม

e, e' = ระยะเยื้องศูนย์ของแรงลัพธ์ที่กระทำก่อนใช้งาน และขณะใช้งาน

e = ฐานของนาปิเลียนลอกการิทึม

F = แรงอัดที่ใช้ในการอัดแรง

F_s = แรงอัดประสิทธิผลในคอนกรีตอัดแรง

F_{sc} = แรงดึงที่จุดคลากของเหล็กเสริม

F_o = แรงอัดเมื่อเริ่มอัดแรงในคอนกรีตก่อนการถ่ายแรง

f = หน่วยแรงดัด

f_b, f_b' = หน่วยแรงที่ยอมให้ที่ผิวล่างของคอนกรีตก่อนนำไปใช้งานและขณะใช้งานตามลำดับ

f_t, f_t' = หน่วยแรงที่ยอมให้ที่ผิวบนของคอนกรีตก่อนนำไปใช้งานและขณะใช้งานตามลำดับ

f_{br} = หน่วยแรงรวมเมื่อสูญเสีย

f_c = หน่วยแรงอัดในคอนกรีต

fc' = กำลังอัดประลัยของคอนกรีตรูปทรงกระบอกเมื่ออายุ 28 วัน

fci' = กำลังอัดของคอนกรีตเมื่อเวลาเริ่มอัดแรงในคอนกรีต

f_{cp} = หน่วยแรงกดของคอนกรีตที่ปลายยึดในระบบอัดแรงทีหลัง

f_{cr} = หน่วยแรงดึงที่ผิวนอกสุดของคอนกรีต

f_{inf} = หน่วยแรงในคอนกรีตที่ด้านล่างของหน้าตัด

f_{pc} = หน่วยแรงอัดในคอนกรีตหลังจากการสูญเสียกำลังอัดต่าง ๆ แล้วที่ตรงศูนย์ถ่วงของหน้าตัดรับแรงกระทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

f_{cc} = หน่วยแรงอัดในคอนกรีตอันเนื่องมาจากการอัดแรงเพียงอย่างเดียว ณ ผิวนอกสุดของหน้าตัด หลังจากการสูญเสียการอัดแรงแล้ว

f_{pc} = หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่จุดรับแรงประลัย

f_{pu} = หน่วยแรงดึงประลัยของเหล็กเสริม

f_s = หน่วยแรงดึงของเหล็กเสริม

f_{se} = หน่วยแรงดึงประสิทธิผลของเหล็กเสริมอัดแรงหลังจากหักค่าการสูญเสียในการอัดแรงแล้ว

f_{si} = หน่วยแรงดึงเริ่มแรกในเหล็กเสริมอัดแรง

f_y = กำลังคลากของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

h = ความหนาของพื้น

I = โมเมนต์อินเนอร์เชีย

I' = โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดร่วม

I_{cr} = โมเมนต์อินเนอร์เชียของหน้าตัดแตกร้าวภายหลังการใช้งาน

J = อัตราส่วนของระยะระหว่างศูนย์ถ่วงของแรงอัด และศูนย์ถ่วงของแรงดึงต่อความลึก d

K = สัมประสิทธิ์เสียดทานเนื่องจากความคดต่อความยาวเป็นเมตรของเหล็กเสริมอัดแรง

K' = ค่าคงที่ใช้ในการคำนวณระยะความลึกของ ($A_s*f_y/k_1*fc'*b*d$)

k1 = ค่าคงที่เท่ากับ 0.85 ใช้คูณเพื่อความปลอดภัย

k_b, k_t = ตำแหน่งที่หน่วยแรงดึงเป็นศูนย์ (Kern Point) วัดจากแกนสะเทินอยู่ใต้ และเหนือแกนสะเทินตามลำดับ

LL = น้ำหนักบรรทุกจร

L = ความยาวยืดเหนี่ยว

l = ความยาวช่วงระหว่างเสา

M_{cr} = โมเมนต์ดัดแตกร้าว

M_{cx} = โมเมนต์ที่ใช้คำนวณในการหาแรงดึงของเหล็กแนวแกน x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

M_D, M_G = โมเมนต์เนื่องมาจากน้ำหนักของโครงสร้าง

M_L = โมเมนต์เนื่องมาจากน้ำหนักจร

M_{max} = โมเมนต์ที่ใช้คำนวณในการหาแรงดึงของเหล็กในแต่ละแนวของพื้นไร้คาน

M_{ux} = โมเมนต์ดัดประลัยในแนวแกน x

M_{umax} = โมเมนต์ดัดประลัยที่ยอมให้ในแนวแกน x

M_{xn} = โมเมนต์ลบในแนว x ของพื้นสองทาง

M_{xp} = โมเมนต์บวกในแนว x ของพื้นสองทาง

M_T = โมเมนต์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

m = I/c_b

I'/c_b'

m_t = I/c_t

I'/c_t'

N.A. = แนวแกนสะเทิน

N_x = จำนวนเหล็กในแนวแกน x ในพื้นสองทาง

n = อัตราส่วนโมดูลัสยืดหยุ่นของเหล็กต่อคอนกรีต

r = รัศมีไจเรชั่นของเนื้อที่คอนกรีตทั้งหมดของหน้าตัด

S = ระยะห่างของเหล็กปลอกเกลียวในทิศทางขนานกับเหล็กเสริมตามยาว

T = แรงดึงในเหล็กเสริม

T' = แรงดึงในเหล็กเสริมในกรณีเหล็กเสริมน้อยกว่าสภาวะสมดุล

T_b = แรงดึงในเหล็กเสริมในกรณีสภาวะสมดุล

T_f = แรงดึงในเหล็กเสริมในส่วนของปีกคาน่ตัว I หรือ T

T_o = แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่ปลายยึด

T_x = แรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่ระยะ x

t_f = ความหนาของปีกคานรูปตัว I หรือ T

u = หน่วยแรงยึดเหนี่ยว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V = แรงเฉือนทั้งหมด

V_c = แรงเฉือนของคอนกรีตที่สามารถรับได้

V_{ci} = แรงเฉือนที่รอยแตกทแยงเนื่องจากน้ำหนักทั้งหมด เมื่อรอยแตกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดร่วมกัน

V_{cw} = แรงเฉือนที่รอยแตกทแยงเนื่องจากน้ำหนักทั้งหมด เมื่อรอยแตกดังกล่าวเกิดขึ้นเนื่องจากแรงดึงหลักในตัวคานมากเกินควร

V_d = ค่าแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหรักบรรทุกคงที่

V_p = อัตราส่วนระหว่างแนวดิ่งต่อแนวราบคูณกับแรงอัดประสิทธิผล ณ หน้าตัดที่พิจารณา

V_u = แรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักประลัยที่กำหนด

V_y = หน่วยแรงเฉือนในแนวระดับที่พิจารณา

v_u = หน่วยแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักประลัยที่กำหนด

v_y = แรงเฉือนในแนวระดับที่พิจารณา

W = แรงลม

w = น้ำหนักต่อหน่วยความยาว

w_d = น้ำหนักของคาน

X = อัตราส่วนแรงสูญเสียหลังจากถ่ายแรง

y, y' = ระยะที่พิจารณาวัดจากแกนสะเทินของหน้าตัดธรรมดา และหน้าตัดประกอบ

Z = ค่าโมดูลัสของหน้าตัด

Z_b, Z_t = ค่าโมดูลัสที่ส่วนบน และส่วนล่างของหน้าตัด

ϕ = ตัวคูณลดค่ากำลังประลัย

ρ = หน่วยการหดตัวของคอนกรีต

α = มุมเอียงระหว่างเหล็กเสริมรับแรงเฉือน กับแกนตามยาวของอาคาร

μ = สัมประสิทธิ์ความผิดเนื่องจากความโค้ง

Δs = ระยะลื่นไถลของปลายยึด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

β_1 = ตัวคูณลดค่ากำลังประลัยของคอนกรีต

ρ = อัตราส่วนของเนื้อที่เหล็กเสริมรับแรงดึงต่อเนื้อที่ประสิทธิผลของคอนกรีตในคานรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า หรือในคานซี่งมีปีก

ρ_b = อัตราส่วนเหล็กเสริมซึ่งทำให้เกิดสภาวะสมดุล

ρ_{min} = อัตราส่วนเหล็กเสริมน้อยที่สุดที่ยอมให้

ϕ_c = หน่วยการหดตัวของคอนกรีต

ϕ_{cu} = หน่วยการหดตัวสูงสุดของคอนกรีต ณ จุดประลัย

ϕ_s = หน่วยการยืดตัวของเหล็กเสริม

ϕ_{su} = หน่วยการยืดหดตัวของเหล็กเสริม ณ จุดประลัย

****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
หน้าอนุมัติ		ก
กรรมการวัดผลโครงการ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ง
บทคัดย่อ		จ
สัญญลักษณ์		ฉ
บทที่ 1	บทนำ	
	1.1 ที่มาโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง	1
	1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย	3
	1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
	1.4 แนวทางของปริญญานิพนธ์	4
บทที่ 2	ทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง	
	2.1 โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง	6
	2.2 การวิเคราะห์และการตรวจสอบหน้าตัด	19
	2.3 การออกแบบหน้าตัดรับแรงดัด	42
บทที่ 3	การจัดระบบโปรแกรม	
	3.1 บทนำ	57
	3.2 การจัดระบบ	57
	3.3 โปรแกรมย่อย	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 คู่มือการใช้โปรแกรม

4.1 อุปกรณ์ในการใช้โปรแกรม 60

4.2 การเริ่มต้นโปรแกรม 60

4.3 การเลือกใช้โปรแกรมในส่วน คาน 60

4.4 การเลือกใช้โปรแกรมในส่วน พื้น 68

บทที่ 5 การวิเคราะห์และสรุปผล

5.1 การวิเคราะห์ผล 71

5.2 การสรุปผลและวิจารณ์ 72

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเทียบกับคำนวนด้วยมือ 75

ภาคผนวก ข. แผนภูมิการคำนวนของโปรแกรม 86

ภาคผนวก ค. ขั้นตอนการคำนวน 97

ภาคผนวก ง. การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง Posttension 106

ภาคผนวก จ. โปรแกรม PSTRESS 127

บรรณานุกรม 236

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การวิเคราะห์โครงสร้างและการออกแบบโครงสร้างเป็นขั้นตอนที่สำคัญอย่างยิ่งขั้นต่อนหนึ่งในงานทางด้านวิศวกรรมโยธา เพราะถือว่าเป็นขั้นตอนลำดับแรกสุดในงานการก่อสร้างก็ว่าได้ ดังนั้นหากขั้นตอนในการวิเคราะห์และออกแบบโครงสร้างเกิดมีการผิดพลาดขึ้น จะเนื่องจากสาเหตุใดๆ ก็ตาม จะทำให้เกิดมีผลเสียหายในขั้นตอนต่อมาเป็นอย่างมาก ดังนั้น ขั้นตอนการออกแบบโครงสร้างจึงเป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยในการออกแบบจะต้องได้รูปร่างโครงสร้างขนาดที่ถูกต้องตลอดจนความปลอดภัยในการใช้งาน ความเหมาะสมและรวมถึงความสะดวกในการใช้งานด้วย

1.1 โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง

โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง เป็นโครงสร้างหนึ่งซึ่งในปัจจุบันนิยมกันโดยแพร่หลายในงานที่ต้องการโครงสร้างซึ่งสามารถรับน้ำหนักบรรทุกจรสูงๆ และมีช่วงของโครงสร้างยาวมาก ซึ่งการจะใช้โครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดาสำหรับงานประเภทนี้จะต้องใช้หน้าตัดคอนกรีตที่มีขนาดใหญ่ และปริมาณเหล็กเสริมก็ต้องใช้มากด้วยเพื่อที่จะต้านทานต่อโมเมนต์ดัด และแรงเฉือนที่เกิดขึ้น และเพื่อป้องกันการแตกร้าวที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีแรงดึงบนผิวคอนกรีต ซึ่งเป็นเพราะคอนกรีตมีความต้านทานต่อแรงดึงน้อยมาก เมื่อเทียบกับความต้านทานต่อแรงอัด นอกจากนี้ยังทำให้อัตราส่วนน้ำหนักของตัวมันเองต่อน้ำหนักจรค่อนข้างสูง การออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กจะทำให้ต้องใช้วัสดุเป็นปริมาณมากซึ่งเป็นการไม่ประหยัด และเพื่อที่จะลดน้ำหนักของโครงสร้างเอง และประหยัดปริมาณของวัสดุ ในโครงสร้างช่วงยาวๆ และรับน้ำหนักมากจึงนิยมใช้โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ซึ่งสามารถออกแบบให้มีขนาดเล็กกว่าและน้ำหนักน้อยกว่าได้ และยังช่วยป้องกันการแตกร้าวของคอนกรีตได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการพิจารณาข้อดีและข้อเสียระหว่างคอนกรีตอัดแรง และคอนกรีตเสริมเหล็กจะต้องพิจารณาหลักเกณฑ์ที่จะใช้เปรียบเทียบ

ประการแรก คือ วัสดุที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจำเป็นต้องใช้เหล็กกำลังสูง ทั้งนี้เพื่อให้แรงอัดสุทธิหลังจากเกิดการสูญเสียแรงไปแล้วยังมีขนาดสูงพอที่จะต้านทานน้ำหนักบรรทุกภายนอกได้ และการใช้เหล็กกำลังสูงนี้ก็สอดคล้องกับคอนกรีตกำลังสูง เพราะนอกจากคอนกรีตกำลังสูงจะมีการคืบและการหดตัวน้อยกว่าคอนกรีตกำลังปกติแล้ว การใช้คอนกรีตกำลังสูงยังมีความจำเป็นในการต้านทานหน่วยแรงยึดเกาะสูงที่เกิดขึ้นขณะถ่ายแรงอัดในคานแบบชนิดดึงเหล็กก่อน หรือ เพื่อต้านทานหน้วยแรงกดเนื่องจากอุปกรณ์ยึดเหล็ก (anchorage) ขณะถ่ายแรงในคานแบบอัดแรงทีหลัง

ประการที่สอง คือ ความปลอดภัย ในประเด็นนี้ คอนกรีตอัดแรงมีระดับความปลอดภัยที่สภาวะประลัยใกล้เคียงกับคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับการออกแบบและมาตรฐานการควบคุมการก่อสร้าง อย่างไรก็ดีคอนกรีตอัดแรงอาจจะมีระดับความปลอดภัยสูงกว่าเล็กน้อย คอนกรีตอัดแรงมีความต้านทานต่อการผุกร่อนได้ดีกว่าเนื่องจากไม่มีรอยร้าวในช่วงรับน้ำหนักบรรทุกปกติ ส่วนในประเด็นเรื่องความปลอดภัยเนื่องจากเพลิงไหม้ เหล็กกำลังสูงภายใต้หน่วยแรงดึงสูงจะเสียกำลังเมื่อถูกความร้อนได้มากกว่าเหล็กกล้าละมุนที่ใช้ในคอนกรีตเสริมเหล็ก อย่างไรก็ดี ความหนาของคอนกรีตที่ห่อหุ้มเหล็กในคอนกรีตอัดแรงจะหนากว่าเมื่อเทียบกับคอนกรีตเสริมเหล็ก ทั้งนี้เนื่องจากแนวเหล็ก tendon เป็นแนวโค้ง ในด้านการออกแบบและการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรงต้องการการวางแผนเนื้อที่ใช้สอยที่แน่นอนเช่น ตำแหน่งช่องเปิดของพื้นเพื่อวางท่อ จะต้องรู้ตำแหน่งแน่นอน เพราะเมื่อก่อสร้างเสร็จแล้วจะเจาะพื้นนั้นทำได้ยากกว่าพื้นคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนี้ยังเป็นอันตรายอีกด้วยหากเหล็กเสริมเกิดการชำรุดหรือแนวโค้งเปลี่ยนไป

ประการที่สาม เกี่ยวกับรูปร่างและการแอ่นตัว องค์อาคารคอนกรีตอัดแรงมีน้ำหนักเบา และความลึกของหน้าตัดน้อยเมื่อเทียบกับคอนกรีตเสริมเหล็กที่รับน้ำหนักเท่ากัน ดังนั้นจึงเหมาะกับการก่อสร้างช่วงยาวๆ การแอ่นตัวสุทธิขององค์อาคารจะน้อยกว่าในคอนกรีตเสริมเหล็ก นอกจากนี้รูปร่างของหน้าตัดของคอนกรีตอัดแรงยังสามารถออกแบบให้เหมาะสมทางสถาปัตยกรรมได้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ในการวิจัย

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าในปัจจุบันโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงถือได้ว่าเป็นโครงสร้างชนิดหนึ่งซึ่งมีความสำคัญมาก อีกทั้งยังมีขั้นตอนการวิเคราะห์ออกแบบที่ยุ่งยากซับซ้อน เนื่องจากมีตัวแปร และสูตรในการคำนวน รวมทั้งข้อกำหนดต่างๆ มากมาย และในการวิเคราะห์เพื่อออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงจะต้องทำการวิเคราะห์และคำนวนซ้ำๆ กันหลายครั้ง หรือที่เรียกกันว่า วิธีลองผิดลองถูก จึงอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้

ดังนั้น เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และความถูกต้องแม่นยำในการคำนวน การนำไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง จึงมีความเหมาะสมเป็นอย่างยิ่ง เพราะไมโครคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง มีการคำนวนที่ถูกต้องแม่นยำเหนือกว่าการคำนวนด้วยมือ อีกทั้งในปัจจุบันในงานต่าง ๆ ก็มีการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์กันอย่างเป็นที่แพร่หลาย

เนื่องจากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น และการเล็งเห็นถึงความสำคัญ และปัญหาในการคำนวน จึงได้ร่วมกันจัดทำ ปริญญานิพนธ์ นี้ขึ้น

1.3 ขอบเขตในการวิจัย

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์หลักในการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 ลักษณะของโครงสร้างที่อยู่ในขอบเขตของงานนี้คือ

- คานคอนกรีตอัดแรง ชนิด Simple Span
- พื้นคอนกรีตอัดแรง two-way ชนิด four edges support

คานคอนกรีตอัดแรง เป็นการออกแบบโครงสร้างในส่วนของคาน โดยโปรแกรมจะช่วยในการออกแบบ การคำนวน รวมทั้งผู้ใช้สามารถจะเลือกหน้าตัดของคานในลักษณะต่างๆ เช่น คานรูปตัว I , รูปตัว T หรือรูปสี่เหลี่ยม และโปรแกรมจะทำการตรวจสอบหน้าตัดที่ได้ออกแบบว่าถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นคอนกรีตอัดแรง เป็นการออกแบบโครงสร้างในส่วนพื้น two-way ชนิด four edges support โดยรายละเอียดจะกล่าวในภายหลัง

1.3.2 ลักษณะของโปรแกรม

- ใช้ภาษา TURBO PASCAL ในการเขียนโปรแกรม
- ใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท หรือ 32 บิท
- สามารถพิมพ์ผลการคำนวนทางเครื่องพิมพ์ได้

1.4 แนวทางของปริญญานิพนธ์

รายละเอียดโดยคร่าวๆ ของปริญญานิพนธ์ สามารถแบ่งได้ดังนี้

บทที่ 1 : เป็นการบทนำและศึกษาถึงวัตุประสงค์รวมทั้งขอบเขต

บทที่ 2 : เป็นการอธิบาย ทฤษฎีของคอนกรีตอัดแรง โดยประมาณ วิธีในการอัดแรง การคำนวนเพื่อการออกแบบหน้าตัด การตรวจสอบค่าที่ยอมให้ต่างๆ เช่น แรงเฉือน แรงดัด โมเมนต์ดัดประลัย การโก่งตัว เป็นต้น

บทที่ 3 : รายละเอียดการจัดระบบโปรแกรม ขั้นตอนการทำงาน การคำนวน การป้อนข้อมูลต่างๆ

บทที่ 4 : คู่มือการใช้โปรแกรม อธิบายขั้นตอนการใช้โปรแกรม รวมทั้งรูปประกอบโดยละเอียด

บทที่ 5 : เป็นการวิเคราะห์ผลจากการใช้โปรแกรมในการออกแบบ รวมถึงการวิจารณ์ผลที่ได้

ภาคผนวก ก. ตัวอย่างการป้อนข้อมูล และผลที่ได้ รวมถึงผลที่พิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ เปรียบเทียบกับการคำนวนด้วยมือ

ภาคผนวก ข. Flow Chart แสดงขั้นตอนการคำนวนในโปรแกรม

ภาคผนวก ค. ขั้นตอนและสูตรต่างๆ ที่นำมาใช้ในการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง. วิธีการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง พร้อมรายละเอียดอุปกรณ์ที่ใช้ และรูปภาพประกอบ (เอกสาร โดย บ. posten engineering)

ภาคผนวก จ. รายละเอียดตัวโปรแกรมทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง

2.1 โครงสร้างคอนกรีตอัดแรง

(1) ประวัติงานคอนกรีตอัดแรง

หลักการอัดแรงโครงสร้างเพื่อปรับปรุงพฤติการบางอย่างขององค์อาคารได้เป็นที่ทราบกันเป็นเวลานานหลายร้อยปี แต่การนำหลักการนี้มาประยุกต์ใช้กับงานด้านคอนกรีตได้เริ่มต้นเมื่อประมาณร้อยปีที่แล้ว ในปีค.ศ 1886 P.H. Jackson วิศวกรแห่งเมืองซานฟรานซิสโกสหรัฐอเมริกาได้จดทะเบียนการก่อสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตโดยการขันท่อนเหล็กยึดพื้นคอนกรีตเข้าด้วยกัน ในปี ค.ศ. 1888 C.E.W. Doehring ได้จดทะเบียนการก่อสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตโดยการอัดแรงก่อนการรองรับน้ำหนักบรรทุก ในประเทศเยอรมัน อย่างไรก็ตามวิธีการก่อสร้างแผ่นพื้นคอนกรีตอัดแรงในระยะนั้นไม่ใคร่ประสบความสำเร็จมากนัก ทั้งนี้เพราะแรงอัดแผ่นพื้นที่เกิดเนื่องจากการขันท่อนเหล็กกล้าละมุนให้ตึง เมื่อเวลาผ่านไปนานๆแผ่นพื้นคอนกรีตจะหดตัวเนื่องจากการคืบหรือการหดตัวเนื่องจากการสูญเสียความชื้น ทำให้แรงอัดแผ่นพื้นเหลืออยู่เพียงเล็กน้อย ถึงแม้ว่า C.R. Steiner ในปี ค.ศ.1908 จะใช้วิธีการขันเหล็กให้แน่นใหม่หลังจากที่คอนกรีตได้หดตัวบ้างแล้ว และค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างวิธีนี้ก็สูงกว่าการก่อสร้างแบบคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดามาก จนกระทั่งปี ค.ศ. 1925 R.E. Dill ได้ใช้ท่อนเหล็กกำลังสูงเสริมคอนกรีต ในการก่อสร้างเหล็กจะถูกทาด้วยสารป้องกันการยึดเหนี่ยวก่อนเทคอนกรีต เมื่อคอนกรีตแข็งตัวแล้วจึงอัดแรงเข้าสู่คอนกรีตโดยการขันน็อตยันกับคาน วิธีนี้ก็คือการก่อสร้างแบบดึงเหล็กทีหลัง (posttension) อย่างไรก็ดีการก่อสร้างคอนกรีตอัดแรงก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลาย

การพัฒนาของคอนกรีตอัดแรงสมัยใหม่ได้ริเริ่มในประเทศฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1928 โดย E. Freyssinet โดยใช้ลวดเหล็กซึ่งมีกำลังประลัยถึง 17,500 ksc ในการผลิตคอนกรีตอัดแรง ลองพิจารณาว่าลวดเหล็กกำลังสูงนี้ถูกดึงจนเกิดหน่วยแรงประมาณ 10,000 ksc เนื่องจากโมดูลัสความยืดหยุ่นของลวดกำลังสูงไม่ต่างจาก

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

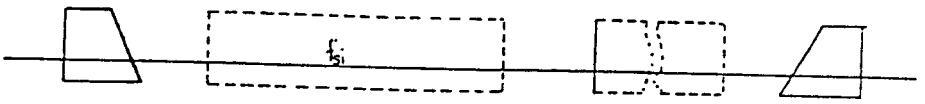
เหล็กกล้าละมุนมากนัก ดังนั้นก็จะเกิดความเครียดในลวดเหล็กกำลังสูงจะมีค่าเป็น 10000/2000000 เท่ากับ 0.005 เมื่อคอนกรีตเกิดการหดตัวคิดเป็นความเครียด 0.001 จะเห็นว่ายังเหลือหน่วยแรงอัดก่อนอยู่ 0.004 * 2000000 เท่ากับ 8000 ksc ซึ่งเท่ากับ 80 % ของแรงอัดก่อนเริ่มแรก หลังจากปี ค.ศ. 1930 ได้มีการพัฒนาวิธีการอัดแรงแบบดึงเหล็กก่อน (pre-tensioning) ในประเทศเยอรมันโดย E. Hoyer รวมถึงการพัฒนาแม่แรงไฮโดรลิกใช้ในการดึงลวดและอุปกรณ์ยึดลวดในประเทศฝรั่งเศสและเบลเยี่ยม และการก่อสร้างด้วยวิธีคอนกรีตอัดแรงได้เป็นที่แพร่หลายตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่สองเป็นต้นมา ในประเทศไทยได้เริ่มมีการก่อสร้างสะพานคอนกรีตอัดแรงในช่วงหลัง พ.ศ. 2505 โดยได้มีการผลิตคานสะพานคอนกรีตอัดแรงช่วงยาวต่างๆ ตั้งแต่ 5.00 เมตรจนถึง 60 เมตร ในระยะหลังได้มีโรงงานก่อสร้างเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง พื้นอาคารคอนกรีตสำเร็จรูปตลอดจนการก่อสร้างพื้นไร้คานแบบหล่อในที่และดึงเหล็กทีหลังหลายโครงการ การก่อสร้างโดยใช้คอนกรีตอัดแรงเป็นที่นิยมกันมากเพราะประหยัดเวลาและค่าก่อสร้าง นอกจากนี้การก่อสร้างระบบอัดแรงแบบดึงก่อนสามารถผลิตได้จำนวนมากในเวลาสั้น

(2) วิธีการอัดแรงสำหรับคอนกรีตอัดแรง

วิธีการที่ใช้ทั่วไปในระบบคอนกรีตอัดแรงมีอยู่ 2 วิธี คือ วิธีการอัดแรงก่อน (pretensioning) และวิธีการอัดแรงทีหลัง (posttensioning)

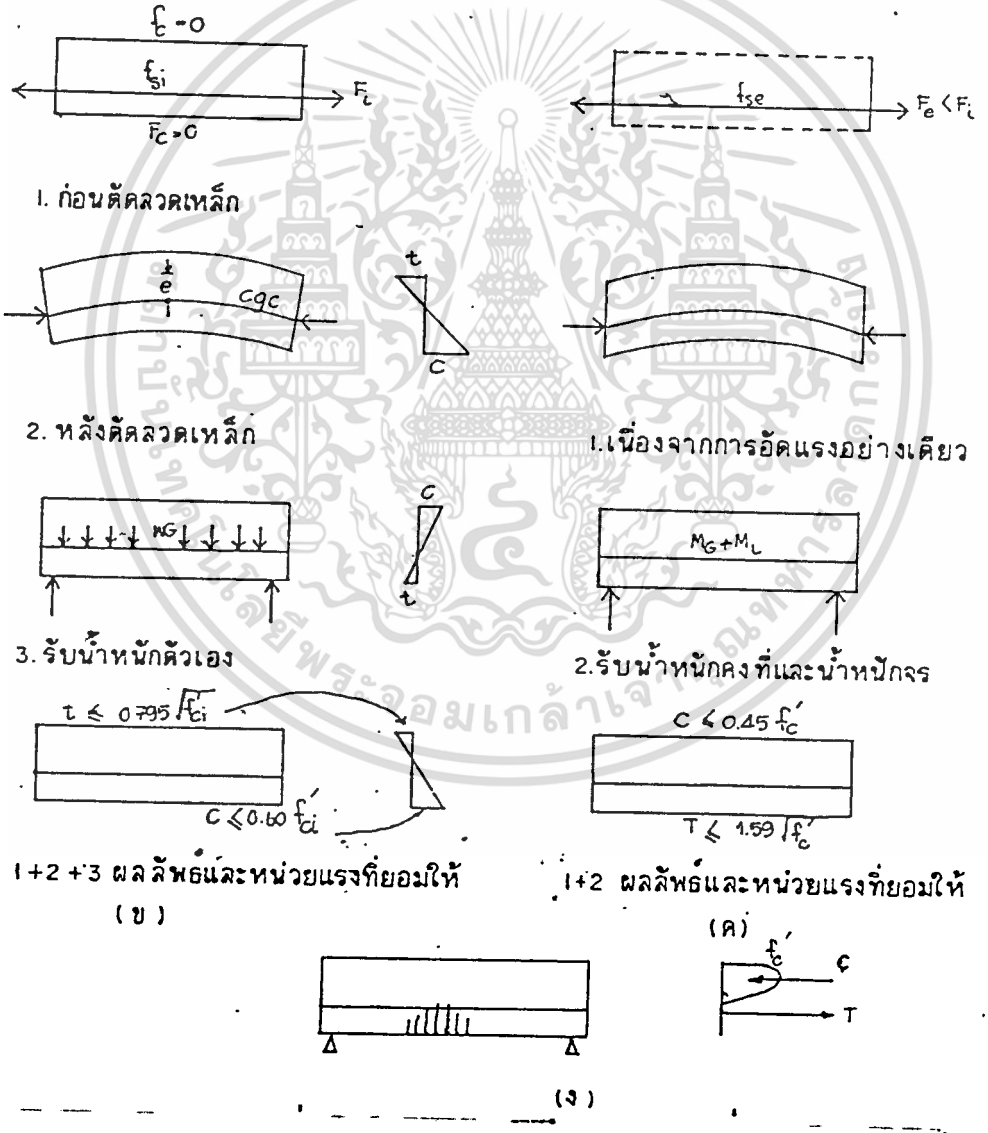
2.1. *วิธีการอัดแรงก่อน* วิธีนี้เหมาะกับการผลิตในโรงงานเช่น การผลิตคานมาตรฐาน พื้นสำเร็จรูป หรือเสาเข็มคอนกรีตอัดแรง วิธีนี้กระทำโดยดึงลวดเหล็กให้ยืดออกก่อนด้วยกำลังตามที่ต้องการแต่ต้องไม่เกินค่ามาตรฐานกำหนด หรือค่าที่ผู้ผลิตแนะนำ ซึ่งลวดเหล็กนี้จะอยู่ในแบบหล่อคอนกรีต (รูป 1 ก.) หลังจากทำการหล่อคอนกรีตลงในแบบเสร็จแล้วก็บ่มและรอจนกระทั่งคอนกรีตจะแข็งตัวได้กำลังตามต้องการ จากนั้นจึงตัดเหล็กซึ่งอาจจะตัดโดยการเผา ลวดเหล็กนี้จะพยายามหดตัวกลับ แต่เนื่องจากมีคอนกรีตที่แข็งตัวหุ้มอยู่ แรงหดกลับของลวดเหล็กจะถ่ายแรงเข้าไปในเนื้อคอนกรีตด้วยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเหล็กเสริมกับคอนกรีต ทำให้เกิด

เอกสารนี้ ... ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

ก่อนการเสื่อมสูญการอัดแรง ⟶ หลังการเสื่อมสูญการอัดแรง



รูปที่ 1 คอนกรีตอัดแรงแบบอัดแรงก่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นแรงอัดในเนื้อคอนกรีต (รูป 1 ข.) แรงอัดในเนื้อแรกในลวดเหล็กจะมีค่า F_o (หน่วยแรงอัดเริ่มแรกในเหล็ก คือ, f_{so}) โดยที่ลวดเสริมอัดแรงจะอยู่ที่ใต้แกนศูนย์ถ่วงของหน้าตัดเป็นระยะ e ซึ่งเรียกว่า"ระยะเยื้องศูนย์" ดังนั้นแรงอัด F_o จะทำให้เกิดโมเมนต์ลบ $F_o e$ และจะเกิดมีหน่วยแรงดึงเกิดขึ้นที่ขอบบนของคานและหน่วยแรงอัดที่ขอบล่างของคานในลักษณะที่จะทำให้คานโก่งขึ้น ในขณะเดียวกันกับที่คานโก่งขึ้นนี้ คานก็จะรับโมเมนต์ M_g อันมาจากน้ำหนักของตัวเอง, W_g และเกิดหน่วยแรงที่ขอบบนและขอบล่างของคานดังรูป ผลลัพธ์ของหน่วยแรงชั่วคราวที่เกิดขึ้นจะต้องไม่มากกว่าค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐานกำหนดซึ่งจะกล่าวถึงในภายหลัง

เมื่อเวลาผ่านไป แรงอัด F_o จะลดลงเหลือเพียง F_e อันเนื่องมาจากการล้าและหดตัวของคอนกรีต ตลอดจนการล้าของเหล็กเสริม เรียก F_e นี้ว่าเป็นแรงอัดประสิทธิผล หน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่ขอบบนและขอบล่างจะมีค่าลดลงน้อยกว่าในตอนเริ่มแรก (รูป 1 ค.) หลังจากที่รับโมเมนต์เนื่องจากน้ำหนักตัวเองและน้ำหนักจรแล้ว จะได้หน่วยแรงลัพธ์ที่ขอบบนของคานเป็นแรงดึง ซึ่งต้องไม่เกินค่ามาตรฐานเช่นเดียวกัน

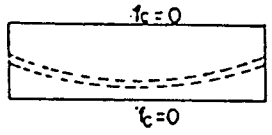
สำหรับที่จุดประลัย คานจะมีลักษณะการแตกร้าวดังรูป โดยลักษณะการชำรุดจะคล้ายกับคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา

2.2 *วิธีการอัดแรงทีหลัง* วิธีนี้เหมาะกับโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงขนาดใหญ่ที่ไม่สะดวกในการขนย้าย โดยมักใช้กับงานหล่อในที่ วิธีจะทำได้โดยการดึงลวดเหล็กที่ฝังในคอนกรีตภายหลังจากที่คอนกรีตแข็งตัวได้กำลังตามที่ต้องการแล้ว โดยก่อนหล่อคอนกรีตจะฝังท่อสำหรับร้อยลวดเหล็กซึ่งจะวางตามตำแหน่งที่ต้องการ การวางหรือฝังท่อนี้อาจจะวางในแนวตรงหรือแนวโค้งก็ได้แล้วแต่การออกแบบ การดึงลวดเหล็กที่ปลายทั้งสองข้างหรือเพียงปลายเดียวก็ได้ หลังจากดึงเหล็กได้กำลังตามที่ต้องการแล้ว ก็อัดปูนเข้าไปในท่อที่ร้อยลวดเหล็กนั้นให้เต็มด้วยแรงอัด แล้วใช้ลิ่มอัดเข้าไปที่หัวยึดเพื่อกันไม่ให้ลวดเหล็กที่ดึงไว้หดตัวกลับ ดังนั้นแรงอัดจะถูกถ่ายเข้าไปในเนื้อคอนกรีตโดยตรงที่ปลายยึดลวดเหล็กทั้งสองข้าง ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอด้วย (รูปที่ 2)

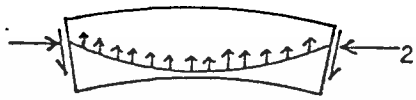
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

007719

ก่อนการเสื่อมสูญการอัดแรง ⟶ หลังการเสื่อมสูญการอัดแรง

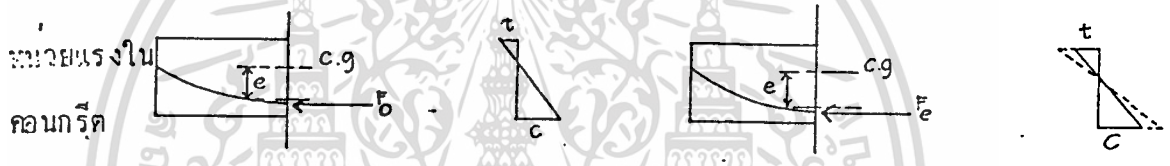


1. ก่อนดึงลวดเหล็ก

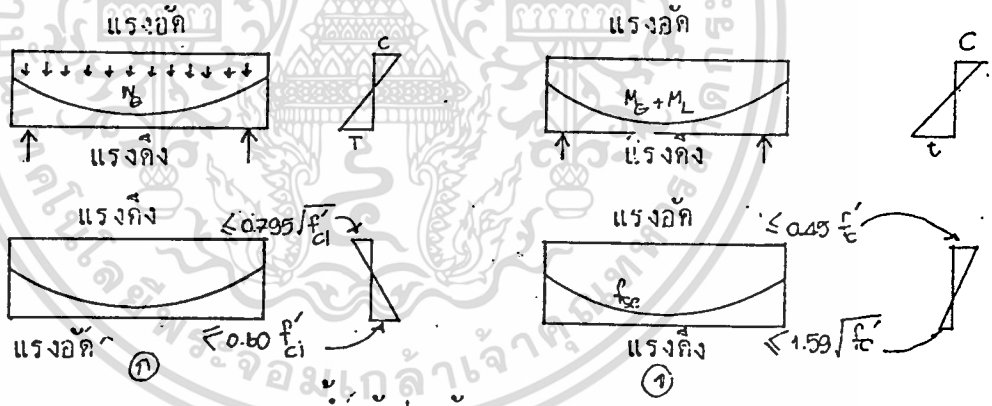


2. อัดแรง
แรงในเนื้อคอนกรีต

แรงในลวดเหล็ก



3. รับน้ำหนักตัวมันเอง



ถ้าเหล็กเสริมยึดเกาะกับคอนกรีต

ถ้าเหล็กเสริมไม่ยึดเกาะกับคอนกรีต

รูปที่ 2 คอนกรีตอัดแรงแบบอัดแรงทีหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) วัสดุสำหรับงานคอนกรีตอัดแรง

3.1. คอนกรีต

คอนกรีตที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงจำเป็นต้องเป็นคอนกรีตกำลังสูง มีกำลังประลัยของทรงกระบอกขนาด 15 ซม. x 30 ซม. ที่อายุ 28 วัน ประมาณ ตั้งแต่ 350 - 600 กก / ซม.^{2} ทั้งนี้ เพราะคอนกรีตจะต้องต้านทานหน่วยแรงที่สูงมากบริเวณปลายคาน ในขณะที่มีการถ่ายแรงเริ่มแรกเข้าสู่องค์อาคาร นอกจากนี้การใช้คอนกรีตกำลังสูงจะทำให้เกิดการคืบและการหดตัวน้อยลง ซึ่งมีผลทำให้การสูญเสียแรงอัดระหว่างถ่ายแรงจนถึงช่วงเวลาการใช้งานมีค่าน้อยลงด้วย คอนกรีตเป็นวัสดุประกอบที่มีส่วนผสมสำคัญคือ ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ มวลหยาบ มวลละเอียด และน้ำ ซีเมนต์ที่ใช้ปกติเป็นไปตามมาตรฐาน ASTM C150 ชนิดที่ 3 ซึ่งเป็นซีเมนต์ที่ทำให้คอนกรีตมีกำลังสูงในช่วงเวลาสั้น โดยที่กำลังของคอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ชนิดที่ 3 เมื่ออายุ 7 วัน จะเกือบเท่าคอนกรีตที่ใช้ซีเมนต์ชนิดที่ 1 ที่มีอายุ 28 วัน การที่จะออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้มีกำลังมากกว่า 350 กก/ซม.^{2} จะต้องควบคุมอัตราส่วนน้ำต่อซีเมนต์ให้ไม่มากกว่า 0.45 โดยน้ำหนัก เพื่อที่ค่าการยุบตัวจะอยู่ระหว่าง 5 ซม. ถึง 10 ซม. ปริมาณซีเมนต์ที่ใช้จะเท่ากับ 400 กก. ต่อคอนกรีต 1 ลบ.ม. เพราะว่าความเครียดเนื่องจากการคืบและหดตัวมีค่ามากขึ้นตามปริมาณของซีเมนต์ ดังนั้นการใช้ส่วนผสมคอนกรีตที่แห้งและใช้ซีเมนต์น้อยลง และเพิ่มสารผสมเพิ่มจะช่วยลดปริมาณการคืบและการหดตัว การควบคุมคุณภาพของคอนกรีตกำลังสูง ตลอดจนขั้นตอนการเทจะต้องเข้มงวดและควบคุมสม่ำเสมอ ทั้งนี้เนื่องจากส่วนต่างๆ ขององค์อาคารคอนกรีตอัดแรงจะเกิดหน่วยแรงในช่วงถ่ายแรงและช่วงใช้งานปกติ เช่น หน้าตัดที่กึ่งกลางคานขณะถ่ายแรงอัด ผิวล่างของคอนกรีตจะเกิดหน่วยแรงอัด ผิวบนจะเกิดหน่วยแรงดึง แต่ในขณะใช้งานหน่วยแรงดึงจะเกิดขึ้นที่ผิวล่าง และผิวบนเกิดหน่วยแรงอัด สำหรับส่วนปลายขององค์อาคารจะเกิดหน่วยแรงกดหรือหน่วยแรงยึดเกาะสูงมากขณะถ่ายแรง ดังนั้นการควบคุมคุณภาพในงานก่อสร้างคอนกรีตอัดแรงจึงต้องพิถีพิถันกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 เหล็กเสริม

เหล็กเสริมที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงเป็นเหล็กกำลังสูงมี 3 ชนิด คือ ลวดเหล็กกำลังสูง (wire) ลวดแสตรนด์ (strand) และท่อนเหล็กกำลังสูง (bar)

3.2.1 ลวดเหล็กกำลังสูง (wire) ผลิตตามมาตรฐาน ASTM Spacifi--cation A421 : Uncoated Stress-Relieved Wire for Prestressed Concrete การผลิตกระทำโดยนำแท่งเหล็กกล้า (billet) มาหลอมด้วยความร้อนแล้วรีดให้เป็นท่อนเหล็ก เมื่อท่อนเหล็กเย็นลงจึงนำมารีดเย็นผ่านลูกกลิ้งหลายๆ ครั้ง จนกระทั่งได้ลวดเหล็กขนาดที่ต้องการ ขบวนการรีดเย็นเนื้อเหล็กเกิดการโคลด์เวิร์ค (cold working) ทำให้โครงสร้างของผลึกเปลี่ยนไป เป็นผลทำให้กำลังของเหล็กเพิ่มขึ้น ลวดกำลังสูงนี้แบ่งตามรูปร่างได้เป็น 2 ชนิดคือ ชนิดปลายยึดแบบกลม (type BA) และชนิดปลายยึดแบบลิ่ม (type WA) และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4 ขนาด ดังแสดงใน (ตารางที่ 1)

Nominal Diameter in.(mm)	Minimum Tensile Strength psi (N/mm^2)		Minimum Stress at 1% Extension psi (N/mm^2)	
	Type BA	Type WA	Type BA	Type WA
0.192(4.88)	a	250,000(1725)	a	200,000(1380)
0.196(4.98)	240,000(1655)	250,000(1725)	192,000(1325)	200,000(1380)
0.250(6.35)	240,000(1655)	240,000(1655)	192,000(1325)	192,000(1325)
0.276(7.01)	a	235,000(1622)	a	188,000(1295)

[a] These sizes are not commonly furnished in Type BA wire.

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของลวดกำลังสูงตามมาตรฐาน ASTM A421

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ลวดแสตรนด์ (Strand) ผลิตขึ้นตามมาตรฐาน ASTM A416 ประกอบด้วยลวดกำลังสูง 7 เส้น โดยนำลวด 6 เส้นพันรอบเส้นที่ 7 ซึ่งใช้เป็นแกนกลาง ระยะ pitch ของการพันเปลี่ยนแปลงระหว่าง 12 เท่า ถึง 16 เท่า ของความยาวเส้นผ่าศูนย์กลางลวดแสตรนด์ ลวดที่ใช้ในการพันลวดแสตรนด์มีคุณสมบัติเช่นเดียวกับลวดกำลังสูงเส้นเดี่ยว ลวดแสตรนด์ที่ผลิตมี 2 เกรดคือ เกรด 250 และ เกรด 270 มีขนาดต่างๆ ดังใน (ตารางที่ 2)

Nominal Diameter in.(mm)	Breaking Strength lb (kN)	Nominal Area of Strand in. (mm^2)	Minimum Load at 1% Extension lb (kN)
	Grade 250		
0.250(6.35)	9000(40.0)	0.036(23.22)	7650(34.0)
0.313(7.94)	14,500(64.5)	0.058(37.42)	12,300(54.7)
0.375(9.53)	20,000(89.0)	0.080(51.61)	17,000(75.6)
0.438(11.11)	27,000(120.1)	0.108(69.68)	23,000(102.3)
0.500(12.70)	36,000(160.1)	0.144(92.90)	30,600(136.2)
0.600(15.24)	54,000(240.2)	0.216(139.35)	45,900(204.2)
	Grade 270		
0.375(9.53)	23,000(102.3)	0.085(54.84)	19,550(87.0)
0.438(11.11)	31,000(137.9)	0.115(74.19)	26,350(117.2)
0.500(12.70)	41,300(183.7)	0.153(98.71)	35,100(156.1)
0.600(15.24)	58,600(260.7)	0.217(140.00)	49,800(221.5)

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของลวดแสตรนด์ตามมาตรฐาน ASTM A416

3.2.3 ท่อนโลหะผสม (Bar) ในการผลิตท่อนโลหะผสมกำลังสูง ส่วนผสมของเหล็กจะเติมธาตุบางชนิด เช่น แมงกานีส ซิลิกอน และโครเมียม นอกจากนี้กำลังดึงของท่อนเหล็กเกิดจากขบวนการโคลด์เวิร์คด้วย ความเหนียวแน่นของท่อนเหล็กทำให้เพิ่มได้โดยขบวนการเพิ่มความร้อน ท่อนเหล็กโลหะผสมผลิตตามมาตรฐาน ASTM A722 ขนาดมีตั้งแต่ 12.7 มม. ถึง 34.93 มม. มีสองเกรดคือ เกรด 145 และ เกรด 160 ดังใน (ตารางที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nominal Diameter in.(mm)	Nominal Area of Bar in^2 (mm^2)	Breaking Strength lb(kN)	Minimum Load at 0.7% Extension lb (kN)
	Grade 145		
¼(12.70)	0.196(127)	28,000(125)	25,000(111)
⅜(15.88)	0.307(198)	45,000(200)	40,000(178)
½(19.05)	0.442(285)	64,000(285)	58,000(258)
⅞(22.23)	0.601(388)	87,000(387)	78,000(347)
1(25.40)	0.785(507)	114,000(507)	102,000(454)
1¼(28.58)	0.994(642)	144,000(641)	129,000(574)
1½(31.75)	1.227(792)	178,000(792)	160,000(712)
1¾(34.93)	1.485(958)	215,000(957)	193,000(859)
	Grade 160		
¼(12.70)	0.196(127)	31,000(138)	27,000(120)
⅜(15.88)	0.307(198)	49,000(218)	43,000(191)
½(19.05)	0.442(285)	71,000(316)	62,000(276)
⅞(22.23)	0.601(388)	96,000(427)	84,000(374)
1(25.40)	0.785(507)	126,000(561)	110,000(490)
1¼(28.58)	0.994(642)	159,000(708)	139,000(619)
1½(31.75)	1.227(792)	196,000(872)	172,000(765)
1¾(34.93)	1.485(958)	238,000(1059)	208,000(926)

ตารางที่ 3 คุณสมบัติของท่อนเหล็กโลหะผสม

(5) การสูญเสียของแรงอัด

แรงอัดในคอนกรีตมีค่าไม่คงที่จะลดลงเป็นปฏิภาคกับเวลา ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลายประการ การเสื่อมสูญของการอัดแรงจะมีค่ามากในระยะแรก เมื่อเริ่มอัดแรงในคอนกรีตและจะค่อยๆ ลดลงจนถึงค่าหนึ่ง ในทางปฏิบัติจะพิจารณาเฉพาะค่าแรงอัดในคอนกรีตระยะแรก และแรงอัดที่ใช้งานจริงเท่านั้น

สาเหตุของการสูญเสียในการอัดแรงเนื่องมาจาก

- การหดตัวในช่วงอีลาสติกของคอนกรีต
- การหดตัวของคอนกรีต
- การล้าของคอนกรีต
- การล้าของเหล็กเสริมอัดแรง
- การลื่นที่ปลายของเหล็กเสริมอัดแรง
- ความผิดเนื่องจากความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหดตัวในช่วงอีลาสติกของคอนกรีต

ในขณะที่มีการถ่ายแรงสู่คอนกรีต คอนกรีตจะหดตัวซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการสูญเสียแรงอัด ถ้าพิจารณาการหดตัวในแนวแกนของคอนกรีตแบบอัดแรงก่อนจะได้

หน่วยการหดตัวของคอนกรีต, $\phi = \frac{f_c}{E_c} = \frac{F_o}{A_c \cdot E_c}$

เมื่อ F_o เป็นแรงอัดทั้งหมดที่ส่งถ่าย นั่นคือ หลังจากที่คอนกรีตหดตัว การสูญเสียแรงอัดในเหล็กจะเท่ากับ,

$$\Delta f_s = E_s \cdot \phi = \frac{E_s \cdot F_o}{A_c \cdot E_c} = \frac{n \cdot F_o}{A_c} \qquad E_s$$

เมื่อ $n = \frac{E_s}{E_c}$

โดยปกติค่าของ F_o ไม่ทราบแน่นอน แต่อย่างไรก็ตามค่าของแรงอัดเมื่อเวลาเริ่มอัดแรงในคอนกรีตก่อนจะถ่ายแรง, F_i จะทราบดังนั้นก็สามารถคำนวณหาการสูญเสียแรงอัดในเหล็กได้อีกวิธีหนึ่ง คือ

ถ้าเนื้อที่หน้าตัดแปลง, $A_t = A_c + n A_{ps}$

$$\phi = \frac{F}{A_c \cdot E_c + A_{ps} \cdot E_s}$$

$$\Delta f_s = E_s \cdot \phi = \frac{E_s \cdot F_i}{A_c \cdot E_c + A_{ps} \cdot E_s} = \frac{n \cdot F_i}{A_c + n \cdot A_{ps}}$$

และ $\Delta f_{si} = \frac{n \cdot F_i}{A_c + n \cdot A_{ps}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การล้าและการหดตัวของคอนกรีต

การสูญเสียแรงอัดในเหล็กเนื่องจากการล้าของคอนกรีต

$$\Delta f_{s2} = c_c . n . f_c$$

เมื่อ c_c = สัมประสิทธิ์ของการล้าของคอนกรีต

f_c = หน่วยแรงอัดของคอนกรีต

ตารางที่ 4 สัมประสิทธิ์ของการล้าของคอนกรีต

แรงอัดประลัยของคอนกรีต (กก./ซม^2.)	ค่า c_c
210	3.1
280	2.9
420	2.4
560	2.0

การสูญเสียแรงอัดในเหล็กเนื่องจากการหดตัวของคอนกรีต

$$\Delta f_{s3} = s . E_s$$

เมื่อ s = 0.0002 - 0.0003 (หน่วยการหดตัว)

การล้าของเหล็กเสริมอัดแรง

การล้าของเหล็กเสริมอัดแรงเกิดจากการดึงเหล็กด้วยหน่วยการยืดตัวคงที่ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง การสูญเสียแรงอัดในเหล็กจะประมาณได้ดังนี้คือ

มีค่าประมาณ 3 % ของหน่วยแรงดึงเริ่มแรก เมื่อหน่วยแรงมีค่าประมาณ $0.80 f_s$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเพิ่มเป็นประมาณ 12 % ของหน่วยแรงดึงเริ่มแรก เมื่อหน่วยแรงมีค่าประมาณ $0.90\ f_{pu}$

โดยปกติจะใช้ค่า 8% (Δf_{pA})

การลื่นที่ปลายยึดของเหล็กเสริมอัดแรง

ในขณะที่ถ่ายแรงสู่ปลายยึดในคอนกรีตอัดแรงแบบดึงที่หลัง การลื่นไถจะเกิดขึ้นที่ลิ่มและตรงปลายยึด ทำให้เหล็กเสริมอัดแรงเลื่อนไถลไปด้วย เป็นเหตุให้มีการสูญเสียแรงอัดในเหล็ก ถ้าลวดเหล็กยาวการสูญเสียจะน้อยแต่จะมีการสูญเสียมากหากลวดเหล็กสั้น

$$\Delta f_{pA} = \Delta a \cdot E_p / L$$

เมื่อ Δa = เป็นระยะเลื่อนไถลของปลายยึด

ความฝืด

การสูญเสียเนื่องจากความฝืดเพราะความโค้งของเหล็กเสริมอัดแรงจะเกิดขึ้นกับคอนกรีตอัดแรงภายหลังเท่านั้น แรงในเหล็กเสริมอัดแรงที่ระยะใด ๆ ที่ห่างออกมาจากหัวยึดจะมีค่าลดลงตามลำดับ และสามารถหาได้จากสมการ

$$T_o = T_x \cdot e^{(KL+u)}$$

เมื่อ T_o = แรงในเหล็กเสริมอัดแรงที่หัวยึด

T_x = แรงในเหล็กเสริมอัดแรงที่ระยะ x วัดจากหัวยึด

e = ฐานของ "นาปิเลียนล็อกการิทึม"

K = สัมประสิทธิ์ความฝืดเนื่องจากความคดมีค่าระหว่าง 0.005-0.015 เรเดียน/เมตร

L = ความยาวในระยะ x ในแนวระดับ, เมตร

u = สัมประสิทธิ์ความฝืดเนื่องจากความโค้งมีค่าระหว่าง 0.18-0.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

α = ผลรวมของมุมโค้งตลอดความยาวของเหล็กเสริมอัดแรงมีหน่วยเป็นเรเดียน

และเมื่อ $(KL + u) < 0.3$ ให้ใช้ดังนี้

$$T_o = T_x (1 + KL + u)$$

<u>แรงอัดประสิทธิผล</u> (ไม่รวมความฝืด)

แรงอัดประสิทธิผลเป็นแรงอัดที่แท้จริง หลังจากหักการสูญเสียต่าง ๆ ออกจากแรงที่เริ่มอัดเรียบร้อยแล้ว การสูญเสียของการอัดแรงขึ้นอยู่กับตัวประกอบหลาย ๆ อย่าง ซึ่งแสดงเป็นเปอร์เซนต์ได้คือ

<u>ตารางที่ 5</u> ค่าการสูญเสียของการอัดแรงเริ่มแรก

การสูญเสียเกิดจาก	แบบอัดแรงก่อน (%)	แบบอัดแรงภายหลัง (%)
การหดตัวอีลาสติกของคอนกรีต	4	1
การล้าของคอนกรีต	6	5
การหดตัวของคอนกรีต	7	6
การล้าของเหล็กเสริมอัดแรง	8	8
รวมทั้งหมด (ไม่คิดความฝืด)	25	20

จะพอสรุปได้ว่า

การสูญเสียของการอัดแรง = 25 % สำหรับ วิธีดึงเหล็กก่อน

= 20 % สำหรับ วิธีดึงเหล็กทีหลัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การวิเคราะห์และการตรวจสอบหน้าตัด

(1) การวิเคราะห์หน้าตัดรับแรงดัด

- การวิเคราะห์หน้าตัดรับแรงดัด -

ในการพิจารณาคานคอนกรีตอัดแรงภายใต้น้ำหนักบรรทุก จำเป็นต้องทำความเข้าใจสิ่งแตกต่างในความหมายของการวิเคราะห์และการออกแบบหน้าตัด สำหรับการวิเคราะห์หมายความว่าการคำนวณหน่วยแรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงภายในที่กระทำต่อหน้าตัดคานเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกภายนอกและแรงอัดคาน โดยสมมติว่าทราบขนาดต่าง ๆของหน้าตัดคานคอนกรีต พื้นที่และตำแหน่งของเหล็กกำลังสูง หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะมีการตรวจสอบกับหน่วยแรงปลอดภัยที่กำหนดให้ใช้ตามข้อกำหนดต่างๆ ในทางตรงกันข้ามสำหรับการออกแบบหน้าตัดคานผู้ออกแบบทราบแรงกระทำภายนอก คุณสมบัติของวัสดุ และหน่วยแรงปลอดภัย ดังนั้นเราจำเป็นต้องกำหนดขนาดหน้าตัดคานและพื้นที่เหล็กเสริมจากประสบการณ์ จากนั้นจึงทำการคำนวณตรวจสอบหน่วยแรงที่เกิดขึ้น ถ้าหน่วยแรงมากกว่าหน่วยแรงปลอดภัย จะต้องออกแบบหน้าตัดคานใหม่และตรวจสอบหน่วยแรงจนกว่าจะปลอดภัยจะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์จะเป็นขั้นตอนหนึ่งของการออกแบบ ในที่นี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของการวิเคราะห์หน่วยแรงเนื่องจากการดัดเท่านั้น ส่วนการออกแบบจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

หน่วยแรงแนวแกนที่เกิดขึ้นบนหน้าตัดมีสองชนิดคือ หน่วยแรงดึงและหน่วยแรงอัดในวิชากลศาสตร์ของวัสดุ เครื่องหมายที่ใช้สำหรับหน่วยแรงดึงเป็นเครื่องหมายบวก และเครื่องหมายสำหรับหน่วยแรงอัดเป็นเครื่องหมายลบ ในวิชาการออกแบบคอนกรีตอัดแรงเนื่องจากคอนกรีตมีคุณสมบัติในการต้านทานหน่วยแรงอัดได้ดีแต่ต้านทานหน่วยแรงดึงได้ไม่มากนัก ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องระมัดระวังไม่ให้เกิดหน่วยแรงดึงมากเกินไป การกำหนดเครื่องหมายกำกับหน่วยแรงจึงนิยมกำหนดหน่วยแรงอัดมีเครื่องหมายบวกและหน่วยแรงดึงมีเครื่องหมายลบ

อนึ่งเมื่อกล่าวถึงการวิเคราะห์หน่วยแรงบนหน้าตัดคาน หมายถึงหน่วย

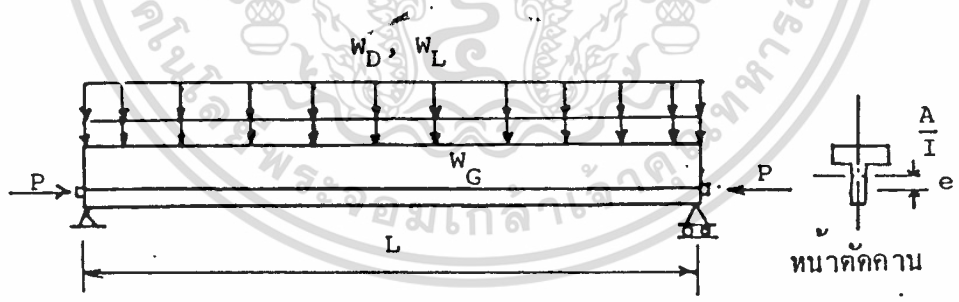
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้เพื่อการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกภายนอกและแรงอัดคานที่ระดับปกติ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น คานคอนกรีตอัดแรงมีคุณสมบัติเป็นคานอิลาสติคในช่วงน้ำหนักบรรทุกปกติ การแจกแจงหน่วยแรงเนื่องจากภายในต่าง ๆ ที่กระทำบนหน้าตัดเป็นเส้นตรง ดังนั้นการวิเคราะห์หน่วยแรงลัพธ์จึงใช้หลักการซุปเปอร์โพซิชัน

- *หน่วยแรงบนหน้าตัดคาน* -

การวิเคราะห์หน่วยแรงในคานจะต้องพิจารณาผลของแรงภายในต่าง ๆ ที่กระทำต่อหน้าตัดใด ๆ ของคาน โดยพิจารณาถึงลำดับของขั้นตอนของแรงกระทำ ในทางปฏิบัติหน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะมีค่าวิกฤติที่จุดรองรับและที่หน้าตัดกึ่งกลางคานซึ่งจะต้องพิจารณาที่เวลา 2 ช่วงเวลา กล่าวคือ ขั้นตอนขณะปล่อยแรงกระทำปกติ

พิจารณาคานช่วงเดี่ยวธรรมดาแบบดึงเหล็กทีหลัง ใน(รูป 3)ซึ่งเป็นคานที่มีหน้าตัดคงที่สม่ำเสมอหน้าตัดคานมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากับ A และ I เป็นโมเมนต์ของความเฉื่อยรอบแกนหลักซึ่งผ่านจุดเซนต์ทรอยด์ หน้าตัดคานเป็นรูปสมมาตรรอบแกนรองซึ่งอยู่ในระนาบดิ่ง ขณะปล่อยแรงอัดคาน มีแรงอัดคานแรกเริ่มเท่ากับ F ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดความยาวของคานในกรณีที่เหล็กไม่ยึดกับคอนกรีต



รูปที่ 3 คานคอนกรีตอัดแรงช่วงเดี่ยวธรรมดา

แนวของเหล็กกำลังสูงมีระยะเยื้องศูนย์ e เทียบกับแกนหลักของหน้าตัด แรงบรรทุกคานประกอบด้วยน้ำหนักคาน w_d น้ำหนักตามตัวอื่น ๆ w_d และน้ำหนักบรรทุกจร w_l แรงเหล่านี้เป็นแรงกระทำปกติและสมมติให้ w_d และ w_l มีค่าคงที่สม่ำเสมอเช่นเดียวกันแรง w_d

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- *ขั้นตอนขณะปล่อยแรง* -

ในช่วงเวลาขณะปล่อยแรง คานมีแรงอัดคานแรกเริ่ม p กระทำพร้อมกับโมเมนต์ดัด เนื่องจากแรง w_g ซึ่งมีการแจกแจงเป็นรูปพาราโบลา มีค่าเท่ากับศูนย์และเท่ากับ m_g ที่จุดรองรับและที่หน้าตัดกึ่งกลางคานตามลำดับ เนื่องจากแรง p โดยการย้ายแกนจะได้แรงอัดในแนวศูนย์กระทำพร้อมกับโมเมนต์ดัด pe รอบแกนหลักของหน้าตัด หน่วยแรงบนหน้าตัดใด ๆ ของคานเท่ากับ

$$f_t = \frac{-p}{A} + \frac{pec_1}{I} \quad ; \quad f_b = \frac{-p}{A} - \frac{pec_2}{I}$$

โดยที่ f_t และ f_b เป็นหน่วยแรงที่ผิวบนและผิวล่างของหน้าตัดตามลำดับ ; c_1 เป็นระยะจากแกนหลักถึงผิวบน และ c_2 เป็นระยะจากแกนหลักถึงผิวล่างของหน้าตัด

ผลของโมเมนต์ดัด m_g ที่หน้าตัดกึ่งกลางคานทำหน่วยแรงที่ผิวบนและผิวล่างของหน้าตัดเป็น $f_t = +M_g x C_1/I$ และ $f_b = -M_g x C_2/I$ ดังนั้นโดยการซุปเปอร์โพซิชัน หน่วยแรงบนหน้าตัดที่กึ่งกลางคานจะเท่ากับ

$$f_t = \frac{-p}{A} + \frac{pec_1}{I} - \frac{M_g C_1}{I}$$

$$f_b = \frac{-p}{A} - \frac{pec_2}{I} + \frac{M_g C_2}{I}$$

และหน่วยแรงบนหน้าตัดที่จุดรองรับคานจะเท่ากับ

$$f_t = \frac{-p}{A} + \frac{pec_1}{I}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_b = \frac{-p}{A} - \frac{pec_2}{I}$$

ตามปกติในขั้นตอนขณะปล่อยแรง ผิวบนของหน้าตัดแนวโน้มจะเกิดหน่วยแรงดึงและที่ผิวล่างของหน้าตัดจะเกิดหน่วยแรงอัด ในช่วงเวลาปล่อยแรงในคานจะมีค่าวิกฤติช่วงเวลาหนึ่ง เนื่องจากแรงอัดคานมีค่าสูงสุดกว่าขณะใด ๆ ตลอดอายุของคานซึ่งเกิดขึ้นขณะที่โมเมนต์ดัดที่กระทำมีเพียง M_g จึงมีค่าไม่มากนัก

- *ขั้นตอนแรงกระทำปกติ* -

สำหรับขั้นแรงกระทำปกติซึ่งอาจจะเป็นระยะเวลานานนับจากช่วงเวลาขณะปล่อยแรง จึงสมมติว่าการสูญเสียแรงอัดเนื่องจากการคืบ การหดตัวของคอนกรีตและการล้าตัวของเหล็กได้เกิดขึ้นเสร็จแล้ว แรงอัดคานประสิทธิผลในคานมีค่าเท่ากับแฟคเตอร์ประสิทธิผลคูณด้วยค่าแรงอัดแรกเริ่ม นอกจากนี้โมเมนต์ดัดที่กระทำต่อคานทั้งหมดเกิดขึ้นเนื่องจากน้ำหนักคานและน้ำหนักบรรทุกอื่นในคานรูปที่ 3 ถ้า M_g และ M_1 เป็นโมเมนต์ดัดที่หน้าตัดกึ่งกลางคานเนื่องจาก w_g และ w_1 ดังนั้นหน่วยแรงที่ผิวบนและผิวล่างของหน้าตัดเป็น $f_t = (M_g + M_1)/I$ และ $f_b = -(M_g + M_1)/I$ หน่วยแรงบนหน้าตัดที่กึ่งกลางคานจะเท่ากับ

$$f_t = \frac{-nP}{A} + \frac{nPec_1}{I} - \frac{M_g c_1}{I} - \frac{(M_g + M_1)c_1}{I}$$

$$f_b = \frac{-nP}{A} - \frac{nPec_2}{I} + \frac{M_g c_2}{I} + \frac{(M_g + M_1)c_2}{I}$$

และหน่วยแรงบนหน้าตัดที่จุดรองรับคานจะเท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_t = \frac{-nP}{A} + \frac{nPec_1}{I}$$

$$f_b = \frac{-nP}{A} - \frac{nPec_2}{I}$$

ในขั้นตอนแรงกระทำปกติผิวบนของหน้าตัดมีแนวโน้มที่จะเกิดหน่วยแรงอัด และผิวล่างของหน้าตัดจะเกิดหน่วยแรงดึง ทั้งนี้เนื่องจากหน่วยแรงเนื่องจากโมเมนต์ดัดทั้งหมดมีค่ามากกว่าหน่วยแรงเนื่องจากแรงอัดคานประสิทธิผล

(2) ตำแหน่งหน่วยแรงดึงเป็นศูนย์ (Kern Point)

การออกแบบพื้นหรือคานคอนกรีตอัดแรง จุดหรือตำแหน่งบนหน้าตัดอันเนื่องมาจากผลลัพธ์ของแรงอัด ซึ่งกระทำแล้วทำให้บนหน้าตัดไม่มีหน่วยแรงเกิดขึ้นเป็นจุดที่ต้องการทราบจุดหรือตำแหน่งนี้เรียกว่า Kern Point ซึ่งจะมีทั้งส่วนที่อยู่เหนือและใต้เส้นแกนสะเทิน เรียกว่า Top Kern-Point, k_t และ Bottom Kerm-Point, k_b ตามลำดับ การหาจุดทั้งสองนี้จะทำได้โดยการรวมหน่วยแรงที่เกิดจากการอัดแรงแล้วให้มีค่าเท่ากับศูนย์ คำนวณหาค่าเยื้องศูนย์ตามต้องการได้ เช่น การคำนวณหา Bottom Kern-Point ก็ให้แรงอัดกระทำที่จุดห่างจากเส้นแกนสะเทินเป็นระยะ k_b หน่วยแรงดึงที่ผิวนอกคานบนสุดจะมีค่าเท่ากับศูนย์

ดังนั้น จะได้ค่า , $$\frac{-F_o}{A} + \frac{F_o k_b c_t}{I} = 0$$

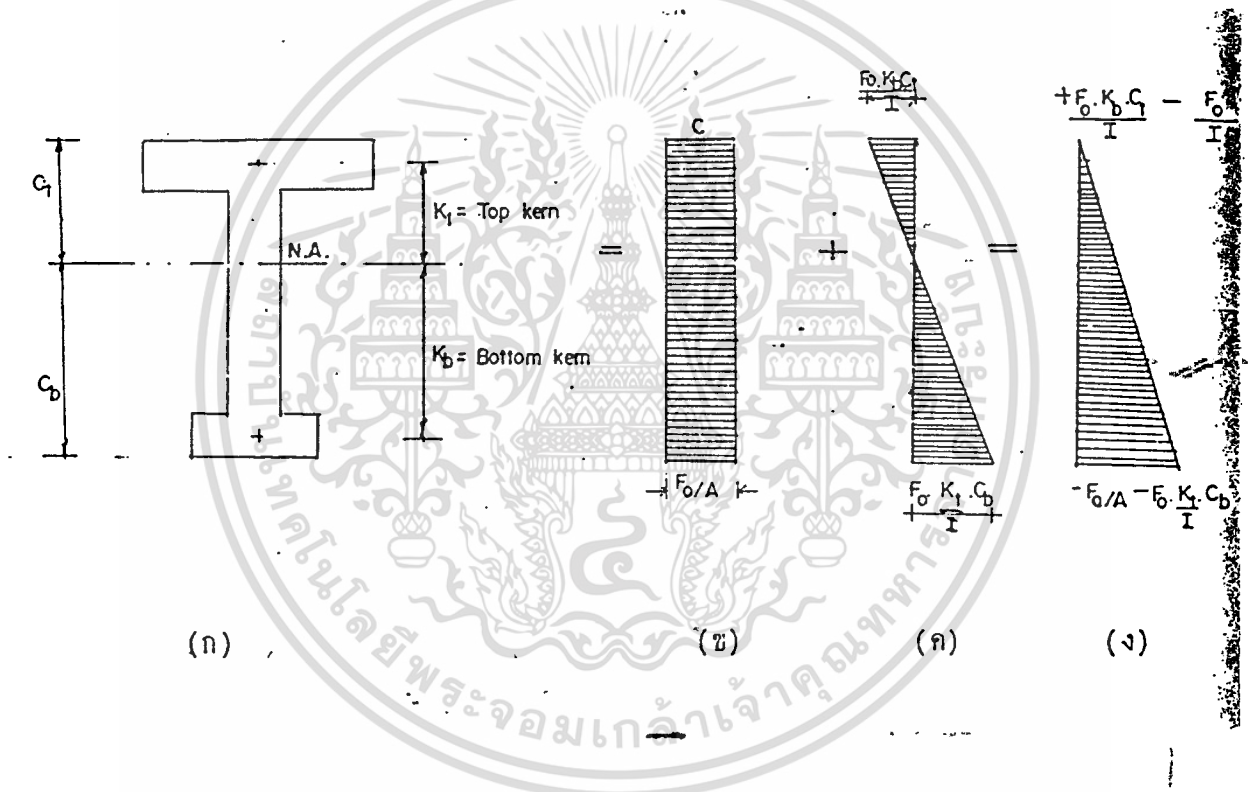
$$\frac{-F_o}{A}\frac{(1- k_b.c_t)}{I/A} = 0 \quad ; I/A = r^2$$

$$\frac{k_b.c_t}{r^2} = 1$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$k_b = \frac{r^2}{c_t}$$

และในทำนองเดียวกันจะได้ $$k_t = \frac{r^2}{c_b}$$



รูปที่ 4 ภาพแสดงการหา kern point

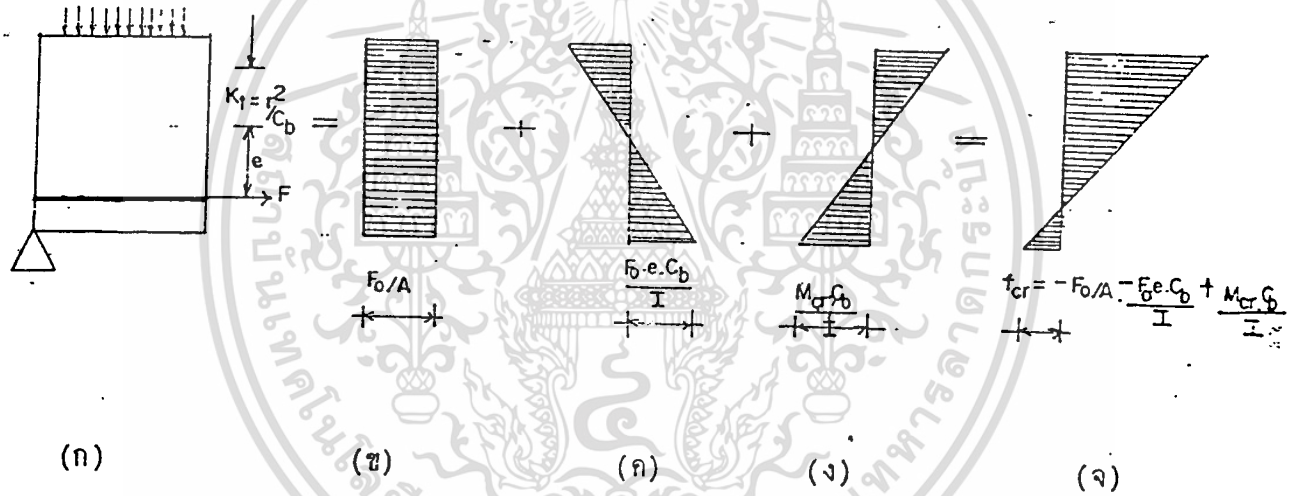
พอสรุปได้ว่าถ้าตำแหน่งของการอัดแรงอยู่ระหว่างจุดทั้งสองนี้แล้ว หน่วยแรงที่เกิดขึ้นหน้าตัดคานเนื่องจากการอัดแรงนี้จะมีเฉพาะหน่วยแรงอัดเท่านั้นบริเวณของจุดทั้งสองเรียกว่า Kern หรือ Core ของหน้าตัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(3) โมเมนต์ดัดแตกร้าว (Cracking Moment)

โมเมนต์ดัดที่เริ่มกระทำให้เกิดรอยแตกร้าวในคานคอนกรีตอัดแรง เรียกว่า "โมเมนต์ดัดแตกร้าว" รอยแตกร้าวที่จะเกิดขึ้นเมื่อแรงดึงที่ผิวนอกสุดของคอนกรีตมีค่าถึงโมดูลัสของการแตกร้าว (Modulus of Rupture) คือ

$$f_{cr} = 1.99 \, f_c^{1/2}$$



รูปที่ 5 ภาพแสดงการกระจายหน่วยแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาคานคอนกรีตอัดแรงรับน้ำหนักดังรูป และไปเป็นน้ำหนักที่ทำให้เกิดการแตกร้าวและคานรับโมเมนต์ดัดแตกร้าว, M_{cr} หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะเท่ากับ f_{cr}

ดังนั้น $$-\frac{F_o}{A} - \frac{F_o.e.c_b}{I} + \frac{M_{cr}.c_b}{I} = f_{cr}$$

$$\frac{M_{cr}.c_b}{I_c} = \frac{F_o.e.c_b}{I} + \frac{F_o}{A} + f_{cr}$$

$$M_{cr} = F_o.e + \frac{F_o.I}{A.c_b} + f_{cr}.\frac{I}{c_b}$$

$$M_{cr} = F_o\,(e + k_t) + f_{cr}.\frac{I}{c_b}$$

(4) กำลังแรงดัดประลัย (Ultimate Moment)

กรณีที่ 1 เหล็กน้อยกว่าสภาวะสมดุลย์ ,

พิจารณาคานรูปตัดสี่เหลี่ยมที่มีเหล็กเสริมน้อยกว่าสภาวะสมดุลย์ ($p.f_{ps} / f'_c < 0.30$) เหล็กจะถูกดึงจนถึงค่าหน่วยแรงประลัย, f_{ps} ภายใต้การกระทำของโมเมนต์ดัดประลัย, M_u ดังนั้น ค่าแรงดึงประลัยในเหล็ก, $T = A_{ps}.f_{ps}$ ค่าแรงอัดในคอนกรีต, $C = T$

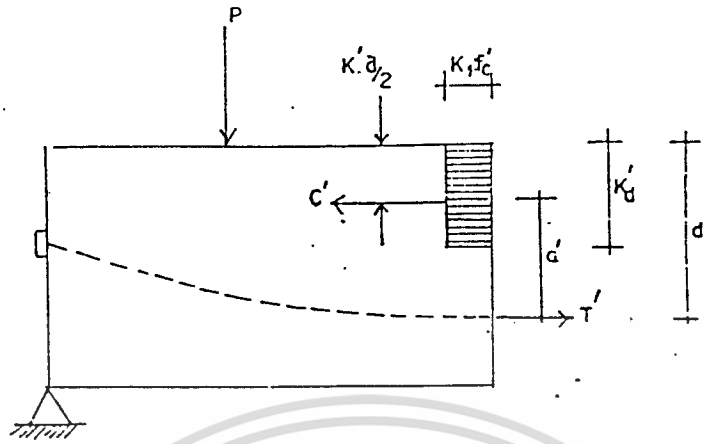
ดังนั้น $$C = T = A_{ps}.f_{ps} \qquad \text{-----(2-1)}$$

ให้ a' = ระยะแขนของแรง c และ T

แรงต้านทานโมเมนต์ดัดประลัย, M_n

$$M_n = T.a' = A_{ps}.f_{ps}.a' \qquad \text{-----(2-2)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6 กำลังรับแรงดัดของคอนกรีตและเหล็ก

ในการพิจารณาจะสมมุติการกระจายของหน่วยแรงอัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อสะดวกในการหาค่า a และระยะความลึกของ Stress Block, k d สามารถหาได้จาก

$$C' = k_1 f_c \, bd$$

เมื่อ $k_1 f_c$ = ค่าเฉลี่ยของหน่วยแรงอัดประลัยของคอนกรีต

$$\text{ดังนั้น} \quad k'd = \frac{C'}{k_1 f_c b} = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{k_1 f_c b} \qquad \text{------(2-3)}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad k' = \frac{A_{ps} f_{ps}}{k_1 f_c \, bd} \qquad \text{------(2-4)}$$

เมื่อ c' คือตำแหน่งที่จุดศูนย์กลางของ Stress Block

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ $a' = d - k'd/2 = d(1-k'/2)$ ------(2-5)

ดังนั้นโมเมนต์ดัดประลัย, M_n

$$M_n = A_{ps} f_{ps} d(1- k'/2) \quad \text{------(2-6)}$$

จาก whitney's plastic theory of Reinforce-Concrete Beams ใช้ $k_1 = 0.85$ (สำหรับแท่งทดสอบมาตรฐานรูปทรงกระบอกที่ 28 วัน) และเพื่อความปลอดภัยเพราะสมมุติ Stress Block เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และค่า k_1 จะลดลง 5 % เมื่อ f_c เพิ่มขึ้นทุก ๆ 70 ksc. นั่นคือ

$k_1 = 0.85$ เมื่อ $f_c < 280$ ksc.

$= 0.85 - \frac{0.05(f_c - 280)}{70}$ เมื่อ $280 < f_c < 560$ ksc.

$= 0.65$ เมื่อ $f_c > 560$ ksc.

และจากสมการ (2-4) $k' = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0.85 f'_c bd}$

แทนค่า k สมการ 2-6

$$M_n = A_{ps} f_{ps} d \left(1 - \frac{A_{ps} f_{ps}}{2(0.85 f'_c bd)}\right) \quad \text{----(2-7)}$$

สำหรับหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า, ให้ $p = \frac{A_{ps}}{bd}$

$$M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot d\left(1 - \frac{0.59p \cdot f_{ps}}{f'_c}\right) \quad \text{----(2-8)}$$

เมื่อให้ $q = p \cdot \frac{f_{ps}}{f'_c}$; $M_n = A_{ps} \cdot f_{ps} \cdot d(1 - 0.59q)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $k'd = a$ จะได้ : $M_n = A_{ps} f_{ps} \left(d - \frac{a}{2}\right)$ ----(2-9)

โมเมนต์ดัดประลัยสามารถคำนวณได้จาก

$$M_n = c'.\ a'$$

$$= 0.85 f'_c\ k'\ d.b\left(d - \frac{k'd}{2}\right)$$

$$= 0.85 f'_c\ d^2 b \left(\frac{A_{ps}}{bd} \cdot \frac{f_{pu}}{f'_c}\right)\left(1 - \frac{1}{0.85} \cdot \frac{A_{ps} f_{ps}}{bd.f'_c}\right)$$

$$= f_c\ bd^2\ q\ (1 - 0.59q) \quad \text{-----(2-10)}$$

มาตราฐาน ว.ส.ท. ได้ให้ค่าโมเมนต์ดัดประลัยที่ใช้ในการออกแบบสำหรับกรณี $(p f_{ps}/f'_c <= 0.3)$ โดยรวมตัวคูณลดค่า ϕ ด้วยคือ

$$M_u = \phi M_n$$

เมื่อ ϕ = 0.9 สำหรับการดัด

f_{ps} = หน่วยแรงดึงในเหล็กเสริมอัดแรงที่จุดรับหนักประลัย

ในกรณีที่ข้อมูลหาค่า f_{ps} มีไม่เพียงพอ และโดยที่ $f_{se} > 0.5 f_{ps}$ ค่าของ f_{ps} โดยประมาณจะหาได้ดังนี้คือ

ก. โครงอาคารที่เหล็กเสริมอัดแรงยึดเกาะกับคอนกรีต

$$f_{ps} = f_{se}\left(1 - 0.5p \frac{f_{pu}}{f'_c}\right) \quad \text{-------(2-11)}$$

ข. โครงการอาคารที่เหล็กเสริมอัดแรงไม่ยึดเกาะกับคอนกรีต

$$f_{ps} = f_{se} + 1055 \text{ ksc.} \quad \text{-------(2-12)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ f_{ps} = หน่วยแรงดึงประสิทธิผลในเหล็กเสริมอัดแรง หลังจากหักค่าการเสื่อมสูญของการอัดแรงแล้ว

กรณีที่ 2 <u>เมื่อเหล็กเสริมเกินกว่าสภาวะสมดุลย์</u>

(ในกรณีจะไม่แนะนำให้ใช้ และใน Project นี้จะไม่ใช้ในการคำนวณออกแบบ)

ถ้า ($p f_{ps}/f'_c$ >= 0.3) จะเรียกว่าเป็นแบบการเสริมเหล็กเกินสภาวะสมดุลย์ (Overreinfosrced) ซึ่ง ณ จุดประลัยของคอนกรีตจะถูกอัดแตกก่อน โดยมีหน่วยการหดตัวสูงสุด E_u=0.003-0.004 และจากการทดสอบที่ (University of Illinois ได้ค่า 0.0034 ของการหดตัวที่ผิวบนของคอนกรีต

โมเมนต์ดัดประลัยจะคำนวณได้จากสมการ (2-10)

$$M_n = f_c\, bd^2\, (1 - 0.59\, q)$$

ถ้า $q = p\, \frac{f_{ps}}{f'_c} = 0.3$

$$M_n = 0.2496\, bd^2 f'_c$$

$$= 0.25\, b\, d^2\, f'_c \qquad \text{--------(2-13)}$$

ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดในกรณีนี้ ($p\, \frac{f_{ps}}{f'_c} > 0.3$)

โมเมนต์ดัดประลัยที่ใช้ออกแบบ , M_u

$$M_u = \phi M_n = (0.25\, bd^2 f'_c) \text{ -------(2-14)}$$

จากทั้งสองกรณีที่กล่าวแล้วนี้ มาตรฐาน ว.ส.ท. ยังกำหนดว่าจำนวนเหล็กเสริมอัดแรงจะต้องมากพอที่จะทำให้น้ำหนักบรรทุกประลัยมีค่าเป็น 1.2 เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของน้ำหนักทำให้คอนกรีตแตกร้าว คือ $M_g > 1.2\ M_{cr}$ ซึ่งคำนวณได้จากค่าโมดูลัสของความแตกหัก คือ $f_{cr} = 1.99\ \phi\ f'^{1/2}_c$

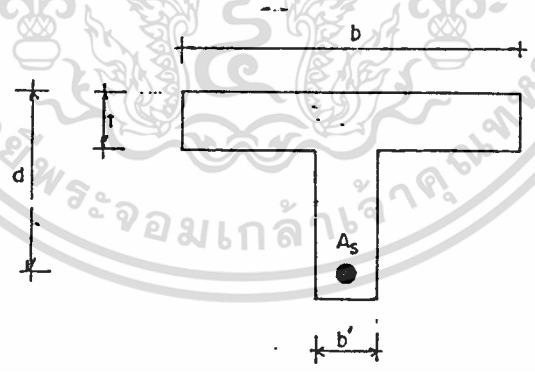
ในกรณีที่อาคารมีหน้าตัดเป็นรูปอื่น การคำนวณหาโมเมนต์ดัดประลัยจะทำได้โดยวิธีการเช่นเกียวกันกับที่กล่าวแล้ว

มาตรฐาน ว.ส.ท. ได้ให้ค่าของโมเมนต์ดัดประลัยของส่วนอาคารแบบมีปีกไว้ดังนี้

1. ถ้า $\dfrac{p\ f_{ps}}{f'_c} < 0.3$

ก. เมื่อแกนสะเทินอยู่ในปีกคาน (ความหนาของปีกมีค่ามากกว่า $\dfrac{1.4\ d\ p\ f_{ps}}{f'_c}$)

$$M_u = \phi\ [\ A_{ps}\ f_{ps}\ d\ (1-0.59\ q\ )\ ] \qquad \text{------(2-15)}$$



รูปที่ 7 คานแบบปีก (Flanged section)

ข. เมื่อแกนสะเทินอยู่นอกปีกคาน (ความหนาของปีกน้อยกว่าค่า $\dfrac{1.4\ d\ p\ f_{ps}}{f'_c}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M_u = \phi [A_{pw} f_{ps} (d - \frac{a}{2}) + 0.85 f_c (b-b')t(d - \frac{t}{2})] \quad ----(2-16)$$

โดยที่ $A_{pw} = A_{ps} - A_{pf}$

และ $A_{pf} = 0.85 f'_c (b-b') t/f_{ps}$

2. ถ้า $p f_{ps} >= 0.3 \frac{f'_c}{}$

$$M_n = \phi [0.25 f_c . bd^2 + 0.85 f_c (b-b') t (d-0.5t)] \quad -----(2-17)$$

ให้ทั้งสองกรณีข้างต้นค่า $M_d > 1.2 M_{cr}$

(5) แรงเฉือนและแรงดึงทแยง

แรงดึงทะแยงเนื่องจากแรงเฉือนในคานคอนกรีตอัดแรงจะมีค่าน้อยกว่าในคานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา ทั้งนี้เพราะผลอันเนื่องมาจากการอัดแรงและการวางเหล็กเสริมอัดแรงในคานคอนกรีตอัดแรงจะต้องการเหล็กเสริมรับแรงเฉือนเมื่อคอนกรีตเริ่มแตกร้าวและในการออกแบบคานคอนกรีตจะไม่ให้คอนกรีตแตกร้าวเมื่อรับน้ำหนักใช้งาน ดังนั้น การออกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือนจะคำนวณที่น้ำหนักประลัยเท่านั้น

ณ จุดประลัย คานคอนกรีตอัดแรงจะมีพฤติกรรมคล้ายกับคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา ดังนั้นการออกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือนในคานคอนกรีตอัดแรงก็จะคำนวณได้เช่นเดียวกับการออกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือนในคานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดามาตรฐาน ว.ส.ท. เนื้อที่หน้าตัดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่วางตั้งฉากกับแกนสะเทินของส่วนอาคารจะคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

$$A_v = \frac{(V_u/\phi - V_n)}{d f_y} \quad -------(2-18)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งจะต้องไม่น้อยกว่า $A_v = \frac{A_s}{80}\frac{f_{su}}{f_y}\frac{s}{d}\sqrt{\frac{d}{b}}$ ----(2-19)

เมื่อ

A_v = เนื้อที่ทั้งหมดของเหล็กเสริมรับแรงเฉือนซึ่งวางตั้งฉากกับแกนของส่วนอาคาร

V_u = แรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักประลัยที่กำหนด (หน้าตัดวิกฤตคือระยะ d/2 จากขอบของที่รองรับ)

V_c = แรงเฉือนที่รับโดยเนื้อคอนกรีต

S = ระยะเรียงตามยาวของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

f_y = กำลังจุดคลากของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

d = ความลึกประสิทธิผลตามมาตรฐาน ว.ส.ท. แบ่งการพิจารณาออกเป็น

ก. ในโครงการอาคารที่มีความลึกสม่ำเสมอ

d = ความลึกประสิทธิผลของหน้าตัดที่โมเมนต์ดัดสูงสุด

ข. ในโครงอาคารที่มีความลึกไม่สม่ำเสมอให้ใช้

$d = h\ (d_m/h_m)$,

โดยที่ d_m และ h_m เป็นความลึกประสิทธิผลและความลึกทั้งหมดของโครงการตามลำดับ ตรงหน้าตัดที่โมเมนต์ดัดสูงสุด และ h เป็นความลึกตรงหน้าตัดที่พิจารณา

ค่าแรงเฉือนที่รับโดยเนื้อคอนกรีต, V_c จะมีค่าเท่ากับแรงเฉือนซึ่งทำให้เกิดการแตกร้าวแยงมุมเป็นครั้งแรกที่เกิดในคานคอนกรีตอัดแรง ซึ่งคล้ายกับกรณีของคานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา การหาค่าของแรงเฉือนที่รับโดยเนื้อคอนกรีต, V_c สำหรับการแตกร้าวทะแยงมุมจะพิจารณาจากสองกรณี คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. กรณีการแตกร้าวทะแยงมุม เนื่องจากแรงเฉือนและโมเมนต์ดัดรวมกัน V_{ci}

ข. กรณีการแตกร้าวทะแยงมุมเนื่องจากแรงดึงหลักในตัวคานมากเกินควร V_{cw}

ค่าแรงเฉือนที่ยอมให้, V_c จะใช้จากค่าต่ำสุดของ V_{ci} หรือ V_{cw}

<u>ในกรณีแรก</u> : แรงดึงทะแยงอันเนื่องจากแรงเฉือนและโมเมนต์ดัด จะทำให้คอนกรีตแตกร้าวใกล้ศูนย์ถ่วงของคาน รอยแตกร้าวจะทำมุมประมาณ 45 องศา และเกิดครั้งแรกที่ระยะ d/2 จากหน้าตัดที่พิจารณา จากผลการทดลองพบว่าค่า

$$V_{ci} = 0.159\ b\ d\ f_c + \frac{M_{cr}}{M/v - d/2} + V_d \quad >= 0.45\ b\ d\ f_c^{1/2} \qquad \text{----------(2-20)}$$

โดยที่ M/v = อัตราส่วนของโมเมนต์ดัดต่อแรงเฉือนอันเนื่องมาจากการกระจายน้ำหนักซึ่งทำให้เกิดโมเมนต์ดัดมากที่สุดบรรทุกของหน้าตัด

V_d = ค่าแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกคงที่

M_{cr} = โมเมนต์ดัดแตกร้าว = $I/Y\ (1.59\ f_c + f_{pe} - f_d)$

และ f_{pe} = หน่วยแรงอัดในคอนกรีตอันเนื่องมาจากการอัดแรงเพียงอย่างเดียว ณ ผิวนอกสุดของหน้าตัด ซึ่งน้ำหนักบรรทุกทำให้เกิดหน่วยแรงดึงต่าง ๆ กัน ทั้งนี้คิดหลังจากการสูญเสียการอัดแรงแล้ว

<u>ในกรณีหลัง</u> : แรงดึงหลักอันเนื่องมาจากแรงเฉือนในตัวคานมากเกินกว่าความต้านทานต่อแรงดึงของคอนกรีต ซึ่งอาจคำนวณได้โดยให้ค่าความต้านทานต่อแรงดึงของคอนกรีตเป็น $1.06\ f_c$ มาตรฐาน ว.ส.ท. ให้ค่าของ V_{cw} ไว้ดังนี้

$$V_{cw} = b\ d\ (0.93\ f_c + 0.3\ f_{pc}) + V_p \qquad \text{-------(2-21)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และ f_{cc} - = หน่วยแรงอัดในคอนกรีตหลังจากการสูญเสียกำลังอัดต่างๆ แล้วที่ตรงศูนย์ถ่วงของหน้าตัดรับแรงกระทำ หรือที่จุดตัดของตัวคานกับปีกคานเมื่อศูนย์ถ่วงอยู่ในปีกคาน

- *ข้อกำหนดเกี่ยวกับการเสริมเหล็กรับแรงเฉือน* -

1. ในตัวคานระหว่างขอบของที่รองรับถึงระยะห่าง d/2 ให้เสริมเหล็กรับแรงเฉือนเช่นเดียวกับที่หน้าตัด d/2
2. ให้ใส่เหล็กเสริมรับแรงเฉือนเกินระยะที่คำนวณได้จากทฤษฎีออกไปอีกเป็นระยะเท่ากับความลึก d
3. เหล็กเสริมรับแรงเฉือนในตัวคาน จะต้องดัดงอปลายเหล็กทั้งสองข้าง
4. ทุก ๆ หน้าตัดจะต้องใส่เหล็กรับแรงเฉือนจำนวนไม่น้อยกว่าที่คำนวณได้

จากสมการ (2-19) และระยะห่างต้องไม่มากเกินกว่า 3/4 เท่าของความลึกของคานหรือมากกว่า 60 ซม. โดยให้ใช้ระยะห่างต่ำสุด เว้นไว้แต่ได้มีการทดลองโครงอาคารแล้วว่ากำลังรับแรงอัดประลัยและความสามารถรับแรงเฉือนได้ตามความต้องการ โดยไม่ใช้เหล็กเสริมในตัวคาน

5. ห้ามใช้กำลังคลากของเหล็กเสริมแรงเฉือนสูงกว่า 4,200 ksc.
6. ในคานคอนกรีตอัดแรงที่ใช้วิธีดึงเหล็กอัดแรงก่อน ถ้าที่หน้าตัดระยะห่าง d/2 วัดจากขอบของที่รองรับอยู่ไกลกับปลายคานเมื่อเทียบกับระยะถ่ายทอดแรงของเหล็กเสริมอัดแรง จะต้องพิจาณาลดแรงอัดที่เกิดขึ้นในเนื้อคอนกรีตหน้าตัดที่อยู่ในระยะถ่ายทอดแรงเมื่อคำนวณแรงเฉือนแตกร้าวทะแยง, V_{cw} หน่วยแรงอัดที่ศูนย์ถ่วงของหน้าตัด สมมุติให้แปรค่าเป็นเส้นตรงจากศูนย์ที่หน้าตัดปลายคานถึงค่าสูงสุดที่ระยะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ห่างจากปลายคานเท่ากับระยะถ่ายทอดแรงอัด ซึ่งมีค่าสมมุติเท่ากับ 50 เท่าของเส้นผ่าศูนย์กลาง ลวดเหล็กฟันเกลียว หรือ 100 เท่า ของเส้นผ่าศูนย์กลางลวดเหล็กเดี่ยว

(6) ระยะยึดเหนี่ยว

การยึดเหนี่ยวในคอนกรีตอัดแรงไม่ค่อยมีปัญหาเหมือนกับในคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา การวิเคราะห์ระยะยึดเหนี่ยวจะต้องเน้นหนักที่หน้าตัดใกล้ๆ กับปลายของโครงสร้าง ทั้งนี้เพื่อให้มีกำลังรับแรงอัดประลัยตามน้ำหนักประลัยที่กำหนด

มาตรฐาน ว.ส.ท. กำหนดระยะยึดเหนี่ยวไว้ดังนี้

สำหรับลวดเกลียวอัดแรงชนิดดึงที่หลังแบบมีลวด 7 หรือ 3เส้น จะต้องมีระยะยึดเหนี่ยวเลยหน้าตัดที่พิจารณาไม่น้อยกว่า

$$L_d = \frac{(f_{pu} - f_{se})D}{70} \qquad \text{----------(2-22)}$$

L_d = ระยะยึดเหนี่ยว, cm

D = เส้นผ่าศูนย์กลาง, cm

f_{se}, f_{pu} = หน่วยแรงของลวดเหล็กอัดแรง, ksc.

(7) การโก่งของคาน (Deflection of Beams)

1.การโก่งของคาน เป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่งของการวิเคราะห์โครงสร้างซึ่งนอกจากการหาค่าของหน่วยแรงต่าง ๆ ในแต่ละส่วนของโครงสร้างแล้วยังจะต้องทำการวิเคราะห์หาค่าการโก่งตัวของโครงสร้างโดยรวมถึงการหามุมหรือความลาดเอียง (Slope) การเปลี่ยนแปลงของมุม (Change of Slope) และระยะโก่งตัว (Deflection) การวิเคราะห์หาการโก่งตัวนี้ทำเพื่อตรวจสอบดู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ว่าส่วนของโครงสร้างนั้น ๆ มีการโก่งตัวเกินกว่ามาตรฐานกำหนดหรือไม่ ซึ่งค่าการโก่งของคานที่มากที่สุดจะต้องไม่เกิน 1/360 ของช่วงความยาวคาน จะเห็นได้ว่านอกจากจะออกแบบให้รับน้ำหนักได้ตามต้องการแล้ว ยังต้องระวังไม่ให้การโก่งมากเกินกว่ามาตรฐานกำหนดด้วย

2. สมมุติฐาน สมมุติฐานในการคำนวณหาระยะโก่งของคานมีดังนี้

2.1 ก่อนที่คานจะรับน้ำหนักบรรทุกจะสมมุติว่าคานอยู่ในแนวตรงระดับเดียวกับแนวระดับ

2.2 การโก่งของหน้าตัดคานจะคิดเฉพาะเนื่องจากโมเมนต์ดัดอย่างเดียว

2.3 ระนาบของหน้าตัดคานก่อนรับและหลังรับโมเมนต์ดัดจะยังคงเป็นระนาบ

2.4 หน่วยแรงที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกจะต้องไม่เกินขีดจำกัดยืดหยุ่น

2.5 การโก่งของคานมีค่าน้อยเมื่อเทียบกับความยาวคาน

3. เครื่องหมายที่ใช้

3.1 ระยะ x ไปทางขวามือของจุดเริ่มต้นมีค่าเป็นบวก ระยะ y ในทิศทางเหนือจุดเริ่มต้นมีค่าเป็นบวก

3.2 โมเมนต์ดัด, M มีค่าเป็นบวก ถ้าทำให้ส่วนบนเหนือแกนสะเทินของคานมีอาการถูกอัด และจะมีค่าเป็นลบ ถ้าทำให้ส่วนล่างหรือท้องคานใต้แกนสะเทินมีอาการถูกอัด

3.3 ความลาดเอียงมีค่าเป็นลบ ถ้าหมุนตามเข็มนาฬิกา และมีค่าเป็นบวกถ้ามุมหมุนทวนเข็มนาฬิกา

4. สมการเส้นโค้งอีลาสติก (Elastic Curve Equation)

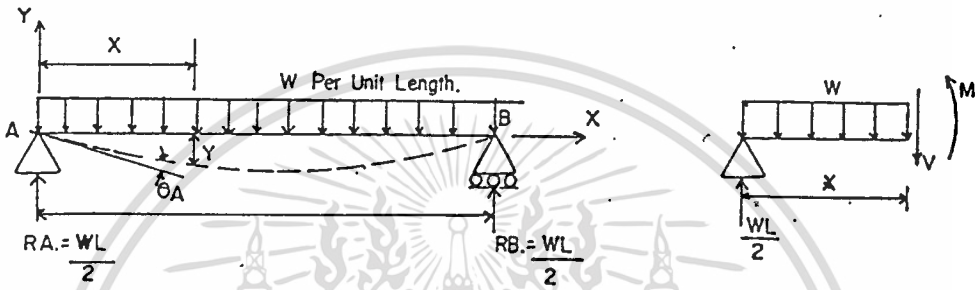
สมการเส้นโค้งอีลาสติกเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการโก่งที่จุดต่าง ๆ ของ y กับระยะตามแนวความยาวของคาน, x ในเทอมของ M,E และ I คือ

$$\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI} \qquad \text{---------(2-23)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การวิเคราะห์การโก่งตัว

ในการวิเคราะห์และออกแบบดังกล่าวมาแล้วข้างต้นจะกำหนดให้น้ำหนักที่กระทำเป็นน้ำหนักแผ่กระจายสม่ำเสมอตลอดความยาวของช่วงคาน พื้นที่หน้าตัดของคานจะมีค่าเท่ากันตลอดความยาว เพราะฉะนั้นค่า EI จะคงที่ตลอด



รูปที่ 8 แสดงการวิเคราะห์การโก่งตัวของคาน

จากรูที่ 8 พิจารณาเลือกจุดเริ่มต้นที่จุด A

จากสมการของการสมดุลย์ จะได้

$R_A = wL/2$ และ $R_B = wl/2$

เส้นโค้งอีลาสติกจะมีลักษณะดังรูป (ก)

จากการสมดุลย์บนส่วนของคาน รูป (ข) เขียนสมการของโมเมนต์ดัด, M

M ที่ระยะ x = o

$$M = \frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2}$$

และจากสมการเส้นโค้งอีลาสติก : $\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{M}{EI}$

แทนค่า M จะได้ ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$EI\frac{d^2y}{dx^2} = \frac{wLx}{2} - \frac{wx^2}{2}$$

$$EI\frac{dy}{dx} = \frac{wLx}{2}\,dx - \frac{wx^2}{2}\,dx$$

$$= \frac{wLx^2}{4} - \frac{wx^3}{6} + c_1 \quad \text{-----(2-24)}$$

$$EI\,dy = \frac{wLx^2}{4}\,dx - \frac{wx^3}{6}dx + c_1 dx$$

$$= \frac{wLx^3}{12} - \frac{wx^4}{24} + c_1x + c_2 \quad \text{---(2-25)}$$

หาค่าตัวคงที่ จากเงื่อนไขต่อไปนี้

1. คานมีลักษณะสมมาตรที่กึ่งกลางคาน ดังนั้นความลาดเอียง

$\frac{dy}{dx} = 0$ ที่ระยะ $x = L/2$

จากสมการ (3-39) ;

$$0 = \frac{wL(L)^2}{4\ 2} - \frac{w(L)^3}{6\ 2} + C_1, C_1 = -wL^3/24$$

2. ระยะโก่ง $y = 0$ ที่ระยะ $x = 0$

จากสมการ (3-40);

$$0 = 0 - 0 + 0 + C_2,\ C_2 = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสมการของความลาดเอียง

$$\frac{dy}{dx} = \frac{wLx^2}{4EI} - \frac{wx^3}{6EI} - \frac{wL^3}{24EI} \qquad \text{-----(2-26)}$$

และสมการของการโก่ง ;

$$y = \frac{wLx^3}{12EI} - \frac{wx^4}{24EI} - \frac{wL^3x}{24EI} \qquad \text{------(2-27)}$$

ระยะโก่งของคานที่มากที่สุดจะอยู่ที่กึ่งกลางคาน เนื่องจากรูปมีลักษณะสมมาตร แทนค่า $x = L/2$ ในสมการ (2-27)

จะได้ ; $y_{max} = \frac{5 \cdot wL^4}{384\ EI}$

ความลาดเอียงมากที่สุดจะอยู่ที่ปลายคาน ดังนั้นแทนค่า $x = 0$ ลงในสมการ (3-41) จะได้

$$\theta = \frac{wL^3}{24EI}$$

จากการวิเคราะห์หาสูตรในการคำนวนการโก่งตัวนี้เป็นการคิดเฉพาะกรณีของน้ำหนักบรรทุกกระจายสม่ำเสมอ (uniformly load) เท่านั้น

สรุป ในการวิเคราะห์ค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้นในปริญญานิพนธ์นี้ สามารถแบ่งย่อยได้เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโก่งตัวอันเนื่องจากน้ำหนักคาน

หาได้จากสูตรข้างต้นคือ

$$\Delta_g = \frac{5 \cdot w_g L^4}{384 \quad EI}$$

การโก่งตัวอันเนื่องจากน้ำหนักจร

สามารถหาค่าการโก่งตัวได้จากสูตรในแต่ละลักษณะของน้ำหนักจร

การโก่งตัวขึ้นอันเนื่องจากการอัดแรง

ขั้นตอนการอัดแรงจะทำให้เกิดการโก่งตัวขึ้น (upward deflection) เรียกว่า "camber" ซึ่งการคำนวนการโก่งตัวในโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง จะต่างกับโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กก็ตรงที่มีการเกิด camber ขึ้น

สำหรับสูตรที่ใช้คำนวนการโก่งตัวขึ้นเนื่องจากการอัดแรง (camber) คือ

$$\Delta_p = \frac{Fl^2}{8*EI} *[e_2 + 5/6(e_1 - e_2)]$$

สำหรับการหาค่าการโก่งตัวสุทธิ หาได้จาก ผลรวมของค่าการโก่งตัวอันเนื่องมาจากน้ำหนักคานกับการโก่งตัวจากน้ำหนักจร หักลบกับค่าการโก่งตัวอันเนื่องมาจากการอัดแรง ดังต่อไปนี้

$$\Delta = (\Delta_g + \Delta_L) - \Delta_p$$

โดยถ้า Δ ค่าเป็น + แสดงว่าเกิดการโก่งตัวลง

Δ ค่าเป็น - แสดงว่าเกิดการโก่งตัวขึ้น

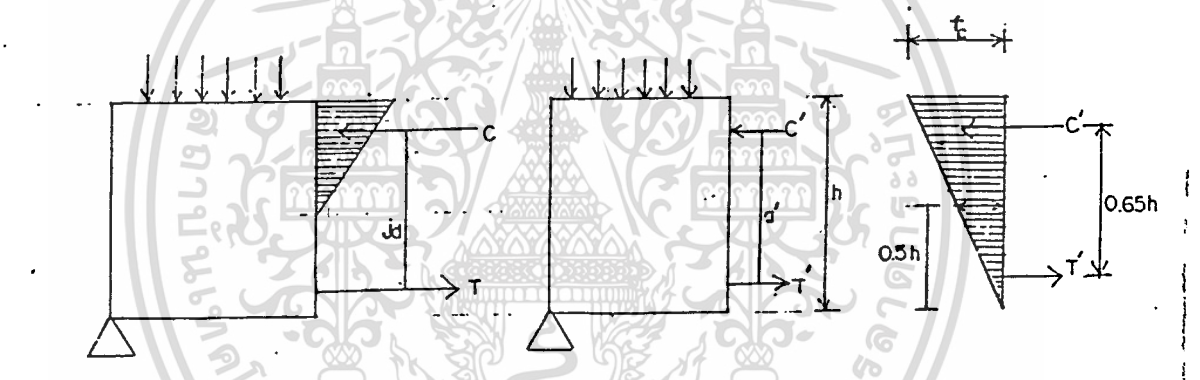
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การออกแบบหน้าตัดรับแรงดัด

(Design of Section for Flexure)

(1) การออกแบบขั้นต้น (Preliminary Design)

ในการออกแบบหน้าตัดคอนกรีตอัดแรงขั้นต้นนั้น เราสามารถทราบค่าแรง C-T ของหน้าตัด ซึ่งแรงคู่ควบนี้จะอยู่ห่างกันประมาณ 30 % - 80 % ของความลึก, h โดยประมาณจะใช้ 0.65 h และในการออกแบบจะต้องทราบโมเมนต์ดัดทั้งหมด, M_T ของหน้าตัด ดังนั้นจึงสามารถหาค่า F ได้คือ



(ก) คอนกรีตเสริมเหล็ก, (ข) (ค)

รูปที่ 9 การออกแบบหน้าตัดขั้นต้น (Preliminary Design)

เมื่อให้ F = T ; $F = \frac{M_T}{0.65h}$ ----------(2-28)

ให้ f_{se} = หน่วยแรงดึงประสิทธิผล

หน้าตัดของเหล็กอัดแรง :

$$Aps = \frac{F}{f_{se}} = \frac{M_T}{0.65hf_{se}} \quad \text{----------(2-29)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับ Preliminary design สมมุติให้หน่วยแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีต เท่ากับ 50 % ของหน่วยแรงสูงสุดที่ยอมให้, f_c ภายใต้น้ำหนักบรรทุก ดังนั้น

$$\frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{A_c} = 0.5 f_c \; ; \; \frac{C}{A_c} = \frac{T}{A_{ps}} = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{A_c}$$

$$A_c = \frac{A_{ps} \cdot f_{ps}}{0.5 f_c} \qquad \text{----------(2-30)}$$

ความลึกของคานคอนกรีตอัดแรงประมาณ 70 % ของความลึกของคานคอนกรีตเสริมเหล็กธรรมดา ฉนั้นความลึกของคานคอนกรีตอัดแรงจะประมาณได้คือ

$$h = 6.83 \; k\sqrt{M_T} \qquad \text{----------(2-31)}$$

เมื่อ h = ความลึกของคาน, ซม.

k = ค่าคงที่ ประมาณ 1.5-2.0

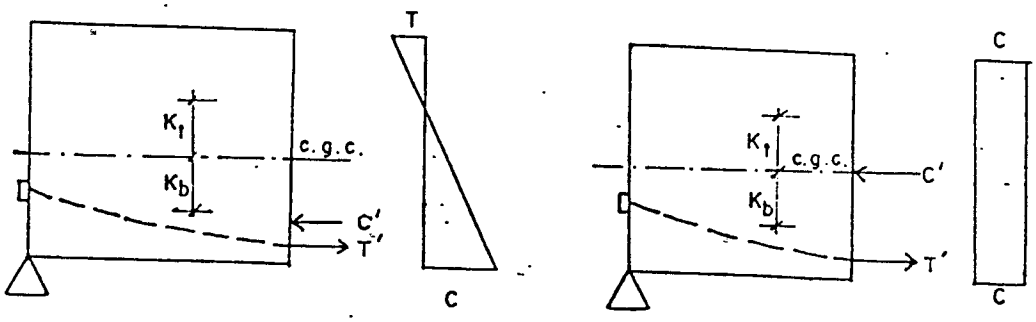
M_T = โมเมนต์ทั้งหมด, ตัน-เมตร

(2) การออกแบบในช่วงอีลาสติกโดยทั่วไป (Elastic Design)

วิธีการออกแบบในขั้นต้น (Preliminary Design) ที่ได้กล่าวในหัวข้อก่อนหน้านี้ขึ้นอยู่กับหลักที่ว่า ตัวแปรที่ควบคุมหน้าตัดมีอยู่ 2 ตัวแปรคือ โมเมนต์ดัดภายนอก (External Bending Moment, M_T) และ โมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักคานคือ M_G

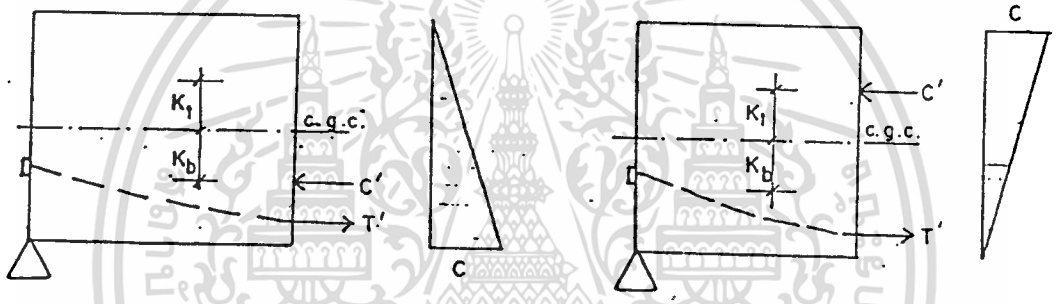
จากรูปที่ 10 พิจารณาความสัมพันธ์ของตำแหน่งของแรง C และการแผ่กระจายของหน่วยแรง จะเห็นได้ว่า ถ้าแรงอัด C อยู่ตำแหน่งเดียวกับตำแหน่งของ Top kern หรือ Bottom kern point การกระจายของหน่วยแรงจะเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



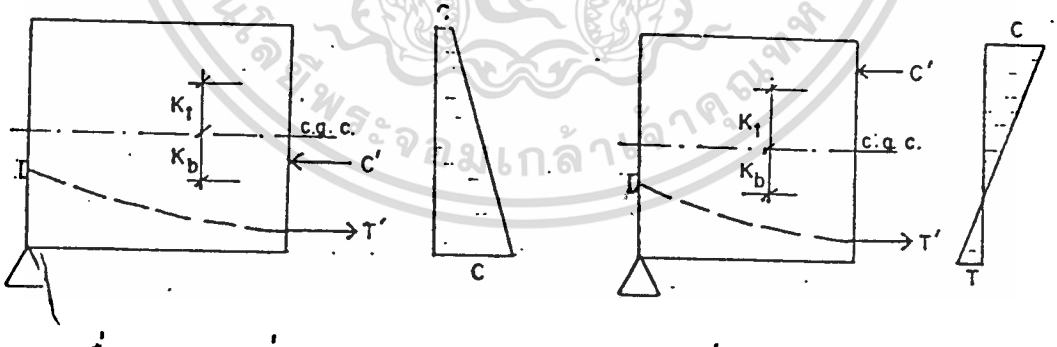
ก) เมื่อแรง C' อยู่ต่ำกว่า Bottom kern

ง) เมื่อแรง C' อยู่ที่ c.g.c.



ข) เมื่อแรง C' อยู่ที่ Bottom kern

จ) เมื่อแรง C' อยู่ที่ Top kern



ค. เมื่อแรง C' อยู่ภายใน Kern

ฉ) เมื่อแรง C' อยู่สูงกว่า Top Kern

รูปที่ 10 การกระจายหน่วยแรงในคอนกรีตโดย Elastic Theory

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปสามเหลี่ยม โดยที่หน่วยแรงจะเป็นศูนย์ที่ขอบล่างและขอบบนตามลำดับ ถ้าแรง C ตกลงมาอยู่ระหว่างช่วงของ kern หน้าตัดทั้งหมดจะตกอยู่ภายใต้แรงอัด ถ้าแรงอัด C อยู่ในส่วนนอกระยะ kern จะมีแรงดึงเกิดขึ้นที่หน้าตัดในบางส่วน และถ้าแรงอัด C อยู่ที่ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงของคอนกรีต (c.g.c.) หน่วยแรงที่เกิดขึ้นจะมีค่าคงที่ตลอดทั้งหน้าตัด

(3) การออกแบบในช่วงอีลาสติกโดยไม่ยอมให้เกิดแรงดึงในคอนกรีต (Elastic Design, No tension in Concrete)

ในการออกแบบหน้าตัดรับแรงดัดขั้นสุดท้ายของ Elastic Theory และไม่ยอมให้มีแรงดึงเกิดขึ้นในคอนกรีตทั้งขณะถ่ายน้ำหนักและภายใต้การกระทำของน้ำหนัก จะพิจารณาเป็น 2 กรณีคือ เมื่อ M_G/M_T มีค่าน้อย และ M_G/M_T มีค่ามาก

กรณีที่ 1 เมื่อ M_G/M_T มีค่าน้อย (ซึ่งใน PROJECT นี้ให้มีค่า < 0.5)

จาก Preliminary Design จะได้ค่า M_G, k_t, k_b, A_c เมื่ออัตราส่วน M_G/M_T มีค่าน้อย ตำแหน่งของเหล็กอัดแรงจะอยู่ใต้ k_b ได้ไม่เกิน

$$e - k_b = M_G/F_o \quad \text{----------(2-32)}$$

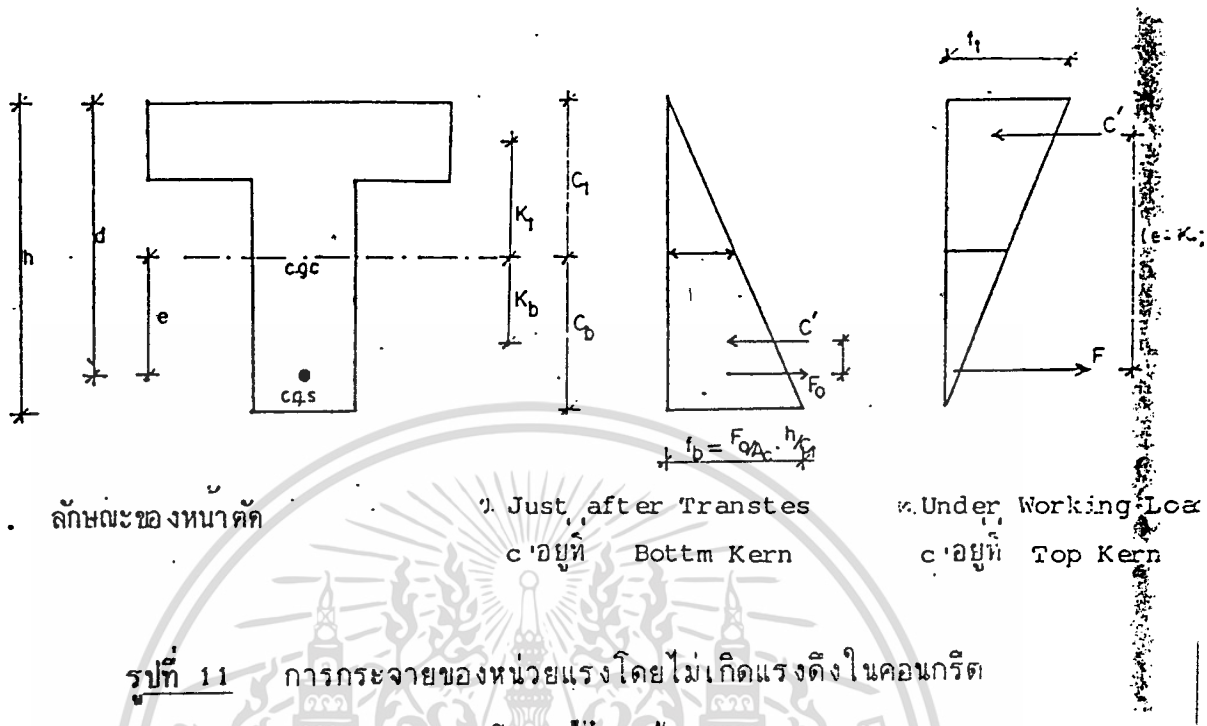
และหน่วยแรงที่เกิดขึ้นที่ผิวบนและผิวล่างของคานจากการปล่อยเหล็กอัดแรงครั้งแรกจะเป็น

$$f_t = 0$$

$$f_b = \frac{F_o \cdot h}{A_c \cdot c_t} < 0.6 f_{ci}$$

$$A_c = \frac{F_o \cdot h}{f_b \cdot c_t} \quad \text{----------(2-33)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ก. ลักษณะของหน้าตัด ข. Just after Transtes c'อยู่ที่ Bottm Kern ค. Under Working Loa c'อยู่ที่ Top Kern

รูปที่ 11 การกระจายของหน่วยแรงโดยไม่เกิดแรงดึงในคอนกรีต (กรณี M_G/M_T น้อย)

ถ้าหาก c.g.s. เลื่อนขึ้น แขนของโมเมนต์ต้านทาน จะเพิ่มขึ้นด้วย เป็น $(e + k_t)$ และค่าของ F หาได้จากสมการ

$$e + k_t = M_T / F$$

$$F = M_T / (e + k_t) \qquad \text{---------(2-34)}$$

ภายใต้การกระทำของแรง F, M_T เมื่อ c' อยู่ที่ Top kern point หน่วยแรงที่ผิวบนและผิวล่าง หาได้ดังนี้

$$f_b = \Theta$$

$$f_t = \frac{F \cdot h}{A_c \cdot c_b}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น $A_c = \frac{F \cdot h}{f_t \cdot c_b}$ ----------(2-35)

ถ้า f_b หรือ f_t มากกว่าค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ จะต้องเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีต, A_c หรือลดอัตราส่วนของ h/c_t หรือ h/c_b และ f_t น้อยกว่าค่าที่ยอมให้จะต้องลดค่าของ A_c ลง

<u>สรุปขั้นตอนในการออกแบบ</u> (M_g/M_T มีค่าน้อย)

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> จากหน้าตัดใน Preliminary design กำหนดตำแหน่ง c.g.s. โดย

$$e - k_b = M_g/F_o$$

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> คำนวณหาแรงดึงทั้งหมด, F แล้วหาค่า F_o

$$F = \frac{M_T}{e + k_t}$$

$$F_o = F * f_{so} / f_{ss}$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> คำนวณหาพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต, A_c

$$A_c = F_o.h / f_b.c_t$$

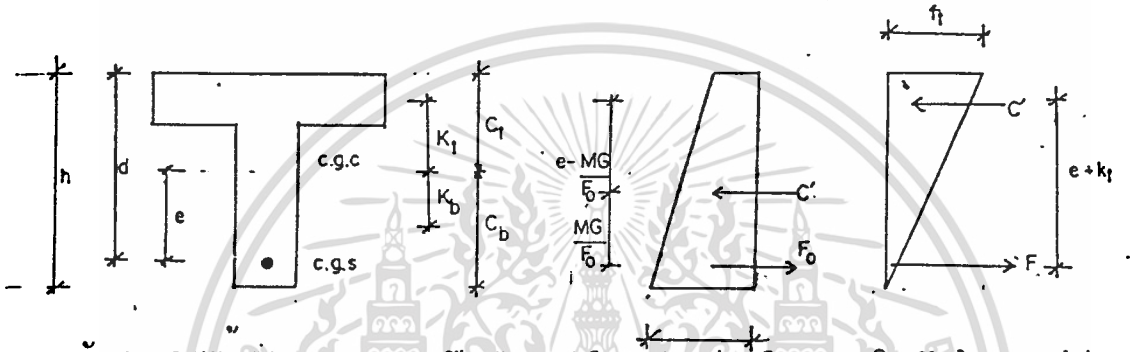
และ $$A_c = F.h / f_t.c_b$$

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> ถ้ายังไม่เหมาะสม Rivise ค่า F และ A_c ใหม่ (ค่า A_c ใช้ค่ามาจากข้อ 3) แล้วเริ่มต้นจากข้อ (1) ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีที่ 2 (เมื่อ M_G/M_T มีค่ามาก)

กรณีนี้ค่า $(e-k_b)$ อาจจะอยู่นอกหน้าตัดของคาน ฉะนั้นจึงกำหนดให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ในกรณีนี้หน่วยแรงที่ผิวล่างของคานในช่วงการถ่ายน้ำหนักจะไม่ถึงจุดวิกฤต



ก. ลักษณะของหน้าตัด ข. Just After Trainsfer c' อยู่ที่ bottom kern poin ค. Under working load c' อยู่ที่ Top dern point

รูปที่ 12 การกระจายของหน่วยแรงโดยไม่เกิดแรงดึงในคอนกรีต (กรณี M_G/M_T มาก)

ภายหลังจากการถ่ายน้ำหนักของการอัดแรงที่ผิวล่างของคานอาจจะถึงจุดวิกฤติได้ในสภาวะเช่นนี้สามารถหาค่าของหน่วยแรงได้โดย

$$f_b = \frac{F_o}{A_c} + \frac{(F_o \cdot (c - M_g))c_b}{I}$$

$$= \frac{F_o}{A_c} + \frac{(F_o \cdot (c-M_G))\, c_b}{r^2 \cdot A_c}$$

$$= \frac{F_o}{A_c}\left[\, 1 + \frac{e - (M_G/F_o)}{k_t} \,\right]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉะนั้น $$A_c = \frac{F_o}{f_b}\left[1 + \frac{e-(M_G/F_o)}{k_t}\right] \quad \text{-------(2-36)}$$

<u>สรุปขั้นตอนในการออกแบบ</u> (เมื่อ M_G/M_T มีค่ามาก)

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> จาก Preliminary Sestion กำหนดตำแหน่งของ c.g.s. โดย

$$e-k_b = M_G/F_o$$

ถ้าเป็นไปได้ก็กำหนดตำแหน่งของ c.g.s. นั้นมาเลย ถ้าไม่กำหนดก็ทำตาม ขั้นตอนที่ 2

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> คำนวณหาค่า F และค่า F_o

$$F = \frac{M_T}{e+k_t} \quad ; \quad F_o = F*(f_{so}/f_{si})$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> คำนวณหาพื้นที่ของคอนกรีต, A_c

$$A_c = Fh/f_t.c_b$$

หรือ $$A_c = \frac{F_o}{f_b}\left[1 + \frac{e-(M_G/F_o)}{k_t}\right]$$

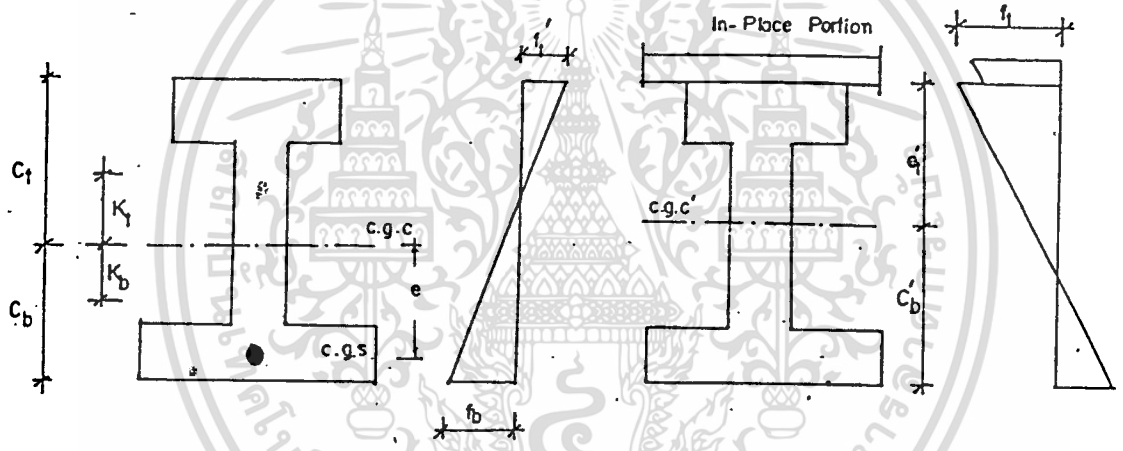
<u>ขั้นตอนที่ 4</u> ใช้ค่า A_c ที่มากที่สุดในข้อ 3 และถ้าไม่เหมาะสมจะได้ Revise ขั้นตอนที่ 1-4 ใหม่ หากต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(4) การออกแบบในช่วงอิลาสติกของหน้าตัดประกอบ

(Elastic Design, Composite Suction)

ในการออกแบบ Composite Section จะต้องรวมส่วนที่หล่อเพิ่มเติม (Topping) เข้าไปในการออบแบบขณะรับน้ำหนักบรรทุกใช้งานด้วย เพราะปีกหรือตัวคานจะต้องรับน้ำหนักนี้ด้วย ในการออกแบบจะไม่ยอมให้มีแรงดึงเกิดขึ้นที่ผิวบนของปีก ในกรณี Composite Section บางครั้งหน่วยแรงอัดในส่วนที่หล่อเพิ่มเติมจะถึงจุดวิกฤติ ฉนั้นจึงต้องตรวจสอบในขั้นสุดท้ายของการออกแบบ



ก. Precast Portion, Stress Distribution at Transfer

ข. Composite Section, Stress Distribution Under Working Load

รูปที่ 13 การออกแบบ Composite section โดย Elastic

สรุปขั้นตอนในการออกแบบ Composite Section

ขั้นตอนที่ 1 : กำหนดตำแหน่งของ c.g.s. จากพื้นที่หน้าตัดคานที่ได้จากการสมมุติหรือการหาโดยวิธี Preliminary Design และจะต้องกำหนดตำแหน่งของเหล็กโดยไม่ทำให้เกิด Overstress ระหว่างการดึงเหล็กอัดแรง ซึ่งตำแหน่ง c.g.s. จะต้องไม่ต่ำกว่าค่าของ e คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$e = k_b + e_1 + e_2$$

เมื่อ $$e_1 = \frac{f'_t \cdot I}{c_t \cdot F_o}$$

$$e_2 = M_G / F_o$$

และ

f'_t = หน่วยแรงดึงที่ยอมให้ที่ผิวบนของคานคอนกรีตหล่อสำเร็จ

c_t = ระยะจาก c.g.s. ของคานหล่อสำเร็จถึงผิวบนของคาน

ขั้นตอนที่ 2 : คำนวณหาแรงที่เกิดขึ้นที่ผิวบนและผิวล่างของคานสำเร็จ เนื่องจาก Moment.M_c ที่กระทำที่ Composite Section

$$F_t = \frac{M_c \cdot c_t}{I}$$

$$f_b = \frac{M_c \cdot c_b}{I}$$

เมื่อ

I = โมเมนต์อินเนอร์เชียของ Composite Section

c_t, c_b = ระยะจาก c.g.s. ถึงผิวบนและผิวล่างของคานหล่อสำเร็จ

และให้ $$m_t = \frac{I/c_t}{I'/c'_t}$$

$$m_b = \frac{I/c_b}{I'/c'_b}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า $f_t = \frac{m_t M_c c_t}{I} = \frac{m_t M_c}{A_c k_t}$

$f_b = \frac{m_b M_c}{I} = \frac{m_b M_c}{A_c k_b}$

เมื่อ A_c = พื้นที่หน้าตัดของคานหล่อสำเร็จ

k_t = ระยะ Top kern ของคานหล่อสำเร็จ

k_b = ระยะ Bottom kern ของคานหล่อสำเร็จ

ขั้นตอนที่ 3 ถ้า M_p คือโมเมนต์ที่กระทำต่อคานหล่อสำเร็จ และ f_t คือหน่วยแรงดึงที่ยอมให้ที่ผิวล่างของคานหล่อสำเร็จ จะได้ว่า

$$f_t = -\frac{F}{A_c} - \frac{F e c_t}{I} + \frac{M_p c_b}{I} - \frac{M_c c_b}{I}$$

$$= \frac{F}{A_c}\left(-1 - \frac{e}{k_t}\right) + \frac{M_p}{A_c k_t} + \frac{m_t M_c}{A_c k_t}$$

$$F = \frac{M_p + m_b M_p - f_c k_t A_c}{e + k_t} \qquad \text{----------(2-37)}$$

หรือ $F = \frac{M_p + m_b M_c}{e + k_t}$ ถ้า $f_b = 0$

จากการคำนวณค่า F_o ในครั้งแรกสามารถจะกลับไปหาตำแหน่งของ c.g.s. ใหม่ได้ด้วยของ F_o ถ้าหากจำเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 4 เพื่อกำหนดให้หน่วยงานที่เกิดขึ้นที่ผิวล่างของคานไม่เกินค่าหน่วยแรงที่ยอมให้

$$f_b = \frac{F_o}{A_c} + \frac{(F_o \cdot e - M_g)}{A_c \cdot k_t}$$

$$A_c = \frac{1}{f_b}\left[F_o + \frac{(F_o \cdot e - M_g)}{k_t}\right] \qquad \text{-------(2-38)}$$

ในทำนองเดียวกันเมื่อกำหนดให้หน่วยแรงอัดที่ผิวบนของคานหล่อสำเร็จไม่เกินค่าหน่วยแรงที่ยอมให้, f_t ภายใต้น้ำหนักบรรทุกใช้งาน จะได้ว่า

$$f_t = \frac{F}{A_c} + \frac{(M_s + m_t \cdot M_c - F \cdot e)}{A_c \cdot k_b}$$

$$A_c = \frac{1}{f_t}\left[F + \frac{(M_s + m_t \cdot M_c - F \cdot e)}{k_b}\right] \qquad \text{-------(2-39)}$$

ค่าของ A_c ในสมการ (2-38), (2-39) ให้ใช้ค่าที่มากที่สุด และที่ผิวบนของ Cast-in-Place บนปีกคานให้ใช้ f = M.c / I ในการควบคุมการออกแบบ

5.การออกแบบแนวโค้งของเหล็ก (Cable Profiles)

เนื่องจากตลอดความยาวของช่วงคาน การรับน้ำหนักในแต่ละหน้าตัดจะรับน้ำหนักไม่เท่ากันทั้งน้ำหนักตายตัวและน้ำหนักจรทำให้โมเมนต์ที่เกิดขึ้นมีค่าแปรเปลี่ยนไปตามช่วงความยาวนั้นๆ

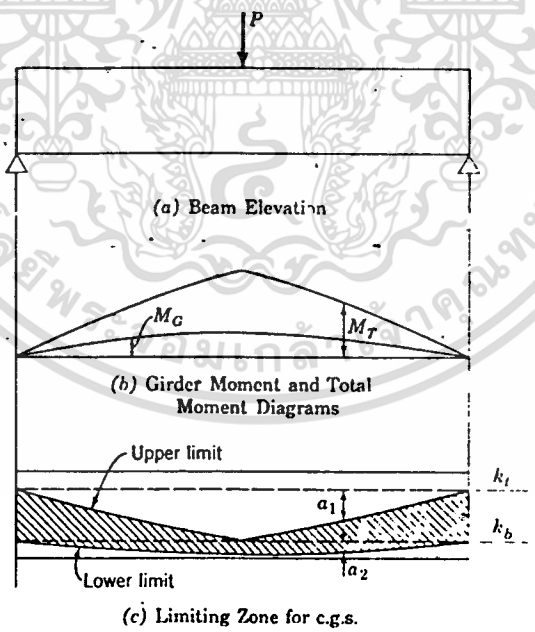
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหัวข้อที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าการหาระยะเยื้องศูนย์ของเหล็กเพื่อนำไปใช้ในการคำนวนออกแบบหน้าตัดนั้นเป็นเพียงระยะเยื้องศูนย์ที่หน้าตัดกึ่งกลางเท่านั้น เพราะน้ำหนักที่กระทำต่อโครงสร้างจะมีค่ามากที่สุดที่หน้าตัดกึ่งกลาง ดังนั้นจึงต้องทำการหาระยะเยื้องศูนย์ของเหล็กที่หน้าตัดอื่นๆ ตลอดช่วงความยาวด้วย

สำหรับการหาระยะเยื้องศูนย์ของทุกๆหน้าตัดตลอดความยาวนี้ จะคำนวนหาเป็นพื้นที่ที่สามารถจะวางแนวเหล็กได้ หรือที่เรียกว่า "Limiting Zone"

จากรูปที่ 14 เป็นภาพแสดงการรับน้ำหนักของคาน จะเห็นได้ว่า จะต้องคำนวนหาระยะ top kern และ bottom kern ก่อนที่จะทำการคำนวนหา limiting zone ดังที่ได้แสดงเป็นเส้น 2 เส้น คือ kt และ kb

สำหรับการรับน้ำหนักของคานในรูปที่ 14 a. จะทำให้เกิดโมเมนต์จากน้ำหนักคาน (M_G) และโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักทั้งหมด (M_T) ดังในรูปที่ 14 b.



รูปที่ 14 แสดงลักษณะของ "limiting zone"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากภายใต้เงื่อนไขสภาวะการทำงานปกติ (working load) เส้นแรงดัน หรือ เส้น C-line จะต้องอยู่ไม่เกินเส้น top kern จึงได้เป็นสูตรคำนวนระยะที่ต้องอยู่ใต้เส้น top kern น้อยที่สุด ดังนี้

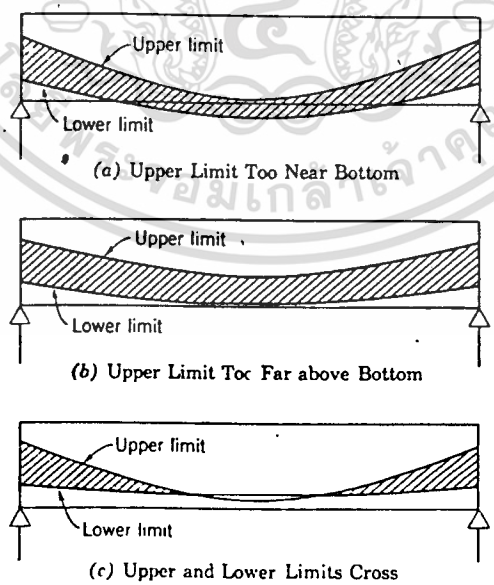
$$a_1 = M_T / F$$

ถ้าจุดศูนย์ถ่วงเหล็ก อยู่สูงกว่า upper limit จะทำให้เส้น C-line อยู่เหนือกว่า top kern

เช่นเดียวกัน ถ้าจะทำให้เส้น C-line ไม่อยู่ต่ำกว่า bottom kern จุดศูนย์ถ่วงของเหล็กจะต้องอยู่ใต้ bottom kern ไม่เกินระยะดังต่อไปนี้

$$a_2 = M_G / F_o$$

จากการคำนวนระยะ a_1 และ a_2 แล้ว จะได้ limiting zone ซึ่งได้แสดงไว้ใน รูปที่ 14 c. ซึ่งในที่นี้จะไม่เกิดแรงดึงขึ้นทั้งในกรณีรับน้ำหนักของคาน (girder load) และกรณีรับน้ำหนักทั้งหมด (working load) ซึ่งการวางแนวเหล็กเสริมสามารถวางไว้ในตำแหน่งใดๆ ก็ได้แต่ต้องอยู่ภายใน limiting zone



รูปที่ 15 ลักษณะของ limiting zone ที่ไม่เหมาะในการใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 15 เป็นการแสดงลักษณะ limiting zone ต่างๆ ที่ไม่เหมาะสม ในรูปที่ 15 a. เส้น limit ตกออกไปอยู่นอก ความลึกคาน ในกรณีนี้ควรเพิ่มแรง F หรือความลึกของหน้าตัด ในทางตรงกันข้าม ถ้าเส้น upper กับ lower limit อยู่ห่างกันเกินไป ดังในรูปที่ 15 b. ควรจะลดค่าแรง F หรือ ความลึกของหน้าตัด แต่ถ้าลักษณะในรูปที่ 15 c. หมายถึงไม่สามารถวางแนวเหล็กได้ ควรเพิ่ม แรง F หรือ ความลึกหน้าตัด หรือ โมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักคาน (M_g) เพื่อที่จะเพิ่มระยะ lower limit

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การจัดระบบโปรแกรม

3.1 บทนำ

การศึกษาปริญญานิพนธ์นี้ เป็นการประยุกต์นำเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์มาช่วยในการคำนวนออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรง ซึ่งจะแบ่งย่อยออกเป็นโครงสร้าง 2 ประเภทคือ คานคอนกรีตอัดแรง และ พื้นคอนกรีตอัดแรง ซึ่งในแต่ละโครงสร้างก็จะมีขั้นตอนการคำนวนตามทฤษฎีที่ได้กล่าวมาแล้วในบทก่อนหน้านี้ และสำหรับวิธีการใช้โปรแกรมและวิธีการใส่ค่าต่างๆ รวมทั้งการใช้งานทุกอย่างจะอธิบายโดยละเอียดในบทที่ 4 ซึ่งได้จัดทำเป็น"คู่มือการใช้โปรแกรม"

3.2 การจัดระบบโปรแกรม

การพัฒนาโปรแกรมที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ได้มีการทำกันอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์สามารถทำงานแทนมนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในส่วนข้อได้เปรียบนั้น ไมโครคอมพิวเตอร์มีการคำนวนที่แม่นยำเที่ยงตรง และสามารถแสดงผลได้อย่างกว้างขวาง แต่การที่จะเขียนโปรแกรมที่มีการใช้งานได้ดีดังที่กล่าวมาแล้ว จะต้องเป็นโปรแกรมที่มีโครงสร้างเป็นระบบมีความต่อเนื่องกันไปตลอดขั้นตอนต่างๆ ในการทำงาน

โดยทั่วไปแล้ว วิธีการจัดระบบโปรแกรมที่ใช้กันมีอยู่หลายวิธี แต่ก็มีวัตถุประสงค์เหมือนกันคือ โปรแกรมมักจะประกอบไปด้วยโปรแกรมส่วนหลักและโปรแกรมส่วนย่อย ซึ่งแต่ละโปรแกรมย่อยก็จะมีขนาดพอเหมาะกับหน่วยความจำของเครื่อง นอกจากนั้นโปรแกรมย่อยอาจจะประกอบด้วยชุดของโปรแกรมย่อยๆ ซึ่งมีลักษณะการทำงานเฉพาะสำหรับการคำนวนในส่วนต่างๆ

ในการศึกษาปริญญานิพนธ์นี้ ได้จัดระบบโปรแกรมให้มีลำดับขั้นตอนการทำงานจากโปรแกรมการทำงานหลักไปยังโปรแกรมย่อย ซึ่งโปรแกรมต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. โปรแกรมการทำงานหลัก ซึ่งโปรแกรมในส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน รวมทั้งการคำนวนในบางเรื่อง และเป็นส่วนที่ทำการเชื่อมโยงการทำงานของโปรแกรมย่อยต่างๆ ซึ่งหน้าที่หลักก็คือ การเลือกใช้การออกแบบในส่วนคานหรือพื้น การผ่านค่าตัวแปรต่างๆ การทำเมนูเพื่อให้ผู้ใช้เลือกใช้ และอื่นๆ

2. โปรแกรมย่อย เป็นโปรแกรมที่ทำหน้าที่การทำงานเฉพาะอย่างเช่น การคำนวนโมเมนต์ดัดที่เกิดขึ้น การคำนวนแรงเฉือน หน่วยแรงที่เกิดขึ้น และอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งในปริญญานิพนธ์นี้ การคำนวนส่วนใหญ่ จะอยู่ในโปรแกรมย่อยทั้งสิ้น เพื่อป้องกันความยุ่งยากในการจัดระบบโปรแกรมที่จะเกิดขึ้น และเมื่อการคำนวนในโปรแกรมย่อยนั้นๆ ทำงานเสร็จแล้วก็จะทำการผ่านค่าตัวแปรที่ได้จากการคำนวนไปไว้ที่โปรแกรมการทำงานหลัก เพื่อนำไปใช้ในการคำนวนในโปรแกรมย่อยอื่นๆ ต่อไป

3.3 โปรแกรมย่อย

ดังที่ได้กล่าวไว้แล้วว่า ในโปรแกรม PSTRESS จะมีการแบ่งออกเป็นส่วนโปรแกรมหลักและโปรแกรมย่อย โดยการคำนวนส่วนมากแล้วจะอยู่ในโปรแกรมย่อย ซึ่งในโปรแกรม PSTRESS นี้จะมีโปรแกรมย่อยบางส่วนจะถูกจัดรวมกันเป็น Unit สำหรับลักษณะของ Unit จะไม่กล่าวรายละเอียดในที่นี้เพราะเป็นส่วนของภาษา Turbo Pascal แต่การพิมพ์ตัวโปรแกรมในส่วนที่เป็น Unit นี้จะต้องพิมพ์ตามแบบที่ได้แสดงไว้ในภาคผนวกซึ่งเป็นตัวโปรแกรม

สำหรับโปรแกรมย่อยต่างๆ ที่สำคัญมีชื่อดังต่อไปนี้ (Procedure)

- case 1 - case 7 คำนวนโมเมนต์จาก live load กรณีต่างๆ
- concrete ให้ใส่ค่าคุณสมบัติของคอนกรีตและค่าการสูญเสียการอัดแรง
- msteel ให้เลือกชนิดของเหล็ก strand
- prelim คำนวนในส่วน preliminary design
- elastic คำนวนในส่วน Elastic final design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- rein คำนวนและแสดงจำนวนของเหล็ก strand ที่ต้องใช้
- profile คำนวนแนววางเหล็กและ limit zone
- ultimate คำนวนตรวจสอบค่าโมเมนต์ดัดประลัย
- testshear คำนวนอกกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือน
- stressallow คำนวนตรวจสอบค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้น
- deflection คำนวนตรวจสอบค่าการโก่งตัว
- twoway คำนวนและตรวจสอบหน้าตัดพื้นแบบ 4 edges support

สำหรับ Unit ต่างๆ มีดังนี้

- Unit Umain
- Unit Zone
- Unit screen
- Unit win

สำหรับรายละเอียดของตัวโปรแกรมจะแสดงไว้ในส่วนของภาคผนวกด้านหลังของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

คู่มือการใช้โปรแกรม

4.1 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการใช้โปรแกรม

4.1.1 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิท หรือ 32 บิท

4.1.2 จอภาพ (Monitor)

4.1.3 เครื่องอ่าน-บันทึกแผ่น (Disk Drive) หรือ Hard Disk

4.1.4 เครื่องพิมพ์ (Printer)

4.2 การเริ่มต้นใช้โปรแกรม

เมื่อใส่แผ่นโปรแกรมเข้าในเครื่องอ่าน-บันทึกแผ่นแล้ว โปรแกรมจะแสดงหัวข้อ (Title) รูปที่ 4-1

จากนั้นจะเป็นชนิดของโครงสร้างให้เลือก (Main Menu) ดังในรูปที่ 4-2 ซึ่งจะแบ่งเป็น

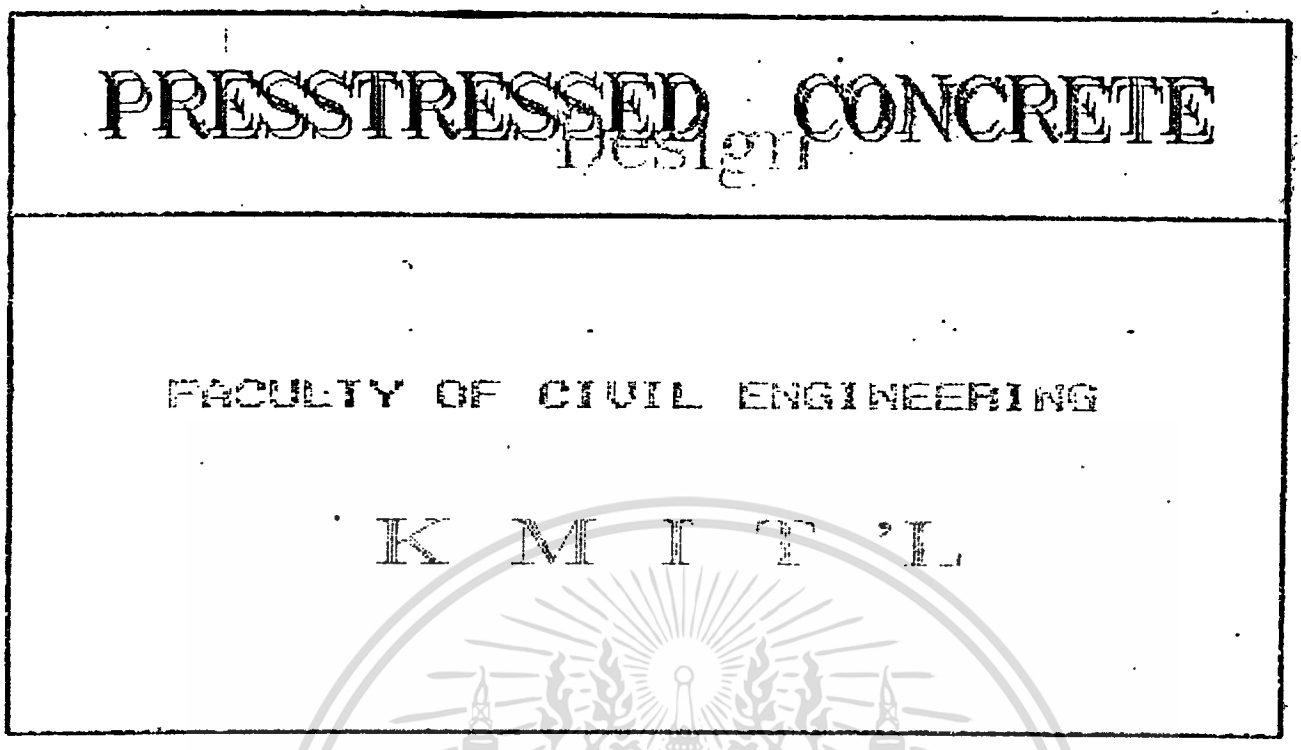
- คานคอนกรีตอัดแรง
- พื้นคอนกรีตอัดแรง

4.3 การเลือกใช้โปรแกรม ในส่วน คาน (Beam)

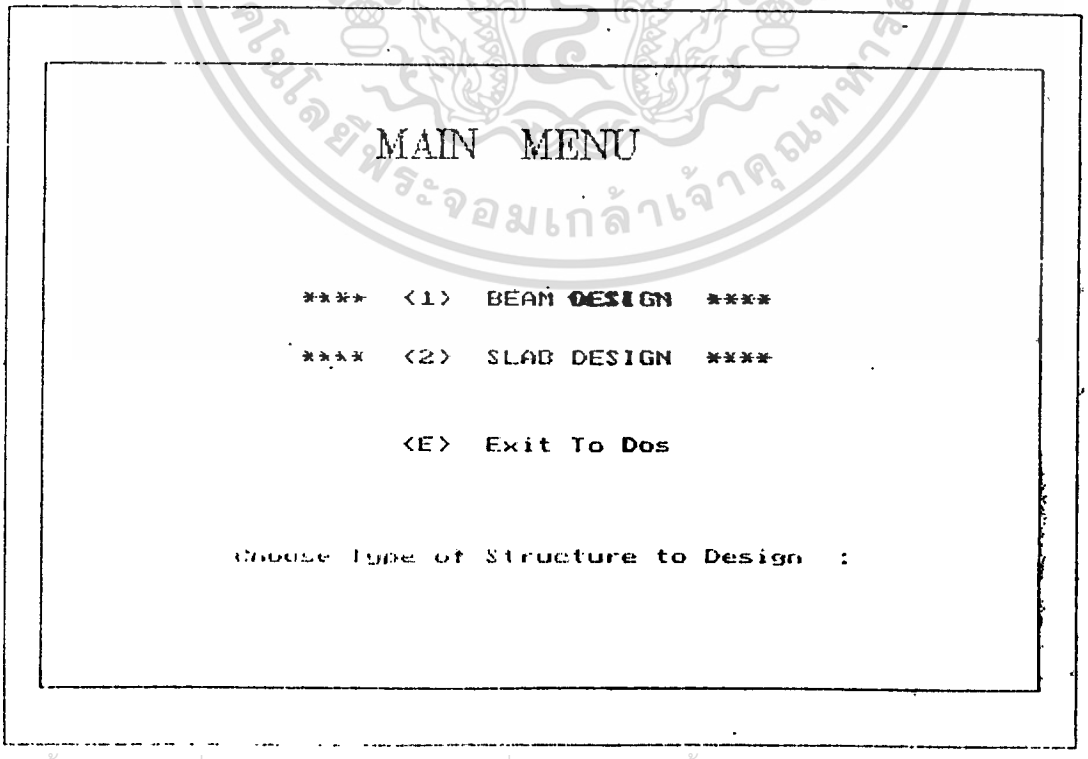
เมื่อกดคีย์เพื่อเลือกออกแบบโครงสร้างในส่วนคาน ภาพบนจอจะปรากฏเป็น Beam Menu ดังในรูปที่ 4-3 ซึ่งจะแบ่งเป็นเมนูย่อยต่างๆ ในส่วนของคานให้เลือกใช้งานคือ

- Input Data Menu
- Checking Strength Menu
- Design Menu
- Print Menu
- Exit to Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

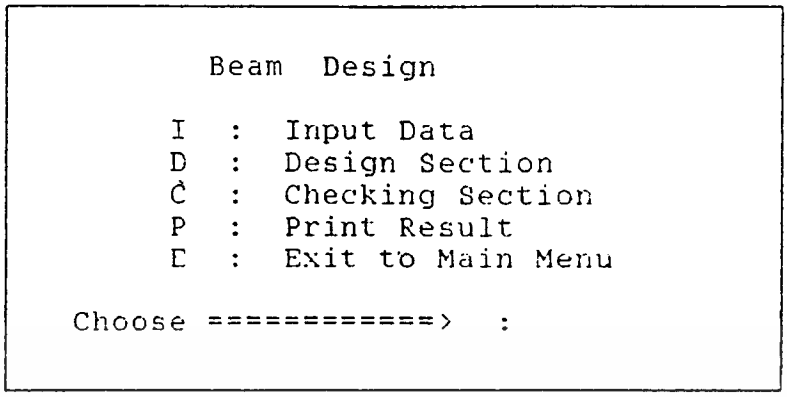


รูปที่ 4-1 ภาพ Title ของโปรแกรม PSTRESS

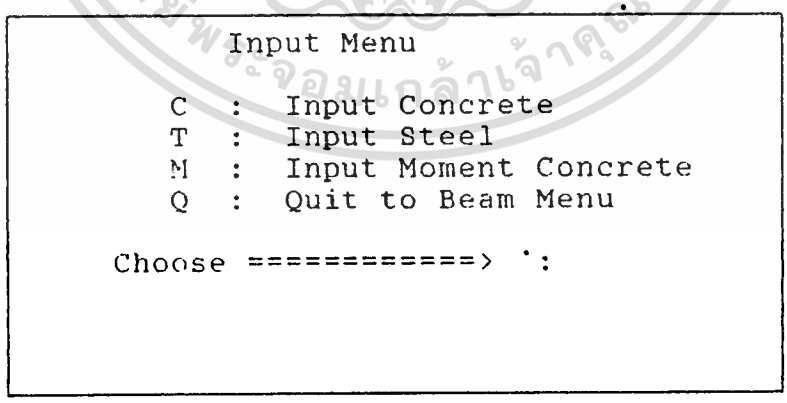


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-2 ภาพ Main Menu



รูปที่ 4-3 ภาพ Beam Menu



รูปที่ 4-4 ภาพเมนูย่อย Input Data Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.1 Input Data Menu

เมนูนี้เป็นเมนูใช้ในการป้อนค่าต่างๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ในการคำนวน ซึ่งแบ่งออกเป็นเมนูย่อยดังนี้ (ดังในรูปที่ 4-4)

- Input Concrete ค่ากำหนดของคอนกรีต(Property of Concrete)
- Input Steel ค่ากำหนดของเหล็กอัดแรง โดยเลือกจากตารางเหล็กที่มีในโปรแกรม ดังในรูปที่ 4-5
- Input Load Condition ค่าน้ำหนักจรที่ใช้ในงาน โดยเลือกจากภาพที่มีในโปรแกรม ซึ่งมีกรณีของน้ำหนัก (Load condition) 7 กรณี ดังในรูปที่ 4-6

4.3.2 Design Section Menu

เมนูนี้ใช้เพื่อการออกแบบหน้าตัด โดยโปรแกรมจะแนะนำค่าความลึกและพื้นที่หน้าตัดของคอนกรีตให้ และให้ผู้ใช้เลือกค่าตามที่ต้องการ จากนั้นจึงเลือกชนิดของหน้าตัดซึ่งมีอยู่ในโปรแกรม โดยมีหน้าตัดให้เลือก 6 ชนิด ดังในรูปที่ 4-7 ถึงรูปที่ 4-12

ซึ่งในเมนู Design Section นี้จะสามารถแบ่งออกเป็น เมนูย่อยได้คือ ดังรูปที่ 4-13

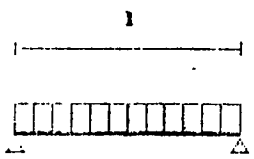
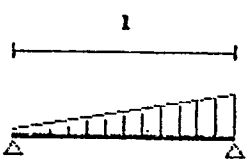
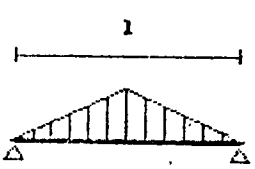
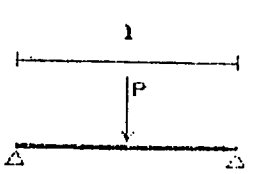
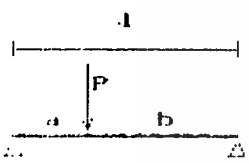
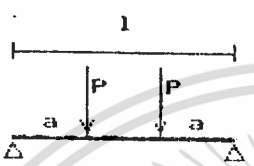
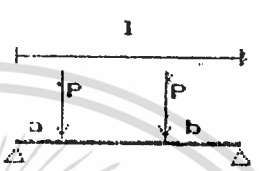
- Preliminary Design
- Final Elastic Design ซึ่งรายละเอียดจะดูได้จาก ในส่วนขั้นตอนการคำนวน
- Steel Reinforcement เป็นเมนู คำนวนและแสดงผล ในส่วนของเหล็กเสริมอัดแรง

4.3.3 Checking Strength Menu

เมนูนี้ทำหน้าที่ในการคำนวน เพื่อตรวจสอบความแข็งแรงของหน้าตัดที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ ห้ามนำไปใช้ในการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BEAM WITH HINGED SUPPORT

1	2	3	4
			
5	**6**	**7**	
			

Press <space bar> to Select other load condition.

Press<enter> to Choose load condition in this page.

รูปที่ 4-6 ภาพแสดงตาราง Load Condition

PRESTRESSED STRANDS SPECIFICATION

Grade	Notation	Nominal Diameter of Strand mm	Nominal Area of Strand mm	Nominal Weight of Strand kg/1000 m	Minimum Breaking Strength of Strand kg	Minimum Yield Strength of Strand kg
250K	SPC-9A	9.53	51.61	405	9070	7710
	SPC-12A	12.70	92.90	730	16320	13630
	SPC-15A	15.24	139.35	1094	24490	20830
270K	SPC-9B	9.53	54.84	432	10430	8870
	SPC-12B	12.70	98.71	775	18690	15910
	SPC-15B	15.24	140.00	1102	26600	22610

Choose grade of prestressed steel

<1> 250K. <2> 270K. : 2

Choose the notation of prestressed steel

<1>SPC-9B <2>SPC-12B <3>SPC-15B :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

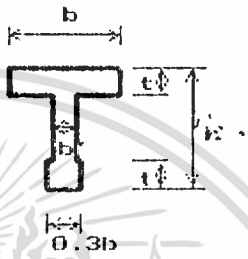
รูปที่ 4-5 ภาพแสดงตารางเหล็กเสริมอัดแรง

CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS

Table-2 Constant for I-Sections

Section	b/b	t/h	A[a]	c_b^b	c_t^b	I[c]	r^{2d}	k_t^b	k_b^b
2-a	0.1	0.1	0.21	0.650	0.350	0.0260	0.1236	0.190	0.354
2-b	0.1	0.2	0.32	0.675	0.325	0.0345	0.1080	0.160	0.332
2-c	0.1	0.3	0.43	0.672	0.328	0.0387	0.0900	0.134	0.274
2-d	0.2	0.1	0.29	0.610	0.390	0.0316	0.1090	0.179	0.280
2-e	0.2	0.2	0.38	0.647	0.353	0.0378	0.0994	0.153	0.282
2-f	0.2	0.3	0.47	0.655	0.345	0.0402	0.0856	0.131	0.240

a Given as a function of bh
b Given as a function of h
c Given as a function of bh^3
d Given as a function of h^2



Press <space bar> to see other section.

Press < Enter > to choose this section.

รูปที่ 4-7 ภาพแสดงหน้าตัดคานที่มีให้เลือก

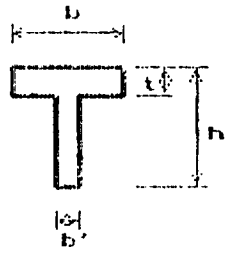
CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS

Table-1 Constant for T-Sections

Section	b/b	t/h	A[a]	c_b^b	c_t^b	I[c]	r^{2d}	k_t^b	k_b^b
1-a	0.1	0.1	0.19	0.714	0.286	0.0179	0.0945	0.132	0.333
1-b	0.1	0.2	0.28	0.756	0.244	0.0192	0.0688	0.091	0.282
1-c	0.1	0.3	0.37	0.755	0.245	0.0193	0.0520	0.069	0.212
1-d	0.2	0.1	0.28	0.629	0.371	0.0283	0.1010	0.161	0.272
1-e	0.2	0.2	0.36	0.678	0.322	0.0315	0.0875	0.129	0.273
1-f	0.2	0.3	0.44	0.691	0.309	0.0319	0.0725	0.105	0.234
1-g	0.3	0.1	0.37	0.585	0.415	0.0365	0.0985	0.169	0.237
1-h	0.3	0.2	0.44	0.626	0.374	0.0408	0.0928	0.148	0.248
1-i	0.3	0.3	0.51	0.645	0.355	0.0417	0.0819	0.127	0.231
1-j	0.4	0.1	0.46	0.559	0.441	0.0440	0.0954	0.171	0.216
1-k	0.4	0.2	0.52	0.592	0.408	0.0406	0.0935	0.158	0.229
1-l	0.4	0.3	0.58	0.609	0.391	0.0499	0.0860	0.141	0.220
*1-m	1.0	1.0	1.00	0.500	0.500	0.0833	0.0833	0.167	0.167

* 1-m for Rectangular Sections

a Given as a function of bh
b Given as a function of h
c Given as a function of bh^3
d Given as a function of h^2



Press <space bar> to see other section.

Press < Enter > to choose this section.

รูปที่ 4-8 ภาพแสดงหน้าตัดคานที่มีให้เลือก

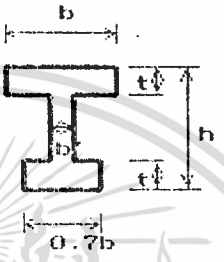
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS

Table-4 Constant for I-Sections

Section	b/b	t/h	A[a]	c_b[b]	c_t[b]	I[c]	r^{2d}	k_t[b]	k_b[b]
4-a	0.1	0.1	0.25	0.554	0.446	0.0381	0.1525	0.276	0.342
4-b	0.1	0.2	0.40	0.560	0.440	0.0560	0.1391	0.248	0.316
4-c	0.1	0.3	0.55	0.557	0.443	0.0651	0.1182	0.212	0.267
4-d	0.2	0.1	0.33	0.540	0.460	0.0425	0.1290	0.239	0.280
4-e	0.2	0.2	0.46	0.552	0.448	0.0578	0.1258	0.228	0.281
4-f	0.2	0.3	0.59	0.553	0.447	0.0657	0.1113	0.202	0.249
4-g	0.3	0.1	0.41	0.534	0.466	0.0467	0.1140	0.214	0.244
4-h	0.3	0.2	0.52	0.546	0.454	0.0598	0.1150	0.210	0.254
4-i	0.3	0.3	0.63	0.550	0.450	0.0663	0.1051	0.191	0.234

a Given as a function of bh
b Given as a function of h
c Given as a function of bh^3
d Given as a function of h^2



Press <space bar> to see other section.

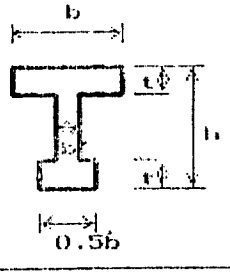
Press < Enter > to choose this section.

CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS

Table-3 Constant for I-Sections

Section	b/b	t/h	A[a]	c_b[b]	c_t[b]	I[c]	r^{2d}	k_t[b]	k_b[b]
3-a	0.1	0.1	0.23	0.597	0.403	0.0326	0.1420	0.238	0.352
3-b	0.1	0.2	0.36	0.611	0.389	0.0464	0.1288	0.210	0.331
3-c	0.1	0.3	0.49	0.606	0.394	0.0535	0.1090	0.180	0.274
3-d	0.2	0.1	0.31	0.572	0.428	0.0373	0.1204	0.210	0.28[illegible]
3-e	0.2	0.2	0.42	0.595	0.405	0.0480	0.1160	0.195	0.[illegible]
3-f	0.2	0.3	0.53	0.599	0.401	0.0540	0.1020	0.170	0.254
3-g	0.1	0.1	0.39	0.557	0.430	0.0443	0.1103	0.198	0.250
3-h	0.3	0.2	0.48	0.582	0.418	0.0510	0.1065	0.183	0.255
3-i	0.3	0.3	0.57	0.592	0.408	0.0553	0.0970	0.164	0.230

a Given as a function of bh
b Given as a function of h
c Given as a function of bh^3
d Given as a function of h^2



Press <space bar> to see other section.

Press < Enter > to choose this section.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4-9 ภาพแสดงหน้าตัดคานที่มิให้เลือก

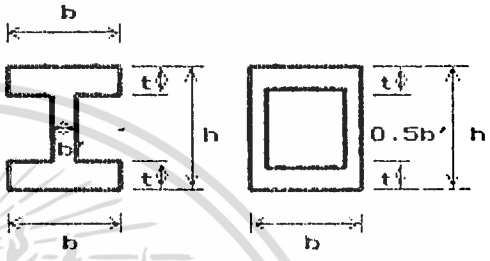
รูปที่ 4-10 ภาพแสดงหน้าตัดคานที่มิให้เลือก

CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS

Table-6 Constant for Symmetrical I- and Box-Sections

Section	b/b	t/h	A[a]	c_b^b	c_t^b	I[c]	r^{2d}	k_t^b	k_b^b
6-a	0.1	0.1	0.28	0.500	0.500	0.0449	0.160	0.320	0.320
6-b	0.1	0.2	0.46	0.500	0.500	0.0671	0.146	0.292	0.292
6-c	0.1	0.3	0.64	0.500	0.500	0.0785	0.123	0.246	0.246
6-d	0.2	0.1	0.36	0.500	0.500	0.0492	0.137	0.274	0.274
6-e	0.2	0.2	0.52	0.500	0.500	0.0689	0.132	0.264	0.264
6-f	0.2	0.3	0.68	0.500	0.500	0.0791	0.117	0.234	0.234
6-g	0.3	0.1	0.44	0.500	0.500	0.0535	0.121	0.243	0.243
6-h	0.3	0.2	0.58	0.500	0.500	0.0796	0.122	0.244	0.244
6-i	0.3	0.3	0.72	0.500	0.500	0.0707	0.111	0.222	0.222
6-j	0.4	0.1	0.52	0.500	0.500	0.0577	0.111	0.222	0.222
6-k	0.4	0.2	0.64	0.500	0.500	0.0725	0.113	0.226	0.226
6-l	0.4	0.3	0.76	0.500	0.500	0.0801	0.105	0.211	0.211

[a] Given as a function of bh
[b] Given as a function of h
[c] Given as a function of bh^3
[d] Given as a function of h^2



Press <space bar> to see other section.

Press < Enter > to choose this section.

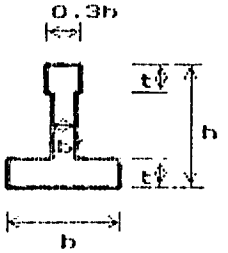
รูปที่ 4-11 ภาพแสดงหน้าตัดคานที่มีให้เลือก

CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS

Table-5 Constant for I-Sections

Section	b/b	t/h	A[a]	c_b^b	c_t^b	I[c]	r^{2d}	k_t^b	k_b^b
5-a	0.1	0.1	0.21	0.350	0.650	0.0260	0.1236	0.354	0.190
5-b	0.1	0.2	0.32	0.325	0.675	0.0345	0.1080	0.332	0.160
5-c	0.1	0.3	0.43	0.328	0.672	0.0307	0.0900	0.274	0.134
5-d	0.2	0.1	0.29	0.090	0.610	0.0316	0.1090	0.380	0.179
5-e	0.2	0.2	0.38	0.353	0.647	0.0378	0.0994	0.282	0.153
5-f	0.2	0.3	0.47	0.345	0.655	0.0402	0.0856	0.248	0.131

[a] Given as a function of bh
[b] Given as a function of h
[c] Given as a function of bh^3
[d] Given as a function of h^2



Press <space bar> to see other section.

Press < Enter > to choose this section.

รูปที่ 4-12 ภาพแสดงหน้าตัดคานที่มีให้เลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกแบบในด้านต่างๆ เช่น โมเมนต์ดัดประลัย โมเมนต์ดัดแตกร้าว แรงเฉือน และการโก่งตัว ซึ่งในรายละเอียดของเมนูนี้ จะแบ่งออกเป็นเมนูย่อยต่างๆ ดังนี้ (ดังรูปที่ 4-14)

- Ultimate Moment จะตรวจสอบโมเมนต์ดัดประลัย เพื่อทำการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้
- Allowable Stress ทำการคำนวนตรวจสอบค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้นทั้งในขั้นตอนการถ่ายแรง (Transfer condition) และขั้นตอนการทำงาน (Working condition) และคำนวนค่าหน่วยแรงที่ยอมให้ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. เพื่อเปรียบเทียบ
- Shear Force เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาแรงเฉือนที่ต้องการในแต่ละระยะตลอดความยาว และออกแบบเหล็กเสริมรับแรงเฉือน รวมทั้งระยะวางเหล็ก (spacing) ที่เหมาะสม
- Deflection จะทำการตรวจสอบค่าการโก่งตัวของคานที่เกิดขึ้น โดยแบ่งเป็น ค่าการโก่งตัวที่เกิดจาก น้ำหนักจร น้ำหนักตัวคาน และการโก่งตัวที่เกิดขึ้นจากการอัดแรง แล้วทำการเปรียบเทียบกับค่าการโก่งตัวตามมาตรฐาน ว.ส.ท

4.3.4 Print Menu

เมนูนี้เป็นเมนูที่ทำหน้าที่พิมพ์ผลที่ได้จากการป้อนค่าและการคำนวนออกแบบหน้าตัดซึ่งได้จากโปรแกรม โดยจะพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ (Printer)

4.4 การใช้โปรแกรมเมื่อเลือกในส่วน Slab Design

เมื่อกดคีย์ในเมนูหลักเพื่อเลือกที่จะออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง จะปรากฏเป็น Slab Menu ดังในรูปที่ 4-15 ซึ่งแบ่งเป็น

- Input Menu
- Print Menu
- Design Menu
- Exit to Main Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Design Section Menu

      P  :  Preliminary  Design
      F  :  Final Elastic Design
      R  :  Steel Reinforcement
      Q  :  Quit to Beam Menu

  Choose ============>   :
```

รูปที่ 4-13 ภาพเมนูย่อย Design Section Menu

```
        Checking Menu

      U  :  Ultimate Moment
      S  :  Allowable Stress
      V  :  Shear reinforcement
      D  :  Deflection
      Q  :  Quit to Beam Menu

  Choose ============>   :
```

รูปที่ 4-14 ภาพเมนูย่อย Checking Strength Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 Input Menu

มีลักษณะเหมือนกับ Input Menu ในส่วนของคานทุกอย่าง คือต้องป้อนค่าต่างๆ เช่น ค่ากำหนดของคอนกรีต ค่ากำหนดของเหล็ก

4.4.3 Design Menu

เมนูนี้จะทำการคำนวนและแสดงผลการออกแบบพื้น ซึ่งจะเป็นบลักษณะของโครงสร้างพื้น two way ชนิอ four edges support

ในตอนเริ่มแรกโปรแกรมจะให้ใส่ค่าต่างๆ เช่น ความกว้าง-ยาวของพื้น ค่าน้ำหนักจรที่ใช้ ต่อจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวนผลและแสดงที่ได้ออกมา และจะมีการตรวจสอบค่าความแข็งแรงของหน้าตัดด้วยเช่น ค่าโมเมนต์ดัดประลัย ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้น และอื่นๆ

4.4.4 Print Menu

ก็เช่นเดียวกับเมนู print ของคานคือ เมื่อเลือกเมนูนี้ โปรแกรมจะทำการพิมพ์ค่าที่ป้อนเข้าไปและค่าที่คำนวนออกแบบได้ ทางเครื่องพิมพ์ (printer)

```
                Slab  Design


          S   :  Select Type
          I   :  Input Data
          D   :  Design
          P   :  Print Result
          E   :  Exit to Main Menu
   Choose ============>   :
```

รูปที่ 4-15 ภาพ Slab Design Menu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การวิเคราะห์และสรุปผล

5.1 การคำนวนวิเคราะห์ผล

การศึกษาปริญญานิพนธ์เรื่อง การออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์นี้ ได้แสดงผลการใช้โปรแกรมไว้ใน ภาคผนวก ก. ซึ่งเป็นตัวอย่างการใช้โปรแกรมในบางลักษณะเท่านั้น ซึ่งสำหรับผลการคำนวนก็สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ

1. การออกแบบโครงสร้างคานคอนกรีตอัดแรง ซึ่งค่าที่ต้องป้อนเข้าไปในโปรแกรมที่สำคัญๆ ก็มี

- Strength ของคอนกรีต ที่อายุ 28 วัน (f'c)
- ชนิด และ เกรดของเหล็กเสริมอัดแรง จะเลือกได้จากตาราง
- ค่าน้ำหนักจร เลือกได้จากแผนภาพ load condition
- ค่าความลึกของหน้าตัด ซึ่งโปรแกรมจะแนะนำค่าที่ควรจะเป็น
- ค่าพื้นที่หน้าตัดคอนกรีต ซึ่งโปรแกรมจะแนะนำค่าเช่นเดียวกัน
- ชนิดและหน่วยแรงของเหล็กเสริมรับแรงเฉือน

สำหรับค่าที่คำนวนได้จากโปรแกรมจะมีดังนี้

- ขนาดมิติของหน้าตัด รวมทั้งค่าโมเมนต์ inertia และ ค่ารัศมีไจเรชั่น
- ค่าพื้นที่ของเหล็กเสริมอัดแรงที่ต้องใช้ รวมทั้งจำนวนเหล็กเสริมอัดแรงที่ต้องใช้ (strand)
- ค่าของแนวที่สามารถจะวางเหล็กเสริมได้ หรือ limit zone
- ค่าโมเมนต์ดัดแตกร้าว และ โมเมนต์ดัดประลัย และเปรียบเทียบกับข้อกำหนดที่มีให้
- ค่าหน่วยแรงของคอนกรีตที่เกิดขึ้น และค่าตามมาตรฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จำนวนเหล็กเสริมรับแรงเฉือนรวมทั้งระยะวางเหล็ก(spacing)
- ค่าการโก่งตัวที่เกิดขึ้น

2. การออกแบบโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรง ซึ่งในส่วนของโปรแกรมนี้จะโครงสร้างพื้น two way ชนิด four edges support ค่าที่ต้องป้อนเข้าในโปรแกรมที่สำคัญ ก็คือ

- Strength ของคอนกรีต
- ชนิดและขนาดของเหล็กเสริมอัดแรง
- ค่าน้ำหนักจรที่บรรทุก โดยจะเป็นแบบน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอเท่านั้น (uniform load)
- ค่าขนาดความกว้าง,ยาวของพื้นที่จะออกแบบ

ค่าที่โปรแกรมจะคำนวนได้ ก็คือ

- ค่าความหนาของพื้นที่เหมาะสม
- จำนวนเหล็กเสริมที่ต้องใช้
- ระยะวางเหล็ก (spacing)
- ระยะเยื้องศูนย์ในการวางเหล็กเสริม
- ค่าโมเมนต์ดัดประลัย เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมให้
- ค่าหน่วยแรงที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบกับค่าที่ยอมให้

จากการคำนวนโดยใช้มือและเปรียบเทียบกับผลที่ได้จากโปรแกรมจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกัน ดังใน ภาคผนวก ก. ซึ่งผลที่จะได้จากการคำนวนในโปรแกรมบางครั้งอาจจะต้องทำการป้อนค่าหลายครั้งเพื่อหาหน้าตัดที่เหมาะสมในแต่ละกรณี ซึ่งในส่วนนี้ถ้าใช้การคำนวนด้วยมืออาจเสียเวลามากในการหาหน้าตัดที่สามารถใช้ได้

5.2 การสรุปผลและวิจารณ์

5.2.1 ผลจากการศึกษาการทำปริญญานิพนธ์นี้ สามารถใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์ออกแบบโครงสร้างคอนกรีตอัดแรงได้ถูกต้องเป็นไปตามทฤษฎี โดยในส่วนของคานสามารถเลือกกรณีของ load ชนิดต่างๆได้ และสามารถเลือกชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของหน้าตัดต่างๆ ได้ถึง 6 หน้าตัด ซึ่งก็นับว่าพอเพียงสำหรับการออกแบบแล้วและยังสามารถเลือกเกรดและขนาดของเหล็กเสริมอัดแรงได้โดยที่ตารางเหล็กที่มีให้เลือกในโปรแกรมนี้ก็ได้นำมาจาก มาตรฐาน ม.อ.ก. ที่ใช้กันโดยแพร่หลายและโปรแกรมยังมีการตรวจสอบหน้าตัดที่ออกแบบไปแล้วโดยเปรียบเทียบกับข้อกำหนดมาตรฐาน ซึ่งเป็นไปตามมาตรฐานของ ว.ส.ท และสำหรับ โปรแกรมในส่วนของการออกแบบพื้นคอนกรีตอัดแรงก็สามารถออกแบบพื้น two-way แบบชนิด four edges support โดยน้ำหนักจรที่ใช้จะเป็นแบบน้ำหนักแผ่สม่ำเสมอ (uniformly load) ตลอดช่วงพื้นเท่านั้น

5.2.2 จากการทดสอบการใช้โปรแกรมในการคำนวนออกแบบทั้งในโครงสร้างคานและพื้น ผลปรากฏว่า โปรแกรมสามารถออกแบบหน้าตัดได้อย่างมีประสิทธิภาพถูกต้องและรวดเร็วพอควร

5.2.3 จากผลการออกแบบที่ได้จากโปรแกรม เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการคำนวนด้วยมือแล้ว จะได้ผลที่ใกล้เคียงกันมาก อีกทั้งยังสามารถประหยัดเวลาที่ใช้ในการคำนวนได้มาก

5.2.4 เนื่องจากโปรแกรมยังมีบางส่วนที่ควรจะได้รับการพัฒนาเพิ่มเติมต่อไปดังนี้

5.2.4.1 การออกแบบหน้าตัดคาน บางครั้งการใช้โปรแกรมอาจจะต้องวนทำงานหลายรอบพอสมควร เพื่อให้ได้หน้าตัดที่เหมาะสม เพราะในทางปฏิบัติแล้วการออกแบบหน้าตัดจะต้องใช้วิธีลองผิดลองถูก (trial and error)

5.2.4.2 ในส่วนของคาน ควรจะมีการพัฒนาเพื่อให้ใช้ได้กับช่วงคานต่อเนื่อง เพื่อให้ประสิทธิภาพความสามารถในการทำงานของโปรแกรมดียิ่งขึ้น

5.2.4.3 ในส่วนของพื้น ควรจะมีการพัฒนาให้สามารถคำนวนออกแบบพื้นคอนกรีตอัดแรงในลักษณะอื่นๆได้ เช่น พื้นชนิดไร้คาน (flat slab) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.4.4 ควรให้การแสดงผลทั้งบนจอภาพและทางเครื่องพิมพ์สามารถแสดงภาพรายละเอียดประกอบในส่วนต่างๆ ได้ละเอียดและสวยงามกว่านี้ โดยเฉพาะในส่วนของลักษณะหน้าตัด ลักษณะแนวการวางเหล็ก เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ตัวอย่างการใช้โปรแกรม
เปรียบเทียบกับการคำนวนด้วยมือ

ตัวอย่างที่ 1 การออกแบบคานคอนกรีตอัดแรง

การคำนวนด้วยมือ

กำหนด load condition ดังนี้

- uniform load 1500 kg/m
- point load 2500 kg

ความยาวของช่วงคาน 8 เมตร

Max.Moment จาก live load = $1500*8^2/8 + 2500*8/4$

= 17,000 kg-m

เลือกความลึกคาน 55 cm

PRELIMINARY DESIGN

$F = M_1/0.5*h = 17000*100/0.5*55 = 61818.18$ Kg

$Ac = F/0.5*fw = 61818.18/0.15*0.45*400$

= 686.87 sq.cm

$w_s = 686.87*2400/10000 = 164.85$ kg/m

$M = 17000+(164.85*8^2/8) = 18318.8$ kg-m

$F = M_T/0.65h = 18318*100/0.65*55 = 51241.37$ kg

เนื่องจาก ค่า F ครั้งแรกมากกว่า ดังนั้น

พื้นที่อย่างน้อยของคอนกรีต = 686.87 sq.cm

เลือกใช้พื้นที่ของคอนกรีต = 1000 sq.cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น W_G = 1000*2400/10000 = 240 kg/m

M_G = $240*8^2/8$ = 1920 kg-m

M_T = $M_G + M_L$ = 17000+1920 = 18920 kg-m

FINAL DESIGN

step 1 : assume F_o

$F_o = F*f_{so}/f_{se}$

= 61818.18/0.75 = 82424.24 kg

$e = M_G/F_o + kb$ = 1920*100/82424.24 + 15.455

= 17.784 cm

step 2 : Find F_o and F

$F = M_T/(e+kt)$ = 18920*100/(17.78+12.54)

= 62392.824 kg

$F_o = F*f_{so}/f_{se}$ = 83190.43 kg

step3 เนื่องจาก ค่า M_G/M_T = 0.101 ดังนั้นคำนวนดังนี้

$Ac = F_o h/f_b C_t$ = 967.15 sq.cm

$Ac = Fh/f_t C_b$ = 627.94 sq.cm

เลือกใช้ค่ามาก คือ 967.15 sq.cm

จาก $A_{ps} = F/f_{se}$ = 62392.82/9964.5

= 6.26 sq.cm

จากพื้นที่ของเหล็กที่เลือก 1 strand = 98.71 sq.mm

ดังนั้น ใช้เหล็กเสริม = 6.34 = 6 strand

CABLE PROFILE

แบ่งระยะที่คิดดังนี้

x = 0.0 : $a1 = M_T/F$ = 0 , eou = -12.54 cm

$a2 = M_G/F_o$ = 0 , eol = 15.455 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

x = 0.8 : a1 = M_T/F = 9.63 , eou = -2,91 cm

a2 = M_G/F_o = 0.83 , eol = 16.29 cm

x = 1.6 : a1 = M_T/F = 17.48, eou = 4.94 cm

a2 = M_G/F_o = 1.48, eol = 16.93 cm

x = 2.4 a1 = M_T/F = 23.55, eou = 11.01 cm

a2 = M_G/F_o = 1.94, eol = 17.39 cm

x = 3.2 a1 = M_T/F = 27.83, eou = 15.29 cm

a2 = M_G/F_o = 2.22, eol = 17.67 cm

x = 4.0 a1 = M_T/F = 30.32, eou = 17.18 cm

a2 = M_G/F_o = 2.31, eol = 17.77 cm

CHECK ULTIMATE MOMENT

f_{cr} = 1.99/f'_c = 1.99/400 = 39.8 ksc

M_{cr} = $F(e+kt) + f_{cr}*I/C_b$ = 23900 kg-m

p = A_{ps}/bd = 6.26/(39.53+42.42) = 0.0037

f_{ps} = 18980*{1-(0.5*0.0037*18980/400)} = 17313.9 ksc

w_p = $p*f_{ps}/f'_c$ = 0.16 < 0.3 เป็น underreinforcement

a = $A_{ps}f_{ps}/0.85f'_cb$ = 8.06 cm

ความหนาปีกคาน = 11 cm ดังนั้นหา M_u จาก

M_u = $\phi[A_{ps}f_{ps}(d-0.5a)]$

= 37446.16 kg-m

M_u ที่ต้องการ = $1.4M_G + 1.7M_L$ = 31588 kg-m

ดังนั้น $M_u > 1.2*M_{cr}$

$M_u > M_u$ ที่ต้องการ .... O.K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CHECK SHEAR

แบ่งคิดเป็นระยะดังนี้

x = 0.2 : V_u = 27030 V_c = 12980 V_s = 18820 s = 7.13

x = 0.4 : V_u = 25516 V_c = 12980 V_s = 17039 s = 7.87

x = 1.3 : V_u = 19029 V_c = 12980 V_s = 9407 s = 14.26

x = 2.0 : V_u = 14272 V_c = 9512 V_s = 7277 s = 18.43

x = 3.0 : V_u = 7136 V_c = 5212 V_s = 3182 s = 42.13

x = 4.0 : V_u = 0 V_c = 3130.4 V_s = -3130 s = -

s max. = 0.75h = 41.25 cm

CHECK DEFLECTION

Δ live load = $5wl^4/384EI$ = 0.66 cm

= $Pl^3/48EI$ = 0.221 cm

Δ dead load = $5wl^4/384EI$ = 0.106 cm

camber of prestressing = 0.718 cm

ดังนั้น Δ = 0.66 + 0.221 + 0.106 - 0.718 = 0.27 cm

allow Δ = l/360 = 1200/360 = 3.33 cm

<u>การคำนวนด้วยเครื่อง</u>

ได้ผลที่พิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Faculty of Civil Engineering ### K M I T L ###

%%

====== PRESTRESSED == CONCRETE == DESIGN =======

%%

**** DATA OF MATERIAL USE IN STRUCTURE ****

========== Concrete ==========

Ultimate stress in concrete..at 28 days old	(ksc)	:	400.00
Ultimate stress in concrete..at transfer	(ksc)	:	320.00

=========== Steel ==========

Notation		:	SPC-12B
Diameter of Strand	(mm)	:	12.70
Area of Strand	(sqrmm)	:	98.71
Weight of Strand	(kg/1000m)	:	775.00
Tensile stress..at ultimate	(ksc)	:	18980.00
Tensile stress..at initial	(ksc)	:	13286.00
Tensile Stress..after loss	(ksc)	:	9964.50
Loss of prestress	(%)	:	25.00

*** MOMENT FOR LOAD CONDITION USE ***

Length of Span	(m)	:	8.00
Total Moment use	(kg-m)	:	17000.00

*** DETAILS OF DESIGNED SECTION ***

Depth of Section	(cm)	:	55.00
Effective Depth	(cm)	:	42.42
Area of Section	(cm^2)	:	1000.00
Width of Section	(cm)	:	39.53
Width of web	(cm)	:	7.91
Thickness of flange	(cm)	:	11.00
Top Kern Point	(cm)	:	12.54
Bottom Kern Point	(cm)	:	15.45
Eccentric of steel	(cm)	:	17.78
Inertia Moment	(cm)	:	380097.83

*** DETAILS OF STEEL REINFORCEMENT ***

Total Area of Steel (cm^2)	:	6.26
Quantity of Strand use (N)	:	6

*** DETAILS OF CABLE PROFILE ***

Distance	Upper Limit	Lower Limit
0.00	-12.54	15.45
0.80	-2.91	16.29
1.60	4.94	16.93
2.40	11.01	17.39
3.20	15.29	17.67
4.00	17.78	17.76
4.80	15.29	17.67
5.60	11.01	17.39
6.40	4.94	16.93
7.20	-2.91	16.29
8.00	-12.54	15.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Max. Practical Eccentricity (cm) : 51.00

*** CHECKING ULTIMATE MOMENT ***

Cracking Moment (Kg-m)	:	23902.84
Required ultimate Moment (Kg-m)	:	31588.00
Ultimate Moment (Kg-m)	:	37427.85

*** CHECKING ALLOWABLE STRESS ***

== Transfer ==		
Stress at top fiber (Kg/cm^2)	:	0.27
Stress at bottom fiber (Kg/cm^2)	:	-186.03
== Working ==		
Stress at top fiber (Kg/cm^2)	:	-113.11
Stress at bottom fiber (Kg/cm^2)	:	0.10

*** DEFLECTION ***

Deflection from Live Load (cm)	:	0.884
Deflection from prestress (cm)	:	0.719
Deflection from Dead Load (cm)	:	0.106
Total Deflection (cm)	:	0.271
Allowable Deflection (cm)	:	2.222

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่ 2 การออกแบบพื้น two way four edges support

ข้อมูลที่ให้ในการคำนวณ ;

ขนาดของพื้น	=	10 x 15	m.
Covering	=	3	cm.
Live Load	=	800	kg/m^2
fc'	=	400	Ksc.
fci'	=	320	Ksc.
Loss	=	20 %	
Ful	=	18370	Kg.
f_{pu}	=	18980 (270 Ksi)	Ksc.
Diameter	=	13	mm.
Steel area	=	0.98	$cm.^2$

Condition of Slab : Interior Slab

ขั้นตอนการคำนวณ ;

- หาความหนาของพื้นจากสูตร

  t = 10/40

  = 0.25 cm.

- Dead Load = 2400*0.25

  = 600 kg/m^2

- W_b = 600 + (0.20*800)

  = 760 ksc.

- W_{ub} = 600+800-760

  = 640 ksc.

- F_v = 11*100*.25*1

  = 275 kg/1.m

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- e_x = 0.25/2-3-1.3/2

= 8.865 cm.

- e_y = 8.865-2-1.3/2

= 6.23 cm.

จากสูตร Load Balancing

$$\frac{8*Fx*e_x}{X^2} + \frac{8*F_y*e_y}{Y^2} = \frac{W_b}{}$$

Solve ได้ Fx = 985.61 kg/1 m.

- หา Spacing ในแต่ละแนว

Sy = 18370/(275*100)

= 0.668 m.

Sx = 18370/(985.61*100)

= 0.186 m.

- จำนวนเหล็กในแต่ละแนว

Ny = 15/0.668

= 22.45

Nx = 10/.186

= 53.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- σ_{xx} = 985.61/.25*100 = 39.42 ksc

  σ_{xy} = 275/.25*100 = 11 Ksc.

- หาโมเมนต์จาก Unbalance Load

  Mx = $0.053*640*10^2$

  = 3392 kg.m/m

  My = $0.032*640*15^2$

  = 4608 kg.m/m

- section Modudus (Z)

  = $100*25^2/6$

  = 10416 $cm.^3/m$

- หา Stress จาก σ = M/Z

  σx = 339200/10416 = 32.56 ksc.

  σy = 46800/10416 = 44.28 ksc

- Stress at Extreme Fiber

at x. σ_t = -39.42-32.56

= -71.98 ksc.

σ_b = -39.42+32.56

= -6.96 ksc.

at y σ_t = -11-44.28

= -55.28 ksc.

σ_b = -11-44.28

= 33.28 ksc.

- Stress Allowable

σ_t = -(0.45*400)

= -180 ksc.

σ_b = 0.6*320

= 192 ksc.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Moment Cracking

at x Mcr = 24822.8 kg.m/m

at y Mcr = 19887.8 kg.m/m

- Moment ultimate

Mux = 56746.8 kg.m/m.

Muy = 160049 kg.m/m

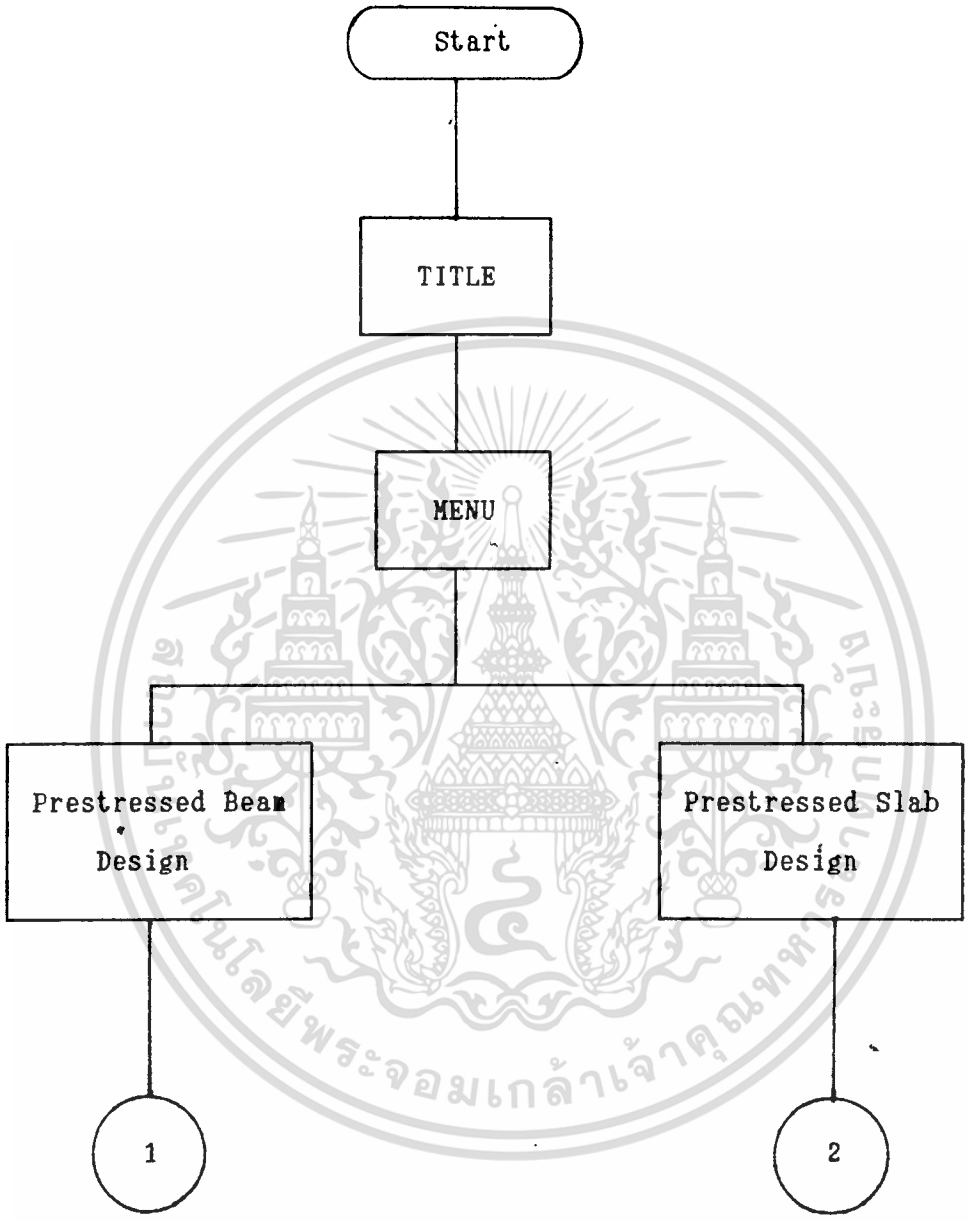
****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

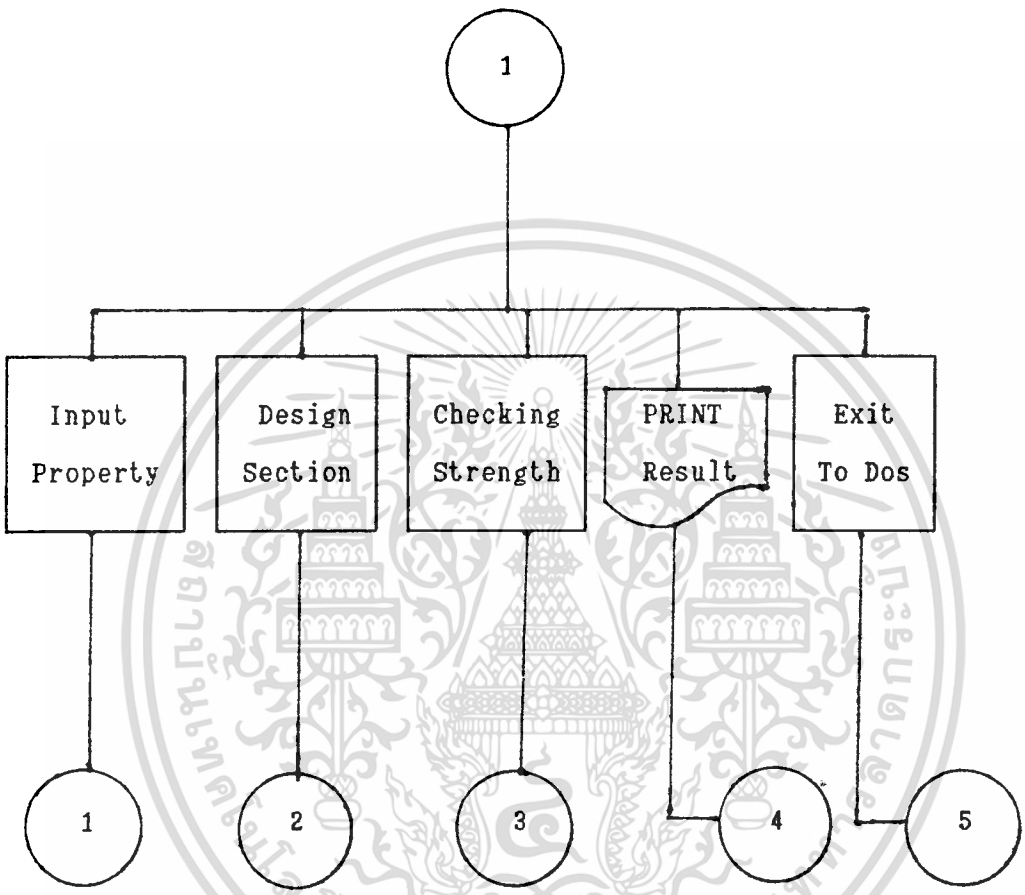
```
 Faculty of Civil Engineering                          ### KMITL ###
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
               ===  PRESTRESSED TWO-WAY SLAB  ===
%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%

           Length of Span X-X      (m)   :        10.00
           Length of Span Y-Y      (m)   :        15.00
                 Uniform load   (Kg/m^2) :       800.00
         Thickness of section      (cm)  :        25.00
         Spacing of Steel X-X      (cm)  :        68.00
       Eccentric of Steel X-X      (cm)  :         8.87
        Quantity of Steel X-X      (N)   :        22.00
         Spacing of Steel Y-Y      (cm)  :        19.00
       Eccentric of Steel Y-Y      (cm)  :         6.23
        Quantity of Steel Y-Y      (N)   :        53.00
             Diameter of Steel     (mm)  :        12.70
          Strength of concrete    (ksc)  :       400.00
                ****  Stress at Extreme Fiber ****
        Top Fiber Stress  X-X     (ksc)  :       -71.99
      Bottom Fiber Stress X-X     (ksc)  :        -6.87
        Top Fiber Stress  Y-Y     (ksc)  :       -55.24
      Bottom Fiber Stress Y-Y     (ksc)  :        33.24

       *************************************************
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

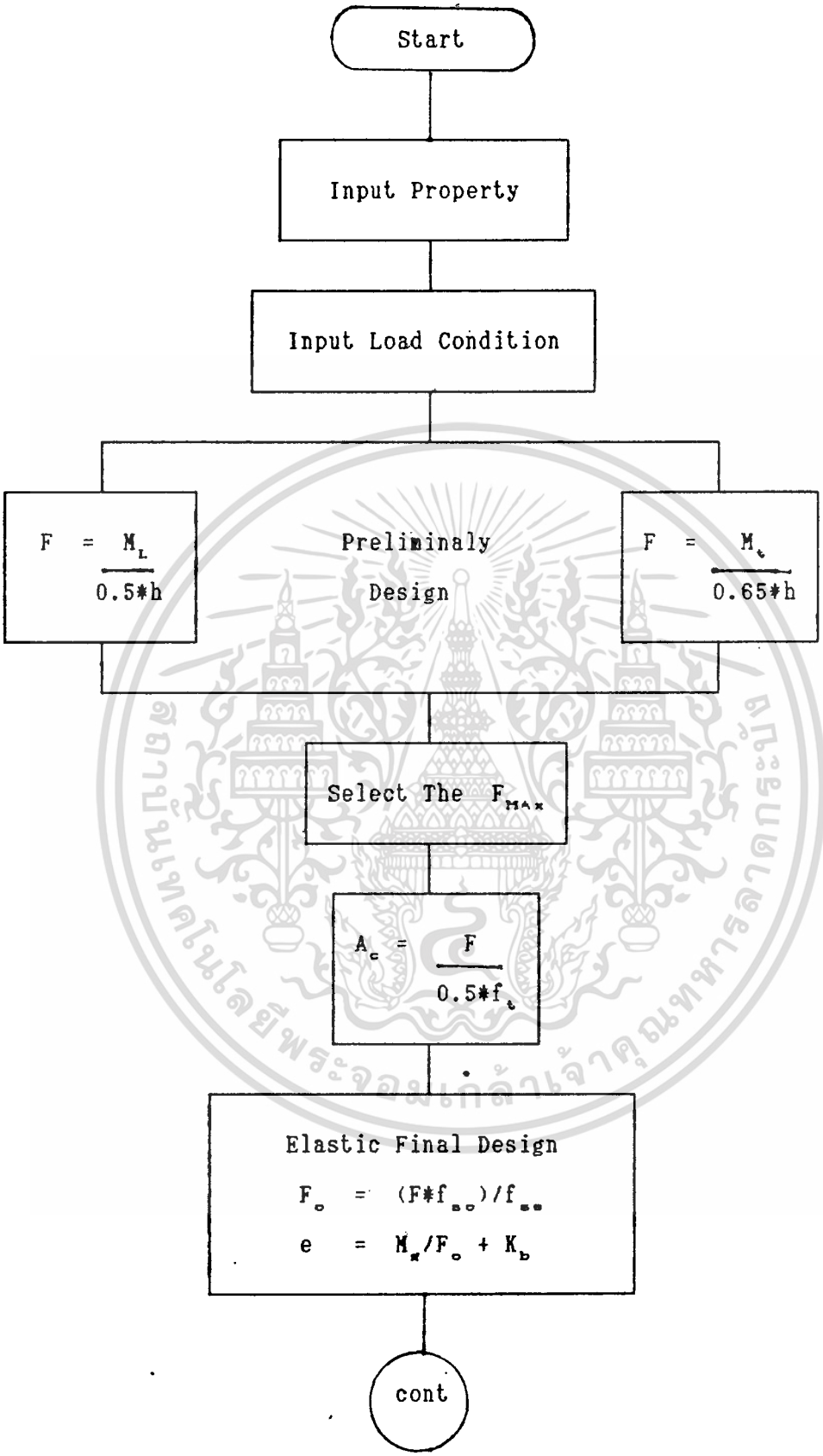
ภาคผนวก ข.



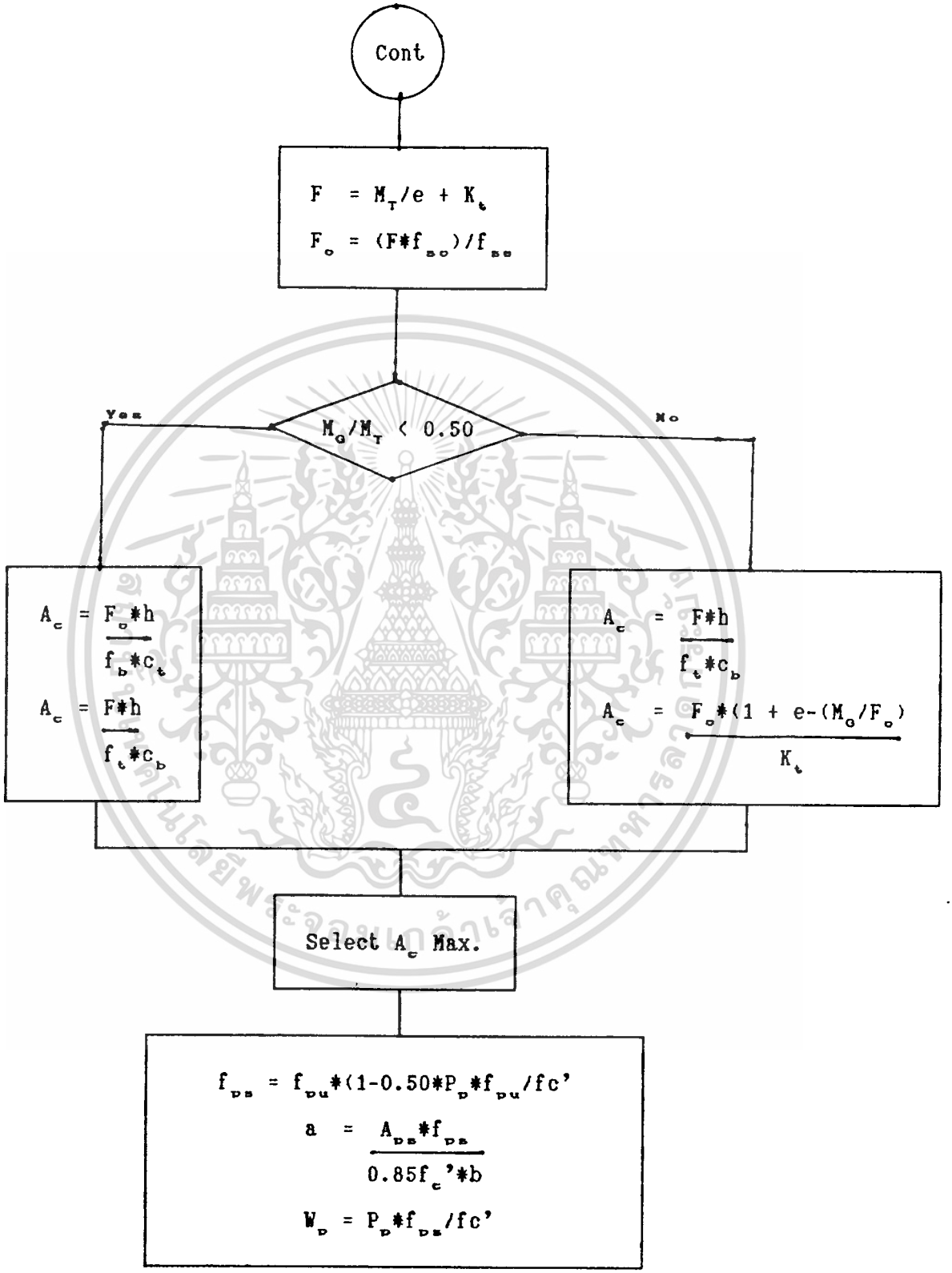
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



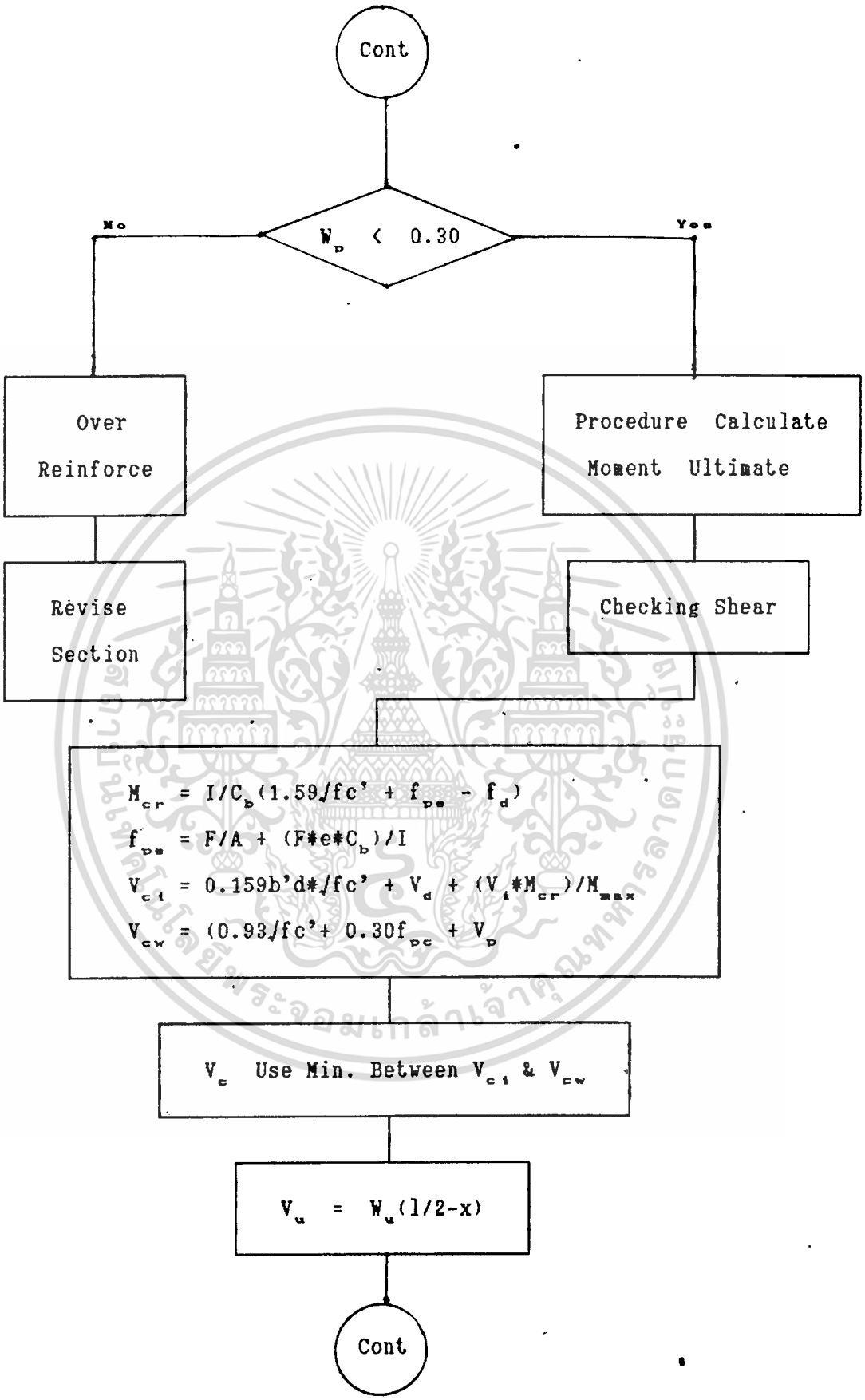
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



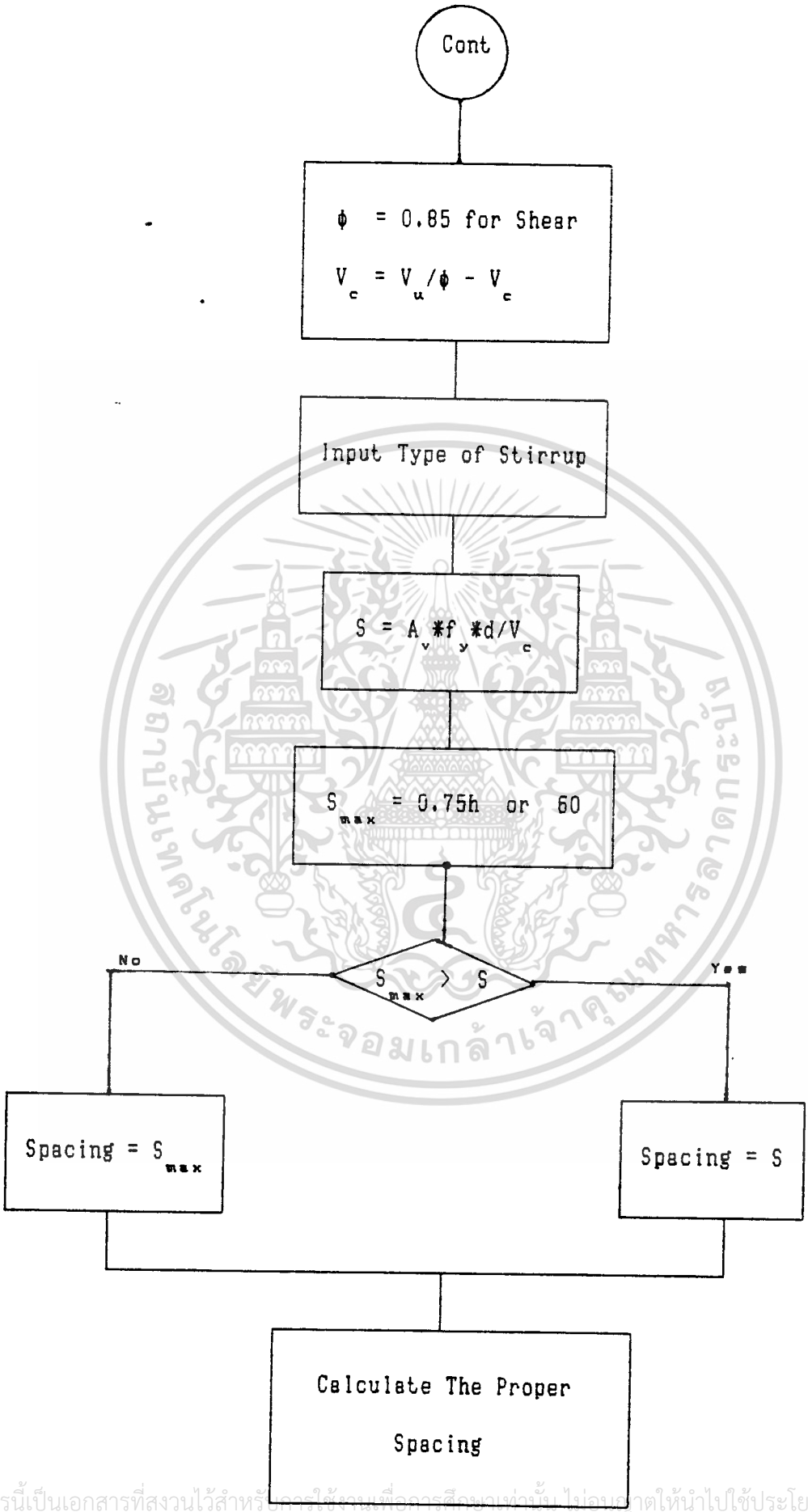
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



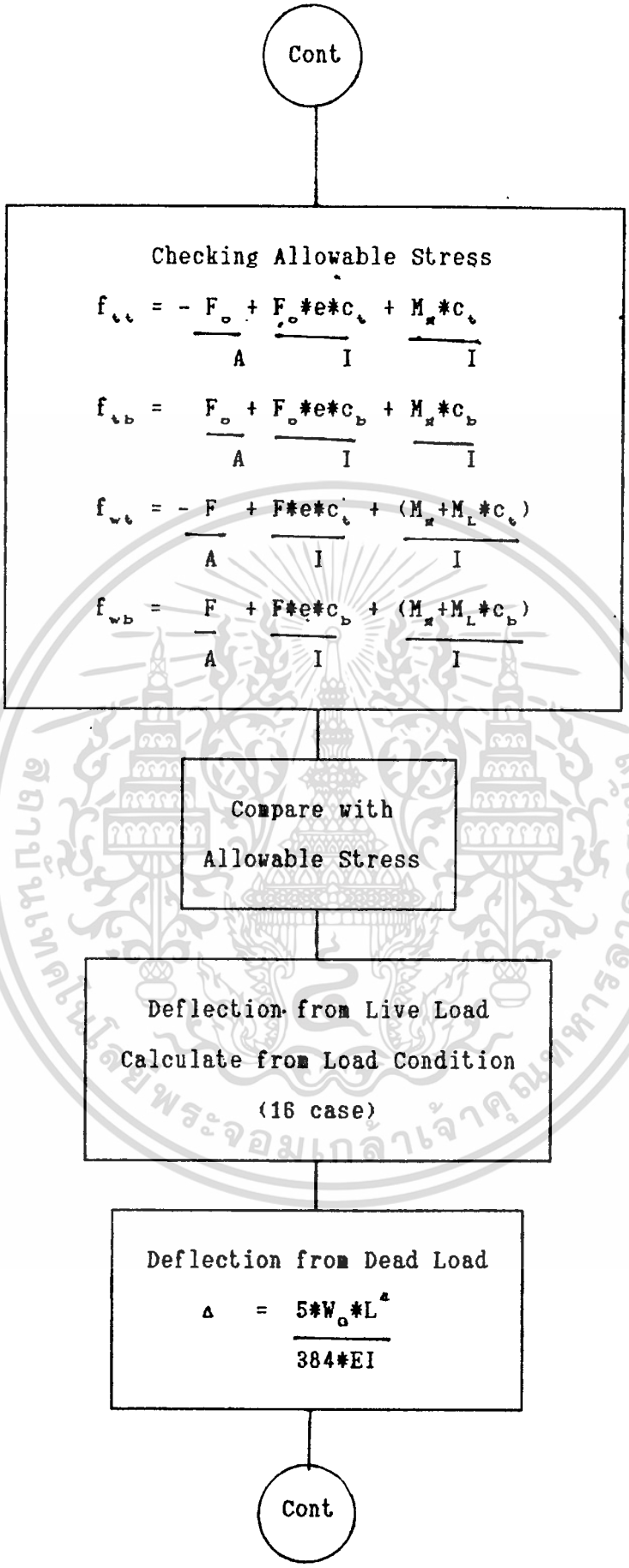
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



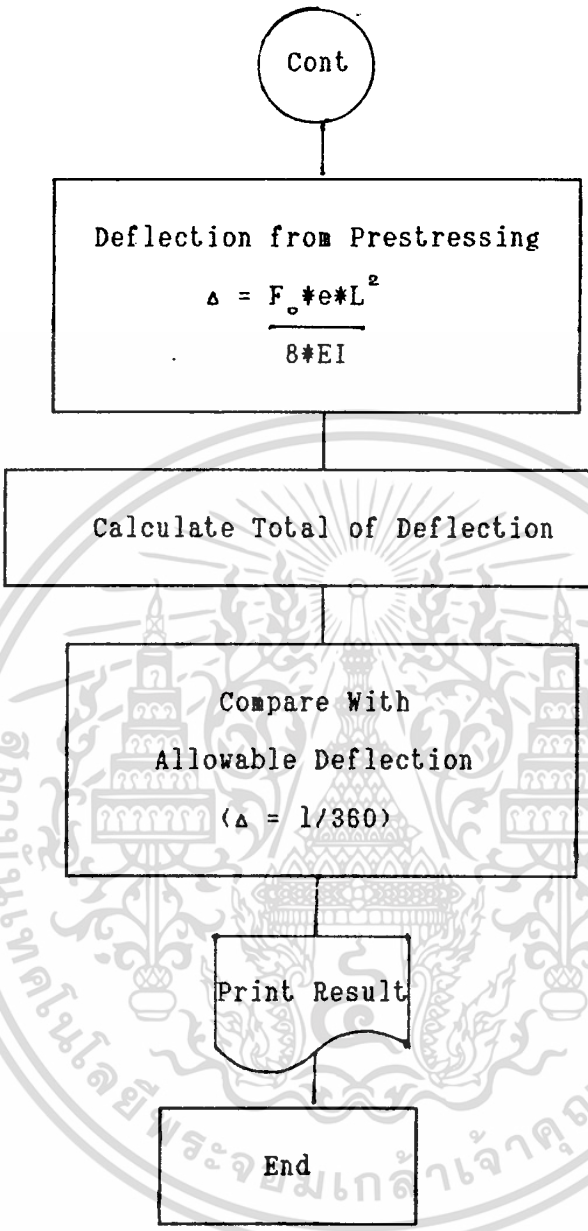
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



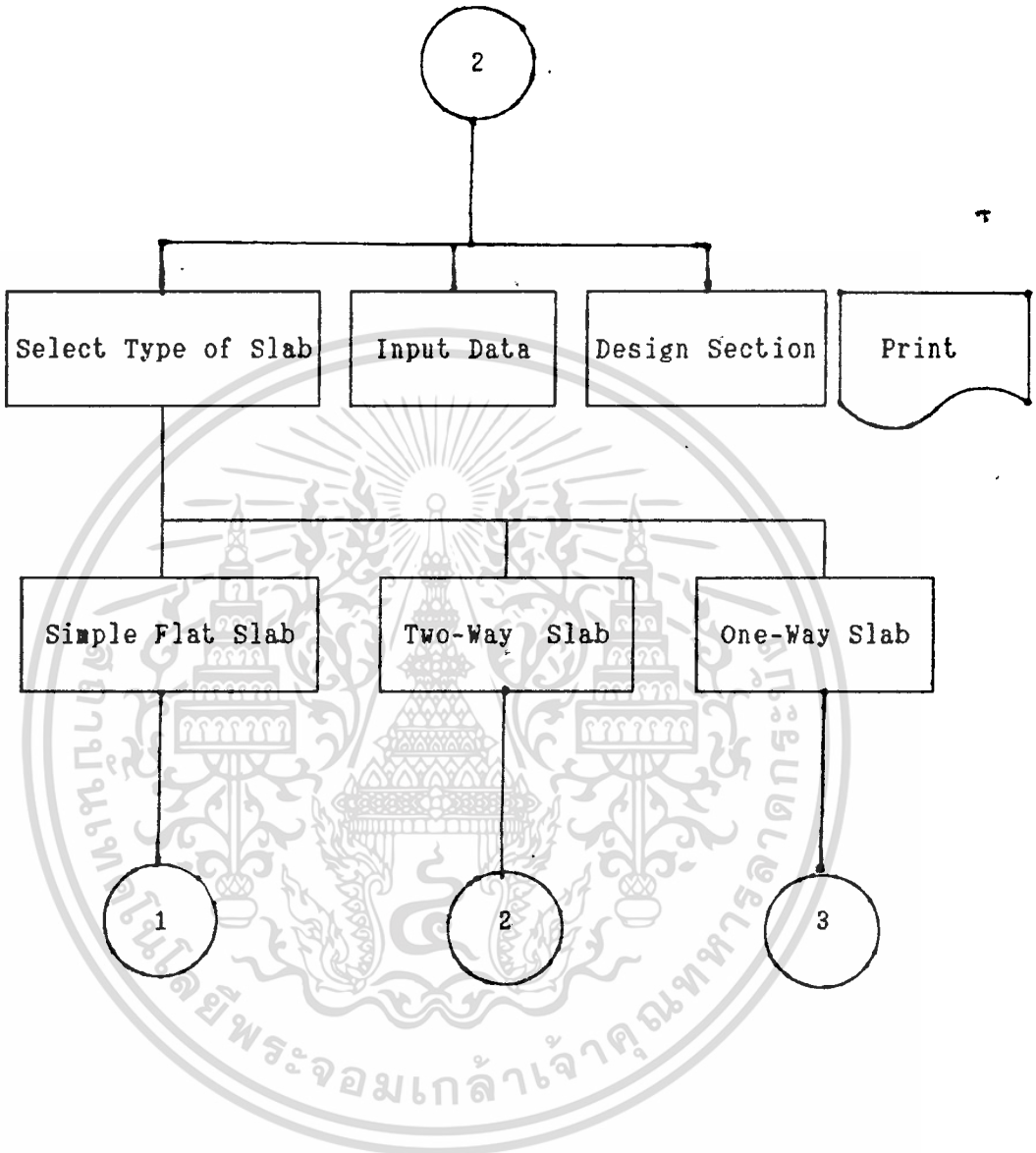
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



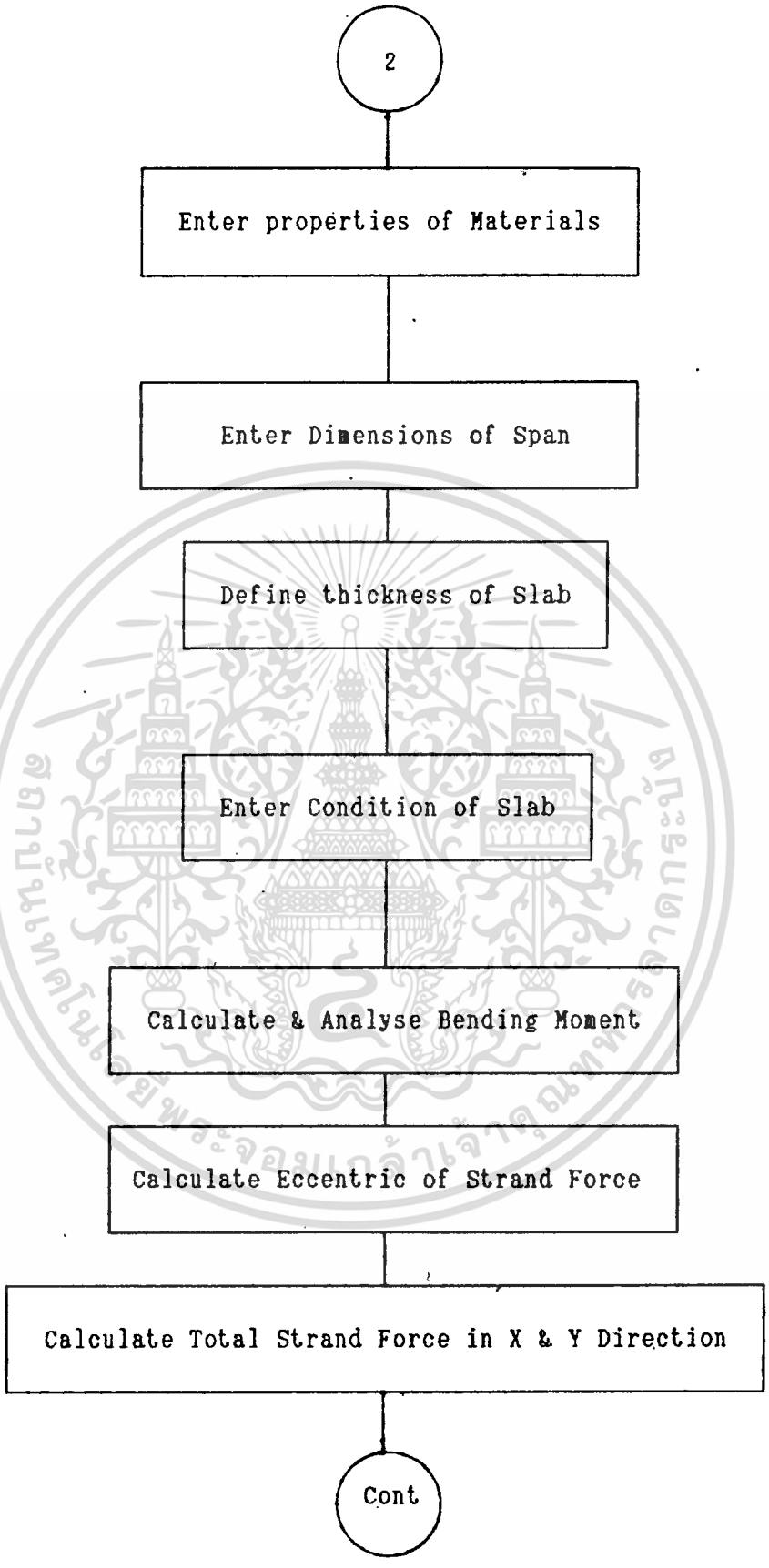
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



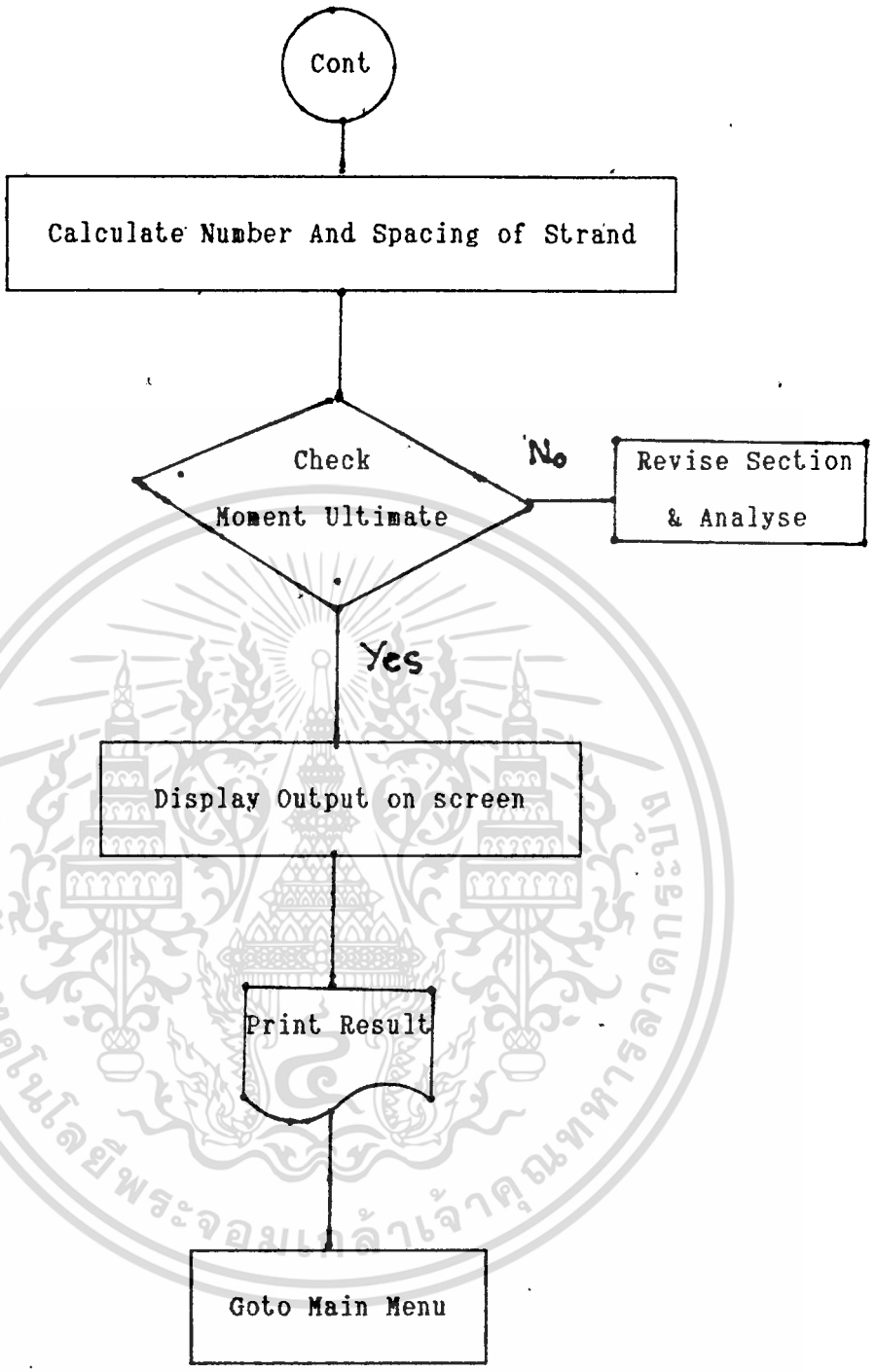
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ขั้นตอนการคำนวณ PRESTRESSED CONCRETE BEAM

Input ; Condition of Load(7 case),property of material

Preliminary Design

คำนวณหาค่า F_{max} จากสูตรทั้งสองคือ

$$F = \frac{M_t}{0.65*h}$$

$$F = \frac{M_t}{0.50*h}$$

คำนวณหาหน้าตัด

$$A_c = \frac{F}{0.50*f_t}$$

Elastic Final Design

step 1 : assume F_o

โดย $F_o = F*f_{so}/f_{se}$

และ $e = M_d/F_o + K_b$

step 2 : คำนวน F, F_o ที่ใช้งานจริง

$$F = M_t/e + K_t$$

$$F_o = (F*f_{so})/f_{se}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

check ค่า M_g/M_t

- หาก < 0.50

step 3 : หาพื้นที่ของคอนกรีตที่ใช้จริง

$$A_c = \frac{F_o * h}{f_b * c_t}$$

$$A_c = \frac{F * h}{f_b * c_t}$$

เลือกค่าที่มากกว่า ระหว่างค่า A_c จากทั้งสองสูตรข้างบน

- หาก มากกว่า หรือ เท่ากับ 0.50

$$A_c = \frac{F_o * (1 + e - (M_g/F_o)}{K_t}$$

$$A_c = \frac{F * h}{f_b * c_t}$$

เลือกค่าที่มากกว่า ระหว่างค่า A_c จากทั้งสองสูตรข้างบน

step 4 : ถ้าค่าพื้นที่หน้าตัดที่ได้จาก preliminary และ Elastic design ไม่เหมาะสมกัน ให้ revise หน้าตัดใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Cable Profile

เป็นการคำนวนเพื่อหาแนวเหล็กที่สามารถวางเหล็กได้โดยค่า stress ที่เกิดขึ้นจะไม่เกินค่ามาตรฐาน เพราะว่า ในแต่ละระยะตลอดช่วงความยาวคานหน้าตัดจะรับโมเมนต์ไม่เท่ากัน ทั้งโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุกและโมเมนต์ที่เกิดจากน้ำหนักตายตัว ซึ่งแนวพื้นที่ที่สามารถวางเหล็กได้นี้เรียกว่า limiting zone โดยสามารถคำนวนหา upper limit และ lower limit ได้ดังนี้

$$a_1 = M_T/F_e$$

$$a_2 = M_G/F_e$$

โดย a_1 = ระยะที่อยู่ใต้จุด top kern

a_2 = ระยะที่อยู่ใต้จุด lower kern

โดยการคำนวนจุด upper limit และ lower limit จะคำนวนโดยกำหนดจุดเป็นระยะๆ ตลอดความยาวคาน

Cracking Moment

$$f_{cr} = 1.99 * \sqrt{f'c}$$

$$M_{cr} = F(e+k_b) + f_{cr}*I/c_b$$

Ultimate Moment (Checking)

$$p_p = A_{ps}/b*d$$

$$w_p = (p_p*f_{ps})/f'_c$$

. คำนวนหาค่า f_{ps}

$$f_{ps} = f_{pu}*(1-0.50*P_p*f_{pu}/f'c)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$a = \frac{A_{ps} * f_{ps}}{0.85 * f'_c * b}$$

กรณีหน้าตัดสี่เหลี่ยม

- Check W_p -

ถ้า w_p <= 0.30

ในกรณีนี้เป็นกรณีแบบ เสริมเหล็กน้อยกว่าสมดุลย์

$$M_u = \phi * [A_{ps} . f_{ps} * (d - 0.5a)]$$

ถ้า w_p > 0.30

ในกรณีนี้ เป็นแบบ overreinforcement ที่จุดประลัย คอนกรีตจะถูกอัดแตกก่อนที่เหล็กเสริมจะถึงจุดรับน้ำหนักประลัย ค่าโมเมนต์ดัดประลัยคำนวณจากสมการต่อไปนี้

$$M_u = \phi * [0.25 * b * d^2 * f'_c]$$

ถ้าเป็นหน้าตัดแบบปีก (Flanged Section)

- ค่า w_p ถ้าน้อยกว่า 0.3 -

ให้หาค่า ultimate moment ดังนี้

ก) ถ้าความหนาปีกคาน มากกว่า $a = A_{ps} * f_{ps} / 0.85 * f'_c *$]

(แกนสะเทินอยู่ในปีกคาน)

$$M_u = \phi * [A_{ps} * f_{ps} * (d - 0.5a)]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข) ถ้าความหนาปีกคาน น้อยกว่า $a = A_{ps}*f_{ps}/0.85*f'_c*b$

(แกนสะเทินอยู่นอกปีกคาน)

$$M_u = \phi*[A_{pw}*f_{ps}*(d-0.5a) + 0.85*f'_c(b-b')t_f(d-0.5t_f)$$

โดย $A_{pw} = A_{ps} - A_{pf}$

$$A_{pf} = (0.85*f'_c*(b-b')*t_f)/f_{pi}$$

- ค่า w_p มากกว่า 0.3 -

หาค่า ultimate Moment ได้ดังนี้

ก) ถ้าความหนาปีกคาน มากกว่า $a = A_{ps}*f_{ps}/0.85*f'_c*b$

(แกนสะเทินอยู่ในปีกคาน)

$$M_u = \phi*[0.25*f'_c*b*d^2]$$

ข) ถ้าความหนาปีกคาน น้อยกว่า $a = A_{ps}*f_{ps}/0.85*f'_c*b$

(แกนสะเทินอยู่นอกปีกคาน)

$$M_u = \phi*[0.25f'_cb'd^2 + 0.85f'_c(b-b')t(d-t_f/2)]$$

Checking Shear Force

หาค่า V_{ci} (inclined flexural cracking Shear)

$$V_{ci} = 0.159b'd*/fc' + V_d + (V_i*M_{cr})/M_{max}$$

โดย $M_{cr} = I/C_b(1.59/fc' + f_{pe} - f_d)$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_{pe} = F/A + (F*e*C_b)/I$$

$$f_d = (M_d*c_b)/I$$

หาค่า V_{cw} (web cracking Shear)

$$V_{cw} = (0.93\sqrt{fc'} + 0.30f_{pc} + V_p)$$

โดย $f_{pc} = F/A_c$

จากนั้น V_c ที่ใช้จะต้องใช้ค่าที่น้อยที่สุด ระหว่าง V_{ci} และ V_{cw}

หาค่า V_u จาก

$$V_u = W_u(l/2-x)$$

หาค่า V_s

ϕ = 0.85 for Shear

$$V_s = V_u/\phi - V_c$$

$$S = \frac{A_v*f_y*d}{V_s}$$

เช็คค่า S_{max}

S_{max} จะต้องมีค่าไม่เกิน 0.75h or 60 cm.

Checking Stress in Section

check Allowable Stress

$$f_{tt} = -\frac{F_o}{A} + \frac{F_o*e*c_t}{I} - \frac{M_g*c_t}{I}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f_{sb} = -\frac{F_o}{A} - \frac{F_o * e * c_b}{I} + \frac{M_g * c_b}{I}$$

$$f_{st} = -\frac{F}{A} + \frac{F * e * c_t}{I} - \frac{(M_g + M_L) * c_t}{I}$$

$$f_{wb} = -\frac{F}{A} - \frac{F * e * c_b}{I} + \frac{(M_g + M_L) * c_b}{I}$$

Checking Deflection

หาค่าการโก่งของคานจาก Dead Load จากสูตร

$$\Delta = \frac{5 * W_G * L^4}{384 * EI}$$

หาค่าการโก่งตัวของคานอันเนื่องมาจาก live loa

คำนวนจาก สูตรในแต่ละกรณีของ load conditio

เช่น $$\Delta = \frac{5 * w_L * L^4}{384 * EI}$$

$$\Delta = \frac{Pl^3}{48EI}$$ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าการโก่งของคานจาก Prestressing

$$\Delta = \frac{F*L^2}{8*EI} * [e_2 + 5/6(e_1-e_2)]$$

Check ค่า Deflection ตามมาตรฐาน ว.ส.ท. (Δ = l/360)

****

ขั้นตอนการคำนวนโครงสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงชนิดสองทาง

แบบ Four Edges Support

Input ; Propetty of Material,Dimension,Covering,Coefficient B.M. of Slab & Uniformly Liveload

- หาค่าความหนาของพื้นจากสูตร $t = L_x/40$

- จากค่า Covering คำนวณหาค่า e_x & e_y

  โดย e_x = t/2-Covering-(Diameter of Strand)/2

  e_y = e_x-k-(Diameter of Strand)/2

  k คือ ระยะระหว่างเหล็กในแนวแกน x และแกน y

- หาค่าของ Dead Load ,Wb และ Wul

  โดย Dl. = 2400·t

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

W_b = Dl+Sustain part of Live Load

(โดยทั่วไป 20% of LL)

W_{ub} = Dl+LL-W_t

- หาค่าของ F_y ซึ่งจากทฤษฎีให้ใช้ค่า Effective Stress ในแนวแกน y มีค่าประมาณ 11 Ksc.

Fy = 11*t

- หาค่า F_x โดยการแทนค่าต่าง ๆในสมการตามทฤษฎี Load Balancing คือ

$$\frac{F_x*(e_x)}{l_x^2} + \frac{F_y*(e_y)}{l_y^2} = W_b$$

- หาค่า Spacing ในแต่ละแนว จาก

θ_x = F*100/F_x

θ_y = F*100/F_y

- หาจำนวนเหล็กในแต่ละแนวแกน

- Check ค่า Ultimate Moment ,Stress Allowable ตามทฤษฎีคอนกรีตอัดแรง

****

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

การก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงแบบ Post-tension

(เอกสาร โดย บ. โพสเท็น เอนยิเนียริ่ง จำกัด)

เป็นรายละเอียดภาคปฏิบัติ ในการก่อสร้างพื้นคอนกรีตอัดแรงชนิด Post-tension ซึ่งในที่นี้จะกล่าวถึงเรื่องต่างๆ เช่น

- วิธีการก่อสร้างและการควบคุมงาน
- การควบคุมคุณภาพในการดึงลวด
- เครื่องมือในการทำงาน

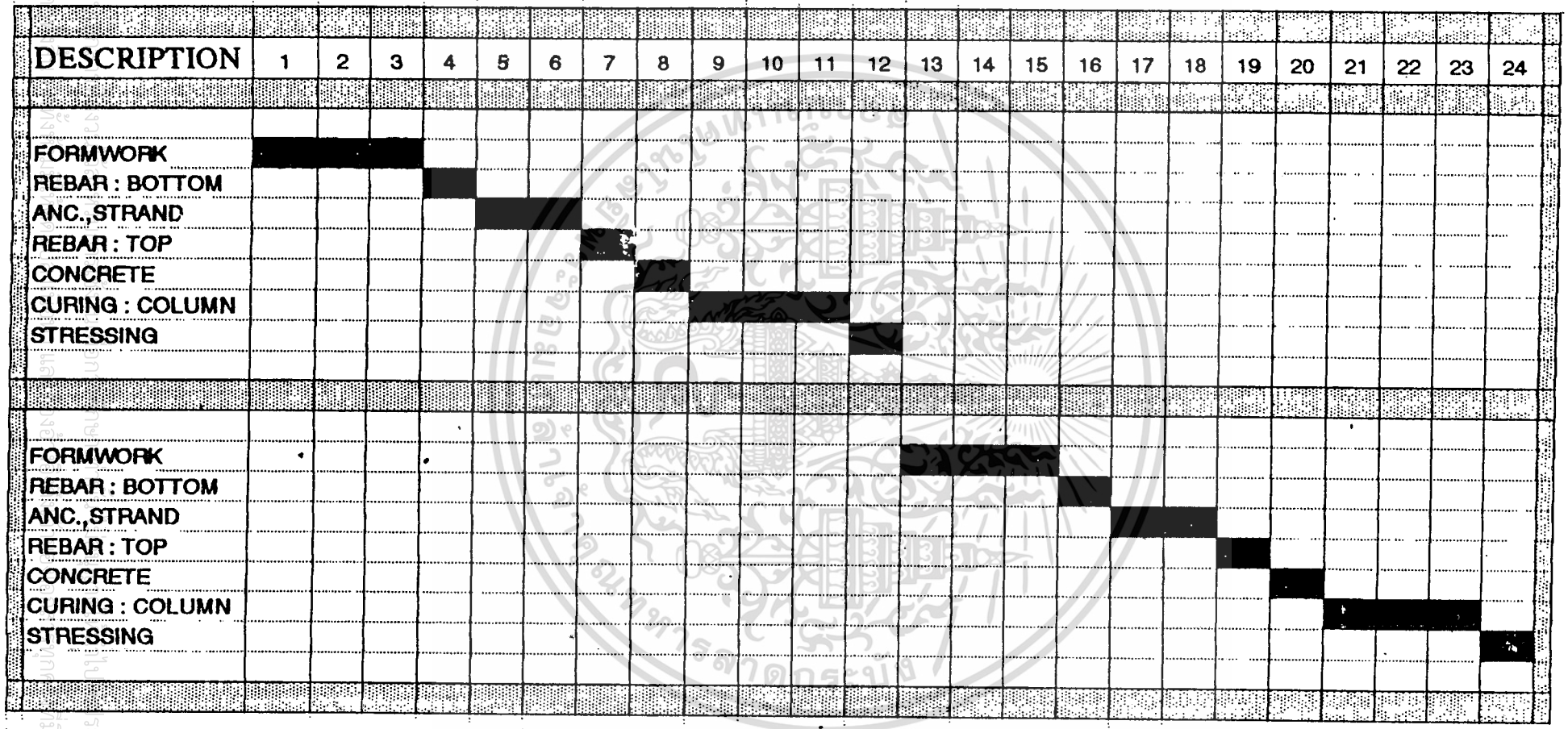
สำหรับรายละเอียด อยู่ในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการก่อสร้างและควบคุมงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

planning for post tensioned slab "POSTEN" system : cycle time = 12 days/floor



assumption

area = 1000 sq.m.

formwork = 100 %

ความคลาดเคลื่อนของระดับในแนวดิ่งไม่ควรเกิน 4 มม. สำหรับพื้นที่มีความหนาไม่เกิน 20 ซม. และไม่เกิน 6 มม. สำหรับพื้นที่มีความหนาเกินกว่า 20 ซม. สำหรับความคลาดเคลื่อนในแนวระนาบนั้นไม่ควรเกิน 20 มม.

การวาง TENDONS จะต้องไม่เป็นลักษณะที่มีการหักเลี้ยวกระทันหัน ณ บริเวณใดบริเวณหนึ่ง หากจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแนวของ TENDONS แล้ว การเปลี่ยนแนวจะต้องเป็นความโค้งเรียบต่อเนื่องและมีรัศมีความโค้งไม่น้อยกว่า 6 เมตร

ANCHORAGE จะต้องวางตรงตำแหน่งที่ระบุไว้ในแบบรายละเอียด โดยยึดติดแน่นอยู่กับที่ ไม่เคลื่อนไปทางใดในระหว่างการเทและเขย่าคอนกรีต

สำหรับ STRESSING END ANCHORAGE จะต้องมี END RECESS ในเนื้อคอนกรีตสำหรับให้เป็นช่องว่างให้แม่แรงยื่นเข้าไปจับ TENDONS และยันกับ ANCHORAGE ได้ END RECESS นี้จะต้องเกิดจากการฝัง PLASTIC หรือ RUBBER FORMER ไว้ก่อนการเทคอนกรีต และถอดออกเมื่อคอนกรีตแข็งตัวเพียงพอต่อการอัดแรง

<u>การเทคอนกรีต</u>

ก่อนการเทคอนกรีตควรทำการตรวจสอบอีกครั้งในจุดต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- ตำแหน่งที่สำคัญของ TENDONS เช่น ที่บริเวณหัวเสา กึ่งกลางช่วงเสา เป็นต้น
- SHEATHING ของ TENDONS หากพบว่ามีการเสียหายจะต้องดำเนินการซ่อมแซมให้อยู่ในสภาพที่ดี
- บริเวณ ANCHORAGE จะต้องไม่มีช่องว่างให้น้ำปูนรั่วเข้าไปได้

การเทคอนกรีตจะต้องไม่กระทบกระเทือนต่อ TENDONS และเหล็กเสริมที่วางไว้แล้ว การเขย่าคอนกรีตจะต้องเป็นไปโดยทั่วถึง เฉพาะบริเวณหลัง ANCHORAGE และที่หัวเสาคอนกรีตจะต้องไม่เป็นโพรงหรือพรุนเป็นอันขาด การเทคอนกรีตควรจะต้องเทให้เสร็จเรียบร้อยตามแผนที่กำหนดไว้ในการเทแต่ละครั้ง CONSTRUCTION JOINT ควรมีเฉพาะเท่าที่กำหนดไว้ในแบบเท่านั้น

การบ่มคอนกรีตจะต้องเป็นไปตามวิธีที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการก่อสร้าง POST-TENSIONED FLAT SLAB แบ่งออกได้เป็น 6 ขั้นตอน ดังนี้

- การติดตั้งแบบหล่อและค้ำยัน
- การวาง TENDONS และเหล็กเสริมธรรมดา
- การเทคอนกรีต
- การอัดแรง
- การถอดแบบและค้ำยัน
- การอุดปิดสมอยึดลวด

<u>การติดตั้งแบบหล่อและค้ำยัน</u>

แบบหล่อเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในการก่อสร้างพื้น POST-TENSIONED SLAB เพราะว่าเป็นตัวแปรที่สำคัญในเรื่องของระยะเวลาและค่าก่อสร้าง การพิจารณาอย่างรอบคอบถึงลักษณะโครงสร้างและรายละเอียดของแบบหล่อแต่ละชนิด จะช่วยให้ระยะเวลาการทำงานลดลงได้มาก โดยทั่วไปแล้วการเลือกชนิดของแบบหล่อจะต้องพิจารณากันเป็นกรณีๆไป จึงจะได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด

แบบหล่อและค้ำยันจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะรับน้ำหนักของแผ่นพื้นและน้ำหนักจรซึ่งเกิดจากการทำงาน โดยที่จะไม่ก่อให้เกิดการแอ่นตัวในโครงสร้างโดยเด็ดขาด นอกจากนั้นแบบหล่อจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะให้คอนกรีตคงสภาพอยู่ได้ในขณะทำงานทุกขั้นตอน

แบบข้างจะต้องมีความแข็งแรงเพียงพอที่จะสามารถคงตำแหน่งของสมอยึดลวดที่มายึดติดอยู่ได้เป็นอย่างดี

<u>การวาง TENDONS</u>

UNBONDED STRANDS จะถูกขนส่งไปยังหน่วยงานในลักษณะของขดลวดที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1.50 เมตร การยกย้ายจะต้องกระทำโดยระมัดระวัง เพื่อมิให้ SHEATHING ของ TENDONS เสียหายได้ ตำแหน่งการวางลวดจะต้องมีแสดงไว้ใน SHOP DRAWINGS ซึ่งจะบอกถึงลำดับก่อนหลังของการวางด้วย TENDONS จะต้องวางอยู่บน CHAIRS ที่แข็งแรงเพียงพอที่จะคงสภาพของ PROFILE ที่ต้องการได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดแรง

การอัดแรงจะกระทำได้ต่อเมื่อคอนกรีตมีความต้านแรงอัดมากพอ โดยปกติจะกำหนดให้การอัดแรงได้เมื่อคอนกรีตมีความต้านแรงอัด 75-85% ของความต้านแรงอัดที่ 28 วัน การค้ำยันจะต้องมีอยู่ปกติทุกประการจนกระทั่งการอัดแรงเสร็จสิ้นโดยสมบูรณ์

การตรวจสอบแรงอัดใน TENDONS มีอยู่ 2 ทางด้วยกันคือ อ่านจาก PRESSURE GUAGE ของแม่แรง ซึ่งสามารถคำนวณเป็นแรงดึงได้ อีกวิธีหนึ่งก็คือ เปรียบเทียบระยะยืดจริงของ TENDONS กับค่าระยะที่คำนวณไว้ซึ่งจะยอมให้แตกต่างกันไม่เกิน 5% การคำนวณระยะยืดนั้นควรจะคำนวณโดยการคิดเอาผลกระทบจาก FRICTION LOSS ของ TENDONS เข้ามาด้วยจะทำให้ได้ตัวเลขที่ถูกต้องกว่าค่าคำนวณด้วยสูตร PL/AE ถึง 15% เพราะในกรณีของ TENDONS ยาว ๆ ค่าที่ได้จากการคิดจาก FRICTION ด้วย จะแตกต่างจากสูตร PL/AE ถึง 15%

ขั้นสุดท้ายของการอัดแรงคือ การวัด WEDGE SET ซึ่งหมายถึงระยะที่ลวด TENDONS รูดกลับไปก่อนที่จะถูกยึดอย่างมั่นคง ในทางปฏิบัติแล้ว WEDGE SET ไม่ควรเกิน 6 มม.

การถอดแบบหล่อและค้ำยัน

การถอดค้ำยันออกจะทำได้ก็ต่อเมื่อมีการอัดแรงคอนกรีตในแผ่นพื้นได้กระทำไปเรียบร้อยแล้ว และไม่ว่ากรณีใด ๆ ก็ตามจะมีน้ำหนักแบบแผ่นพื้นมากกว่าน้ำหนักบรรทุกจรที่ออกแบบไว้ไม่ได้

หลังจากการอัดแรงแผ่นพื้นแล้วสามารถถอดแบบหล่อออกได้ก็จริงอยู่ แต่การค้ำยันกลับเข้าไปก็อาจเป็นสิ่งที่ต้องทำหากน้ำหนักจากการก่อสร้างมากกว่าน้ำหนักบรรทุกจรที่ออกแบบไว้ หรือคอนกรีตมีกำลังอัดที่ต่ำกว่ากำลังอัดที่ 28 วัน

การอุดปิด END RECESS

การอุดปิด END RECESS เพื่อป้องกันการกัดกร่อนของ ANCHORAGE และ UNBONDED STRAND ส่วนปลาย หลังการอัดแรง เป็นสิ่งที่สำคัญอีกประการหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากการถ่ายแรงของ TENDONS เข้าสู่แผ่นพื้น ต้องอาศัย ANCHORAGE อยู่ตลอดเวลา (สำหรับ UNBONDED TENDONS SYSTEM)

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การอัดน้ำปูน
(GROUTING)

คือ การอัดน้ำปูนหลังจากการดึงลวดเสร็จแล้ว เพื่อให้น้ำปูนไปอุดช่องว่างระหว่างลวดอัดแรง (P.C.STRAND) กับท่อ Sheath ซึ่งภายหลังจากการดำเนินการนี้แล้ว จะทำให้เกิดคุณสมบัติ ในการต่อต้านการกัดกร่อนของลวดอัดแรง (P.C.STRAND) ที่อยู่ภายในท่อ Sheath ได้ และนอกจากนี้แล้ว ก็ยังทำให้เกิดแรงยึดเหนี่ยวกันระหว่างลวดอัดแรง กับคอนกรีตอีกด้วย ซึ่งเราเรียกระบบนี้ว่า BONDED SYSTEM

ดังนั้นเพื่อความแน่ใจ การดำเนินงานทั้งหมดในการอัดน้ำปูน ให้มีคุณภาพอย่างแท้จริง PTE. ได้ทำการออกแบบ และกำหนด ในการใช้วัตถุดิบ, เครื่องมือ และวิธีการต่าง ๆ ไว้ดังนี้

ส่วนประกอบของน้ำปูน (COMPOSITION OF GROUT)

- ปูนซิเมนต์ type 1
- น้ำสะอาด : ไม่เกิน 45% ของน้ำหนักปูนซิเมนต์
- ADMIXTURE

  POZZOLITH 300 R : 160-300 cc/ซิเมนต์ 100 กก.

  ALUMINUM POWDER : 0.005% ของซิเมนต์โดยน้ำหนัก

ส่วนประกอบของน้ำปูนตามข้างบนนี้ จะมีผลลัพธ์ โดยประมาณ ดังนี้

- ความหนืด (FLUIDITY) by marsk cone : 11-18 วินาที
- การลอยตัวของน้ำ (BLEEDING) : 2-4%
- การขยายตัวของน้ำปูนประมาณ : 4%
- การแข็งตัว (Final setting time) : 12 ชม.

<u>การผสม</u>

น้ำ ซิเมนต์ - ADDITIVE ใส่ลงในถังผสมซึ่งมีเหล็กติดใบพัด ขับด้วยมอเตอร์สำหรับกวนหรือปั่นให้ส่วนผสมเข้ากันดี โดยใช้เวลาในการผสม ประมาณ 2 นาที โดยไม่หยุด ถังผสมน้ำปูนควรจะต้องอยู่สูงกว่า PUMP เพื่อที่จะสามารถถ่ายน้ำปูนลงถัง PUMP โดยก่อนที่น้ำปูนจะถูกถ่ายลงสู่ถัง PUMP จะต้องผ่านตะแกรง ขนาด # 2 mm. เพื่อกรองน้ำปูนก่อน

การควบคุม (CONTROL OF GROUT)

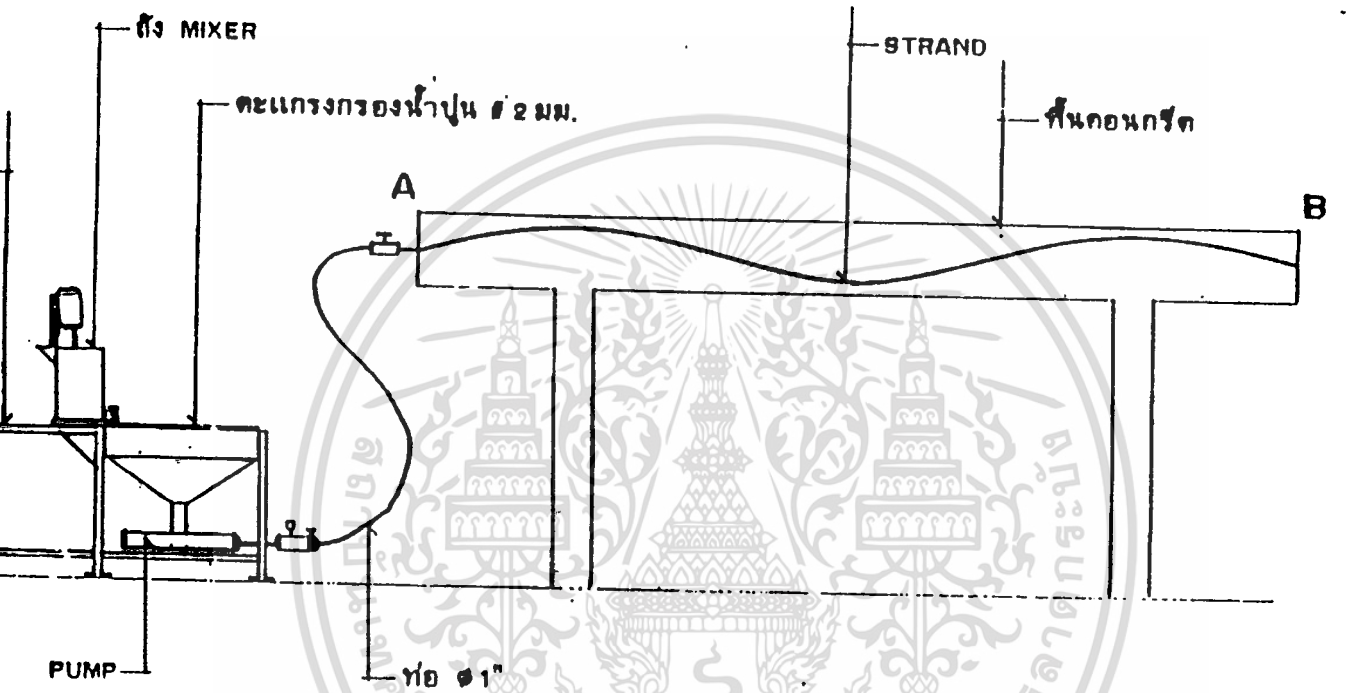
- ทำการทดสอบ ความหนืด (FLUIDITY) ทุก 1 ชม.
- ทำการทดสอบ การลอยตัวของน้ำปูน (BLEEDING) ทุก 3 ชม.
- ทำการทดสอบ อุณหภูมิของน้ำปูนทุก MIX จะต้องไม่เกิน 40 องศาเซลเซียล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการอัดน้ำปูน

ก่อนทำการอัดน้ำปูน

- เช็คการอุดปูนทรายที่ ANCHORAGE
- เช็คกำลังของปูนทรายที่ทำการอุด
- เช็คการอุดตันของท่อ และทำความสะอาด ท่อด้วย Air Compressure
- เช็คความพร้อมของเครื่องมือ



1. ผสมน้ำปูน และปล่อยลงสู่ถัง PUMP โดยผ่านตะแกรง
2. เดินเครื่อง PUMP GROUT น้ำปูนจะไหลเข้าท่อจากจุด A-B และ GROUT แรงดันไม่ควรเกิน 20 Bar
3. น้ำปูนเต็มจะไหลออกทางจุด B ให้อุดท่อยางทางจุด B พร้อมหยุดเครื่อง PUMP GROUT
4. เมื่ออุดปิดปลายท่อจุด B แล้ว ให้ทำการ Keep Pressure โดยการเดิน PUMP และให้ดูแรงดันถ้าลดให้เดิน PUMP ต่อ จนแรงดันถึง 5 Bar จึงหยุด PUMP และให้ดูแรงดันถ้าลดให้เดิน PUMP ต่อจนแรงดันคงที่ จึงทำการอุดปิดปลายท่อทางจุด A
5. ให้ทำการตัดสายยางที่จุด A หรือ B ได้ ต่อเมื่อ GROUT น้ำปูนเสร็จไม่ต่ำกว่า 24 ชม.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบข่ายของงาน

ลำดับ	ขั้นตอน	ผู้ดำเนินการ	
		Main Contractor	PTE
1	ติดตั้งค้ำยัน, แบบท้องพื้น และแบบข้าง	X	
2	วางเหล็กเสริมล่าง	X	
3	ติดตั้ง Anchorage, Barchair, วาง Strand ให้ได้ความสูงและแนว ตาม Shop Dwg.		X
4	วางเหล็กเสริมบน	X	
5	เทคอนกรีตพื้น	X	
6	บ่มน้ำ และ ถอดแบบข้าง	X	
7	ถอด Plastic Former และใส่ Jaws		X
8	ดึงลวด		X
9	เมื่อตรวจเช็คผลการดึงลวดแล้ว จึงทำการตัดปลายลวด		X
10	อุดปิดช่องดึงลวดด้วยปูนทราย	X	
11	ถอดแบบและติดตั้งค้ำยันเพื่อรับน้ำหนักก่อสร้างจากชั้นบน	X	

หมายเหตุ
- PTE. เป็นผู้ดำเนินการทำแบบรายละเอียด (Shop Drawing)
- ก่อนการถอดแบบควรได้รับอนุมัติจากผู้ควบคุมงานในเรื่องของปริมาณและจุดที่จะต้องทำการค้ำยันเพื่อรับน้ำหนักก่อสร้างที่เกิดขึ้นในชั้นบนขึ้นไป
- รอยต่อในการก่อสร้างจะต้องได้รับอนุมัติ จากผู้ควบคุมงานในเรื่องของตำแหน่ง และรายละเอียดการเสริมเหล็ก ก่อนดำเนินการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมคุณภาพในการดึงลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมคุณภาพในการดึงลวด

การดึงลวดเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากขั้นตอนหนึ่งในการก่อสร้างพื้น POST-TENSION บริษัท POSTEN ENGINEERING มีวิธีการมาตรฐานในการดึงลวด ดังนี้

1. การจัดลำดับในการดึงลวด

   1.1 จัดให้ดึงลวดด้าน Band 50% ยกเว้นลวดที่เป็น Extra , ลวดที่หยุดบริเวณช่องเปิดใหญ่

   1.2 จัดให้ดึงลวดด้าน Uniform 100% โดยจัดลำดับการดึงลวดที่เป็น Extra , ลวดที่หยุดบริเวณช่องเปิดขนาดใหญ่ทีหลัง

   1.3 ดึงลวดที่เหลือของด้าน Band โดยจัดลำดับการดึงลวดที่เป็น Extra , ลวดที่หยุดบริเวณช่องเปิดขนาดใหญ่ทีหลัง

2. การคำนวณหาค่า ELONGATION

   ทางบริษัทฯ จะทำการคำนวณค่า ELONGATION ของลวดแต่ละเส้นโดยใช้ COMPUTER PROGRAM ซึ่งจะได้ค่า THEORECTICAL ELONGATION ที่มีความแม่นยำสูง ทั้งนี้ค่าคงที่ที่ใช้ในการคำนวณได้แก่

   JACKING FORCE = 14.500 TONS

   YOUNG'S MODULUS = 2 x 10 KSC.

   FRICTION COEFFICIENT (U) = 0.1 (UNBOND), 0.2 (BOND) /RAD

   WOBBLE COEFFICIENT (K) = 0.002 (UNBOND), 0.003 (BOND) /M

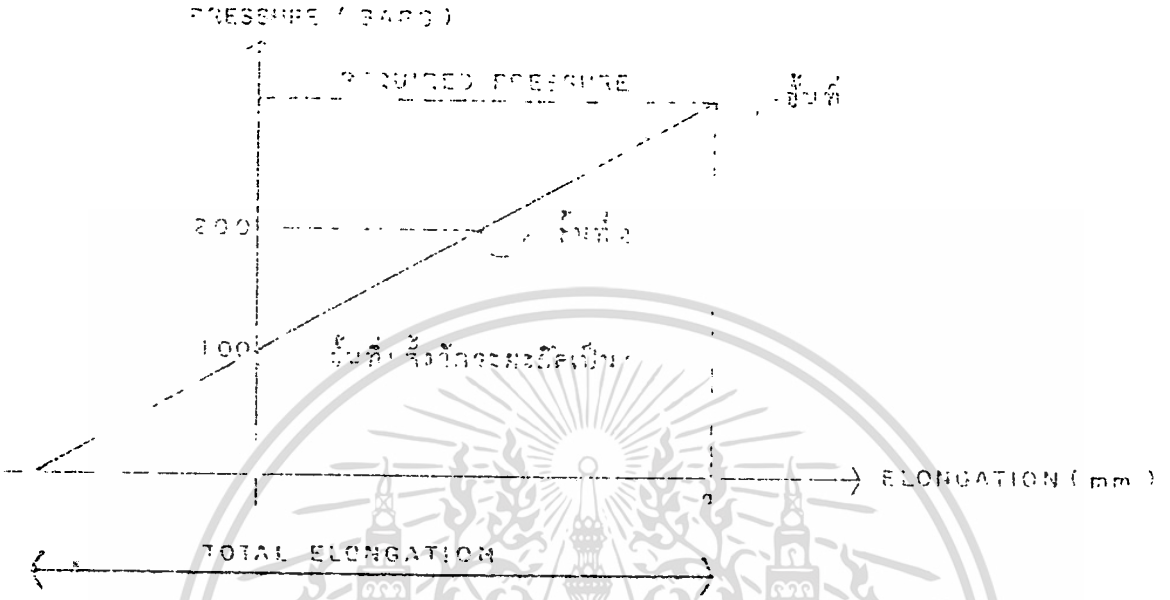
   ค่า ELONGATION ที่ได้จาก COMPUTER จะเป็นระยะยืดของลวดในส่วนจากหน้า ANCHORAGE ด้านหนึ่ง ถึงหน้า ANCHORAGE อีกด้านหนึ่ง

3. การบันทึกผลการดึงลวด และการตรวจสอบค่า ELONGATION

   เนื่องจากในช่วงระยะของการดึงลวด จะต้องใช้แรงส่วนหนึ่งเพื่อให้ลวดดึงพอดี และลิ่มจับลวดของเครื่องดึงลวด (TEMPORARY JAW) เริ่มเกาะลวดจนแน่น ดังนั้นในการวัดระยะยืดของลวดจะเริ่มวัดจากที่ทำการดึงลวดถึง PRESSURE ค่าใดค่าหนึ่ง (โดยทั่วไปจะใช้ประมาณ 100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรยากาศ) แล้วค่อย ๆ เพิ่ม PRESSURE ขึ้นทีละขั้น (200, REQUIRED PRESSURE) ค่า ELONGATION ที่วัดได้ขณะนี้ เป็น



ค่า TOTAL ELONGATION ซึ่งเป็นระยะยืดของลวดจากหน้าสมอยึดด้านหนึ่งถึงสมอยึดอีกด้านหนึ่ง บวกด้วยระยะยืดของลวดจากหน้าสมอยึดด้านดึงถึงลิ่มจับลวดของเครื่องดึงลวด (โดยทั่วไปค่านี้มีค่าประมาณ 3 มม.)

ดังนั้นการเปรียบเทียบผลการดึงลวดจึงเอาค่า TOTAL ELONGATION ที่วัดได้เปรียบเทียบกับ THEORECTICAL ELONGATION (ELONGATION จาก COMPUTER + 3 มม.) โดย TOTAL ELONGATION มีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0.95 ของ THEORECTICAL ELONGATION ถึง 1.05 ของ THEORECTICAL ELONGATION

อย่างไรก็ตามการเช็คระยะยืดของลวดเป็นเพียงการเช็คเพื่อดูความผิดปกติของการดึงลวดเท่านั้น โดยทั่วไปจะถือความดันของปั๊มน้ำมันของเครื่องดึงลวดซึ่งได้รับ CALIBRATION มาถูกต้องแล้ว เป็นตัวชี้ว่าลวดดังกล่าวมีแรงดึงอยู่ตามต้องการหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.การวัดค่า SLIP

หลังจากดึงลวดได้ความตันตามที่ต้องการแล้ว ค่า ELONGATION ที่อ่านได้จากเทปวัดสัมมุติเป็นค่า a เราจะทำการ BLOCK (การอัดลิ่มจับลวดถาวรเข้ากับสมอยึดจับลวดให้จับลวดแน่น) แล้วลดความตันลงเหลือ 100 บรรยากาศ ณ จุดนั้นเราจะวัดค่าระยะยืดจากเทปอีกครั้งหนึ่ง สมมุติได้ค่า b เราจะได้ค่า SLIP ของลิ่มจับลวดถาวรโดยการคำนวณดังนี้

SLIP = a - b - 3 MM.

(3 MM. ในสมการข้างบนนี้คือระยะยืดของลวดจากหน้าสมอยึดจับลวดถึงลิ่มจับลวดชั่วคราวในเครื่องดึงลวด)

โดยทั่วไปค่า Slip ที่คำนวณได้นี้ไม่ควรจะเกิน 6 MM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSTEN ENGINEERING

STRESSING REPORT

PROJECT. ______________________ STRESSING BY. ______________________

FLOOR. ______________________ QUALITY CONTROL BY. ______________________

ZONE. ______________________ DATE. ______________________

...don ...o	Tnedretical Elongation (m.m.)			Actual Elongation (m.m.)						Total Elongation (m.m.)	After Transfer (m.m.)	Slip (m.m.)	Remark
				L. J.No. ______ P.No. ______			R. J.No. ______ P.No. ______						
	$.95 \Delta_o$	Δ_o	$1.05 \Delta_o$	200 Bars.	77.5%	80%	200Bars.	77.5%	80%				

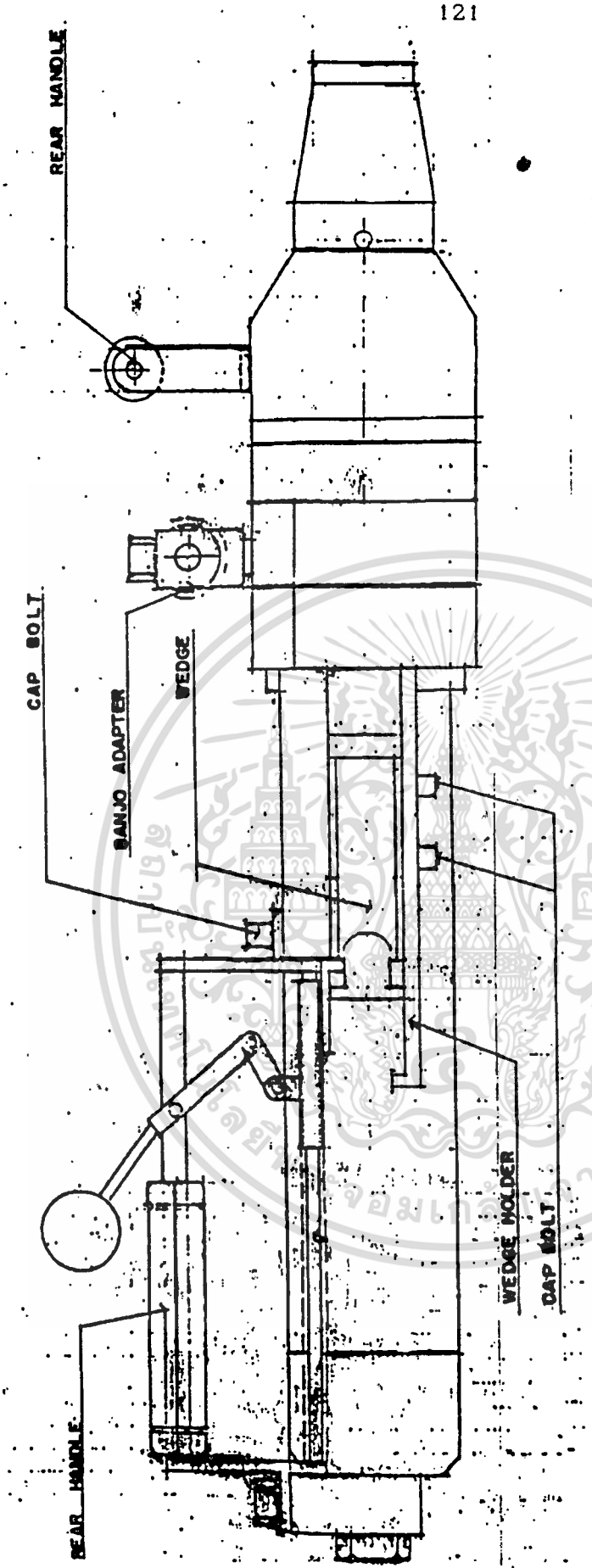
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือในการทำงาน

(JACK & PUMP FOR STRESSING)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STRESSING JACK

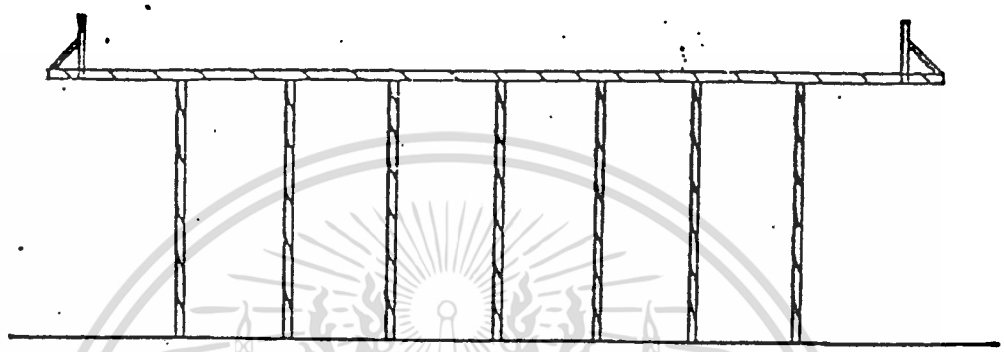


SPECIFICATION

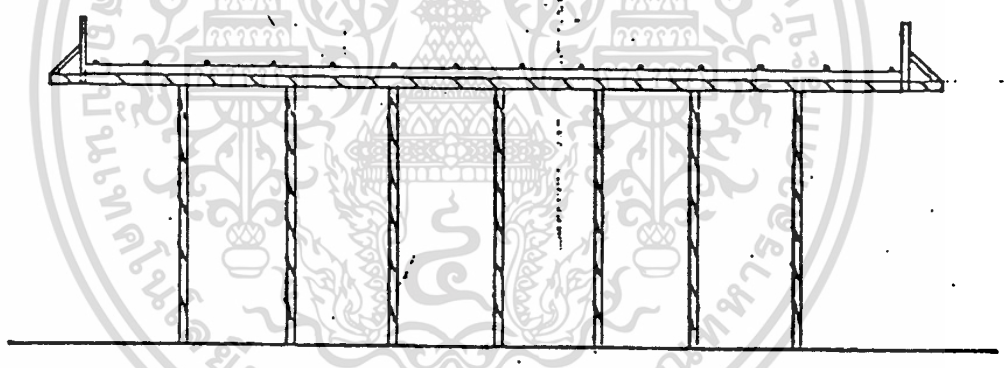
CAPACITY	STRESS	20,000 kg.
	LOCK	1,000 kg.
PISTON AREA	STRESS	31.667x2=63.334 cm.²
	LOCK	1 074.2 = 1 848 mm²
WORKING PRESSURE STRESS		350 kg/cm.²
	LOCK	260 kg/cm.²
STROKE	STRESS	20 cm.
	LOCK	2.5 cm.
WEIGHT		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานของ POST- TENSIONED SLAB

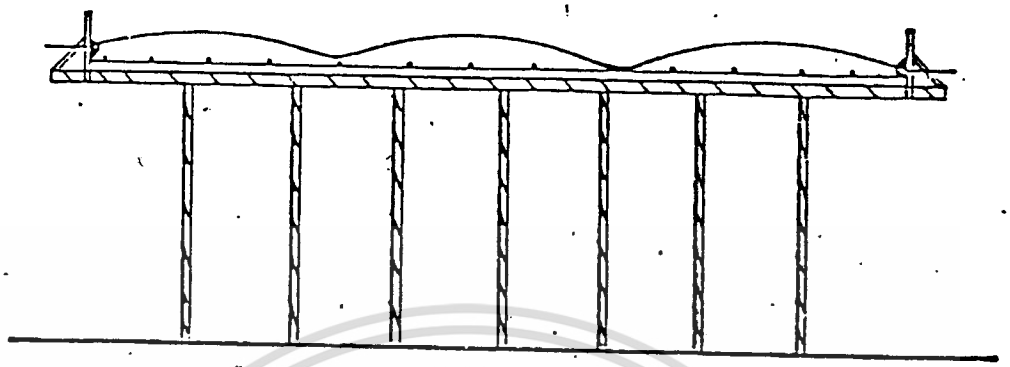


(1) ไม้แบบ เสาค้ำยัน

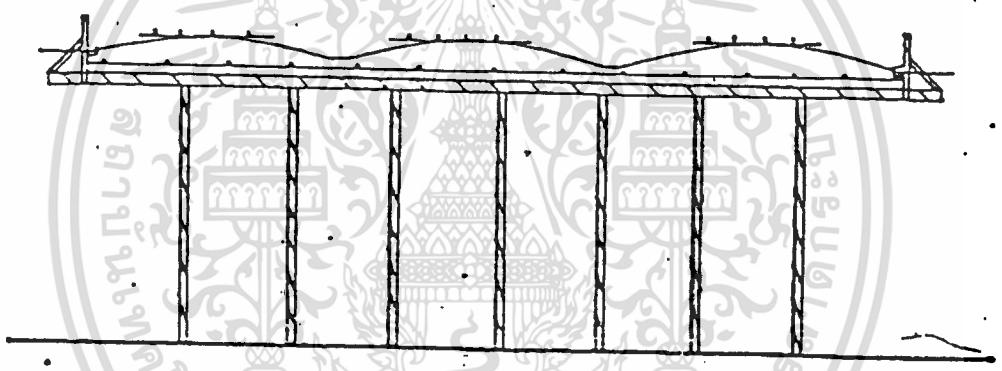


(2) เหล็กเสริมล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

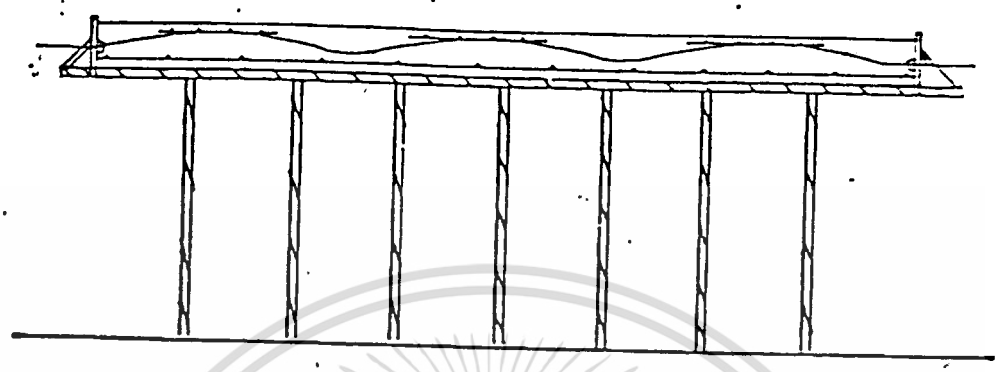


(3) STRAND LAY-OUT และ ANCHORAGE

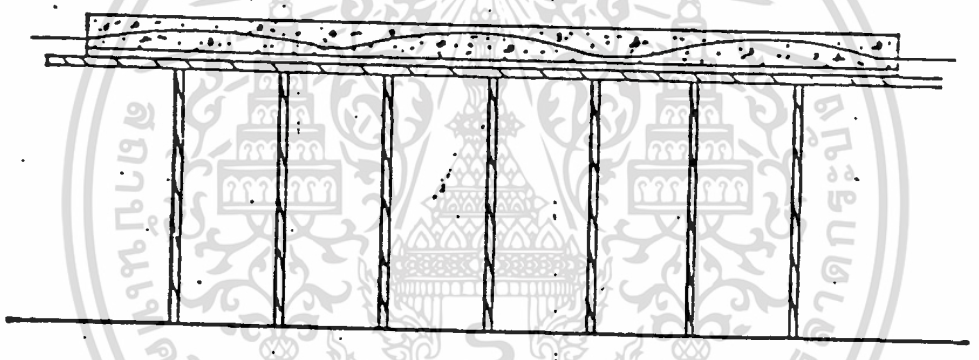


(4) เหล็กเสริมบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

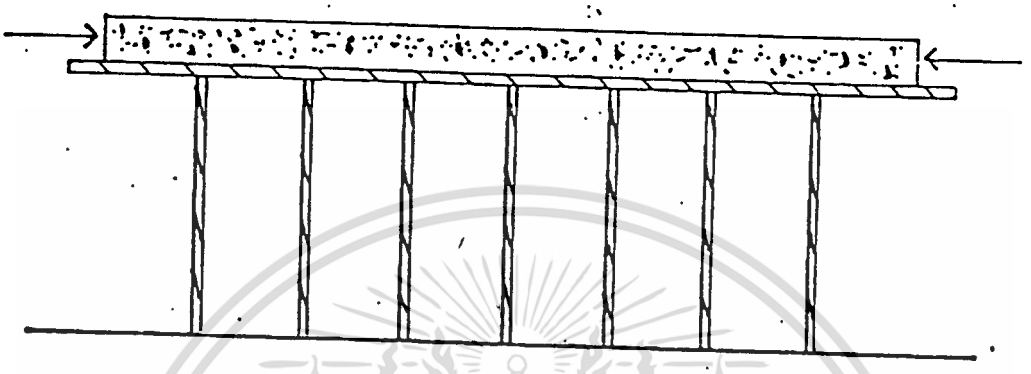


(5) เทคอนกรีตและบมน้ำ

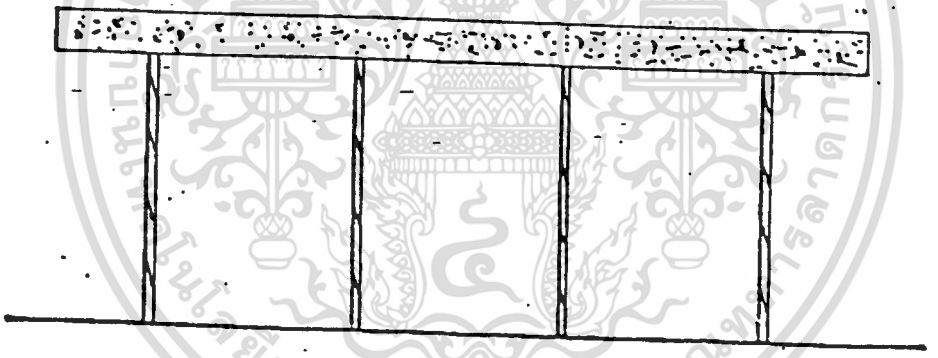


(6) ถอดแบบข้าง และ PLASTIC FORMER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

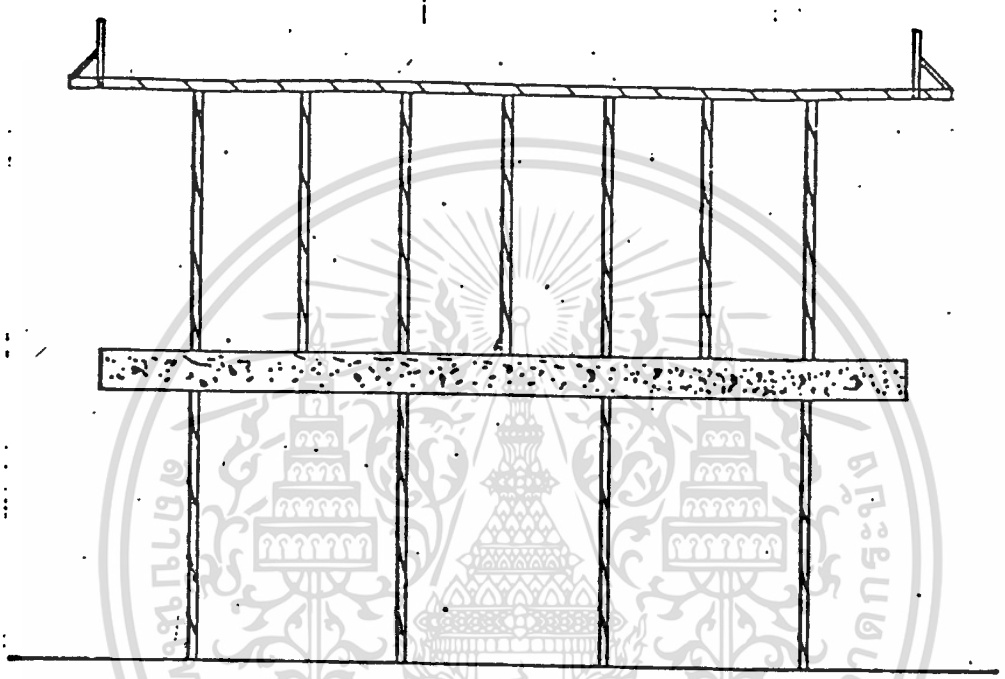


(7,8) ดึงลวดและคัดลวด



(9) ถอดแบบและค้ำยัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เริ่มขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

โปรแกรม PSTRESS

ภาคผนวกส่วนนี้เป็น รายละเอียดของตัวโปรแกรม PSTRESS ทั้งหมด ซึ่งแบ่งเป็นดังนี้

1. โปรแกรมหลัก คือ โปรแกรมชื่อ Pstress
2. โปรแกรมย่อย มีอยู่มากมาย แต่จะมีบางส่วนอยู่ใน Unit คือ
   - Unit Umain
   - Unit Zone
   - Unit Slat
   - Unit Screen
   - Unit Win
   - Unit Prt

ซึ่ง ยูนิตเหล่านี้จะต้องเขียนโปรแกรมให้เหมือนกับในรายละเอียดตัวโปรแกรม ดังในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
program PSTRESS;
  uses    crt,graph,dos,printer,umain,win,prt,zone,slat;
  Var
         M : moment;              w : weight;
         V : shear;               F : force;
        fi : stress;             ac : area ;
         b : b1;                  c : c1;
         h : high;               sp :space;  x:shdis;
        df : deflec;            mx1 : prox1;
        mx : prox;               my : proy;
        mz : proz;               xx :dis;
        qe : q1;                 re : r1;
        ao1 : a1;               ao2:a2;
        eu : eou;              el : eol;
        eux :eoux;             elx:eolx;
        data:array[1..6,1..20] of string[72];
        p1,p2,p3,p4:real;
     wi1,wi2,l,aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3 : real;   {case 1-16}
     la,lb,bv,bf,tf,rii,ct,cb,e,kt,kb,d,ds,wp,pp,a   : real;   {section}
    V6,M13,M7,V1,V2,F01,F02,lo,lz   : real;
                    co,em,vx,vy,Ec  : real;          {Modulus concrete}
               gt,oh,ch,ch1,ch2,ch3,ch4    :  char;
      nt,i,table,pages,pic  :integer;
            ln,line0,t      :integer;
          n:array[1..5]of integer;
            g:num;      u :integer;                 {Number of load condition}
                qtt :integer;                       {Quantity of strand}
                {   grd :string[5];}
      npic,tos,test,test1: char ; rx,ry :real;      {monitor type}
            ox,sCh : char;                    {Slab select}
      kin : goo ;   pom : hoo ;     kot : ioo ;
     fix:pomx1;  Vxx:pomx2;   MMx:pomx3;  wix:pomx4;
     fiy:pomy1;  Vyy:pomy2;   MMy:pomy3;  wiy:pomy4;

{$i ratio}
{$i outreal}
{$i concrete}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{$i call}
{$i title}
{$i select}
{$i msteel}
{$i mbpic}
{$i rein}

  procedure setnormal;
  begin
    settextjustify(0,2);
    setlinestyle(0,0,1);
    settextstyle(0,0,1);
  end;


  procedure change_page(var pages:integer);
  begin
    vdel(0,0,719,300);
    pages:=pages+1;
    if pages=5 then pages:=1;
    case pages of
      1:gr1; 2:gr2; 3:gr3; 4:gr4;
    end;
    setnormal;
  end;

  procedure read_value_of_picture(var pic,pages:integer);
  var ch:char;
  begin
    repeat
      vdel(100,305,595,338);
      vmoveto(200,330);
      setnormal;
      case pages of
        1:outtext('Input Number of load condition <1..7>  ? ');
        2:outtext('Input Number of load condition <8..10> ? ');
        3:outtext('Input Number of load condition <11..13> ? ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    4:outtext('Input Number of load condition <14..16> ? ');
  end;
  pic:=0;
  if pages=1 then
  begin
    repeat  ch:=readkey;  until ch in ['1'..'7'];
    outtext(ch); pic:=ord(ch)-48;
  end else
  if pages=2 then
  begin
    repeat  ch:=readkey; until ch in['1','8','9']; outtext(ch);
    if ch in['8','9'] then pic:=ord(ch)-48
    else
    begin
      repeat  ch:=readkey;  until ch='0'; outtext(ch); pic:=10;
    end;
  end else
  if pages=3 then
  begin
    repeat  ch:=readkey; until ch='1'; outtext(ch);
    repeat  ch:=readkey; until ch in['1','2','3'];
    outtext(ch);
    case ch of
      '1':pic:=11; '2':pic:=12; '3':pic:=13;
    end;
  end else
  begin
    repeat  ch:=readkey; until ch='1'; outtext(ch);
    repeat  ch:=readkey; until ch in['4','5','6']; outtext(ch);
    case ch of
      '4':pic:=14; '5':pic:=15; '6':pic:=16;
    end;
  end;
  delay(500);
  vdel(100,305,535,325);
  vmoveto(200,310);
  outtext('          That''s right OK! <Yes or No> : ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      repeat ch:=readkey;until ch in['y','n','Y','N'];
      outtext(upcase(ch));
    until ch in['Y','y'];
    delay(300);
  end;

BEGIN (*main*)
 setgraph;
 title;
 textbackground(1);textcolor(14);clrscr;
repeat
  select(tos);
  restorecrtmode;
  case tos of
  '1':
    repeat
      textbackground(11);clrscr;
      windowopen(20,8,60,20);textbackground(1);textcolor(14);
      clrscr; writeln; textcolor(12);
      writeln('          Beam  Design          ');writeln;
      textcolor(14);
      writeln('          I   :  Input Data     ');
      writeln('          D   :  Design Section ');
      writeln('          C   :  Checking Section');
      writeln('          P   :  Print Result   ');
      writeln('          E   :  Exit to Main Menu');
      writeln;
        write('   Choose ============>  :  ');
      repeat test:=readkey;test:=upcase(test);
               until test in['C','D','I','P','E'];
        write(test);delay(700);
    windowclose;
       repeat
   textbackground(7);clrscr;
      windowopen(20,8,60,20);
      case test of
        'I':
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        begin
        textbackground(1);textcolor(14);clrscr;
         writeln('            Input Menu            ');
         writeln;
         writeln('        C  :  Input Concrete       ');
         writeln('        T  :  Input Steel          ');
         writeln('        M  :  Input Load Condition');
         writeln('        Q  :  Quit to Beam Menu    ');
           writeln;
           write('     Choose ============>  :  ');
          repeat test1:=readkey;test1:=upcase(test1);
                until test1 in['C','T','M','Q'];
            write(test1);delay(700);
       windowclose;
          case test1 of
            'C': begin  textbackground(1);clrscr;
                   concrete(fi,lo);  end;
            'T': begin  setgraphmode(getgraphmode);
                 msteel(qe,re,ac,fi,ln,gt,lo,ox);end;
            'M': begin

M7 := 0; V1 := 0; V2 := 0;
setgraphmode(getgraphmode);
setbkcolor(1);setcolor(14);
GR1;setnormal;
vmoveto(125,330);
outtext('            Press <enter> to Choose load condition.  ');
  repeat ch1:=readkey; until ch1 in [#13];
    g[1] :='0';g[2]:='0';g[3]:='0';g[4]:='0';g[5]:='0';g[6]:='0';g[7]:='0';
    u := 1;
repeat
      repeat
       vdel(100,305,595,338);
       vmoveto(200,330);
       setnormal;
       outtext('Input Number of load condition <1..7>  ?  ');
       repeat npic :=readkey; until npic in['1'..'7'];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        outtext(npic);delay(300);
        vdel(100,305,595,328);
        vmoveto(200,310);
        outtext('          That''s right OK! <Yes or No> :  ');
        repeat ch:=readkey;until ch in['y','n','Y','N'];
        ch:=upcase(ch);outtext(ch);delay(500);
      until ch in ['Y','y'];
      restorecrtmode;
      wi1:=0;wi2:=0;p1:=0;p2:=0;p3:=0;p4:=0;aw1:=0;bw1:=0;
      aw2:=0;bw2:=0;aw3:=0;bw3:=0;
      textbackground(1);clrscr;
         case npic of
         '1':case1(m,v,w,l);          '2':case2(m,v,w,l,wi1);
         '3':case3(m,v,w,l,wi2);      '4':case4(m,v,w,p1,l);
         '5':case5(m,v,w,p2,l,aw1,bw1); '6':case6(m,v,p3,l,aw2);
         '7':case7(m,v,p4,l,aw3,bw3);
      end;
      M7 := M7 + M[7];  V1 := V1 + V[1];  V2 := V2 + V[2];
      gotoxy(23,23);
      write('                Use other load condition  (y/n) :  ');
      repeat oh:=readkey;until oh in['y','n','Y','N'];
      write (oh); delay(500);
      windowclose;
      if oh in['y','Y'] then
      begin
        setgraphmode(getgraphmode);
          gr1;
      end;
      g[u] := npic;
      u := u+1;
until oh in['n','N'];
  end;
        end;
        end;
        'D':
        begin
        textbackground(1);textcolor(14);clrscr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    writeln('          Design Section Menu    '); writeln;
    writeln('        P  :  Preliminary  Design ');
    writeln('        F  :  Final Elastic Design');
    writeln('        L  :  Steel Profile Design');
    writeln('        R  :  Steel Reinforcement');
    writeln('        Q  :  Quit to Beam Menu');
    writeln;
      write('    Choose ============>  :  ');
       repeat test1:= readkey;test1:=upcase(test1);
         until test1 in['P','F','R','Q','L'];
      write(test1);delay(700);
   windowclose;
   case test1 of
     'P': begin   prelim(m,ac,fi,F,M7,w,l,h);
                  setgraphmode(getgraphmode);
                  setnormal;
                  tablegraph(table,nt,b,c,bf,bv,
                   tf,cb,ct,kb,kt,e,la,rii,h,gt);
                restorecrtmode;
          end;
     'F': begin
          elastic(fi,M,ac,F,w,h,kb,kt,cb,ct,e,F01,F02,d,lo);
          end;
     'L': begin
          profile(M,V,mx,my,mz,ao1,ao2,w,h,l,aw1,bw1,aw2,bw2,
                  aw3,bw3,kb,kt,cb,ct,F02,wi1,wi2,p1,p2,p3,p4,
                  vx,vy,co,em,xx,eu,el,g,f,mx1,eux,elx);
          end;
      'R': begin rein(ac,qe,re,qtt);  end;
    end;
  end;
  'C':
  begin
  textbackground(1);textcolor(14);clrscr;
    writeln('          Checking Menu');
    writeln;
    writeln('        U  :  Ultimate Moment');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  writeln('        S  :  Allowable Stress');
  writeln('        V  :  Shear reinforcement');
  writeln('        D  :  Deflection');
  writeln('        Q  :  Quit to Beam Menu');
  writeln;
    write('    Choose ============>  :  ');
      repeat  test1:=readkey; test1:=upcase(test1);
        until test1 in ['U','S','V','D','Q'];
  write(test1);delay(700);
  windowclose;
  case test1 of
  'U':  ultimate(F,fi,M,ac,e,kt,cb,bf,bv,tf,d,pp,
                 wp,a,la,M7 );
  'S':  stressallow(fi,M,F,ac,F02,e,cb,ct,la);
  'V':  begin
        testshear(sp,M,V,w,fi,F,ac,h,aw1,bw1,aw2,bw2,
                  aw3,bw3,l,wi1,wi2,p1,p2,p3,p4,e,cb,
                  ct,la,d,bv,ds,g,x);
        end;
  'D':  begin
       deflection(F,w,fi,df,l,aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,
                  wi1,wi2,p1,p2,p3,p4,la,Ec,e,F02,g,u,
                  eu,el); end;
  end;
end;
'P' :
 begin
 textbackground(0);clrscr;textcolor(1);
 writeln;writeln;writeln;
 writeln('      !!   Promgram   Printing  !! ');
 writeln;
 writeln('            == Please Wait ==  ');
 example(qe,re,fi,M,ac,h,M7,l,bf,bv,tf,d,kb,kt,e,la,
        df,lo,ln,qtt,eu,el,em,xx);
 ch:=readkey;
 windowclose;
 end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end;
      delay(500);
    windowclose;
    until (test1 ='Q') or (test='E');
  until test='E';
'2':
  repeat
   textbackground(11);textcolor(14);clrscr;
   windowopen(20,8,60,20); textbackground(1);textcolor(14);
   clrscr; textcolor(12);
    writeln('              Slab  Design              ');
    writeln; textcolor(14);
    writeln('        I  :  Input Data           ');
    writeln('        D  :  Design               ');
    writeln('        P  :  Print Result ');
    writeln('        E  :  Exit to Main Menu    ');
      write('  Choose ============>  :  ');
          repeat test:=readkey;test:=upcase(test);
          until test in['D','I','P','E','S'];
   textcolor(11);
   write(test);delay(700);
   textcolor(14);
   case test of
     'I': begin  windowclose;textbackground(1);clrscr;
              concrete(fi,lo);setgraphmode(getgraphmode);
                 msteel(qe,re,ac,fi,ln,gt,lo,ox)   end;
     'D': begin  windowclose;textbackground(1);clrscr;
                 TwoWay(kin,pom,kot,ac,fi,re,ox,ln,fix,vxx,
                 MMx,wix,fiy,vyy,MMy,wiy); end;
     'P': begin
          textbackground(0);clrscr;textcolor(1);
          writeln;writeln;writeln;
          writeln('      !!   Promgram   Printing  !! ');
          writeln;
          writeln('              == Please Wait ==   ');
          pps(kin,pom,kot);ch:=readkey;
          end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      end;
      delay(500);
      windowclose;
    until test='E';
  end;
until tos ='E';
closegraph;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit umain;
interface
uses crt,win,graph;

  type    moment = array[0..15] of real;
          shear  = array[1..10] of real;
          force  = array[1..4] of real;
          stress = array[1..20] of real;
          area   = array[1..13] of real;
          weight = array[0..6] of real;
           high  = array[1..3] of real;
          space  = array[1..3,1..11] of real;
          shdis  = array[1..11] of real;
          deflec = array[1..6] of real;
          b1     = array[1..6,1..20]of string[3];
          c1     = array[1..6,1..20,1..9]of real;
           q1    = array[1..6] of string[9];
           r1    = array[1..6,1..5] of real;
          num    = array[1..7] of char;
            prox = array[1..11] of real;  {moment for L.L at any section}
           proxl = array[1..11] of real;  {total M. for L.L}
            proy = array[1..11] of real;  {moment for D.L}
            proz = array[1..11] of real;  {total moment at any section}
            a1   = array[1..11] of real;
            a2   = array[1..11] of real;
           eou   = array[1..11] of real;  {top limit Zone}
           eol   = array[1..11] of real;  {lower limit zone}
           eoux  = array[1..11] of real;  {top fiber-top zone}
           eolx  = array[1..11] of real;  {top fiber-lower zone}
           dis   = array[1..11] of real;  {distance in profile}

  var  ch:char;

  procedure rd(var a:real);
  Procedure case1(var M:moment;var V:shear;var w:weight;var l:real);
  Procedure enter25(var l:real;var p:real);
  Procedure result2(var M:moment;var v:shear);
```

ไม่ใช่ที่สิ้นสุดของการใช้งานเพื่อประโยชน์ทางการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure result3(var M:moment;var v:shear);
Procedure case2(var M:moment;var V:shear;var w:weight;var l,wi1:real);
Procedure case3(var M:moment;var V:shear;var w:weight;var l,wi2:real);
Procedure case4(Var M:moment;Var V:shear;var w:weight;var p1,l:real);
Procedure case5(Var M:moment;var V:shear;var w:weight;var p2,l,aw1,bw1:real);
Procedure case6(var M:moment; var V:shear;var p3,l,aw2:real);
Procedure case7(var M:moment; var V:shear;var p4,l,aw3,bw3:real);
procedure prelim(var M:moment;var ac:area;var fi:stress;var F:force;
                 var M7:real;var w:weight;var l:real;var h:high);
procedure small(var M:moment; var ac:area;var fi:stress; var F:force;
                var h:high;var kb,kt,cb,ct,e,FO1,FO2:real;var lo:real);
procedure big(var m:moment;var ac:area;var fi:stress;var F:force;
               var h:high;var kb,kt,cb,ct,e,FO1,FO2:real;var lo:real);
procedure  elastic(var fi:stress;var M:moment;var ac:area;var F:force;
                   var w:weight;var h:high;var kb,kt,cb,ct,e,FO1,FO2,d:real;
                   var lo:real);
procedure under(var ac :area;var d,a:real; var fi:stress;var M:moment);
procedure under2(var ac:area; var d,a,bf,bv,tf:real;var fi:stress;
                  var M:moment);
procedure over(var ac:area; var d,a,bf,bv,tf:real;var fi:stress;
                  var M:moment);
procedure ultimate(var F:force;var fi:stress;var M:moment;var ac: area;
                  var e,kt,cb,bf,bv,tf,d,pp,wp,a,la,M7 :real);
procedure stressallow(var fi:stress;var M:moment;var F:force;var ac:area;
                    var FO2,e,cb,ct,la:real);
procedure testshear(var sp:space;var M:moment;var V:shear;var w:weight;
                   var fi:stress;var F:force;var ac:area;var h:high;
                   var aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,l,wi1,wi2,p1,p2,p3,
                   p4,e,cb,ct,la,d,bv,ds:real;g:num;var x:shdis);
procedure deflection(var F:force;var w:weight;var fi:stress;var df:deflec;
                  var l,aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,wi1,wi2,p1,p2,p3,p4,
                  la,Ec,e,FO2:real;var g:num;var u:integer;var eu:eou;
                  var el:eol);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

implementation

```
procedure rd(var s:real);
const cr=#13; bs=#8; sp=#32;
var at,atf:string; i,j,k,y,x:byte; s,f:real; ch:char; b,c:boolean;
    re:array[1..20]of real;
begin
  i:=0; b:=true; c:=false; y:=wherey; x:=wherex;
  repeat
  ch:=readkey;
  if (ch in ['0'..'9']) or ((ch=#45)and(i=0)) or (b and(ch=#46)and(i>0))
     then
  begin
    write(ch);
    i:=i+1;
    at[i]:=ch;
    if ch=#46 then begin b:=false;j:=i;end;
  end else
  if ch=bs then
  begin
    write(ch);   x:=wherex;
    gotoxy(x,y); write(sp); gotoxy(x,y);
    if i>0 then i:=i-1;
  end;
  if i<j then b:=true;
  if ch=cr then
  begin
    if i=0 then
    begin
    c:=false;
    gotoxy(x,y);
    end else
    c:=true;
  end;
  until c;
  j:=i;
  if at[1]=#45 then
  begin
    s:=-1;    for k:=1 to i-1 do at[k]:=at[k+1];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    j:=i-1;
  end else s:=1;
  a:=0;
  b:=true;
  for k:=1 to j do if at[k]=#46 then begin x:=k; b:=false; end;
  if b=false then
  begin
    y:=j-x;
    j:=x-1;
    for  k:=1 to y do atf[k]:=at[k+x];
  end else y:=0;
  if j=0 then a:=0 else
  begin
    for k:=1 to j  do re[k]:=ord(at[k])-48;
    if j=1 then a:=re[j] else
    begin
      x:=j-1;
      repeat
      for k:=1 to x do re[k]:=re[k]*10;
      x:=x-1;
      until x=0;
      for k:=1 to j do a:=re[k]+a;
    end;
  end;
  f:=0;
  if y>0 then
  begin
    x:=y;
    for k:=1 to y  do begin re[k]:=ord(atf[x])-48;x:=x-1; end;
    x:=y;
    repeat
    for k:=1 to x do re[k]:=re[k]/10;
    x:=x-1;
    until x=0;
    for k:=1 to y do f:=re[k]+f;
  end;
  a:=(a+f)*s;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;
  Procedure case1(var M:moment;var V: shear;var w:weight;var l:real);
  begin
     textbackground(1); clrscr;
     windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
  repeat
      if ch in ['R','r'] then
     begin
     gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(48,3);clreol;
     gotoxy(48,8);clreol;  gotoxy(48,9);clreol;
     gotoxy(48,10);clreol;  end;
     gotoxy(4,2); write('            ENTER UNIFORM LIVE LOAD  (Kg/m) :     ');
       rd(w[2]);
     gotoxy(4,3); write('              ENTER LENGTH OF SPAN     (m) :     ');
       rd(l);
      M[7]  := (w[2]*sqr(l))/8;
      V[1]  := (w[2]*l)/2;
      V[2]  := V[1];
     gotoxy(1,7);
 write('  ------------------------------------------------------------');
     gotoxy(3,8);
     write('  Max. MOMENT FOR UNIFORM LIVE LOAD  (Kg-m) :     ',M[7]:6:2);
     gotoxy(3,9);
     write('            SHEAR FORCE AT SUPPORT A   (Kg) :     ',V[1]:6:2);
     gotoxy(3,10);
     write('            SHEAR FORCE AT SUPPORT B    (Kg) :     ',V[1]:6:2);
     gotoxy(1,11);
writeln('  ------------------------------------------------------------');
     writeln;
     writeln('              [ENTER]- Accept data          [R]- Reentry ');
      repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
 until ch in[#13] ;
 end;

   Procedure enter25(var l:real;var p:real);
   begin
      gotoxy(4,2);
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        write('          ENTER THE POINT LOAD (P)   (Kg) :    ');
        rd(p);
        gotoxy(4,3);
        write('          ENTER LENGTH OF SPAN        (m) :    ');
        rd(l);
      end;
      Procedure result2(var M:moment;var v:shear);
      begin
        gotoxy(1,7);
 write('  ------------------------------------------------------------');
        gotoxy(3,8);
        write('   Max. MOMENT FOR POINT LOAD (P)   (Kg-m) :    ',M[7]:6:2);
        gotoxy(3,9);
        write('        SHEAR FORCE AT SUPPORT A      (Kg) :    ',V[1]:6:2);
        gotoxy(3,10);
        write('        SHEAR FORCE AT SUPPORT B      (Kg) :    ',V[2]:6:2);
        gotoxy(1,11);
writeln('  ------------------------------------------------------------');
      end;
     Procedure result3(var M:moment;var v:shear);
      begin
        gotoxy(1,7);
 write('  ------------------------------------------------------------');
        gotoxy(4,8);
        write('Max. MOMENT FOR INCREASING LOAD (W)   (Kg-m) :    ',M[7]:6:2);
        gotoxy(6,9);
        write('        SHEAR FORCE AT SUPPORT A      (Kg) :    ',V[1]:6:2);
        gotoxy(6,10);
        write('        SHEAR FORCE AT SUPPORT B      (Kg) :    ',V[2]:6:2);
        gotoxy(1,11);
writeln('  ------------------------------------------------------------');
     end;
   Procedure case2(var M:moment;var V:shear;var w:weight;var l,wi1:real);
   Begin
   textbackground(1);
   clrscr;
    windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
repeat
   if ch in ['R','r'] then
   begin
   gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(50,3);clreol;
   gotoxy(50,8);clreol;  gotoxy(50,9);clreol;
   gotoxy(50,10);clreol;   end;
  gotoxy(1,2);
     write('  ENTER THE INCREASING UNIFORM LOAD  (W)   (Kg) :    ');
   rd(wi1);
   gotoxy(6,3);
   write('            ENTER LENGTH OF SPAN        (m) :    ');
   rd(l);
    M[7]  :=  wi1*(sqr(l)-(sqr(l)/4))/(6*l);
    V[1]  :=  wi1/3;
    V[2]  :=. 2*wi1/3;
    result3(m,v);
    writeln('              [ENTER]- Accept data      [R]- Reentry ');
    repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
until ch in[#13] ;
end;
Procedure case3(var M:moment;var V:shear;var w:weight;var l,wi2:real);
begin
textbackground(1);
clrscr;
 windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
repeat
    if ch in ['R','r'] then
   begin
   gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(50,3);clreol;
   gotoxy(50,8);clreol;  gotoxy(50,9);clreol;
   gotoxy(50,10);clreol;  end;
   gotoxy(1,2);
     write('  ENTER THE INCREASING UNIFORM LOAD  (W)   (Kg) :    ');
   rd(wi2);
   gotoxy(6,3);
   write('            ENTER LENGTH OF SPAN        (m) :    ');
   rd(l);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     M[7]  :=  (wi2*l)/6;
     V[1]  :=   wi2/2; V[2] := V[1];
     result3(m,v);
    writeln('              [ENTER]- Accept data          [R]- Reentry ');
     repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
until ch in[#13] ;
end;

Procedure case4(Var M:moment;Var V:shear;var w:weight;var p1,l:real);
Begin
textbackground(1);
clrscr;
  windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
repeat
    if ch in ['R','r'] then
   begin
   gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(48,3);clreol;
   gotoxy(48,8);clreol;  gotoxy(48,9);clreol;
   gotoxy(48,10);clreol;  end;
   gotoxy(4,2);
     write('          ENTER THE POINT LOAD (P)   (Kg) :    ');
     rd(p1);
     gotoxy(4,3);
     write('          ENTER LENGTH OF SPAN       (m) :    ');
     rd(l);
    M[7]  := (p1*l)/4;
    V[1]  := p1/2;
    V[2]  :=  V[1];
    result2(m,v);
    writeln('              [ENTER]- Accept data          [R]- Reentry ');
    repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
until ch in[#13] ;
end;
Procedure case5(Var M:moment;var V:shear;var w:weight;
                var p2,l,aw1,bw1:real);
Begin
textbackground(1);  clrscr;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
repeat
   repeat
    if ch in ['R','r'] then
    begin
   gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(48,3);clreol;
   gotoxy(48,4);clreol;  gotoxy(48,5);clreol;
   gotoxy(48,8);clreol;  gotoxy(48,9);clreol;
   gotoxy(48,10);clreol;  end;
    gotoxy(4,2);
     write('          ENTER THE POINT LOAD (P)   (Kg) :    ');
     rd(p2);
     gotoxy(4,3);
     write('          ENTER LENGTH OF SPAN       (m) :    ');
     rd(l);
 gotoxy(11,4); write('   ENTER THE LENGTH OF  "a"     (m) :    ');
 rd(aw1);
 gotoxy(11,5); write('   ENTER THE LENGTH OF  "b"     (m) :    ');
 rd(bw1);
  until aw1+bw1 = l;
 V[1]  :=  (p2*bw1)/l;
 V[2]  :=  (p2*aw1)/l;
 if (l/2<=aw1) then  M[7]  :=  p2*bw1/2
             else  M[7]  :=  (p2*bw1/2)-(p2*((l/2)-aw1));

    result2(m,v);
   writeln('            [ENTER]- Accept data         [R]- Reentry ');
   repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
until ch in[#13] ;
end;

Procedure case6(var M:moment; var V:shear;var p3,l,aw2:real);
Begin
textbackground(1);
clrscr;
windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
repeat
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    begin
    gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(48,3);clreol;
    gotoxy(48,4);clreol;
    gotoxy(48,8);clreol;  gotoxy(48,9);clreol;
    gotoxy(48,10);clreol;  end;
    repeat
    gotoxy(4,2);
      write('          ENTER THE POINT LOAD (P)   (Kg) :    ');
      rd(p3);
      gotoxy(4,3);
      write('          ENTER LENGTH OF SPAN        (m) :    ');
      rd(l);
 gotoxy(4,4); write('          ENTER THE LENGTH OF "a"     (m) :    ');
 rd(aw2); until (2*aw2) < l;
 M[7]  := (p3*aw2);  V[1]  := p3 ;   V[2]  := p3 ;
   result2(m,v);
    writeln('              [ENTER]- Accept data        [R]- Reentry ');
    repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
until ch in[#13] ;
end;
Procedure case7(var M:moment; var V:shear;var p4,l,aw3,bw3:real);
var  j,k  :  real;
Begin
textbackground(1);
clrscr;
windowopen(9,4,75,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
repeat
   repeat
   if ch in ['R','r'] then
     begin
     gotoxy(48,2);clreol;  gotoxy(48,3);clreol;
     gotoxy(48,4);clreol;  gotoxy(48,5);clreol;
     gotoxy(48,8);clreol;  gotoxy(48,9);clreol;
     gotoxy(48,10);clreol;  end;
    gotoxy(4,2);
     write('          ENTER THE POINT LOAD (P)   (Kg) :    ');
     rd(p4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      gotoxy(4,3);
      write('          ENTER LENGTH OF SPAN        (m) :    ');
      rd(l);
  gotoxy(4,4); write('          ENTER THE LENGTH OF "a"     (m) :    ');
  rd(aw3);
  gotoxy(4,5); write('          ENTER THE LENGTH OF "b"     (m) :    ');
  rd(bw3);
     until aw3+bw3 < l;
   V[1] :=  (p4/l)*(l-aw3+bw3);   V[2] :=  (p4/l)*(l-bw3+aw3);
     if (l/2<= aw3) then m[7]:= V[1]*l/2
        else if (l/2>aw3) and (l/2<=(l-bw3))
                  then m[7]:= (V[1]*l/2)-(p4*((l/2)-aw3))
        else if (l/2 > (l-bw3))
              then m[7]:= (p4*(l/2)*(bw3-aw3)/l)+(p4*(aw3-(l/2)+l-bw3));
       result2(m,v);
     writeln('          [ENTER]- Accept data      [R]- Reentry ');
     repeat  ch := readkey; until ch in [ #13,'R','r'];
until ch in[#13] ;
end;

procedure prelim(var M:moment;var ac:area;var fi:stress;var F:force;
                 var M7:real;var w:weight;var l:real;var h:high);
var ac0,w0,m0,ac01:real;
begin
   textbackground(1);textcolor(11);  clrscr;
   h[1] := 6.83*1.6*sqrt(1.15*M7/1000);
   h[2] := 6.83*2.0*sqrt(1.15*M7/1000);
   windowopen(8,3,72,20); textbackground(0); clrscr; textcolor(11);
   writeln('                    -------------------------');
   writeln('                       PRELIMINARY  DESIGN   ');
   writeln('                    -------------------------');
   writeln;writeln;
     write('      SUGGESTED DEPTH OF SECTION  (cm)  :   ');
   writeln(h[1]:6:2,' - ',h[2]:6:2);
     write('          ENTER DEPTH OF SECTION  (cm)  :       ');
   rd(h[3]);
   F[1] := M7/(0.5*h[3]/100);    Ac[1] := F[1]/(0.5*fi[8]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    w[0] := (Ac[1]/10000)*2400;     M[0] := (w[0]*sqr(l))/8;
    M[5] := M7+M[0];
    F[2] := M[5]/(0.65*h[3]/100);   Ac[2] := F[2]/(0.5*fi[8]);
    if ac[1] > ac[2] then begin  ac0 :=(1.15*ac[1]);
                                 ac01:=(1.8*ac[1]); end
                     else begin  ac0 := (1.15*ac[2]);
                                 ac01:= (1.8*ac[2]); end;
    writeln;
      write('      SUGGESTED MINIMUM AREA   (sq.cm)  :   ');
    writeln(ac0:6:2,' - ',ac01:6:2);
      write('       ENTER AREA OF SECTION   (sq.cm)  :       ');rd(ac[3]);
    w[4] := (Ac[3]/10000)*2400;     M[3] :=  (w[4]*sqr(l)/8);
    M[1] := M7 + M[3];
    if F[1]>F[2] then F[3] := F[1] else F[3] :=F[2];
    textcolor(14);
      writeln; writeln;writeln;writeln;
      writeln('         select type of section  from beam sections table ');
      writeln('                    <  Press any key  >                   ');
    ch :=readkey;
    windowclose;
end;

 procedure small(var M:moment; var ac:area;var fi:stress; var F:force;
                 var h:high;var kb,kt,cb,ct,e,F01,F02:real;var lo:real);
 var lz:real;
 begin
            lz := (1-(lo/100));
  {step1}  F01  := F[3]/lz ;    e  := ((M[3]/F01)*100) + kb;
  {step2}  F[4] := M[1]*100/(e+kt);       F02 := F[4]/lz;
  {step3} ac[4] := (F02*h[3])/(fi[9]*ct);
          ac[5] := (F[4]*h[3])/(fi[8]*cb);
    if ac[4]>ac[5] then ac[6] := ac[4] else ac[6]:=ac[5];
 end;

 procedure big(var m:moment;var ac:area;var fi:stress;var F:force;
               var h:high;var kb,kt,cb,ct,e,F01,F02:real;var lo:real);
 var lz:real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  begin
              lz := (1-(lo/100));
    {step1}  F01  := F[3]/lz;     e  := ((M[3]/F01)*100) +kb;
    {step2}  F[4] := M[1]*100/(e+kt);      F02 := F[4]/lz;
    {step3} ac[4] := (F02/fi[9])*(1+(e-(M[4]/F02))/kt);
            ac[5] := (F[4]*h[3])/(fi[8]*cb);
       if ac[4]>ac[5] then ac[6] := ac[4] else ac[6]:=ac[5];
  end;
procedure  elastic(var fi:stress;var M:moment;var ac:area;var F:force;
              var w:weight;var h:high;var kb,kt,cb,ct,e,F01,F02,d:real;
                  var lo:real);
  var   z,s : real;
begin
 windowclose;
 textbackground(1); clrscr;
    z :=  M[0]/M[1];
    if z < 0.5 then small(M,ac,fi,F,h,kb,kt,cb,ct,e,F01,F02,lo)
               else   big(M,ac,fi,F,h,kb,kt,cb,ct,e,F01,F02,lo);
  d := ct + e ;   { eff. depth }
  ac[11] := F[4]/fi[4];
  windowopen(9,5,73,20);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
  gotoxy(7,1);write('                    -------------------------');
  gotoxy(7,2);write('                       FINAL ELASTIC DESIGN   ');
  gotoxy(7,3);write('                    -------------------------');
 gotoxy(7,5);
 write('  AREA SECTION IN PRELIMINARY   (sq.cm)  :   ',ac[3]:6:2);
 gotoxy(7,6);
 write(' AREA SECTION IN FINAL DESIGN   (sq.cm)  :   ',ac[6]:6:2);
 gotoxy(3,7);
 write('-------------------------------------------------------------');
    if (ac[6]<ac[3]) then begin
 gotoxy(3,8); textcolor(14);
 write(' Area in Final Design  <  Area in Preliminary  .....OKAY !  ');
    end else begin
 gotoxy(3,8);textcolor(12);
 write(' Area in Final Design  >  Area in Preliminary ...Not OKAY ! ');
            end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
gotoxy(3,9);textcolor(11);
write('------------------------------------------------------------');
gotoxy(7,10);
write('TOTAL PRESTRESS FORCE AT TRANSFER  (kg)  :   ',F02:6:2);
gotoxy(7,11);
write('  TOTAL EFFECTIVE PRESTRESS FORCE  (kg)  :   ',F[4]:6:2);
gotoxy(3,12);
write('AREA SECTION OF PRESTRESSED STEEL    (sq.cm) :   ',ac[11]:6:2);
gotoxy(3,13);
write('------------------------------------------------------------');
 if (ac[6] > ac[3]) then
     begin
       textcolor(12);
       write('                " NOT PASS ! "    < Press any key >  ');
       repeat  ch:=readkey;  until ch in[' ',#13];
       windowclose; textbackground(4); clrscr;
       windowopen(10,8,70,20); textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
     writeln('                  ==== NOT PASS ! ===');
     writeln;
   writeln(' Area Section in Final Design More than preliminary Design');
   writeln;
   writeln('   Please Return To Previous Menu and Input the New Value');
   writeln;
   writeln('          --SUGGESTION-- ');
   writeln('          1. Go back to Choose a new type of Section');
   writeln('          2. Go back to Increase Area Section  ');
       repeat ch:=readkey; until ch in [' ',#13];
       windowclose;  textcolor(11);
     end  else begin
       writeln;
       write('          That''s  O.K      =Press any key to continue=');
       repeat ch:=readkey; until ch in [' ',#13];
       windowclose;    end;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 procedure under(var ac :area;var d,a:real; var fi:stress;var M:moment);
 begin
```

```
        M[9] := 0.9*(ac[11]*fi[10]*(d-(a/2))/100);
  textcolor(14);
      gotoxy(6,9);
      writeln('          This Case is underreinforcement  ');
      textcolor(11);
  gotoxy(6,11);write('-------------------------------------------------');
 gotoxy(6,12);write('  CRACKING MOMENT    (Mcr) :    ',M[8]:6:2,'  Kg-m');
 gotoxy(6,13);write('  ULTIMATE MOMENT     (Mu) :    ',M[9]:6:2,'  Kg-m');
 gotoxy(6,14);write(' REQUIRED ULTIMATE MOMENT :    ',M[10]:6:2,'  Kg-m');
 gotoxy(6,15);write('-------------------------------------------------');
     if (M[9] >= (1.2*M[8])) and (M[9] >= M[10]) then
           begin
       gotoxy(6,16);write(' *  Mu  >  1.2*Mcr          ....O.K !');
       gotoxy(6,17);write(' *  Mu  >  Required Mu      ....O.K !');
       gotoxy(6,18);write(' * Strength of section is more than required ');
           end
     else if(M[9]< (1.2*M[8])) or (M[9] < M[10])then
           begin
           windowclose;
       windowopen(15,10,65,17);textbackground(12);textcolor(11);clrscr;
           writeln;
           writeln('  Strength of section is less than required ');
           writeln;
           writeln('      " NOT RECCOMMEND FOR THIS SECTION ! " ');
           write  ('          * PLEASE REVISE NEW SECTION *');
           end;
      ch := readkey;
    end;
 procedure under2(var ac:area; var d,a,bf,bv,tf:real;var fi:stress;
                  var M:moment);
     begin
textcolor(14);
     gotoxy(6,9);
     writeln('          This Case is underreinforcement  ');
     textcolor(11);
      ac[9] := 0.85*fi[2]*(bf-bv)*(tf/fi[10]);
       ac[10] := ac[11] - ac[9];
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        M[9] := 0.9*((ac[10]*fi[10]*(d-(0.5*a))) +
                    (0.85*fi[10]*(bf-bv)*tf*(d-(0.5*tf))));
     gotoxy(6,11);write('-----------------------------------------------');
    gotoxy(6,12);write('  CRACKING MOMENT   (Mcr) :   ',M[8]:6:2,'  Kg-m');
    gotoxy(6,13);write('  ULTIMATE MOMENT    (Mu) :   ',M[9]:6:2,'  Kg-m');
    gotoxy(6,14);write(' REQUIRED ULTIMATE MOMENT :   ',M[10]:6:2,'  Kg-m');
    gotoxy(6,15);write('-----------------------------------------------');
         if (M[9] >= (1.2*M[8])) and (M[9] >= M[10]) then
              begin
         gotoxy(6,16);write(' *  Mu  >  1.2*Mcr          ....O.K !');
         gotoxy(6,17);write(' *  Mu  >  Required Mu      ....O.K !');
         gotoxy(6,18);write(' * Strength of section is more than required ');
              end
         else if(M[9]< (1.2*M[8])) or (M[9] < M[10])then
              begin
         windowclose;
         windowopen(15,10,65,17);textbackground(12);textcolor(11);clrscr;
         writeln;
         writeln('  Strength of section is less than required ');
         writeln;
         writeln('     " NOT RECCOMMEND FOR THIS SECTION ! " ');
         write  ('          * PLEASE REVISE NEW SECTION *');
              end;
          ch := readkey;
       end;
    procedure over(var ac:area; var d,a,bf,bv,tf:real;var fi:stress;
                   var M:moment);
      begin
       textcolor(14);
       gotoxy(6,9);
       writeln('          This Case is Overreinforcement  ');
       textcolor(11);
   if (a>tf) then
 begin
M[9]:=(0.9*((0.25*fi[2]*bv*d*d) + (0.85*fi[2]*(bf-bv)*tf*(d-(tf/2)))))/100;
 end  else  begin  M[9] := (0.9*0.25*fi[2]*bf*d*d)/100;  end;
    gotoxy(6,11);write('-----------------------------------------------');
```

ลิขสิทธิ์ของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
สงวนไว้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  gotoxy(6,12);write('  CRACKING MOMENT    (Mcr) :    ',M[8]:6:2,'  Kg-m');
  gotoxy(6,13);write('  ULTIMATE MOMENT    (Mu) :    ',M[9]:6:2,'  Kg-m');
  gotoxy(6,14);write(' REQUIRED ULTIMATE MOMENT :    ',M[10]:6:2,'  Kg-m');
  gotoxy(6,15);write('-----------------------------------------------');
       if (M[9] >= (1.2*M[8])) and (M[9] >= M[10]) then
            begin
       gotoxy(6,16);write(' *  Mu  >  1.2*Mcr          ....O.K !');
       gotoxy(6,17);write(' *  Mu  >  Required Mu      ....O.K !');
       gotoxy(6,18);write(' * Strength of section is more than required ');
            end
       else if(M[9]< (1.2*M[8])) or (M[9] < M[10])then
            begin
       windowclose;
       windowopen(15,10,65,17);textbackground(12);textcolor(11);clrscr;
       writeln;
       writeln('  Strength of section is less than required ');
       writeln;
       writeln('     " NOT RECCOMMEND FOR THIS SECTION ! " ');
       write  ('          * PLEASE REVISE NEW SECTION *');
            end;

      ch := readkey;
     end;

procedure ultimate(var F:force;var fi:stress;var M:moment;var ac: area;
                   var e,kt,cb,bf,bv,tf,d,pp,wp,a,la,M7 :real);
var  o : char;
Begin
  textbackground(1); clrscr;
{crack moment}
   fi[7] := (1.99*sqrt(fi[2]));
    M[8] := (F[4]*(e+kt)/100)+((fi[7]*la)/cb/100);
{ultimate moment}
    pp  := ac[11]/(bf*d);
    fi[10] := fi[6]*(1-(0.5*pp*fi[6]/fi[2]));
    wp  := (pp*fi[10])/fi[2];
    a   := (ac[11]*fi[10])/(0.85*fi[2]*bf);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    M[10]  := (1.4*M[3])+(1.7*M7);
    windowopen(10,3,70,23);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
     gotoxy(6,1);    write('        ------------------------------ ');
     gotoxy(6,2);    write('            ULTIMATE MOMENT CHECKING    ');
     gotoxy(6,3);    write('        ------------------------------ ');
     gotoxy(6,5);    write('          <1>. RECTANGULAR SECTION.  ');
     gotoxy(6,6);    write('          <2>.      FLANGED SECTION.     ');
     gotoxy(6,7);  write('        ENTER TYPE OF THIS SECTION (1,2) :   ');
    repeat o:=readkey;  until o in ['1','2'];
    gotoxy(49,7);write(o);  delay(500);
   case o of
     '1'  :    begin
                if (wp <= 0.3) then under(ac,d,a,fi,m)
                   else over(ac,d,a,bf,bv,tf,fi,m);
               end;
     '2'  :    begin
                 if (wp <= 0.3) and (a <= tf) then under(ac,d,a,fi,m)
       else if (wp <= 0.3) and (a > tf) then under2(ac,d,a,bf,bv,tf,fi,m)
            else over(ac,d,a,bf,bv,tf,fi,m);
               end;
   end;
 windowclose;
 end;

procedure stressallow(var fi:stress;var M:moment;var F:force;var ac:area;
                      var F02,e,cb,ct,Ia:real);
begin
  {transfer}
    fi[11] := -(F02/ac[3]) + ((F02*e*ct)/Ia) - ((M[3]*100*ct)/Ia);
    fi[12] := -(F02/ac[3]) - ((F02*e*cb)/Ia) + ((M[3]*100*cb)/Ia);
  {working}
    fi[13] := -(F[4]/ac[3]) + ((F[4]*e*ct)/Ia) - ((M[1]*100*ct)/Ia);
    fi[14] := -(F[4]/ac[3]) - ((F[4]*e*cb)/Ia) + ((M[1]*100*cb)/Ia);
 textbackground(1);clrscr;
 windowopen(12,3,70,23); textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
gotoxy(17,1);write('-------------------------------');
gotoxy(17,2);write(' ALLOWABLE STRESS AT MIDSPAN  ');
```

ลิขสิทธิ์นี้เป็นของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ในเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 gotoxy(17,3);write('-----------------------------');
 delay(700);
 gotoxy(2,5);write('==================================================');
 gotoxy(5,6);write('           < TRANSFER CONDITION >       ');
 gotoxy(5,7);write('   STRESS AT TOP FIBER    (Kg/cm2)  :    ',fi[11]:6:2);
 gotoxy(5,8);write('STRESS AT BOTTOM FIBER    (Kg/cm2)  :    ',fi[12]:6:2);
 gotoxy(2,9);write('--------------------------------------------------');
gotoxy(5,10);write('            < WORKING CONDITION >      ');
gotoxy(5,11);write('   STRESS AT TOP FIBER    (Kg/cm2)  :    ',fi[13]:6:2);
gotoxy(5,12);write('STRESS AT BOTTOM FIBER    (Kg/cm2)  :    ',fi[14]:6:2);
gotoxy(2,13);write('==================================================');
delay(500);
gotoxy(2,15);write('         ** NO TENSION ALLOWING IN SECTION **');
gotoxy(2,16);write('       **  ALLOWABLE FOR COMPRESSIVE STRESS  **  ');
gotoxy(2,17);
     write('           AT TOP FIBER    (Kg/cm2)  :     -',fi[8]:6:2);
gotoxy(2,18);
     write('         AT BOTTOM FIBER    (Kg/cm2)  :     -',fi[9]:6:2);
 repeat  ch := readkey;  until ch in [' ',#13];
windowclose;
end;

procedure testshear(var sp:space;var M:moment;var V:shear;var w:weight;
                    var fi:stress;var F:force;var ac:area;var h:high;
                    var aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,l,wi1,wi2,p1,p2,p3,p4,e,
                    cb,ct,la,d,bv,ds:real;g:num;var x:shdis);
var  u, q :integer;
    V6,M13,V4,V04,op,So : real;
     eh: char;
     bmx: string[28];
 begin
  textbackground(1); textcolor(14);clrscr;
  gotoxy(25,3); windowopen(14,5,68,20);
  textbackground(0); textcolor(11); clrscr;
          writeln('                 ----------------');
          writeln('                   SHEAR FORCE   ');
          writeln('                 ----------------');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            writeln;
            writeln('                Select Type of Stirrup');
            writeln('  ================================================');
            writeln;
            writeln('        <1.> RB6     (round bar  6 mm)  ');
            writeln;
            writeln('        <2.> RB9     (round bar  9 mm)  ');
            writeln;
              write('                        Type of Stirrup  :   ');
 repeat eh :=readkey; until eh in ['1','2'];
           writeln(eh);
 delay(500);
 writeln;
             write('     Enter yield stress of stirrup (ksc) :   ');
 rd(fi[5]);delay(500);
 windowclose;
 x[1] := d/200;x[2] := d/100; x[3] := (1/6); x[4] := (1/4);
 x[5] := (0.75*1/2); x[6] := 1/2; x[7] := (1-(0.75*1/2));
 x[8] := (1-(1/4)); x[9] := (1-(1/6)); x[10] := (1-(d/100));
 x[11] := (1-(d/200)); clrscr;
 textbackground(1);clrscr;
 windowopen(3,3,74,21); {* for space analysis *}
 textbackground(0); textcolor(11); clrscr;writeln;
writeln('                    ** Required spacing for Section **  ');
writeln(' ------------------------------------------------------------');
writeln('    <x>      < Vu >     < Vc >      < Vs >      <s>       <s max.>');
writeln(' ------------------------------------------------------------');
for q := 1 to 11 do
 begin      {each x[q] (x)}
    V6 := 0; M13 := 0;
    u:=1;
 repeat
 case g[u] of
  '0': begin   V[6] :=0; M[13]:=0;  end;
  '1': begin    V[6]  := abs(w[2]*((1/2)-x[q]));
                M[13] := (w[2]*x[q]/2)*(1-x[q]);
               end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'2': begin    V[6]  :=  abs((wi1/3)-(wi1*sqr(x[q]))/(1*1));
              M[13] :=  (wi1*x[q])*(sqr(1)-sqr(x[q]))/(3*sqr(1)); end;
'3': begin    V[6]  :=  abs(wi2*(sqr(1)-(4*sqr(x[q])))/(2*1*1));
              M[13] :=  wi2*x[q]*(  0.5-(2*sqr(x[q])/(3*1*1)) );  end;
'4':begin     V[6]  := p1/2;
        if (x[q]<=1/2) then    M[13] := (p1*x[q])/2
                       else    M[13] := (p1*x[q]/2)-(p1*(x[q]-(1/2)))  end;
'5':begin    if (x[q] <= aw1 ) then  begin  V[6] := p2*bw1/1;
                                            M[13] :=  (p2*bw1*x[q])/1; end
                  else  begin V[6] := p2*aw1/1;
                              M[13]:= ((p2*bw1*x[q])/1)-(p2*(x[q]-aw1)); end;
             end;
'6':begin  if (x[q]<=aw2) then begin V[6]:=p3; M[13]:=p3*x[q]; end
      else if (x[q]>aw2) and (x[q]<=(1-aw2)) then
                              begin V[6]:=0; M[13]:=p3*aw2;  end
      else begin V[6]:=p3; M[13]:= p3*(1-x[q]);      end;
     end;
'7':begin     if (x[q] >aw3) and (x[q] < (1-bw3)) then
          begin  V[6] := p4*(bw3-aw3)/1;
              M[13] := ((p4*(1+bw3-aw3)/1)*x[q])-(p4*(x[q]-aw3)); end
      else  if (x[q] <= aw3)          then
          begin  V[6] :=p4*(1-aw3+bw3)/1;
              M[13] := (p4*(1-aw3+bw3)/1)*x[q];  end
   else     begin  V[6] := p4*(1-bw3+aw3)/1;
              M[13]:= (p4*x[q]*(bw3-aw3)/1)+(p4*(aw3-x[q]+1-bw3));end;
   end;
else     begin  V[6]:=0; M[13]:= 0;   end;
end; {case}
   V6 := V[6]+V6;
  M13 := M[13]+M13;
 u := u+1;
until u = 7;

if  (d <= (0.8*h[3])) then   ds := (0.8*h[3])
                      else   ds := d ;
{*web shear Vcw *}
   fi[15] := F[4]/ac[3];                                    {fpc}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      V[3] := ( (0.93*sqrt(fi[2])) + (0.3*fi[15]) )*bv*ds
                {((2*el[6]/(1*100))*f[4])} ;  {Vcw}
{*incline shear Vci *}
     fi[16] := (F[4]/ac[3]) + ((F[4]*e*cb)/Ia)  ;                    {fpe}
     M[11]  := ((w[4]*l*x[q])/2) - (w[4]*sqr(x[q])/2)  ;             {Md}
     fi[17] := (M[11]*100*cb)/Ia;                                    {fd}
     V[5]   := abs(w[4]*((l/2)- x[q]));                              {Vd}
     M[12]  := (Ia/cb*( (1.59*sqrt(fi[2])) + fi[16] - fi[17]  ))/100; {Mcr}
      V4    := (0.159*bv*ds*sqrt(fi[2])) + (M[12]*V6/M13) + V[5];  {*Vci*}
     V04    := (0.45*sqrt(fi[2])*bv*ds);
  if V4 >= V04  then  V[4] := V4
                 else V[4] := V04;    {compare Vci}
  if V[3]<=V[4] then  V[9] := V[3]    {compare Vci/Vcw}
                else  V[9] := V[4];
{*ultimate shear at section*}
      w[1]  :=(1.4*w[4])+(1.7*w[2])+(1.7*wi1)+(1.7*wi2)
              +(1.7*p1)+(1.7*p2)+(1.7*p3)+(1.7*p4) ;
      V[7]  := abs(w[1]*((l/2)-x[q]));
{*shear by stirrup*}
      V[8]  :=  (V[7]/0.85)-V[9];      {*Vs*}
     op := 0.75 *h[3];
     if op < 60 then sp[2,q] := op
                else sp[2,q] := 60;
  case eh of
  '1': ac[12] := 0.566;
  '2': ac[12] := 1.27;
  end; {case}
 sp[1,q] := (ac[12]*fi[5]*ds)/V[8];
 if sp[1,q] < 0 then sp[1,q]:=sp[1,(q-1)];
 if sp[1,q] <= sp[2,q] then  sp[3,q] := sp[1,q]
                       else  sp[3,q] := sp[2,q];
    write('   ',x[q]:4:1,'      ',V[7]:9:2,'  ');
    write(V[9]:9:2,'     ',V[8]:9:2,'  ',sp[1,q]:8:2);
    writeln(' ',sp[2,q]:8:2);
end;   {for loop *x[q]*}
ch:=readkey;
windowclose;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        case eh of
        '1' : bmx := 'RB 6   <round bar 6 mm>';
        '2' : bmx := 'RB 9   <round bar 9 mm>';
        '3' : bmx := 'DB 10  <deform bar 10 mm>';
        '4' : bmx := 'DB 12  <deform bar 12 mm>';
        end;
  windowopen(10,3,74,22); textbackground(0); textcolor(11);clrscr;
  writeln;
  writeln('         ****  Detail of Shear Reinforcement  ****');
  writeln(' ------------------------------------------------------------');
  writeln('      Distance of Section (m)       Design Spacing (cm)   ');
  writeln(' ------------------------------------------------------------');
  writeln;
    write('   from :   0.0   to   ',x[3]:4:1,'                  ');
  writeln(trunc(sp[3,2]));
    write('   from :  ',x[3]:4:1,'   to   ',x[5]:4:1,'                  ');
  writeln(trunc(sp[3,3]));
    write('   from :  ',x[5]:4:1,'   to  midspan                 ');
  writeln(trunc(sp[3,5]));
    write('   from : midspan to   ',x[7]:4:1,'                  ');
  writeln(trunc(sp[3,7]));
    write('   from :  ',x[7]:4:1,'   to   ',x[9]:4:1,'                  ');
  writeln(trunc(sp[3,9]));
    write('   from :  ',x[9]:4:1,'   to    end                  ');
  writeln(trunc(sp[3,10]));
  writeln(' ------------------------------------------------------------');
  writeln('  <<<<   USE  STIRRUP  :   ',bmx,'   >>>>  ');
  writeln(' ------------------------------------------------------------');
  repeat  ch := readkey; until ch in [' ',#13];
  windowclose;
end;

procedure deflection(var F:force;var w:weight;var fi:stress;var df:deflec;
                     var l,aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,wi1,wi2,p1,p2,p3,p4,
                     la,Ec,e,F02:real;var g:num;var u:integer;var eu:eou;
                     var el:eol);
var df1 : real;  ph : char; ddf:string[14];   ic:integer;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
   textbackground(1);clrscr;
   Ec := (15876.13* sqrt(fi[2]));
  df[1] := 0;
    u:=1;
repeat
    case g[u] of
   '0':    df1 :=0;
   '1':    df1 := (5*w[2]*l*l*l*l*1000000)/(384*Ec*Ia);
   '2':    df1 := (0.01304*wi1*l*l*l*1000000)/(Ec*Ia);
   '3':    df1 := (wi2*l*l*l*1000000)/(60*Ec*Ia);
   '4':    df1 := (p1*l*l*l*1000000)/(48*Ec*Ia);
   '5':    df1 := (p2*bw1)* ((l*l)-(bw1*bw1)-(l*l/4))/(12*Ec*Ia)  ;
   '6':    df1 := ((p3*aw2*100)/(6*Ec*Ia))
                *((3*l*l*10000/2)-(3*l*l*10000/4)-(aw2*aw2*10000));
   '7':    df1 :=( (( (p4*(l-aw3+bw3)/l) + (p4*(l-bw3+aw3)/l) )*l*l*l/48) -
                (p4*l*l*l/24) + (p4*l*l*(aw3+bw3)/16)-(p4*aw3*aw3*aw3/12) -
                (p4*bw3*bw3*bw3/12))/(Ec*Ia);
  else  df1:=0;
  end;  {case}
   df[1] := df1 + df[1];
   u:=u+1;
until u = 7;
  df[2] := ((F[4]*l*l*10000)/(8*Ec*Ia))*(el[1]+(5*(el[6]-el[1])/6));
  df[4] := (5*w[4]*l*l*l*l*1000000)/(384*Ec*Ia);       {beam weight}
  df[5] := df[1]+df[4];
  if df[2] >= df[5] then begin  df[3] := df[2] - df[5];
                                ddf := 'Camber'; end
                    else begin  df[3] := df[5] - df[2];
                                ddf := 'Deflection';  end;
  df[6] := (l*100)/360;         {allowable}

  windowopen(12,4,72,21); textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
  writeln('                    -------------------------');
  writeln('                          DEFLECTION CHECKING');
  writeln('                    -------------------------');
  writeln;writeln;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  writeln('  ------------------------------------------------------');
  writeln('   Downward Deflection (live load) (cm) :     ',df[1]:7:3);
  writeln('  Downward Deflection (beam weight)(cm) :     ',df[4]:7:3);
  writeln('    Upward Camber  (prestressing)  (cm) :     ',df[2]:7:3);
  writeln('   ------------------------------------------------------');
  writeln('               ',ddf,'    (total,cm)  :     ',df[3]:7:3);
  writeln('   ------------------------------------------------------');
  writeln('            Allowable Deflection   (cm) :     ',df[6]:7:3);
  writeln('   ------------------------------------------------------');
  repeat ph:= readkey;  until ph in[' ',#13];
  windowclose;
 end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit zone;
interface
uses graph,crt,umain,win,printer;

procedure voutreal(a:real;x,y:integer);
procedure profile(var M:moment;var V:shear;var mx:prox;var my:proy;
                  var mz:proz;var ao1:a1;var ao2:a2;var w:weight;h:high;
                  var l,aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,kb,kt,cb,ct,F02,wi1,wi2,
                  p1,p2,p3,p4,vx,vy,co,em:real;var xx:dis;var eu:eou;
                  var el:eol;var g:num;var F:force;var mx1:prox1;
                  var eux:eoux;var elx:eolx);
procedure example(var qe:q1;var re:r1;var fi:stress;var M:moment;
            var ac:area;var h:high;var M7,l,bf,bv,tf,d,kb,kt,e,la:real;
            var df:deflec; var lo:real;var ln,qtt:integer;var eu:eou;
            var el:eol;var em:real;var xx:dis);
implementation

procedure voutreal(a:real;x,y:integer);
var
  at,compare :real; i,j,k  :integer; ou,out :array [1..18]of char;
begin
  if a<>0 then
  begin
    i:=0;  at:=a;
    if at<0 then begin i:=i+1; ou[i]:='-';  at:=at*(-1);  end;
    compare:=1e9;
    repeat
      j:=0;
      repeat
        if (at-compare)>=-1e-10 then begin j:=j+1; at:=at-compare; end;
      until (at-compare)<-1e-10;
      if j>0 then begin i:=i+1; ou[i]:=chr(48+j); end else
      begin
        if ((i>0)and(a>0))or((i>1)and(a<0)) then
        begin  i:=i+1; ou[i]:='0';  end;
      end;
      compare:=compare/10;
      if (compare<0.4)and(compare>0.06)  then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      begin
        if ((i=0)and(a>0))or((i=1)and(a<0)) then begin i:=i+1; ou[i]:='0';
                                                end;  i:=i+1;  ou[i]:='.';
      end;
    until compare<=0.00001;
    if (ou[i] in ['5'..'9'])and(ou[i-1]<>'9') then
      begin  ou[i-1]:=chr(ord(ou[i-1])+1) end;
    i:=i-1;
 end else begin ou[1]:='0';ou[2]:='.';for j:=3 to 5 do ou[j]:='0';i:=5;end;
  for j:=1 to 18 do out[j]:=' ';
  for j:=18 downto 15 do begin out[j]:=ou[i];i:=i-1; end;
  j:=14;k:=0;
  repeat
    out[j]:=ou[i];
    i:=i-1; j:=j-1; k:=k+1;
    if (k=3)and(i>0)and(ou[i]<>'-') then
    begin
      out[j]:=',';          j:=j-1; k:=0;
    end;
  until i=0;
  moveto(x,y);  for k:=1 to 18 do outtext(out[k]);
end;

procedure profile(var M:moment;var V:shear;var mx:prox;var my:proy;
                  var mz:proz;var ao1:a1;var ao2:a2;var w:weight;h:high;
                  var l,aw1,bw1,aw2,bw2,aw3,bw3,kb,kt,cb,ct,F02,wi1,wi2,
                  p1,p2,p3,p4,vx,vy,co,em:real;var xx:dis;var eu:eou;
                  var el:eol;var g:num;var F:force;var mx1:prox1;
                  var eux:eoux;var elx:eolx);
var   j,k,u,q :integer;        gh:char;
begin
    xx[1]:= 0;          xx[2]:=1/10;          xx[3]:=1/5;
    xx[4]:=3*1/10;      xx[5]:=4*1/10;        xx[6]:=1/2;
    xx[7]:=(1-(4*1/10));       xx[8]:= (1-(3*1/10));
    xx[9]:=(1-(1/5));          xx[10]:=(1-(1/10));  xx[11]:=1;
    for q :=1 to 11 do
  begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 mx1[q]:=0;  u:= 1;
 repeat
  case g[u] of
   '0':  mx[q]:= 0;
   '1':  mx[q] := (w[2]*xx[q]/2)*(1-xx[q]);
   '2':  mx[q] := ((wi1*xx[q])/(3*l*l))*(sqr(l)-sqr(xx[q])) ;
   '3':  begin
       if (xx[q]<=(1-xx[q]))
        then mx[q]:= wi2*xx[q]*(0.5-(2*sqr(xx[q])/(3*l*l)))
        else mx[q]:= wi2*(1-xx[q])*(0.5-(2*sqr(1-xx[q])/(3*l*l))); end;
   '4': begin
       if (xx[q] <= l/2) then mx[q]:= p1*xx[q]/2
            else mx[q]:= (p1*xx[q]/2)-(p1*(xx[q]-(l/2))); end;
   '5': begin
       if (xx[q] <= aw1) then mx[q]:= p2*bw1*xx[q]/l
            else mx[q]:= (p2*bw1*xx[q]/l)-(p2*(xx[q]-aw1)); end;
   '6': begin
          if (xx[q] <= aw2) then mx[q]:= p3*xx[q]
     else if (xx[q] > aw2) and (xx[q] <= l-aw2) then mx[q] := p3*aw2
     else if (xx[q] > l-aw2) then mx[q]:=p3*(1-xx[q]);  end;
   '7': begin
          if (xx[q]<= aw3) then mx[q]:= (p4*(1-aw3+bw3)/l)*xx[q]
     else if (xx[q]>aw3) and (xx[q]<=(1-bw3))
               then mx[q]:= ((p4*(1-aw3+bw3)/l)*xx[q])-(p4*(xx[q]-aw3))
     else if (xx[q] > (1-bw3))
     then mx[q]:= (p4*xx[q]*(bw3-aw3)/l)+(p4*(aw3-xx[q]+1-bw3));end;
  else mx[q]:=0;
  end;    {*case*}
  mx1[q]:= mx1[q]+mx[q];
  u:=u+1;
 until u= 7;
My[q]:= (w[4]*xx[q]/2)*(1-xx[q]);    {dead load}
Mz[q]:= Mx1[q]+My[q];
ao1[q]:= (100*Mz[q])/F[4];  {a1}
ao2[q]:= (100*My[q])/F02;   {a2}
eu[q] := (ao1[q]-kt);       {eou}
el[q] := (ao2[q]+kb);       {eol}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    eux[q] := (ct+eu[q]);
    elx[q] := (ct+el[q]);
   end;  {for loop}
   textbackground(1); textcolor(11); clrscr;
   windowopen(3,2,76,24);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
writeln('                                          Clear concrete cover for');
writeln('                                            prestressed concrete');
writeln('                                          -------------------------');
writeln('      Condition of application                          cm');
writeln(' ------------------------------------------------------------------');
writeln(' 1. Concrete cast against and permanently');
writeln('    exposed to earth                              7.5 ');
writeln(' 2. Concrete exposed to earth or weather or in ');
writeln('    (a) Wall panels,slabs,joints                  2.5 ');
writeln('    (b) Other members                             4.0');
writeln(' 3. Concrete not exposed to weather or in ');
writeln('    contact with ground ');
writeln('    (a) Slabs,walls,joints                        2.0');
writeln('    (b) Beams,columns ');
writeln('          primary reinforcement                   4.0');
writeln('          ties,stirrups,spirals                   2.5');
writeln(' ------------------------------------------------------------------');
write('           ENTER A SELECTED COVERING  (cm)   :    ');rd(co);writeln;
   em := h[3]-(co);
   write('       '          MAX. EFFECTIVE DEPTH  (cm)   :    ');
     writeln(em:6:2);
   writeln(' ------------------------------------------------------------------')
 gh:=readkey;
 windowclose;
{0 - mid}
   textbackground(1); clrscr;
   windowopen(5,2,75,24); textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
    gotoxy(3,1);
   write('                    ===  CABLE PROFILE # 1 ===    ');
   gotoxy(3,2);
   write('-------------------------------------------------------------');
   gotoxy(3,3);
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 write('                    Distance x from support. (m)');
 gotoxy(3,4);
 write('-------------------------------------------------------------');
 gotoxy(11,5);
 write(xx[1]:6:2,'   ',xx[2]:6:2,'   ',xx[3]:6:2,
       '    ',xx[4]:6:2,'   ',xx[5]:6:2,'   ',xx[6]:6:2);
 gotoxy(3,6);
 write('-------------------------------------------------------------');
 gotoxy(2,8);write('M.<D.L> ');
gotoxy(2,9);write('  (Kg-m) ');
gotoxy(2,10);write('M.<L.L> ');
gotoxy(2,11);write('  (Kg-m)');
gotoxy(2,12);write('M.max');
gotoxy(2,13);write('  (Kg-m)');
gotoxy(2,14);write('M.max/F');       {a1}
gotoxy(2,15);write('    (cm)');
gotoxy(2,16);write('M.DL/Fo');      {a2}
gotoxy(2,17);write('    (cm)');
gotoxy(2,18);write(' e.ou');
gotoxy(2,19);write('    (cm)');
gotoxy(2,20);write(' e.ol');
gotoxy(2,21);write('    (cm)');
 gotoxy(9,8);write(my[1]:8:2,'  ',my[2]:8:2,'  ',my[3]:8:2,'  ',
                   my[4]:8:2,' ',my[5]:8:2,' ',my[6]:8:2);
 gotoxy(9,10);write(mx1[1]:8:2,'  ',mx1[2]:8:2,'  ',mx1[3]:8:2,'  ',
                   mx1[4]:8:2,' ',mx1[5]:8:2,' ',mx1[6]:8:2);
 gotoxy(9,12);write(mz[1]:8:2,'  ',mz[2]:8:2,'  ',mz[3]:8:2,'  ',
                   mz[4]:8:2,' ',mz[5]:8:2,' ',mz[6]:8:2);

 gotoxy(9,14);write(ao1[1]:8:2,'  ',ao1[2]:8:2,'  ',ao1[3]:8:2,'  ',
                   ao1[4]:8:2,' ',ao1[5]:8:2,' ',ao1[6]:8:2);
 gotoxy(9,16);write(ao2[1]:8:2,'  ',ao2[2]:8:2,'  ',ao2[3]:8:2,'  ',
                   ao2[4]:8:2,' ',ao2[5]:8:2,' ',ao2[6]:8:2);
 gotoxy(9,18);write(eu[1]:8:2,'  ',eu[2]:8:2,'  ',eu[3]:8:2,'  ',
                   eu[4]:8:2,' ',eu[5]:8:2,' ',eu[6]:8:2);
 gotoxy(9,20);write(el[1]:8:2,'  ',el[2]:8:2,'  ',el[3]:8:2,'  ',
                   el[4]:8:2,' ',el[5]:8:2,' ',el[6]:8:2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  gh:=readkey;
  windowclose;
{mid - end}
   textbackground(1); clrscr;
   windowopen(5,2,75,24); textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
    gotoxy(3,1);
   write('                    ===  CABLE PROFILE # 2 ===    ');
   gotoxy(3,2);
   write('-------------------------------------------------------------');
   gotoxy(3,3);
   write('                    Distance x from support. (m)');
   gotoxy(3,4);
   write('-------------------------------------------------------------');
   gotoxy(11,5);
   write('    ',xx[7]:6:2,'    ',xx[8]:6:2,'    ',xx[9]:6:2,
         '    ',xx[10]:6:2,'    ',xx[11]:6:2);
   gotoxy(3,6);
   write('-------------------------------------------------------------');
    gotoxy(2,8);write('M.<D.L> ');
    gotoxy(2,9);write('  (Kg-m) ');
   gotoxy(2,10);write('M.<L.L> ');
   gotoxy(2,11);write('  (Kg-m)');
   gotoxy(2,12);write('M.max');
   gotoxy(2,13);write('  (Kg-m)');
   gotoxy(2,14);write('M.max/F');
   gotoxy(2,15);write('    (cm)');
   gotoxy(2,16);write('M.DL/Fo');
   gotoxy(2,17);write('    (cm)');
   gotoxy(2,18);write(' e.ou');
   gotoxy(2,19);write('    (cm)');
   gotoxy(2,20);write(' e.ol');
   gotoxy(2,21);write('    (cm)');
   gotoxy(9,8);write('    ',my[7]:8:2,'  ',my[8]:8:2,'  ',my[9]:8:2,'  ',
                    my[10]:8:2,' ',my[11]:8:2);
   gotoxy(9,10);write('    ',mx1[7]:8:2,'  ',mx1[8]:8:2,'  ',mx1[9]:8:2,'  ',
                    mx1[10]:8:2,' ',mx1[11]:8:2);
   gotoxy(9,12);write('    ',mz[7]:8:2,'  ',mz[8]:8:2,'  ',mz[9]:8:2,'  ',
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    mz[10]:8:2,' ',mz[11]:8:2);
  gotoxy(9,14);write('    ',ao1[7]:8:2,'  ',ao1[8]:8:2,'  ',ao1[9]:8:2,'  ',
                    ao1[10]:8:2,' ',ao1[11]:8:2);
  gotoxy(9,16);write('    ',ao2[7]:8:2,'  ',ao2[8]:8:2,'  ',ao2[9]:8:2,'  ',
                    ao2[10]:8:2,' ',ao2[11]:8:2);
  gotoxy(9,18);write('    ',eu[7]:8:2,'  ',eu[8]:8:2,'  ',eu[9]:8:2,'  ',
                    eu[10]:8:2,' ',eu[11]:8:2);
  gotoxy(9,20);write('    ',el[7]:8:2,'  ',el[8]:8:2,'  ',el[9]:8:2,'  ',
                    el[10]:8:2,' ',el[11]:8:2);
  gh:=readkey;
  windowclose;

setgraphmode(getgraphmode);
 setbkcolor(1);setcolor(11);
      if (l<=6) then begin vx:=560/(l*100); vy:=1.5*vx; end
 else if (l>6) and (l<=14) then
         begin  vx:=560/(l*100); vy:=2*vx; end
   else  begin  vx:=560/(l*100); vy:=3*vx; end;
 settextstyle(1,0,2);
 outtextxy(200,40,'Location of Limit Zone');
 settextstyle(0,0,1);
 line(40,round(200-(ct*vy)),600,round(200-(ct*vy)));   {for beam}
 line(40,round(200+(cb*vy)),600,round(200+(cb*vy)));   {for beam}
 line(40,round(200-(ct*vy)),40,round(200+(cb*vy)));
 line(600,round(200-(ct*vy)),600,round(200+(cb*vy)));
 moveto(40,round(202+(cb*vy))); lineto(52,round(214+(cb*vy)));
 lineto(28,round(214+(cb*vy))); lineto(40,round(202+(cb*vy)));
 line(28,round(214+(cb*vy)),18,round(214+(cb*vy)));
 line(52,round(214+(cb*vy)),62,round(214+(cb*vy)));
 moveto(600,round(202+(cb*vy))); lineto(612,round(214+(cb*vy)));
 lineto(588,round(214+(cb*vy))); lineto(600,round(202+(cb*vy)));
 line(578,round(214+(cb*vy)),588,round(214+(cb*vy)));
 line(612,round(214+(cb*vy)),622,round(214+(cb*vy)));
 settextstyle(0,0,1);setcolor(3);setlinestyle(1,0,1);
 line(40,200,600,200);outtextxy(15,195,'N.A');                {N.A}
 setlinestyle(1,0,1);setcolor(7);
 line(40,round(200-(kt*vy)),600,round(200-(kt*vy)));    {for kern top}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
line(40,round(200+(kb*vy)),600,round(200+(kb*vy)));     {for kern bottom}
outtextxy(20,round(195-(kt*vy)),'kt');
outtextxy(20,round(195+(kb*vy)),'kb');
setcolor(2);
line(40,round(200-(ct*vy)+(em*vy)),600,round(200-(ct*vy)+(em*vy)));    {em}
outtextxy(15,round(195-(ct*vy)+(em*vy)),'e.m');
for j:=0 to 2 do
begin
 for k:=0 to 2 do
 begin
putpixel(round((xx[1]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[1])*vy),4);
putpixel(round((xx[1]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[1])*vy),4);
putpixel(round((xx[2]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[2])*vy),4);
putpixel(round((xx[2]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[2])*vy),4);
putpixel(round((xx[3]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[3])*vy),4);
putpixel(round((xx[3]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[3])*vy),4);
putpixel(round((xx[4]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[4])*vy),4);
putpixel(round((xx[4]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[4])*vy),4);
putpixel(round((xx[5]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[5])*vy),4);
putpixel(round((xx[5]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[5])*vy),4);
putpixel(round((xx[6]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[6])*vy),4);
putpixel(round((xx[6]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[6])*vy),4);
putpixel(round((xx[7]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[7])*vy),4);
putpixel(round((xx[7]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[7])*vy),4);
putpixel(round((xx[8]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[8])*vy),4);
putpixel(round((xx[8]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[8])*vy),4);
putpixel(round((xx[9]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[9])*vy),4);
putpixel(round((xx[9]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[9])*vy),4);
putpixel(round((xx[10]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[10])*vy),4);
putpixel(round((xx[10]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[10])*vy),4);
putpixel(round((xx[11]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-eux[11])*vy),4);
putpixel(round((xx[11]*vx*100)+40+k-1),round(200+j-1-(ct-elx[11])*vy),4);
 end;  {for k loop}
end; {for j loop}
setlinestyle(3,0,1); setcolor(14);
moveto(round((xx[1]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[1])*vy));
 lineto(round((xx[2]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[2])*vy));
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  lineto(round((xx[3]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[3])*vy));
  lineto(round((xx[4]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[4])*vy));
  lineto(round((xx[5]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[5])*vy));
  lineto(round((xx[6]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[6])*vy));
  lineto(round((xx[7]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[7])*vy));
  lineto(round((xx[8]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[8])*vy));
  lineto(round((xx[9]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[9])*vy));
  lineto(round((xx[10]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[10])*vy));
  lineto(round((xx[11]*vx*100)+40),round(200-(ct-eux[11])*vy));
  moveto(round((xx[1]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[1])*vy));
  lineto(round((xx[2]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[2])*vy));
  lineto(round((xx[3]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[3])*vy));
  lineto(round((xx[4]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[4])*vy));
  lineto(round((xx[5]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[5])*vy));
  lineto(round((xx[6]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[6])*vy));
  lineto(round((xx[7]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[7])*vy));
  lineto(round((xx[8]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[8])*vy));
  lineto(round((xx[9]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[9])*vy));
  lineto(round((xx[10]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[10])*vy));
  lineto(round((xx[11]*vx*100)+40),round(200-(ct-elx[11])*vy));
 setcolor(14);
 outtextxy(150,round(360-(ct*vy)),'          Span Length (m) :');
 voutreal(l,290,round(360-(ct*vy)));
 outtextxy(150,round(380-(ct*vy)),'    Depth of Section (cm) :');
 voutreal(h[3],290,round(380-(ct*vy)));
 outtextxy(150,round(400-(ct*vy)),' <N.A>  Neutral Axis (cm) :');
 voutreal(ct,290,round(400-(ct*vy)));
 outtextxy(150,round(420-(ct*vy)),'    <kt>  Upper Kern (cm) :');
 voutreal(kt,290,round(420-(ct*vy)));
 outtextxy(150,round(440-(ct*vy)),'    <kb>  Lower Kern (cm) :');
 voutreal(kb,290,round(440-(ct*vy)));
 outtextxy(150,round(460-(ct*vy)),'<e.m> Max. Eff.Depth (cm) :');
 voutreal(em,290,round(460-(ct*vy)));
readln;
restorecrtmode;
end;
```

ที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
กรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure example(var qe:ql;var re:rl;var fi:stress;var M:moment;
          var ac:area;var h:high;var M7,l,bf,bv,tf,d,kb,kt,e,la:real;
          var df:deflec; var lo:real;var ln,qtt:integer;var eu:eou;
          var el:eol;var em:real;var xx:dis);
begin
writeln(lst);writeln(lst);writeln(lst);writeln(lst);
writeln(lst,'      Faculty of Civil Engineering
                                                    ### K M I T L ### ');
writeln(lst,'    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                                                %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%');
writeln(lst);
writeln(lst,'          ======  PRESTRESSED == CONCRETE == DESIGN  =======');
writeln(lst);
writeln(lst,'    %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                                                %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%');
writeln(lst);writeln(lst);
writeln(lst,'               **** DATA OF MATERIAL USE IN STRUCTURE ****');
writeln(lst);
writeln(lst,'                    ========== Concrete ==========' );
writeln(lst,'        Ultimate  stress  in  concrete..at 28 days old  (ksc) :
                                                ,fi[2]:6:2);
writeln(lst,'        Ultimate  stress  in concrete..at transfer      (ksc) :
                                              ,fi[3]:6:2);
writeln(lst,'                    ==========  Steel  ==========');
writeln(lst,'                          Notation          :    ',qe[ln]);
writeln(lst,'                 Diameter of Strand  (mm)   :    ',re[ln,1]:6:2);
writeln(lst,'                    Area of Strand  (sqrmm) :    ',re[ln,2]:6:2);
writeln(lst,'                  Weight of Strand (kg/1000m):    ',re[ln,3]:6:2);
writeln(lst,'          Tensile stress..at ultimate (ksc)  :    ',fi[6]:6:2);
writeln(lst,'          Tensile stress..at initial  (ksc)  :    ',fi[18]:6:2);
writeln(lst,'          Tensile Stress..after loss  (ksc)  :    ',fi[4]:6:2);
writeln(lst,'                   Loss of prestress    (%)  :    ',lo:6:2);
writeln(lst,'          ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                    *** MOMENT FOR LOAD CONDITION USE ***');
writeln(lst);
writeln(lst,'                       Length of Span   (m)  :    ',l:8:2);
writeln(lst,'                       Total Moment use (kg-m) :    ',M7:8:2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
writeln(lst,'          ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                  *** DETAILS OF DESIGNED SECTION ***');
writeln(lst);
writeln(lst,'                   Depth of Section   (cm)  :    ',h[3]:8:2);
writeln(lst,'                    Effective Depth   (cm)  :    ',d:8:2);
writeln(lst,'                    Area of Section  (cm^2) :    ',ac[3]:8:2);
writeln(lst,'                   Width of Section   (cm)  :    ',bf:8:2);
writeln(lst,'                   Width of web       (cm)  :    ',bv:8:2);
writeln(lst,'                 Thickness of flange  (cm)  :    ',tf:8:2);
writeln(lst,'                      Top Kern Point  (cm)  :    ',kt:8:2);
writeln(lst,'                   Bottom Kern Point  (cm)  :    ',kb:8:2);
writeln(lst,'                   Eccentric of steel (cm)  :    ',e:8:2);
writeln(lst,'                     Inertia Moment   (cm)  :    ',Ia:8:2);
writeln(lst,'          ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                  *** DETAILS OF STEEL REINFORCEMENT ***');
writeln(lst);
writeln(lst,'                  Total Area of Steel (cm^2)  :    ',ac[11]:6:2);
writeln(lst,'                  Quantity of Strand use (N)  :    ',qtt);
writeln(lst,'          ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                     *** DETAILS OF CABLE PROFILE ***');
writeln(lst);
writeln(lst,'          Distance              Upper Limit              Lower Limit '
writeln(lst,'          ',xx[1]:6:2,'                ',eu[1]:6:2
                                  ,'                ',el[1]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[2]:6:2,'                ',eu[2]:6:2
                                  ,'                ',el[2]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[3]:6:2,'                ',eu[3]:6:2
                                  ,'                ',el[3]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[4]:6:2,'                ',eu[4]:6:2
                                  ,'                ',el[4]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[5]:6:2,'                ',eu[5]:6:2
                                  ,'                ',el[5]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[6]:6:2,'                ',eu[6]:6:2
                                  ,'                ',el[6]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[7]:6:2,'                ',eu[7]:6:2
                                  ,'                ',el[7]:6:2);
writeln(lst,'          ',xx[8]:6:2,'                ',eu[8]:6:2
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
writeln(lst,'            ',xx[9]:6:2,'              ',eu[9]:6:2
                                    ,'              ',el[9]:6:2);
writeln(lst,'            ',xx[10]:6:2,'             ',eu[10]:6:2
                                    ,'              ',el[10]:6:2);
writeln(lst,'            ',xx[11]:6:2,'             ',eu[11]:6:2
                                    ,'              ',el[11]:6:2);
writeln(lst);
writeln(lst,'          Max. Practical Eccentricity (cm) :   ',em:6:2);
writeln(lst,'        ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                  *** CHECKING ULTIMATE MOMENT ***');
writeln(lst);
writeln(lst,'                  Cracking Moment (Kg-m)  :     ',M[8]:8:2);
writeln(lst,'          Required ultimate Moment (Kg-m)  :     ',M[10]:8:2);
writeln(lst,'                  Ultimate Moment (Kg-m)  :     ',M[9]:8:2);
writeln(lst,'        ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                  *** CHECKING ALLOWABLE STRESS *** ');
writeln(lst);
writeln(lst,'          == Transfer == ');
writeln(lst,'            Stress at top fiber (Kg/cm^2)  :     ',fi[11]:8:2);
writeln(lst,'          Stress at bottom fiber (Kg/cm^2)  :     ',fi[12]:8:2);
writeln(lst,'          == Working ==');
writeln(lst,'            Stress at top fiber (Kg/cm^2)  :     ',fi[13]:8:2);
writeln(lst,'          Stress at bottom fiber (Kg/cm^2)  :     ',fi[14]:8:2);
writeln(lst,'        ------------------------------------------------------------
writeln(lst,'                        *** DEFLECTION ***');
writeln(lst);
writeln(lst,'          Deflection from Live Load   (cm)  :     ',df[1]:6:3);
writeln(lst,'          Deflection from prestress   (cm)  :     ',df[2]:6:3);
writeln(lst,'          Deflection from Dead Load   (cm)  :     ',df[4]:6:3);
writeln(lst,'                  Total Deflection   (cm)  :     ',df[3]:6:3);
writeln(lst,'              Allowable Deflection   (cm)  :     ',df[6]:6:3);
writeln(lst,'        ------------------------------------------------------------
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit slat;
interface
uses crt,graph,win,dos,umain;
  type Goo = array[1..8]of real ;
       HOO = array[1..10]of real ;
       IOO = array[1..15]of real ;
       roo = array[1..3]of integer ;
       Joo = array[1..5]of real;
       pomx1 = array[1..3,1..6] of real;
       pomx2 = array[1..5,1..6] of real;
       pomx3 = array[1..3,1..6] of real;
       pomx4 = array[1..3] of real;
       pomy1 = array[1..3,1..6] of real;
       pomy2 = array[1..5,1..6] of real;
       pomy3 = array[1..3,1..6] of real;
       pomy4 = array[1..3] of real;
procedure voutreal(a:real;x,y:integer);
procedure li(x,y,v,d:integer); {v:1 vertical,d:distance}
Procedure layout(var  kin : goo ; pom : hoo ; kot : ioo );
{procedure setgraph;}
procedure del(x1,y1,x2,y2:integer);   {procedure clear block}
Procedure TwoWay(var kin :goo; var pom : hoo ;var kot :ioo;var ac:area;
                 var fi:stress;var re:r1;var ox:char;var ln:integer;
                var fix:pomx1;var vxx:pomx2;var MMx:pomx3;var wix:pomx4;
                var fiy:pomy1;var vyy:pomy2;var MMy:pomy3;var wiy:pomy4);
implementation

procedure voutreal(a:real;x,y:integer);
var
  at,compare :real;
  i,j,k  :integer;
  ou,out :array [1..18]of char;
begin
  if a<>0 then
  begin
    i:=0;  at:=a;
    if at<0 then begin i:=i+1; ou[i]:='-';  at:=at*(-1);  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    compare:=1e9;
    repeat
      j:=0;
      repeat
        if (at-compare)>=-1e-10 then begin j:=j+1; at:=at-compare; end;
      until (at-compare)<-1e-10;
      if j>0 then begin i:=i+1; ou[i]:=chr(48+j); end else
      begin
        if ((i>0)and(a>0))or((i>1)and(a<0)) then
        begin  i:=i+1; ou[i]:='0';  end;
      end;
      compare:=compare/10;
      if (compare<0.4)and(compare>0.06)  then
      begin
        if ((i=0)and(a>0))or((i=1)and(a<0)) then begin i:=i+1; ou[i]:='0';  end;
        i:=i+1;  ou[i]:='.';
      end;
    until compare<=0.00001;
    if (ou[i] in ['5'..'9'])and(ou[i-1]<>'9') then
      begin  ou[i-1]:=chr(ord(ou[i-1])+1) end;
    i:=i-1;
  end else begin ou[1]:='0';ou[2]:='.';for j:=3 to 5 do ou[j]:='0';i:=5; end;
  for j:=1 to 18 do out[j]:=' ';
  for j:=18 downto 15 do begin out[j]:=ou[i];i:=i-1; end;
  j:=14;k:=0;
  repeat
    out[j]:=ou[i];
    i:=i-1; j:=j-1; k:=k+1;
    if (k=3)and(i>0)and(ou[i]<>'-') then
    begin
      out[j]:=',';        j:=j-1; k:=0;
    end;
  until i=0;
  moveto(x,y);  for k:=1 to 18 do outtext(out[k]);
end;
procedure li(x,y,v,d:integer); {v:1 vertical,d:distance}
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    setlinestyle(0,0,1);
    moveto(x,y);
    if v=1 then
    begin
      linerel(0,d); line(x,y,x+3,y+4); line(x,y,x-3,y+4);
      line(x,y+d,x+3,y+d-4); line(x,y+d,x-3,y+d-4);
    end else
    begin
      linerel(d,0); line(x,y,x+5,y+2); line(x,y,x+5,y-2);
      line(x+d,y,x+d-5,y+2); line(x+d,y,x+d-5,y-2);
    end;
  end;

Procedure layout(var  kin : goo ; pom : hoo ; kot : ioo );
var  ch : char ;  i,k : integer ; ox,oy :real ;
   Begin
    Setgraphmode(getgraphmode);setbkcolor(8);
    Setcolor(11);
    rectangle(160,160,480,200);
    moveto(160,140); lineto(160,125);
    moveto(480,140); lineto(480,125);
    li(160,132,0,320);
    moveto(500,180); lineto(510,180);
    moveto(500,192); lineto(510,192);
    li(505,180,1,12);
    Settextstyle(0,0,1); Outtextxy(518,185,'e  ');
    moveto(140,160); lineto(130,160);
    moveto(140,200); lineto(130,200);
    li(135,160,1,40);
    Outtextxy(110,175,'t');
    Settextstyle(3,0,3);
    outtextxy(230,30,'  SLAB LAY-OUT');
    SetTextStyle(3,0,1); Outtextxy(270,70,' < X - X >');
    SetTextStyle(0,0,1); Outtextxy(290,140,'- Lx -');
    SetTextStyle(2,0,7);
    Outtextxy(210,250,' Lx    =              M.');  vOutreal(pom[1],170,250);
    OutTextxy(210,280,' t     =              cm.'); vOutreal(pom[7],170,280);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
OutTextxy(210,310,' e     =              cm.'); vOutreal(Kot[13],170,310);
Setlinestyle(3,0,1); moveto(160,180); lineto(480,180);
For I := 0 to 160 do
 Begin
oY := (-0.00375*i*i)/8;
Putpixel(320+I,Round(192+oY),14);
Putpixel(320-I,Round(192+oY),14);
end;
ch := readkey  ;  Cleardevice;
Setcolor(11);
Setlinestyle(0,0,1);
{YYYY}
rectangle(100,160,540,200);
moveto(100,120); lineto(100,140);
moveto(540,120); lineto(540,140);
li(100,130,0,440);
li(565,180,1,12);
Settextstyle(0,0,1); Outtextxy(580,185,'e  ');
moveto(560,180); lineto(570,180);
moveto(560,192); lineto(570,192);
moveto(40,160); lineto(30,160);
moveto(40,200); lineto(30,200);
li(35,160,1,40);
Outtextxy(50,175,'t');
Settextstyle(1,0,3);
outtextxy(230,30,'  SLAB LAY-OUT');
SetTextStyle(3,0,1); Outtextxy(270,70,' < Y - Y >');
SetTextStyle(0,0,1); Outtextxy(290,140,'- Ly -');
SetTextStyle(2,0,7);
Outtextxy(210,250,' Ly    =              M.'); vOutreal(pom[2],170,250);
OutTextxy(210,280,' t     =              cm.'); vOutreal(pom[7],170,280);
OutTextxy(210,310,' e     =              cm.'); vOutreal(Kot[14],170,310);
Setlinestyle(3,0,1);
moveto(100,180); lineto(540,180);
For I := 0 to 220 do
 Begin
oY := (-0.00198*i*i)/8;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Putpixel(320+I,Round(192+oY),14);
  Putpixel(320-I,Round(192+oY),14);
   end;
    ch := readkey ;
  Restorecrtmode;
   end;
procedure del(x1,y1,x2,y2:integer);   {procedure clear block}
begin
  setviewport(x1,y1,x2,y2,true);
  clearviewport;
  setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,true);
end;

Procedure TwoWay(var kin :goo; var pom : hoo ;var kot :ioo;var ac:area;
                 var fi:stress;var re:r1;var ox:char;var ln:integer;
                 var fix:pomx1;var vxx:pomx2;var MMx:pomx3;var wix:pomx4;
                 var fiy:pomy1;var vyy:pomy2;var MMy:pomy3;var wiy:pomy4);
var
    Mx,My,Mux,Muy    :real ;
    Fx,Fy,fgx,fgy,fox,foy,flb,flt,Z       :real ;
    Lx,Ly,Cx,Cy,Dl,LL,Wb,Wub,Tw,R,b,kx    :real ;
    Ax,Ay,Dx,Dy,X1,Y1,d      :real ;
    V4,V4y,V04,ds,dsy,mv,mvy :real;
    x:array[1..8] of real;   y:array[1..7] of real ;
    q:integer;    px,py,k1 : real ;
     xx,yy : array[1..9,1..9] of real ;
     t   : string[20] ;
     o   : array[1..18] of string[80] ;
     aa   : text ;
     i,j,k,rw : integer ;M, ch:char;
    Ec,a:real;    grade:string[5];
 begin
  Repeat
  textbackground(1);Clrscr;
  windowopen(8,7,78,22);textbackground(0);textcolor(11);clrscr; {72}
  Kin[2] := re[ln,1]/10 ; {DIA cm.}
  kin[3] := re[ln,2]/100; {Aps cm.^2}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  kin[4] := re[1n,4] ; {Force Breaking  kg.}
  kin[5] := fi[2]; {fc'Ksc}
  kin[6] := fi[3]; {fci' Ksc}
  Ec := 15876.13*Sqrt(kin[5]);
   case ox of
  '1': grade:='250 K';
  '2': grade:='270 K';
   end;
 writeln;
 Writeln('                          INPUT  DATA                          ');
 Writeln('                          ----------                           ');
   Write('       LENGTH  of  SPAN   <X-X>     (m.)      : '); Rd(Pom[1]);writeln;
   Write('       LENGTH  of  SPAN   <Y-Y>     (m.)      : '); Rd(Pom[2]);writeln;
Textcolor(7);
   Write('         " <x-x> Shorter than <y-y> "                ');    Writeln;
Textcolor(11);
 if Pom[1] > pom[2] then
  tw := 2.5*pom[2];
 if Pom[1] <= Pom[2] then
   Begin
   tw := 2.5*pom[1]; end;
   Kx := tw/2-kin[2]-4;
 if kx  >= 2 then
   Begin
   write('       Suggestion for Covering      (cm.)     : 2.00  - ');
   write(kx:5:2); writeln;
   end;
 if Kx < 2 then
   begin
   Kx := 2 ;
   write('       Suggestion for Covering      (cm.)     : 2.00    ');
   writeln;
   end;

  Write('       COVERING                     (cm.)     : '); Rd(Pom[3]);writeln;
  Write('       UNIFORMLY LIVE LOAD          (Kg/m^2)  : '); Rd(Pom[4]);writeln;
   writeln;writeln; pom[4] := pom[4]/10000 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Write('    [ENTER] -  Accept Data        [R] -  REENTRY    ');
     repeat  ch := Readkey ;  Until ch in [#13,'R','r'];
  windowclose;
  until (ch =#13) and (pom[3] >= 2) and (pom[3] <= Kx) and (Pom[1] <= Pom[2]);
 X1 := Pom[1]*100;
 Y1 := Pom[2]*100;
 lx := pom[1];
 ly := pom[2];
 R := ly/lx ;
assign(aa,'data1.pas');
reset(aa);
for i := 1 to 18 do
  begin
    read(aa,t);
    if (i mod 2) = 1 then  begin for j := 1 to 9 do
                           read(aa,xx[i div 2+1,j]);  end
                   else  begin for J:=  1 to 9 do
                           read(aa,yy[i div 2,j]);   end;
    readln(aa);
  end;
  reset(aa);
  for i:= 1 to 18 do
  readln(aa,o[i]);
  close(aa);
  setgraphmode(getgraphmode); setbkcolor(1);setcolor(14);cleardevice;
  Rectangle(3,0,632,235);
  Line(3,40,632,40);
  SetTextStyle(5,0,2);
  SetUserCharsize(1,2,2,1);
  Moveto(15,15);
  outText('No. <TYPE of PANELS>');
  Line(185,17,565,17);
  Moveto(263,8);  Outtext('B.M. Coefficient for Short Span');
  Moveto(263,19); Outtext('      <  < Ly/Lx >  >');
  Moveto(197,30);
  OutText(' 1.0   1.1   1.2   1.3   1.4   1.5   1.75  >2.0');
  SetTextStyle(5,0,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetUserCharsize(1,2,2,1);
Moveto(574,10);   Outtext('B.M.Co''');
Moveto(574,18);   Outtext(' Long ');
Moveto(574,25);   Outtext(' Span');
SetTextStyle(5,0,3);
moveto(13,50);    outtext(o[1]);
Moveto(13,60);    Outtext(o[2]);
Moveto(13,70);    Outtext(o[3]);
Moveto(13,80);    Outtext(o[4]);
moveto(13,90);    Outtext(o[5]);
Moveto(13,100);   Outtext(o[6]);
Moveto(13,110);   Outtext(o[7]);
Moveto(13,120);   Outtext(o[8]);
moveto(13,130);   Outtext(o[9]);
Moveto(13,140);   Outtext(o[10]);
Moveto(13,150);   Outtext(o[11]);
Moveto(13,160);   Outtext(o[12]);
moveto(13,170);   Outtext(o[13]);
Moveto(13,180);   Outtext(o[14]);
Moveto(13,190);   Outtext(o[15]);
Moveto(13,200);   Outtext(o[16]);
Moveto(13,210);   Outtext(o[17]);
Moveto(13,220);   Outtext(o[18]);
Moveto(207,250);
Outtext('Enter Your Condition [1..9]:');
 repeat  ch:=readkey; until ch in ['1'..'9'];
RestoreCrtmode;
i:=ord(ch)-48;
k1:= (Ly/Lx);
 if k1 <= 1 then
         Cx := xx[i,1];
if (k1 <= 1.1) and (K1 > 1) then
   Cx := xx[i,2] ;
      if (K1 > 1.1) and (k1 <= 1.2) then
    Cx := xx[i,3] ;
  if (k1 > 1.2)  and (k1 <= 1.3) then
Cx := xx[i,4] ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if (k1 > 1.3) and (K1 <= 1.4) then
    Cx := xx[i,5] ;
       if (K1 > 1.4) and (k1 <= 1.5) then
       Cx := xx[i,6] ;
  if(k1 >1.5) and (k1 <= 1.75) then
 Cx := xx[i,7] ;
   if (K1 >1.75 ) then
 Cx := xx[i,8]  else
    if (i = 6) or (i = 8) then
 begin
     if k1 <= 1 then
          Cx := yy[i,1];
if (k1 <= 1.1) and (K1 > 1) then
   Cx := yy[i,2] ;
       if (K1 > 1.1) and (k1 <= 1.2) then
       Cx := yy[i,3] ;
  if (k1 > 1.2)  and (k1 <= 1.3) then
Cx := yy[i,4] ;
 if (k1 > 1.3) and (K1 <= 1.4) then
   Cx := yy[i,5] ;
       if (K1 > 1.4) and (k1 <= 1.5) then
       Cx := yy[i,6] ;
 if (k1 >1.5) and (k1 <= 1.75) then
Cx := yy[i,7] ;
   if (K1 >1.75 ) then
Cx := yy[i,8];
   end
else
   Cy := xx[i,9];
 if  (i = 5)     then
 Cy  := yy[5,9];
  if (i = 6) then
  Cy := xx[6,9];
   if  (i = 7)  then
 Cy  := yy[7,9];
  if  (i =8)  then
  Cy :=  xx[8,9]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
   else d := 0 ;
D1 := 0.0024*tw ;
Wb := D1+(0.2*pom[4]) ;
Wub := (0.8*Pom[4]);
Fy := 11*tw ;
Dx := tw/2-pom[3]-kin[2]/2 ;
Dy := dx-2-kin[2]/2 ;
Fx := ((Wb-((8*Fy*Dy)/(Y1*Y1)))*X1*X1)/(8*Dx);
Kot[1] :=  Kin[4]/Fx ;
Kot[2] :=  Kin[4]/Fy ;
Kot[3] :=  Round(x1/Kot[1]);
kot[4] :=  Round(Y1/Kot[2]);
fgx := Fx/(tw) ;
fgy := Fy/(tw) ;
Mx  := Cx*Wub*X1*X1 ;
My  := Cy*Wub*Y1*Y1 ;
Z   := (Sqr(tw))/6 ;
fox := Mx/Z ;
foy:= My/Z ;
Kot[5] := -fgx-fox ;
Kot[6] := -fgx+fox ;
Kot[7] := -fgy-foy ;
Kot[8] := -fgy+foy ;
f1t := -(0.45*(Kin[5])) ;
f1b :=   0.6*kin[6] ;
Kot[9] := Kin[4]*(Dx+((Z/tw)))+(1.99*Sqrt(Kin[5])*z);
Kot[10] := Kin[4]*(Dy+((Z/tw)))+(1.99*Sqrt(Kin[5])*z);
 px :=  (kin[3]/kot[2])/(1*(dx+(0.5*tw)));
 py :=  (kin[3]/kot[1])/(1*(dy+(0.5*tw)));
 kin[7] := fi[6]*(1-(0.5*px*fi[6]/kin[5]));   {fps.x}
 kin[8] := fi[6]*(1-(0.5*py*fi[6]/kin[5]));   {fps.y}
Ax := (Kin[3]*Kin[7])/(Kot[2]*0.85*Kin[5]);
Ay := (Kin[3]*Kin[8])/(Kot[1]*0.85*Kin[5]);
Mux := 0.85*Kin[5]*ax*100*((Dx+(0.5*tw))-0.5*Ax) ;
Muy := 0.85*Kin[5]*ay*100*((Dy+(0.5*tw))-0.5*Ay) ;
Pom[7] := tw ;
Pom[4] := pom[4]*10000 ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Kot[1] := Round(Kot[1]);
Kot[2] := Round(Kot[2]);
Kot[13] := Dx ;
Kot[14] := Dy ;
delay(400);
textbackground(1);Clrscr;
windowopen(10,5,72,24);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
Writeln;
writeln('                          DATA X-X                    ');
writeln('                          ________                    ');
Writeln;
Delay(500);
writeln('  LENGTH of X - Direction      (m.)     : ',Pom[1]:8:2);
Delay(200);
writeln('  THICKNESS of Slab            (cm.)    : ',Pom[7]:8:2);
delay(200);
Writeln('  LIVE LOAD                    (kg/m^2) : ',pom[4]:10:2);
delay(200);
Writeln('  GRADE of STRAND  ',Grade,'  DIAMETER    (cm.)',Kin[2]:5:2);
Delay(200);
Writeln('  Quantity of Strand   -->>     ' ,KOt[4]:6:2,'  @ ',Kot[2]:6:2,' (cm.)');
Writeln; Delay(500);
Writeln('  CHECK MOMENT & STRESS ');
Delay(300);
if Mux >= 1.2*kOT[9] then
Begin
Writeln('  1)  Mu    >     1.2*Mcr          O.K.'); end;
if Mux < 1.2*Kot[9] then
begin
Textcolor(12);
Writeln('  1)  Mu    <     1.2*Mcr        NOT PASS'); end;
Delay(300);
if (Kot[6] < Flb) Then
begin
Textcolor(11);
Writeln('  2)  fb    = ',Kot[6]:8:2,'  Ksc.      O.K.'); end;
if (kot[6] >= Flb) Then
```

เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 Begin
 textcolor(12);
 Writeln('  2)  fb    = ',Kot[6]:8:2,'   Ksc.       NOT PASS'); end;
 Delay(300);
 if (Kot[5] > Flt)  Then
 Begin
 Textcolor(11);
 Writeln('  3)  ft    = ',Kot[5]:8:2,'   Ksc.       O.K.'); end;
 if (Kot[5] <= Flt) Then
 begin
 textcolor(12);
 Writeln('  3)  ft    = ',Kot[5]:8:2,'   Ksc.       NOT PASS'); end;
  ch := readkey  ; windowclose;
 x[1] := tw/200; x[2] := tw/100; x[3] := (pom[1]/6);
 x[4] := (pom[1]/4); x[5] := (0.75*pom[1]/2); x[6] := pom[1]/2;
textbackground(1);clrscr;
windowopen(12,3,72,23);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
writeln('                    Shear Analysis X-X   ');
writeln(' ------------------------------------------------------');
writeln('     distance <x>          Vc                Vu');
writeln(' ------------------------------------------------------');
for q:=1 to 6 do
begin
{check shear}
wix[1]:= 2400*1*tw/100;
 mv := pom[4]*((pom[1]/2)-x[q])/((pom[4]*x[q])*(pom[1]-x[q])/2) ;  {V/M}
  if  ( (dx+(tw/2)) <= (0.8*tw)) then   ds := (0.8*tw)
                      else   ds := (dx+(tw/2)) ;
{*web shear Vcw x-x*}
     fix[1,q] := Fx/(100*tw);                                  {fpc-x}
     Vxx[1,q] := ( (0.93*sqrt(fi[2])) + (0.3*fix[1,q]) )*100*ds
           {((2*el[6]/(1*100))*F[4])} ;  {Vcw}
{*incline shear Vci x-x *}
  fix[2,q] := (Fx/(100*tw)) + ((Fx*dx)/(100*z))  ;          {fpe}
  MMx[1,q]  :=(wix[1]*pom[1]*x[q])/2 - (wix[1]*sqr(x[q]))/2;  {Md}
  fix[3,q] := (MMx[1,q]*100)/(100*z);                       {fd}
  Vxx[2,q]  := (wix[1]*((pom[1]/2)- x[q]));                  {Vd}
```

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ห้ามมิให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MMx[2,q]  := (Z*100*( (1.59*sqrt(fi[2])) + fix[2,q] - fix[3,q]  ))/100; {Mcr}
    V4    := (0.159*100*ds*sqrt(fi[2])) + (MMx[2,q]*mv) + Vxx[2,q];  {*Vci*}
      Vxx[3,q]:=V4;
  if Vxx[1,q]<=Vxx[3,q] then  Vxx[4,q] := Vxx[1,q]    {compare Vci/Vcw}
                else    Vxx[4,q] := Vxx[3,q];
{*ultimate shear at section*}
      wix[3]  :=(1.4*wix[1])+(1.7*pqm[4]) ;
       'Vxx[5,q] :=(wix[3]*((pom[1]/2)-x[q]));
writeln('        ',x[q]:5:2,'              ',Vxx[4,q]:8:2,'          ',Vxx[5,q]:8:2);
writeln;
end;   {for loop}
textcolor(14);
writeln('         ** %%  Vc  must be greater than Vu  %%'**');
 ch:=readkey;
windowclose;
{Y-Y}
 textbackground(1);Clrscr;
 windowopen(12,3,72,23);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
 writeln('                        DATA Y - Y                          ');
 writeln('                      ---------------                       ');
 Writeln;
 Delay(500);
 writeln('  LENGTH of Y - Direction      (m.)     : ',Pom[2]:8:2);
 delay(200);
 writeln('  THICKNESS of Slab            (cm.)    : ',Pom[7]:8:2);
 delay(200);
 Writeln('  LIVE LOAD                    (kg/m^2) : ',pom[4]:10:2);
 delay(200);
 Writeln('  GRADE  of  STRAND  ',Grade,'  DIAMETER    (cm.)',Kin[2]:5:2);
 delay(200);
 Writeln('  Quantity of Strand   -->>    ',KOt[3]:6:2,' @ ',Kot[1]:6:2,' (cm.)');
 Writeln; Delay(500);
 Writeln('  CHECK MOMENT & STRESS   ');
 Delay(300);
 if Muy >= 1.2*kOT[10] then
 Begin
 Writeln('  1)  Mu    >     1.2*Mcr            O.K.'); end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if Muy < 1.2*Kot[10] then
  Begin
  Textcolor(12);
  Writeln('  1)  Mu    <     1.2*Mcr        NOT PASS'); end;
  Delay(300);
  if (Kot[8] < Flb)  Then
  Begin
  Textcolor(11);
  Writeln('  2)  fb    =  ',Kot[8]:8:2,'  Ksc.        O.K.'); end;
  if (Kot[8] >= Flb)  then
  Begin
  Textcolor(12);
  Writeln('  2)  fb    =  ',Kot[8]:8:2,'  Ksc.        NOT PASS'); end;
  Delay(300);
  if (Kot[7] > Flt) Then
  Begin
  Textcolor(11);
  Writeln('  3)  ft    =  ',Kot[7]:8:2,'  Ksc.        O.K.'); end;
  if (kot[7] <= Flt) Then
  Begin
  Textcolor(12);
  Writeln('  3)  ft    =  ',Kot[7]:8:2,'  Ksc.        NOT PASS'); end;
  ch := readkey ;
  windowclose;
  y[1] := tw/200; y[2] := tw/100; y[3] := (pom[2]/6);
  y[4] := (pom[2]/4); y[5] := (0.75*pom[2]/2); y[6] := pom[2]/2;
textbackground(1);clrscr;
windowopen(12,2,72,23);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
writeln('                    Shear Analysis Y-Y   ');
writeln(' ------------------------------------------------------');
writeln('     distance <y>            Vc              Vu');
writeln(' ------------------------------------------------------');
for q:=1 to 6 do
begin
{check shear}
wiy[1]:= 2400*1*tw/100;
 mvy:= pom[4]*((pom[2]/2)-y[q])/((pom[4]*y[q])*(pom[2]-y[q])/2) ;  {V/M}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  if  ( (dy+(tw/2)) <= (0.8*tw)) then   dsy:= (0.8*tw)
                        else   dsy:= (dy+(tw/2)) ;
{*web shear Vcw y-y*}
     fiy[1,q] := Fy/(100*tw);                                    {fpc-y}
     Vyy[1,q] := ( (0.93*sqrt(fi[2])) + (0.3*fiy[1,q]) )*100*dsy
               {((2*el[6]/(1*100))*F[4])} ;  {Vcw}
{*incline shear Vci y-y *}
  fiy[2,q] := (Fy/(100*tw)) + ((Fy*dy)/(100*z))  ;                  {fpe}
  MMy[1,q]  :=(wiy[1]*pom[2]*y[q])/2 - (wiy[1]*sqr(y[q]))/2;   {Md}
  fiy[3,q] := (MMy[1,q]*100)/(100*z);                                {fd}
  Vyy[2,q]  := (wiy[1]*((pom[2]/2)- y[q]));              {Vd}                    {Vd
  MMy[2,q]  := (Z*100*( (1.59*sqrt(fi[2])) + fiy[2,q] - fiy[3,q]  ))/100; {Mcr}
      V4y    := (0.159*100*dsy*sqrt(fi[2])) + (MMy[2,q]*mvy) + Vyy[2,q];  {*Vci*}
      Vyy[3,q]:=V4y;
  if Vyy[1,q]<=Vyy[3,q] then  Vyy[4,q] := Vyy[1,q]    {compare Vci/Vcw}
               else    Vyy[4,q] := Vyy[3,q];
{*ultimate shear at section*}
      wiy[3]  :=(1.4*wiy[1])+(1.7*pom[4]) ;
        Vyy[5,q] :=(wiy[3]*((pom[2]/2)-y[q]));
writeln('        ',y[q]:5:2,'              ',Vyy[4,q]:8:2,'          ',Vyy[5,q]:8:2);
writeln;
 end;   {for loop}
textcolor(14);
writeln('         ** %%  Vc  must be greater than Vu  %% **');
 ch:=readkey;
windowclose;
 layout(kin,pom,kot);
 end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit Screen;
interface
uses crt,dos;
  const     NoDisplay       = $00;
            LowDisplay      = $07;
            HighDisplay     = $0F;
            UnderLineLow    = $01;
            UnderLineHigh   = $09;
            ReverseLow      = $70;
            ReverseHigh     = $78;
            BlinkLow        = $87;
            BlinkHigh       = $8F;
            UndBlinkLow     = $81;
            UndBlinkHigh    = $89;
            RevBlinkLow     = $F0;
            RevBlinkHigh    = $F8;
            ColorSeg        = $B800;
            MonoSeg         = $B000;

  var       VideoSeg        : word;
            CrtType         : byte Absolute $0040:$0049;
            CursorMode      : word Absolute $0040:$0060;
            Vport           : word Absolute $0040:$0063;

procedure SetAttr (attrib:byte);
procedure SetCursor (top,bottom :byte);
procedure CursorOn;
procedure CursorOff;

{ End of interface section }

implementation
var Regs  :registers;

procedure SetAttr (attrib :byte);
begin
  TextAttr  := Attrib;
 end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure SetCursor (top,bottom  :byte);
begin
  Regs.AH  := 1;
  Regs.CH  := top;
  Regs.CL  := bottom;
  intr($10,Regs);
end;

procedure CursorOn;
begin
  Port[Vport]     := 10;
  Port[Vport+1]   := Hi(CursorMode) and $DF;

  Port[Vport]     := 11;
  Port[Vport+1]   := Lo(CursorMode)
end;

procedure CursorOff;
begin
  Port[Vport]     := 10;
  Port[Vport+1]   := Hi(CursorMode) or $20;

  Port[Vport]     := 11;
  Port[Vport+1]   := Lo(CursorMode)
end;

procedure IdentifyCrt;
begin
  case CrtType of
    0..3        :VideoSeg  := ColorSeg;
       7        :VideoSeg  := MonoSeg;
  end;
end;

Begin
  IdentifyCrt;
end. {of unit}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT WIN;

interface
uses Crt,screen;

{
WINDOW  PROCEDURES
        WindowOpen      :- Make Window and draw box
        WindowClose     :- Remove Window
        SetBoxStyle     :- Select type of Box Window
        SetWinHeader    :- Set Header of Window
        SetWinAttr      :- Set Attribute of Window background
        SetBoxAttr      :- Set Attribute of Box Window
        SetHeadAttr     :- Set Attribute of Header
        SetCharAttr     :- Set Attribute of Characterin Window
        SetWindow       :- Set Window Configuration
}

const Single    = 1;
      Double    = 2;
      Mix1      = 3;
      Mix2      = 4;

      Boxstyle        : byte              = Single;
      AttrOfBox       : byte              = cyan;
      AttrOfWindow    : byte              = magenta;
      AttrOfHeader    : byte              = red;
      AttrOfChar      : byte              = yellow;
      HeaderOfWindow  : string            ='';
      TypeOfBox       : array [1..4,1..8] of char =
                        ( ('ฤ','ณ','ณ','ฤ','','ฟ','ภ',''),
                          ('อ','บ','บ','อ','ษ','ป','ศ','ผ'),
                          ('อ','ณ','ณ','อ','ี','ธ','ี','พ'),
                          ('ฤ','บ','บ','ฤ','ิ','ท','ำ','ฝ')
                        );
var   ErrorWindow     : byte;

procedure WindowBox (X1,Y1,X2,Y2:Byte);
procedure WindowOpen(X1,Y1,X2,Y2:Byte);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure WindowClose;
procedure SetBoxStyle(Attrib :byte);
procedure SetBoxAttr (Attrib :byte);
procedure SetWinAttr (Attrib :byte);
procedure SetHeadAttr(Attrib :byte);
procedure SetCharAttr(Attrib :byte);
procedure SetWinHeader(St    :string);

implementation

Type ScreenLine  = array [1..80] of integer;
     ScreenArray = array [1..25] of Screenline;
     ScreenBlock = array [1..2000] of integer;
     WindowLink  = ^WindowControlBlock;
     WindowControlBlock = record
                            X1,Y1,X2,Y2    : integer; {Window boundaries }
                            X,Y            : integer; {Cursor location   }
                            ID             : byte;    {ID Number         }
                            Backlink       : Windowlink;
                            ScreenContents : ScreenBlock;
                          end;

var   ActiveWindow : Windowlink;
      ScreenPtr    : ^ScreenArray;
      FixedSize    : integer;
      WindowCount  : byte;

procedure WindowBox(X1,Y1,X2,Y2:Byte);
const  Top     = 1; Left    = 2;
       Right   = 3; Bottom  = 4;
       UpLeft  = 5; UpRight = 6;
       LoLeft  = 7; LoRight = 8;
var    X,Y   : byte;
begin
   Window(X1,Y1,X2,Y2);
   {SetAttr(AttrOfWindow);}
   ClrScr;
   Window (1,1,80,25);
   SetAttr(AttrOfBox);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    { Top }
    GotoXY (X1,Y1);
    Write(TypeOfBox[BoxStyle,Upleft]);
    FOR X  :=  X1+1 TO X2-1 DO begin
      Write (TypeOfBox[BoxStyle,Top]);
    end;
    Write(TypeOfBox[BoxStyle,UpRight]);
    { Sides }
    FOR Y  :=  Y1+1 TO Y2-1 DO begin
      GotoXy(X1,Y) ; Write(TypeOfBox[BoxStyle,Left]);  {Left  Side }
      GotoXy(X2,Y) ; Write(TypeOfBox[BoxStyle,Right]); {Right Side }
    end;
    { Bottom }
    GotoXY(X1,Y2);
    Write(TypeOfBox[BoxStyle,LoLeft]);
    FOR X  :=  X1+1 TO X2-1 DO
       Write(TypeOfBox[BoxStyle,Bottom]);
    Write(TypeOfBox[BoxStyle,LoRight]);
    { Make it the current Window and locate cursor to top}
    SetAttr(AttrOfHeader);
    GotoXY( (X1+X2-Length(HeaderOfWindow)) div 2,Y1);
    Write(HeaderOfWindow);
    Window(X1+1,Y1+1,X2-1,Y2-1);
    SetAttr(AttrOfChar);
end;   { Proc. BoxWin }

{
 PROCEDURE  WindowOpen
 PURPOSE  :- Make Window and draw box
 INPUT    :- Coordinate XY
 OUTPUT   :- none
}
procedure  WindowOpen(X1,Y1,X2,Y2:byte);
var Block          : WindowLink;
    Linelength,
    WindowSize,
    I              :integer;
    Y              : byte;
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
     LineLength := X2-X1+1;
 WindowSize     := LineLength*(Y2-Y1+1)*2+FixedSize;
 { Check Window Valid }
 if (X2>80) or (Y2>25) or (X2-X1<2) or (Y2-Y1<2) then
    ErrorWindow := 1
 else
   if (abs(MemAvail)<WindowSize) then
      ErrorWindow := 2
   else
      ErrorWindow := 0;
 if ErrorWindow = 0 then
    begin
      Getmem (Block,WindowSize);
      Block^.X1 := X1;
      Block^.X2 := X2;
      Block^.Y1 := Y1;
      Block^.Y2 := Y2;
      Block^.X := WhereX;
      Block^.Y := WhereY;
      Block^.Backlink := ActiveWindow;
      ActiveWindow    := Block;
      WindowCount     :=WindowCount+1;
      Block^.ID       :=WindowCount;
      I := 1;
      for Y := Y1 to Y2 do begin
          Move(ScreenPtr^[Y,X1],Block^.ScreenContents[I],LineLength*2);
          I := I+Linelength;
      end;
    WindowBox(X1,Y1,X2,Y2);
    TextBackground(blue);{******************}
    end;
end;
{
    PROCEDURE WindowClose
    PURPOSE  :- Remove Window
    INPUT    :- none
    OUTPUT   :- none
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure WindowClose;
var Block  :WindowLink;
    LineLength,
    WindowSize,
    I              :integer;
    Y              : byte;
begin
  if ActiveWindow <> nil then
  begin
     Block      := ActiveWindow;
     LineLength := Block^.X2-Block^.X1+1;
     WindowSize := LineLength*(Block^.Y2-Block^.Y1+1)*2+FixedSize;
     WindowCount:= WindowCount-1;
     I :=1;
     for Y:= Block^.Y1 to Block^.Y2 do begin
         Move(Block^.ScreenContents[I],ScreenPtr^[Y,Block^.X1],LineLength*2);
         I := I+ LineLength;
     end;
     ActiveWindow := Block^.Backlink;
     if ActiveWindow = nil then
        Window(1,1,80,25)
     else
         With ActiveWindow^ do Window(X1+1,Y1+1,X2-1,Y2-1);
     GotoXY(Block^.X,Block^.Y);
     FreeMem(Block,WindowSize);
  end;
end;


procedure InitWin;
var Mode :byte  absolute $0040:$0049;
begin
  ActiveWindow := nil;
  FixedSize    := SizeOf(WindowControlBlock)-SizeOf(ScreenBlock);
  if (Mode = 2) or (Mode = 3) then
     ScreenPtr := Ptr($B800,0)
  else
     ScreenPtr := Ptr($B000,0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น มีข้อห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Window (1,1,80,25);
  TextBackground(blue);
  WindowCount :=0;
end;

procedure SetBoxStyle(Attrib :byte);
begin
  BoxStyle := Attrib;
end;

procedure SetWinHeader(St :String);
begin
  HeaderOfWindow := St;
end;

procedure SetWinAttr(Attrib :byte);
begin
  AttrOfWindow :=Attrib;
end;

procedure SetBoxAttr(Attrib :byte);
begin
  AttrOfBox :=Attrib;
end;

procedure SetHeadAttr(Attrib :byte);
begin
  AttrOfHeader :=Attrib;
end;

procedure SetCharAttr(Attrib :byte);
begin
  AttrOfChar :=Attrib;
end;

begin
  InitWin;
end. { of unit }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
unit prt;
interface
uses crt,printer,slat;

procedure pps(Var kin: goo ; var Pom : hoo ;  var kot : ioo);

implementation

procedure pps(Var kin: goo ; var Pom : hoo ;  var kot : ioo);
begin
writeln(lst); writeln(lst);
writeln(lst,'   Faculty of Civil Engineering
                        ### KMITL ###');
writeln(lst,'  %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                        %%%%%%%%%%%');
writeln(lst,'                ===  PRESTRESSED TWO-WAY SLAB  ===   ');
writeln(lst,'  %%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
                        %%%%%%%%%%%');
writeln(lst);
writeln(lst,'              Length of Span X-X     (m)  :    ',pom[1]:8:2);
writeln(lst,'              Length of Span Y-Y     (m)  :    ',pom[2]:8:2);
writeln(lst,'                   Uniform load  (Kg/m^2):    ',pom[4]:8:2);
writeln(lst,'             Thickness of section     (cm) :    ',pom[7]:8:2);


writeln(lst,'               Spacing of Steel X-X     (cm) :    ',kot[2]:8:2);
writeln(lst,'             Eccentric of Steel X-X     (cm) :    ',kot[13]:8:2);
writeln(lst,'              Quantity of Steel X-X     (N)  :    ',kot[4]:8:2);
writeln(lst,'               Spacing of Steel Y-Y     (cm) :    ',kot[1]:8:2);
writeln(lst,'             Eccentric of Steel Y-Y     (cm) :    ',kot[14]:8:2);
writeln(lst,'              Quantity of Steel Y-Y     (N)  :    ',kot[3]:8:2);
writeln(lst,'                  Diameter of Steel     (mm) :    ',kin[2]*10:8:2);
writeln(lst,'                Strength of concrete   (ksc) :    ',kin[5]:8:2);
writeln(lst,'                    ****  Stress at Extreme Fiber ****    ');
writeln(lst,'              Top Fiber Stress  X-X    (ksc) :    ',kot[5]:8:2);
writeln(lst,'             Bottom Fiber Stress X-X   (ksc) :    ',kot[6]:8:2);
writeln(lst,'              Top Fiber Stress  Y-Y    (ksc) :    ',kot[7]:8:2);
```

ลิขสิทธิ์ของเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
writeln(lst);
writeln(lst,'          ************************************************  ');
end;

end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure setgraph;
var gd,gm:integer;
begin
  clrscr;
  gd:=detect;
  initgraph(gd,gm,'');
  if graphresult <> grok then
  begin
    write('Graphics error:',grapherrormsg(graphresult));readln;halt(1);
  end;
end;

procedure del(x1,y1,x2,y2:integer);   {procedure clear block}
begin
  setviewport(x1,y1,x2,y2,true);
  clearviewport;
  setviewport(0,0,getmaxx,getmaxy,true);
end;

procedure vdel(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
  if gt = '1' then begin x1:= trunc(x1*0.89); x2:= trunc(x2*0.89);
                         y1:= trunc(y1*1.37); y2:= trunc(y2*1.37);  end;
  del(x1,y1,x2,y2);
end;

procedure li(x,y,v,d:integer); {v:1 vertical,d:distance}
begin
  setlinestyle(0,0,1);
  vmoveto(x,y);
  if v=1 then
  begin
    vlinerel(0,d); vline(x,y,x+3,y+4); vline(x,y,x-3,y+4);
    vline(x,y+d,x+3,y+d-4); vline(x,y+d,x-3,y+d-4);
  end else
  begin
    vlinerel(d,0); vline(x,y,x+5,y+2); vline(x,y,x+5,y-2);
    vline(x+d,y,x+d-5,y+2); vline(x+d,y,x+d-5,y-2);
  end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;


     procedure dimline(x,y,t,sx,sy:integer); {use for pic.2,3,4,6}
     begin
         setlinestyle(0,0,1);
    {bt} vline(x,y-15,x,y-9);                                    {|}
         vline(x+sx*20,y-15,x+sx*20,y-9);                        {|}
         vmoveto(x-sx*10,y-22);  outtext('b');                   {b}
         li(x+1        ,y-12       ,0,sx*20-2);
    {tt} vline(x-12-sx*20+19,y,x+20+sx*20+25,y);                      {-}
         vline(x-12+sx*20+19,y+sy*5,x+sx*20+25,y+sy*5);          {-}
         vmoveto(x-sx*20+10,y+sy*2);outtext('t');                {t}
         li(x+sx*20+22,y+1         ,1,sy*5-2);
    {tb} vline(x-12+sx*20+19,y+sy*17,x+sx*20+25,y+sy*17);        {-}
         vline(x-12+sx*20+19,y+sy*22,x+20+sx*20+25,y+sy*22);     {-}
         vmoveto(x+sx*20+10,y+sy*19);outtext('t');               {t}
    •    li(x+sx*20+22,y+sy*17+1     ,1,sy*5-2);
         vmoveto(x+5+sx*20+40,y+sy*11);outtext('h');             {h}
         li(x-12+sx*20+50,y+1        ,1,sy*22-2);
    {b'} vmoveto(x+sx*9,y+sy*11+5);outtext('b''');               {b'}
         li(x+sx*8+1,y+sy*11,0,sx*4-2);
     end;


procedure section(x,y,t,sx,sy:integer);
begin
setlinestyle(0,0,3);
vline(x+sx*8,y+sy*5,x+sx*8,y+sy*17);
vline(x+sx*12,y+sy*5,x+sx*12,y+sy*17);
case t of
 1: begin
     vline(x+sx*8 ,y+sy*17,x+sx*8 ,y+sy*22);
     vline(x+sx*8 ,y+sy*22,x+sx*12,y+sy*22);
     vline(x+sx*12,y+sy*22,x+sx*12,y+sy*17);
     vline(x      ,y      ,x+sx*20,y      );
     vline(x      ,y+sy*5 ,x+sx*8 ,y+sy*5 );
     vline(x+sx*12,y+sy*5 ,x+sx*20,y+sy*5 );
     vline(x      ,y      ,x      ,y+sy*5 );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      vline(x+sx*20,y       ,x+sx*20,y+sy*5 );
      setlinestyle(0,0,1);
    {b}  vline(x,y-15,x,y-9);                                   {|}
         vline(x+sx*20,y-15,x+sx*20,y-9);                       {|}
         vmoveto(x+sx*10,y-22);outtext('b');                    {b}
         li(x+1        ,y-12       ,0,sx*20-2);
    {tt} vline(x-12+sx*20+19,y,x+20+sx*20+25,y);                        {-}
         vline(x-12+sx*20+19,y+sy*5,x+sx*20+25,y+sy*5);             {-}
         vmoveto(x+sx*20+10,y+sy*2);outtext('t');               {t}
         li(x+sx*20+22,y+1         ,1,sy*5-2);
         vline(x-12+sx*20+19,y+sy*22,x+20+sx*20+25,y+sy*22);    {-}
         vmoveto(x+5+sx*20+40,y+sy*11); outtext('h');                   {h}
         li(x-12+sx*20+50,y+1         ,1,sy*22-2);
    {b'1}vline(x+sx*8,y+sy*22+9,x+sx*8,y+sy*22+15);             {|}
         vline(x+sx*12,y+sy*22+9,x+sx*12,y+sy*22+15);           {|}
         vmoveto(x+sx*9,y+sy*22+17); outtext('b'' ');                   {b'}
         li(x+sx*8+1   ,y+sy*22+12 ,0,sx*4-2);
     end;
  2: begin
       vline(x+sx*7 ,y+sy*17,x+sx*7 ,y+sy*22);
       vline(x+sx*7 ,y+sy*22,x+sx*13,y+sy*22);
       vline(x+sx*13,y+sy*22,x+sx*13,y+sy*17);
       vline(x       ,y       ,x+sx*20,y       );
       vline(x       ,y+sy*5 ,x+sx*8 ,y+sy*5 );
       vline(x+sx*12,y+sy*5 ,x+sx*20,y+sy*5 );
       vline(x       ,y       ,x       ,y+sy*5 );
       vline(x+sx*20,y       ,x+sx*20,y+sy*5 );
       vline(x+sx*7 ,y+sy*17,x+sx*8 ,y+sy*17);
       vline(x+sx*12,y+sy*17,x+sx*13,y+sy*17);
          dimline(x,y,t,sx,sy);
    {0.3b} vline(x+sx*7,y+sy*22+9,x+sx*7,y+sy*22+15);           {|}
           vline(x+sx*13,y+sy*22+9,x+sx*13,y+sy*22+15);         {|}
           vmoveto(x+sx*8,y+sy*22+17);outtext('0.3b ');
           li(x+sx*7+1   ,y+sy*22+12 ,0,sx*6-2);
    end;
  3: begin
       vline(x+sx*5 ,y+sy*17,x+sx*5 ,y+sy*22);
       vline(x+sx*5 ,y+sy*22,x+sx*15,y+sy*22);
       vline(x+sx*15,y+sy*22,x+sx*15,y+sy*17);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      vline(x       ,y       ,x+sx*20,y       );
      vline(x       ,y+sy*5  ,x+sx*8  ,y+sy*5 );
      vline(x+sx*12,y+sy*5   ,x+sx*20,y+sy*5 );
      vline(x       ,y       ,x       ,y+sy*5 );
      vline(x+sx*20,y        ,x+sx*20,y+sy*5 );
      vline(x+sx*5  ,y+sy*17,x+sx*8  ,y+sy*17);
      vline(x+sx*12,y+sy*17,x+sx*15,y+sy*17);
        dimline(x,y,t,sx,sy);
    {0.5b}vline(x+sx*5,y+sy*22+9,x+sx*5,y+sy*22+15);    {!}
          vline(x+sx*15,y+sy*22+9,x+sx*15,y+sy*22+15);  {!}
          vmoveto(x+sx*8,y+sy*22+17);outtext('0.5b ');
          li(x+sx*5+1   ,y+sy*22+12 ,0,sx*10-2);
   end;
 4: begin
      vline(x+sx*3  ,y+sy*17,x+sx*3  ,y+sy*22);
      vline(x+sx*3  ,y+sy*22,x+sx*17,y+sy*22);
      vline(x+sx*17,y+sy*22,x+sx*17,y+sy*17);
      vline(x       ,y       ,x+sx*20,y       );
      vline(x       ,y+sy*5  ,x+sx*8  ,y+sy*5 );
      vline(x+sx*12,y+sy*5   ,x+sx*20,y+sy*5 );
      vline(x       ,y       ,x       ,y+sy*5 );
      vline(x+sx*20,y        ,x+sx*20,y+sy*5 );
      vline(x+sx*3  ,y+sy*17,x+sx*8  ,y+sy*17);
      vline(x+sx*12,y+sy*17,x+sx*17,y+sy*17);
        dimline(x,y,t,sx,sy);
    {0.7b}vline(x+sx*3,y+sy*22+9,x+sx*3,y+sy*22+15);    {!}
          vline(x+sx*17,y+sy*22+9,x+sx*17,y+sy*22+15);  {!}
          vmoveto(x+sx*8,y+sy*22+17); outtext('0.7b ');
          li(x+sx*3+1   ,y+sy*22+12 ,0,sx*14-2);
   end;
 5: begin
      vline(x       ,y+sy*17,x       ,y+sy*22);
      vline(x       ,y+sy*22,x+sx*20,y+sy*22);
      vline(x+sx*20,y+sy*22,x+sx*20,y+sy*17);
      vline(x+sx*7  ,y       ,x+sx*13,y       );
      vline(x+sx*7  ,y+sy*5  ,x+sx*8  ,y+sy*5 );
      vline(x+sx*12,y+sy*5   ,x+sx*13,y+sy*5 );
      vline(x+sx*7  ,y       ,x+sx*7  ,y+sy*5 );
      vline(x+sx*13,y        ,x+sx*13,y+sy*5 );
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      vline(x       ,y+sy*17,x+sx*8  ,y+sy*17);
      vline(x+sx*12,y+sy*17,x+sx*20,y+sy*17);
        setlinestyle(0,0,1);
   {tt} vline(x-12+sx*20+19,y,x+20+sx*20+25,y);                    {-}
        vline(x-12+sx*20+19,y+sy*5,x+sx*20+25,y+sy*5);        {-}
        vmoveto(x+sx*20+10,y+sy*2);outtext('t');                  {t}
        li(x+sx*20+22,y+1        ,1,sy*5-2);
   {tb} vline(x-12+sx*20+19,y+sy*17,x+sx*20+25,y+sy*17);      {-}
        vline(x-12+sx*20+19,y+sy*22,x+20+sx*20+25,y+sy*22);      {-}
        vmoveto(x+sx*20+10,y+sy*19);outtext('t');                 {t}
        li(x+sx*20+22,y+sy*17+1     ,1,sy*5-2);
        vmoveto(x+5+sx*20+40,y+sy*11);outtext('h');                 {h}
        li(x-12+sx*20+50,y+1        ,1,sy*22-2);
   {b'} vmoveto(x+sx*9,y+sy*11+5);outtext('b''');                 {b'}
        li(x+sx*8+1,y+sy*11,0,sx*4-2);
   {bb} vline(x,y+sy*22+9,x,y+sy*22+15);                        {|}
        vline(x+sx*20,y+sy*22+9,x+sx*20,y+sy*22+15);       {|}
        vmoveto(x+sx*10,y+sy*22+17);outtext('b');                {b}
        li(x+1       ,y+sy*22+12       ,0,sx*20-2);
 {0.3b}vline(x+sx*7,y-15,x+sx*7,y-9);       {|}
        vline(x+sx*13,y-15,x+sx*13,y-9);   {|}
        vmoveto(x+sx*8,y-22);outtext('0.3b ');
        li(x+sx*7+1  ,y-12 ,0,sx*6-2);
    end;
6: begin
      vline(x       ,y+sy*17,x       ,y+sy*22);
      vline(x       ,y+sy*22,x+sx*20,y+sy*22);
      vline(x+sx*20,y+sy*22,x+sx*20,y+sy*17);
      vline(x       ,y       ,x+sx*20,y       );
      vline(x       ,y+sy*5  ,x+sx*8 ,y+sy*5  );
      vline(x+sx*12,y+sy*5  ,x+sx*20,y+sy*5  );
      vline(x       ,y       ,x       ,y+sy*5  );
      vline(x+sx*20,y       ,x+sx*20,y+sy*5  );
      vline(x       ,y+sy*17,x+sx*8  ,y+sy*17);
      vline(x+sx*12,y+sy*17,x+sx*20,y+sy*17);
        dimline(x,y,t,sx,sy);
   {bb} vline(x,y+sy*22+9,x,y+sy*22+15);                        {|}
      vline(x+sx*20,y+sy*22+9,x+sx*20,y+sy*22+15);       {|}
      vmoveto(x+sx*10,y+sy*22+17);outtext('b');                {b}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      li(x+1        ,y+sy*22+12       ,0,sx*20-2);

            {*box section*}
     setlinestyle(0,0,3);
     vrectangle(x+40+sx*30,y,x+40+sx*50,y+sy*22);
     vrectangle(x+40+sx*33,y+sy*4,x+40+sx*47,y+sy*18);
     setlinestyle(0,0,1);
  {tt} vline(x+28+sx*50+19,y,x+74+sx*50+25,y);                    {-}
       vline(x+28+sx*50+19,y+sy*5,x+42+sx*50+25,y+sy*5);          {-}
       vmoveto(x+40+sx*50+10,y+sy*2);outtext('t');                   {t}
       li(x+40+sx*50+22,y+1        ,1,sy*5-2);
  {tb} vline(x+28+sx*50+19,y+sy*17,x+42+sx*50+25,y+sy*17);        {-}
       vline(x+28+sx*50+19,y+sy*22,x+74+sx*50+25,y+sy*22);        {-}
       vmoveto(x+40+sx*50+10,y+sy*19);outtext('t');                  {t}
       li(x+40+sx*50+22,y+sy*17+1     ,1,sy*5-2);
       vmoveto(x+60+sx*50+40,y+sy*11);outtext('h');                  {h}
       li(x+40+sx*50+50,y+1        ,1,sy*22-2);
  {bb} vline(x+40+30*sx,y+sy*22+9,x+40+sx*30,y+sy*22+15);
       vline(x+40+sx*50,y+sy*22+9,x+40+sx*50,y+sy*22+15);         {-}
       vmoveto(x+40+sx*40,y+sy*22+17);outtext('b');                  {b}
       li(x+40+sx*30+1       ,y+sy*22+12       ,0,sx*20-2);
{0.5b'}vmoveto(x+30+40+sx*42,y+sy*11);outtext('0.5b'');
     end;
   end;{case}
end;


procedure tablegraph(var table,nt:integer;var b:bl;var c:cl;
          var bf,bv,tf,cb,ct,kb,kt,e,la,rii:real;var h:high;var gt:char);
var a:text;
    i,j,ec,t,line0:integer;
    lm:array[1..6]of integer;
    boo:boolean;
  procedure call;
  var i:integer;
  begin
    if gt ='2' then
    begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
del(50,32,715,299);
setcolor(14);setbkcolor(1);cleardevice;
case t of
1:begin moveto(80,35);
      outtext('Table-1   Constant for T-Sections');end;
2:begin moveto(80,35);
      outtext('Table-2   Constant for I-Sections');end;
3:begin moveto(80,35);
      outtext('Table-3   Constant for I-Sections');end;
4:begin moveto(80,35);
      outtext('Table-4   Constant for I-Sections');end;
5:begin moveto(80,35);
      outtext('Table-5   Constant for I-Sections');end;
6:begin moveto(80,35);
      outtext('Table-6   Constant for Symmetrical I- and Box-Sections');end;
end;  {case}
moveto(80,39);    for i:=1 to 72 do outtext('_');
moveto(80,55);outtext('Section  b''/b t/h   A     c       c       I       r
settextjustify(0,0);    settextstyle(2,0,4);
moveto(248,56); outtext('a');
moveto(302,56); outtext('b');
moveto(366,56); outtext('b');
moveto(432,56); outtext('c');
moveto(496,56); outtext('2d');
moveto(574,56); outtext('b');
moveto(630,56); outtext('b');
settextjustify(0,1);    settextstyle(2,0,3);
moveto(297,61); outtext('b');
moveto(361,61); outtext('t');
moveto(569,61); outtext('t');
moveto(625,61); outtext('b');
settextjustify(0,2);
settextstyle(0,0,1);
moveto(80,63);    for i:=1 to 72 do outtext('_');
for i:=1 to lm[t] do
begin
  moveto(80,74+(i-1)*10); outtext(data[t,i]);
end;
section(450,228,t,3,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if t =1 then
    begin
      moveto(64,280); outtext('* 1-m  for Rectangular Sections *');
      moveto(64,194); outtext('*');
    end;
  end else
  begin
    del(35,40,635,410);
    case t of
    1:begin moveto(45,55);
          outtext('Table-1   Constant for T-Sections');end;
    2:begin moveto(45,55);
          outtext('Table-2   Constant for I-Sections');end;
    3:begin moveto(45,55);
          outtext('Table-3   Constant for I-Sections');end;'
    4:begin moveto(45,55);
          outtext('Table-4   Constant for I-Sections');end;
    5:begin moveto(45,55);
          outtext('Table-5   Constant for I-Sections');end;
    6:begin moveto(45,55);
          outtext('Table-6   Constant for Symmetrical I- and Box-Sections');end;
    end;
    moveto(45,61);    for i:=1 to 72 do outtext('_');
    moveto(45,94);    for i:=1 to 72 do outtext('_');
    moveto(45,82);outtext('Section   b/b t/h   A     c       c         I         r
    settextjustify(0,0);    settextstyle(2,0,4);
    moveto(134,90); outtext('''');
    moveto(214,84); outtext('a');
    moveto(268,84); outtext('b');
    moveto(332,84); outtext('b');
    moveto(398,84); outtext('c');
    moveto(463,84); outtext('2d');
    moveto(539,84); outtext('b');
    moveto(596,84); outtext('b');
    settextjustify(0,1);    settextstyle(2,0,3);
    moveto(263,91); outtext('b');
    moveto(327,91); outtext('t');
    moveto(535,91); outtext('t');
    moveto(591,91); outtext('b');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      settextjustify(0,2);
      settextstyle(0,0,1);
      for i:=1 to lm[t] do
      begin
      moveto(45,110+(i-1)*13); outtext(data[t,i]);
      end;
      section(400,228,t,3,2);
      if t =1 then
      begin
        moveto(64,290); outtext('* 1-m  for Rectangular Sections ');
        moveto(36,267); outtext('*');
      end;
    end;
  end;


begin
  for t:=1 to 6 do
  begin
    case t of
      1:assign(a,'1.');
      2:assign(a,'2.');
      3:assign(a,'3.');
      4:assign(a,'4.');
      5:assign(a,'5.');
      6:assign(a,'6.');
    end;
    reset(a);
    lm[t]:=0;
    repeat  readln(a); lm[t]:=lm[t]+1; until eof(a);
    reset(a);
    for j:=1 to lm[t] do
    begin
      read(a,b[t,j]);
      for i:=1 to 9 do read(a,c[t,j,i]);readln(a);
    end;
    reset(a);
    for j:=1 to lm[t] do
    begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    readln(a,data[t,j]);
    end;
    close(a);
  end;
  t:=1;
  sethkcolor(1);setcolor(14);cleardevice;
  vrectangle(0,0,719,300);
  settextjustify(1,1);   settextstyle(1,0,2);
  vmoveto(360,15); outtext('CONSTANTS FOR BEAM SECTIONS');
  settextjustify(0,2);   settextstyle(0,0,1);
  vmoveto(150,310);outtext('  Press <space bar> to see other section.  ');
  vmoveto(150,330);outtext('  Press < Enter > to choose this section.');
  call;
  repeat
  vmoveto(400,310);
  repeat ch:=readkey; until ch in[' ',#13];
  if ch=' ' then
  begin
    t:=t+1;
    if t=7 then t:=1;
    call;
  end;
  until ch=#13;
  vdel(150,310,550,340);
  vmoveto(198,330);outtext('  Enter the section that you want ?      ');
  repeat
    boo:=false;
    vmoveto(500,330);
    ch:=readkey;ch:=upcase(ch);
    case t of
      1  :if ch in ['A'..'M'] then boo:=true;
      2,5:if ch in ['A'..'F'] then boo:=true;
      3,4:if ch in ['A'..'I'] then boo:=true;
      6  :if ch in ['A'..'L'] then boo:=true;
    end;
  until boo;
  outtext(ch);
  line0:=ord(ch)-64;
  nt:= t;
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  closegraph;
{show result from table}
        bf := ac[3]/((c[t,line0,3])*h[3]);          {i3}
        bv := c[t,line0,1]*bf;                      {i1}
        tf := c[t,line0,2]*h[3];                    {i2}
        cb := c[t,line0,4]*h[3];                    {i4}
        ct := c[t,line0,5]*h[3];                    {i5}
        Ia := (c[t,line0,6]*bf*h[3]*h[3]*h[3]);     {i6}
        rii := (c[t,line0,7]*h[3]*h[3]);            {i7}
        kt := c[t,line0,8]*h[3];                    {i8}
        kb := c[t,line0,9]*h[3];                    {i9}
  setgraph;   setbkcolor(1);setcolor(14);cleardevice;
  vmoveto(180,50);outtext('Area from preliminary design   := ');
  outreal(ac[3],396,50);
  vmoveto(180,60);outtext('Depth from preliminary design  := ');
  outreal(h[3],396,60);
  vline(170,70,540,70);
  vmoveto(180,80);outtext('  Width of Flange          <b>  := ');
  outreal(bf,380,80);
  vmoveto(180,90);outtext('  Width of Web             <b''>  := ');
  outreal(bv,380,90);
  vmoveto(180,100);outtext('  Thickness of Flange     <t>  := ');
  outreal(tf,380,100);
  vmoveto(180,110);outtext('  C for bottom            <cb> := ');
  outreal(cb,380,110);
  vmoveto(180,120);outtext('  C fot top               <ct> := ');
  outreal(ct,380,120);
  vmoveto(180,130);outtext('  Lower Kern point        <kb> := ');
  outreal(kb,380,130);
  vmoveto(180,140);outtext('  Upper Kern point        <kt> := ');
  outreal(kt,380,140);
  vmoveto(180,160);outtext('  Moment of Inertia        <I> := ');
  outreal(Ia,428,150);
  vmoveto(180,160);outtext('  Radius of Gyration      <r^2> := ');
  outreal(rii,380,160);
    vline(170,170,540,170);
  section(260,210,t,6,4);
  readln;
  restorecrtmode;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    if (bf <= h[3]/7) or (bf >= 0.75*h[3]) then
    begin
    textbackground(12);clrscr;
    windowopen(13,8,70,17);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
    writeln;
    writeln('                    < NOT RECOMMEND >');
    writeln;
    writeln('      Dimentions between Depth and Width of Section ');
    writeln('                  are not Proprotional ');
    writeln;
    writeln('    * Please go back to Menu to choose a new section *');
    ch:=readkey;
    windowclose;
    end else begin
    textbackground(2);clrscr;
    windowopen(13,10,70,17);textbackground(0);clrscr;textcolor(11);
    writeln;
    writeln('     Dimentions between Depth and Width of Section');
    writeln('                  are Proprotional ');
    writeln;
    writeln('            = Press any key to continue =');
    ch := readkey;
    windowclose; textbackground(1);
    end;

end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure msteel(var qe:q1;var re:r1;var ac:area;var fi:stress;
                 var ln:integer;var gt:char;var lo:real;var ox:char);
var    i,j,k :integer;
           p :text;
       oy :char;
       tab   :array[1..12] of string[75];
         gra : string[5];
begin
 setbkcolor(1);setcolor(14);cleardevice;
 assign(p,'st.');
 reset(p);
 for j:=1 to 6 do
   begin
   read(p,qe[j]);
   for i:= 1 to 5 do   read(p,re[j,i]);
   readln(p);
   end;
   reset(p);
  for j:= 1 to 12 do
   begin
   readln(p,tab[j]);
   end;
   close(p);
  vrectangle(30,0,690,190);
  settextjustify(1,1);
  settextstyle(1,0,2);
  vmoveto(360,15);outtext('PRESTRESSED STRANDS SPECIFICATION');
  vline(30,35,690,35);
  vline(30,100,690,100);
  settextjustify(0,2);
  settextstyle(0,0,1);
  for k:=1 to 6 do
    vline(95+(k-1)*100,35,95+(k-1)*100,190);
    vmoveto(10,65);outtext('    Grade ');
    vmoveto(100,65);  outtext('  Notation');
    vmoveto(200,45);  outtext('  Nominal');
    vmoveto(200,55);  outtext('  Diameter');
    vmoveto(200,65);  outtext(' of Strand');
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  vmoveto(200,85);  outtext('    mm    ');
  vmoveto(300,45);  outtext('  Nominal ');
  vmoveto(300,55);  outtext('  Area of ');
  vmoveto(300,65);  outtext('  Strand ');
  vmoveto(300,85);  outtext('    mm   ');
  vmoveto(400,45);  outtext('  Nominal');
  vmoveto(400,55);  outtext('   Weight');
  vmoveto(400,65);  outtext(' of Strand');
  vmoveto(400,85);  outtext(' kg/1000 m');
  vmoveto(500,45);  outtext('  Minimum ');
  vmoveto(500,55);  outtext(' Breaking ');
  vmoveto(500,65);  outtext(' Strength');
  vmoveto(500,75);  outtext(' of Strand');
  vmoveto(500,85);  outtext('    kg    ');
  vmoveto(600,45);  outtext('  Minimum');
  vmoveto(600,55);  outtext('   Yeild ');
  vmoveto(600,65);  outtext(' Strength');
  vmoveto(600,75);  outtext('of Strand');
  vmoveto(600,85);  outtext('    kg');
  vmoveto(31,122);  outtext('  250K');
  vmoveto(31,167);  outtext('  270K');
  vline(30,145,690,145);
for j:= 1 to 3 do
begin  vmoveto(120,110+(j-1)*10);
       if gt='2' then outtext(tab[j]) else outtext(tab[j+6]);  end; {data}
for j:= 4 to 6 do
begin  vmoveto(120,115+(j)*10);
       if gt='2' then outtext(tab[j]) else outtext(tab[j+6]);  end; {data}
  vmoveto(160,220);
  outtext('      Choose grade of prestressed steel   ');
  vmoveto(160,240);
  outtext('                  <1> 250K.    <2> 270K.  :   ');
repeat ox:=readkey; until ox in ['1','2'];
  vmoveto(560,240);
  outtext(ox);delay(500);
case ox of
'1': begin
       gra := '250 K';
       vmoveto(160,260);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      outtext('Choose the notation of prestressed steel     ');
      vmoveto(160,280);
   outtext('    <1>SPC-9A   <2>SPC-12A   <3>SPC-15A  :    ');
    repeat oy:=readkey; until oy in ['1','2','3'];
   vmoveto(560,280);
   outtext(oy); delay(500);
      case oy of
      '1': ln :=1;
      '2': ln :=2;
      '3': ln :=3;
      end; {case oy}
      fi[6] := 17575;
      end;
 '2': begin
       gra := '270 K';
       vmoveto(160,260);
       outtext('Choose the notation of prestressed steel     ');
       vmoveto(160,280);
   outtext('    <1>SPC-9B   <2>SPC-12B   <3>SPC-15B  : ');
    repeat  oy:= readkey; until oy in ['1','2','3'];
   vmoveto(560,280);
   outtext(oy);  delay(500);
      case oy of
      '1': ln :=4;
      '2': ln :=5;
      '3': ln :=6;
      end;{case oy}
    fi[6] := 18980;
    end;
  end; {*case ox*}
 fi[18]:= 0.7*fi[6];              {fsi}
 fi[4] := (1-(lo/100))*fi[18];  {fse lo=loss}

 restorecrtmode;
windowclose;
textbackground(1);clrscr;
windowopen(8,7,71,19);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
 writeln('                    ==========  Steel  ==========');
 writeln('                          Grade          :       ',gra);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  writeln('                    Notation              :    ',qe[ln]);
  writeln('           Diameter of Strand     (mm)    :    ',re[ln,1]:8:2);
  writeln('              Area of Strand   (sqrmm)    :    ',re[ln,2]:8:2);
  writeln('            Weight of Strand (kg/1000m)   :    ',re[ln,3]:8:2);
  writeln('     Tensile stress..at ultimate (ksc)    :    ',fi[6]:8:2);
  writeln('     Tensile stress..at initial  (ksc)    :    ',fi[18]:8:2);
  writeln('     Tensile Stress..after loss  (ksc)    :    ',fi[4]:8:2);
  ch :=readkey;
 windowclose;

end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure rec1;
begin
  setcolor(14);setbkcolor(1);
  settextjustify(1,1);
  settextstyle(1,0,2);
  vmoveto(350,15); outtext('BEAM WITH HINGED SUPPORT');
  vrectangle(0,5,719,30);
  vrectangle(0,30,719,270);
  vrectangle(180,30,540,270);
  vline(360,30,360,270);
  vline(0,150,719,150);
end;
procedure rec2;
begin
  vrectangle(140,5,580,30);
  vrectangle(140,30,580,270);
  vline(140,150,580,150);
  vline(360,30,360,270);
end;

procedure rec3;
begin
  vrectangle(120,5,600,30);
  vrectangle(120,30,600,270);
  vline(120,150,600,150);
  vline(360,30,360,270);
end;

procedure gr1;
var k,i : integer;
begin
  rec1;
  for i:=0 to 3 do
  begin
    setlinestyle(0,0,3);
    vline(30+180*i,120,150+180*i,120);
    setlinestyle(0,0,1);
    vline(30+180*i,90,150+180*i,90);
    vline(30+180*i,87,30+180*i,92);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    vline(150+180*i,87,150+180*i,92);
    vline(25+180*i,127,30+180*i,122);
    vline(30+180*i,122,35+180*i,127);
    vline(35+180*i,127,25+180*i,127);
    vline(145+180*i,127,150+180*i,122);
    vline(150+180*i,122,155+180*i,127);
    vline(155+180*i,127,145+180*i,127);
    case i of 0:ch:='1';1:ch:='2';2:ch:='3';3:ch:='4';end;
    settextstyle(1,0,2);
    vmoveto(40+180*i,40); outtext(ch);
    settextstyle(0,0,1);
    vmoveto(90+180*i,80); outtext('1');
  end;
  for i:=0 to 2 do
  begin
    setlinestyle(0,0,3);
    vline(30+180*i,240,150+180*i,240);
    setlinestyle(0,0,1);
    vline(30+180*i,210,150+180*i,210);
    vline(30+180*i,207,30+180*i,212);
    vline(150+180*i,207,150+180*i,212);
    vline(25+180*i,247,30+180*i,242);
    vline(30+180*i,242,35+180*i,247);
    vline(35+180*i,247,25+180*i,247);
    vline(145+180*i,247,150+180*i,242);
    vline(150+180*i,242,155+180*i,247);
    vline(155+180*i,247,145+180*i,247);
    settextstyle(0,0,1);
    vmoveto(90+180*i,200); outtext('1');
    settextstyle(1,0,2);
    case i of 0:ch:='5';1:ch:='6';2:ch:='7';end;
    vmoveto(40+180*i,160); outtext(ch);
    settextstyle(0,0,1);
  end;

{1}
  setlinestyle(0,0,1);
  vline(30,110,150,110);
  for k :=1 to 13 do
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  vline(20+10*k,110,20+10*k,120);
{2}
  setlinestyle(0,0,1);
  vline(210,118,330,105);
  for i := 0 to 12 do
 -vline(210+i*10,120,210+i*10,120-(5*i) div 4);

{3}
  vline(386,120,450,102);
  vline(450,102,512,120);
  for i := 0 to 6 do
  vline(390+i*10,120,390+i*10,120-(3*i));
  for i := 5 downto 1 do
  vline(450+(6-i)*10,120,450+(6-i)*10,120-(3*i));
{4}
  vline(630,95,630,118);
  vline(630,118,627,115);
  vline(630,118,633,115);
  vmoveto(637,100); outtext('P');
{5}
  vline(70,215,70,238);
  vline(70,238,67,234);
  vline(70,238,73,234);
  vmoveto(77,222); outtext('P');
  vmoveto(51,235); outtext('a');
  vmoveto(112,235);outtext('b');
{6}
  for i:= 0 to 1 do
     begin
 - vline(250+40*i,215,250+40*i,238);
  vline(250+40*i,238,247+40*i,234);
  vline(250+40*i,238,253+40*i,234);
  vmoveto(257+40*i,222); outtext('P');
  vmoveto(230,235);  outtext('a');
  vmoveto(310,235);  outtext('a');
      end;
{7}
  for i := 0 to 1 do
     begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  vline(415+55*i,215,415+55*i,238);
  vline(415+55*i,238,412+55*i,234);
  vline(415+55*i,238,418+55*i,234);
  vmoveto(422+55*i,222);  outtext('P');
  vmoveto(400,235);       outtext('a');
  vmoveto(485,235);       outtext('b');
      end;
end;


procedure fix1;
const wh:fillpatterntype=($88,$11,$22,$44,$88,$11,$22,$44);
 begin
   setfillpattern(wh,14);
   setfillstyle(12,0);
   setlinestyle(0,0,3);
        vline(175+220*i,115,325+220*i,115);
        setlinestyle(0,0,1);
        vline(305+220*i,100,305+220*i,130);
        vline(175+220*i,75,305+220*i,75);
        vline(175+220*i,72,175+220*i,78);
        vline(305+220*i,72,305+220*i,78);
        vbar(306+220*i,100,325+220*i,113);
        vbar(306+220*i,117,325+220*i,130);
        settextstyle(0,0,1);
        vmoveto(240+220*i,71); outtext('I');
  end;
   procedure fix2;
   begin
   setlinestyle(0,0,3);
   vline(175,235,325,235);
   setlinestyle(0,0,1);
   vline(305,220,305,250);
   vline(175,195,305,195);
   vline(175,192,175,198);
   vline(305,192,305,198);
   vbar(306,220,325,233);
   vbar(306,237,325,250);
    settextstyle(0,0,1);
```

เอกสารนี้มีลิขสิทธิ์ ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
 vmoveto(240,191); outtext('1');
end;
procedure fix3;
begin
    begin
      setlinestyle(0,0,3);
      vline(175+240,115,325+240,115);
      setlinestyle(0,0,1);
      vline(305+240,100,305+240,130);
      vline(175+240,75,305+240,75);
      vline(175+240,72,175+240,78);
      vline(305+240,72,305+240,78);
      vbar(306+240,100,325+240,113);
      vbar(306+240,117,325+240,130);
      settextstyle(0,0,1);
      vmoveto(240+240,71); outtext('1');
   end;
end;
  procedure load8;
    begin
    {8,11,14}
    vline(175,105,305,105);
    for i:= 0 to 13 do
    vline(175+10*i,105,175+10*i,115);
    vmoveto(240,100); outtext('w1');
    end;
  procedure load9;
    begin
    {9,12}
    vline(460,92,460,112);
    vline(460,112,457,109);
    vline(460,112,463,109);
    vmoveto(471,98); outtext('P');
    end;
   procedure  load10;
    begin
    {10,13,15}
    vline(225,212,225,232);
    vline(225,232,222,229);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      vline(225,232,228,229);
      vmoveto(236,218); outtext('P');
      vmoveto(200,230); outtext('a');
      vmoveto(265,230); outtext('b');
      end;

procedure gr2;
  begin
    settextjustify(1,1);
    settextstyle(1,0,2);
    vmoveto(360,15);outtext('BEAM WITH FIXED SUPPORT ONE END');
     rec2;
        vmoveto(174,40); outtext('8');
        vmoveto(394,40); outtext('9');
        vmoveto(174,160);outtext('10');
     for i:= 0 to 1 do
      fix1;
      fix2;
       for i:= 0 to 1 do
       begin
       vline(170+220*i,122,175+220*i,117);
       vline(175+220*i,117,180+220*i,122);
       vline(180+220*i,122,170+220*i,122);
       end;
  vline(170,242,175,237);
  vline(175,237,180,242);
  vline(180,242,170,242);
      load8;
      load9;
      load10;
end;


procedure gr3;
begin
     settextjustify(1,1);
     settextstyle(1,0,2);
     vmoveto(360,15);outtext('BEAM WITH FIXED SUPPORT BOTH END');
   rec3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      vmoveto(154,40);  outtext('11');
      vmoveto(394,40);  outtext('12');
      vmoveto(154,160); outtext('13');
    i := 0;
      fix1;
         vline(175,100,175,130);
         setlinestyle(0,0,3);
         vline(175,115,155,115);
         vbar(155,100,174,113);
         vbar(155,117,174,130);

      fix3;
        vline(175+240,100,175+240,130);
         setlinestyle(0,0,3);
         vline(175+240,115,155+240,115);
         vbar(155+240,100,174+240,113);
         vbar(155+240,117,174+240,130);

      fix2;
        vline(175,100+120,175,130+120);
         setlinestyle(0,0,3);
         vline(175,115+120,155,115+120);
         vbar(155,100+120,174,113+120);
         vbar(155,117+120,174,130+120);
   setlinestyle(0,0,1);
   load8;
      vline(480,92,480,112);
      vline(480,112,477,109);
      vline(480,112,483,109);
      vmoveto(491,98); outtext('P');
   load10;


end;

  procedure gr4;
  begin
     settextjustify(1,1);
     settextstyle(1,0,2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    vmoveto(360,15); outtext('  CANTILEVER  BEAM   ');
    rec2;
        vmoveto(174,40); outtext('14');
        vmoveto(394,40); outtext('16');
        vmoveto(174,160);outtext('15');
   for i:= 0 to 1 do
    fix1;
    fix2;
    load8;
     vline(395,92,395,113);
     vline(395,113,392,110);
     vline(395,113,398,110);
     vmoveto(405,98); outtext('P');
    load10;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure monitor(var gt:char);
begin
  clrscr;
  gotoxy(22,9);write('------------------------------');
  gotoxy(22,10);write('    Choose your monitor type   ');
  gotoxy(22,11);write('------------------------------');
  gotoxy(22,12);write('      1. EGA / VGA             ');
  gotoxy(22,14);write('      2. Herc/Monochrome  :  ');
  repeat gt:=readkey; until gt in ['1','2'];
  gotoxy(53,14);write(gt); delay(700);
end;


procedure  vline(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
   if gt = '1' then begin x1:= trunc(x1*0.89); x2:= trunc(x2*0.89);
                          y1:= trunc(y1*1.37); y2:= trunc(y2*1.37);  end;
   line(x1,y1,x2,y2);
end;

procedure  vrectangle(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
   if gt = '1' then begin x1:= trunc(x1*0.89); x2:= trunc(x2*0.89);
                          y1:= trunc(y1*1.37); y2:= trunc(y2*1.37);  end;
     rectangle(x1,y1,x2,y2);
 end;

procedure  vmoveto(x1,y1:integer);
begin
   if gt = '1' then begin x1:= trunc(x1*0.89);
                          y1:= trunc(y1*1.37);   end;
    moveto(x1,y1);
end;

procedure vbar(x1,y1,x2,y2:integer);
begin
   if gt = '1' then begin x1:= trunc(x1*0.89); x2:= trunc(x2*0.89);
                          y1:= trunc(y1*1.37); y2:= trunc(y2*1.37);  end;
   bar(x1,y1,x2,y2);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
end;

procedure vlinerel(dx,dy:integer);
begin
   if gt = '1' then begin dx:= trunc(dx*0.89);
                          dy:= trunc(dy*1.37);   end;
  linerel(dx,dy);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{ outreal(real_variable,coordinate_x,coordinate_y); }

procedure outreal(a:real;x,y:integer);
var
  at,compare :real;
  i,j,k  :integer;
  ou,out :array [1..18]of char;
begin
  if a<>0 then
  begin
    i:=0;  at:=a;
    if at<0 then begin i:=i+1; ou[i]:='-';  at:=at*(-1);  end;
    compare:=1e9;
    repeat
      j:=0;
      repeat
        if (at-compare)>=-1e-10 then begin j:=j+1; at:=at-compare; end;
      until (at-compare)<-1e-10;
      if j>0 then begin i:=i+1; ou[i]:=chr(48+j); end else
      begin
        if ((i>0)and(a>0))or((i>1)and(a<0)) then
        begin  i:=i+1; ou[i]:='0';  end;
      end;
      compare:=compare/10;
      if (compare<0.4)and(compare>0.06)  then
      begin
        if ((i=0)and(a>0))or((i=1)and(a<0)) then begin i:=i+1; ou[i]:='0';  end;
        i:=i+1;  ou[i]:='.';
      end;
    until compare<=0.00001;
    if (ou[i] in ['5'..'9'])and(ou[i-1]<>'9') then
      begin  ou[i-1]:=chr(ord(ou[i-1])+1) end;
    i:=i-1;
  end else begin ou[1]:='0';ou[2]:='.';for j:=3 to 5 do ou[j]:='0';i:=5; end;
  for j:=1 to 18 do out[j]:=' ';
  for j:=18 downto 15 do begin out[j]:=ou[i];i:=i-1; end;
  j:=14;k:=0;
  repeat
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    out[j]:=ou[i];
    i:=i-1; j:=j-1; k:=k+1;
    if (k=3)and(i>0)and(ou[i]<>'-') then
    begin
      out[j]:=',';          j:=j-1; k:=0;
    end;
  until i=0;
  vmoveto(x,y);  for k:=1 to 18 do outtext(out[k]);
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1-a	0.1	0.1	0.19	0.714	0.286	0.0179	0.0945	0.132	0.333
1-b	0.1	0.2	0.28	0.756	0.244	0.0192	0.0688	0.091	0.282
1-c	0.1	0.3	0.37	0.755	0.245	0.0193	0.0520	0.069	0.212
1-d	0.2	0.1	0.28	0.629	0.371	0.0283	0.1010	0.161	0.272
1-e	0.2	0.2	0.36	0.678	0.322	0.0315	0.0875	0.129	0.272
1-f	0.2	0.3	0.44	0.691	0.309	0.0319	0.0725	0.105	0.234
1-g	0.3	0.1	0.37	0.585	0.415	0.0365	0.0985	0.169	0.237
1-h	0.3	0.2	0.44	0.626	0.374	0.0408	0.0928	0.148	0.248
1-i	0.3	0.3	0.51	0.645	0.355	0.0417	0.0819	0.127	0.231
1-j	0.4	0.1	0.46	0.559	0.441	0.0440	0.0954	0.171	0.216
1-k	0.4	0.2	0.52	0.592	0.408	0.0486	0.0935	0.158	0.229
1-l	0.4	0.3	0.58	0.609	0.391	0.0499	0.0860	0.141	0.220
1-m	1.0	1.0	1.00	0.500	0.500	0.0833	0.0833	0.167	0.167

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "1"

2-a	0.1	0.1	0.21	0.650	0.350	0.0260	0.1236	0.190	0.354
2-b	0.1	0.2	0.32	0.675	0.325	0.0345	0.1080	0.160	0.332
2-c	0.1	0.3	0.43	0.672	0.328	0.0387	0.0900	0.134	0.274
2-d	0.2	0.1	0.29	0.610	0.390	0.0316	0.1090	0.179	0.280
2-e	0.2	0.2	0.38	0.647	0.353	0.0378	0.0994	0.153	0.282
2-f	0.2	0.3	0.47	0.655	0.345	0.0402	0.0856	0.131	0.248

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "2"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3-a	0.1	0.1	0.23	0.597	0.403	0.0326	0.1420	0.238	0.352
3-b	0.1	0.2	0.36	0.611	0.389	0.0464	0.1288	0.210	0.331
3-c	0.1	0.3	0.49	0.606	0.394	0.0535	0.1090	0.180	0.274
3-d	0.2	0.1	0.31	0.572	0.428	0.0373	0.1204	0.210	0.282
3-e	0.2	0.2	0.42	0.595	0.405	0.0488	0.1160	0.195	0.286
3-f	0.2	0.3	0.53	0.599	0.401	0.0540	0.1020	0.170	0.254
3-g	0.1	0.1	0.39	0.557	0.430	0.0443	0.1103	0.198	0.250
3-h	0.3	0.2	0.48	0.582	0.418	0.0510	0.1065	0.183	0.255
3-i	0.3	0.3	0.57	0.592	0.408	0.0553	0.0970	0.164	0.238

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "3"

4-a	0.1	0.1	0.25	0.554	0.446	0.0381	0.1525	0.276	0.342
4-b	0.1	0.2	0.40	0.560	0.440	0.0560	0.1391	0.248	0.316
4-c	0.1	0.3	0.55	0.557	0.443	0.0651	0.1182	0.212	0.267
4-d	0.2	0.1	0.33	0.540	0.460	0.0425	0.1290	0.239	0.280
4-e	0.2	0.2	0.46	0.552	0.448	0.0578	0.1258	0.228	0.281
4-f	0.2	0.3	0.59	0.553	0.447	0.0657	0.1113	0.202	0.249
4-g	0.3	0.1	0.41	0.534	0.466	0.0467	0.1140	0.214	0.244
4-h	0.3	0.2	0.52	0.546	0.454	0.0598	0.1150	0.210	0.254
4-i	0.3	0.3	0.63	0.550	0.450	0.0663	0.1051	0.191	0.234

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "4"

5-a	0.1	0.1	0.21	0.350	0.650	0.0260	0.1236	0.354	0.190
5-b	0.1	0.2	0.32	0.325	0.675	0.0345	0.1080	0.332	0.160
5-c	0.1	0.3	0.43	0.328	0.672	0.0387	0.0900	0.274	0.134
5-d	0.2	0.1	0.29	0.390	0.610	0.0316	0.1090	0.280	0.179
5-e	0.2	0.2	0.38	0.353	0.647	0.0378	0.0994	0.282	0.153
5-f	0.2	0.3	0.47	0.345	0.655	0.0402	0.0856	0.248	0.131

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "5"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6-a	0.1	0.1	0.28	0.500	0.500	0.0449	0.160	0.320	0.320
6-b	0.1	0.2	0.46	0.500	0.500	0.0671	0.146	0.292	0.292
6-c	0.1	0.3	0.64	0.500	0.500	0.0785	0.123	0.246	0.246
6-d	0.2	0.1	0.36	0.500	0.500	0.0492	0.137	0.274	0.274
6-e	0.2	0.2	0.52	0.500	0.500	0.0689	0.132	0.264	0.264
6-f	0.2	0.3	0.68	0.500	0.500	0.0791	0.117	0.234	0.234
6-g	0.3	0.1	0.44	0.500	0.500	0.0535	0.121	0.243	0.243
6-h	0.3	0.2	0.58	0.500	0.500	0.0796	0.122	0.244	0.244
6-i	0.3	0.3	0.72	0.500	0.500	0.0707	0.111	0.222	0.222
6-j	0.4	0.1	0.52	0.500	0.500	0.0577	0.111	0.222	0.222
6-k	0.4	0.2	0.64	0.500	0.500	0.0725	0.113	0.226	0.226
6-l	0.4	0.3	0.76	0.500	0.500	0.0801	0.105	0.211	0.211

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "6"

SPC-9A	9.53	51.61	405	9070	7710
SPC-12A	12.70	92.90	730	16320	13880
SPC-15A	15.24	139.35	1094	24490	20820
SPC-9B	9.53	54.84	432	10430	8870
SPC-12B	12.70	98.71	775	18730	15910
SPC-15B	15.24	140.00	1102	26580	22580

ต้องเก็บข้อมูลนี้ไว้ในไฟล์ชื่อ "St."

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure concrete(var fi:stress;var lo:real);
const   spec = 's';
var p : char;
begin
 textbackground(1); clrscr;
 p:=#13;
 windowopen(13,3,62,20);textcolor(11);textbackground(0);clrscr;
 repeat
 if p in['R','r'] then
 begin

   gotoxy(37,6);clreol;
   gotoxy(37,7);clreol;
   gotoxy(42,10);clreol;
 end;
 gotoxy(5,1);write('                ---------------------');
 gotoxy(5,2);write('                  Concrete Data      ');
 gotoxy(5,3);write('                ---------------------');
 gotoxy(5,5);write('              === Stress of concrete ===    ');
 gotoxy(5,6);write('          1.  f''c (ksc)   =          ');rd(fi[2]);
gotoxy(5,7);write('          2.  f''ci (ksc)   =          ');rd(fi[3]);
gotoxy(2,9);write('-----------------------------------------------');
gotoxy(2,10);write('ENTER LOSS OF PRESTRESS (Suggest 25%) :    ');rd(lo);
gotoxy(2,11);write('-----------------------------------------------');
gotoxy(4,14);write('  <ENTER> - accept data       <R>-Reentry  ');
  repeat p := readkey; until p in [#13,'R','r'];
until p in [#13];
fi[9]:=0.6*fi[3];   {fb}
fi[8]:=0.45*fi[2];  {ft}
windowclose; textbackground(1);clrscr;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure select(var tos:char);
begin
 setgraph;
 setbkcolor(1);
 setcolor(14);
 vrectangle(60,40,640,300);
 vrectangle(80,60,620,280);
 settextstyle(1,0,2);
 vmoveto(250,80); outtext(' MAIN  MENU ');
 settextstyle(0,0,1);
 vmoveto(150,140);
  outtext('         ****  <1>  BEAM DESIGN  **** ');
 vmoveto(150,160);
  outtext('         ****  <2>  SLAB DESIGN  **** ');
 vmoveto(150,190);
  outtext('               <E>  Exit To Dos');
 vmoveto(150,230);
  outtext('    Choose Type of Structure to Design  :      ');
 repeat tos :=readkey; tos:=upcase(tos); until tos in ['1','2','E'];
 vmoveto(524,230); outtext(tos);  delay(700);
 cleardevice;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure rein(var ac:area;var qe:q1;var re:r1;var qtt:integer);
var h:char;
begin
   textbackground(1);clrscr;
   windowopen(10,9,75,17);textbackground(0);textcolor(11);clrscr;
   qtt := round(100*ac[11]/re[ln,2]);
 writeln;
 writeln('  Total Area of Steel Reinforcement (sq.cm)    :  ',ac[11]:8:2);
 writeln('  Area of selected Steel per strand (sq.mm)    :  ',re[ln,2]:8:2);
 writeln('  ------------------------------------------------------------');
 writeln('              Quantity of Strand in use         :      ',qtt);
 writeln('  ------------------------------------------------------------');
  h:=readkey;
 windowclose;
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Procedure Title;
Var   ch : Char ;
Begin
setgraph;
setbkcolor(0);
Setcolor(3);
Setlinestyle(0,3,3);
vRectangle(3,3,615,350);
Setcolor(1);
Settextstyle(1,0,5);
vMoveto(3,22);
Outtext('  PRESSTRESSED  CONCRETE');
Setcolor(3);
Settextstyle(1,0,5);
vMoveto(6,26);
Outtext('  PRESSTRESSED  CONCRETE');
setcolor(14);
Settextstyle(1,0,5);
vMoveto(200,40);
outtext('   Design');
Setcolor(3);
vMoveto(3,100);
lineto(615,100);
vMoveto(80,180);
Setcolor(6);
Settextstyle(0,0,2);
Outtext('FACULTY OF CIVIL ENGINEERING');
Settextstyle(1,0,5);
setusercharsize(180,100,100,100);
vMoveto(180,240);
Outtext('K M I T ''L');
ch := readkey ;


Cleardevice;
setbkcolor(0);
Setcolor(3);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Setlinestyle(0,3,3);
vRectangle(3,3,615,350);
setcolor(1);
vmoveto(230,20);
settextstyle(3,0,5);
outtext('PROJECT ');
vMoveto(240,60);
outtext('  by');
vmoveto(235,20);
settextstyle(3,0,5);
setcolor(10);
outtext('PROJECT ');
vMoveto(245,60);
outtext('  by');
SETCOLOR(9);
settextstyle(1,0,2);
vMoveto(170,200);
outtext('  Mr.Surin Harnthavornchai');
vMoveto(170,230);
outtext(' Mr.Surit Tippayamarnsingha');
ch := readkey ;

cLOSEgRAPH ;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยฯ,"มาตรฐานสำหรับอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก" พ.ศ.2517.
2. สนั่น เจริญเผ่า,วินิต ช่อวิเชียร,"คอนกรีตเสริมเหล็ก", พ.ศ.2518.
3. ดร.ต่อกุล กาญจนาลัย,"การออกแบบคอนกรีตอัดแรง", พ.ศ.2528.
4. นิพนธ์ สุวรรณสุขโรจน์,"ตารางโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก", พ.ศ.2532.
5. บุญเลิศ เอี่ยมทัศนา,"เรียนรู้ภาษาปาสคาลด้วยเทอร์โบปาสคาล 4.0-5.0",พ.ศ. 2532.
6. Lin, T.Y., ands Burns, N.H.,"Design of Prestressed Concrete Structures",Third Edition,John Wiley and Sons,Inc.,New York,1981.
7. Nilson,A.H.,"Design of Prestressed Concrete",John Wiley and Sons,Inc.,New York,1978.
8. Antonie E. Namaan,"Prestressed Concrete Analysis & Design Fundamentals",McGraw-Hill,Inc,1982.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้