ขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส

PROCESS AND TECHNIQUE IN BTS PROJECT CONSTRUCTION

โดย

นายณรงค์ศักดิ์ แกล้มกระโทก

นายทัศนัย ทองมินทร์

นายนพดล เสงี่ยมไพศาลสุข

วัน เดือน ปี 16 ก.ค. 2541

เลขทะเบียน 039011

เลขเรียกหนังสือ T 40252 ก 2494

โครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการก่อสร้าง

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039011

PROCESS AND TECHNIQUE IN BTS PREJECT CONSTRUCTION

BY

Mr.Narongsak Klamkratoke

Mr. Tassanai Tongmin

Mr. Noppadol Sangiampaisalsuk

A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE BACHELOR'S DEGREE OF

CONSTRUCTION ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

1997

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองโครงงานพิเศษ

หัวข้อโครงงานพิเศษ ขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส

นักศึกษา นายณรงค์ศักดิ์ แกล้มกระโทก รหัสประจำตัว 37014108

นายทัศนัย ทองมินทร์ รหัสประจำตัว 37014145

นายนพดล เสงี่ยมไพศาลสุข รหัสประจำตัว 37014183

หลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขา วิศวกรรมการก่อสร้าง

ภาควิชา วิศวกรรมโยธา

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ

คณะกรรมการสอบโครงงานพิเศษ	ลายมือชื่อ
ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ	.....
ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ	.....
อาจารย์สมชาย สำลีรางค์กูล	.....
อาจารย์วิบูลย์ วุฒิญาณ	.....

ภาควิชาวิศวกรรมโยธารับรองแล้ว

(นายอำนวย พานิชกุลพงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมโยธา

วันที่ เดือน พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษฉบับนี้สำเร็จ เนื่องจากความอนุเคราะห์และช่วยเหลือจากบุคคลหลายๆ ฝ่ายด้วยกัน ทางคณะผู้จัดทำขอแสดงความขอบคุณแก่บุคคลดังต่อไปนี้

ดร.ศรีกริช หิรัญมาศ อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.แดง เหรียญสุวรรณ ,อาจารย์สมชาย สำลีรางค์กูล ,อาจารย์วิบูลย์ วุฒิญาณ ตลอดจนอาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมโยธาทุกท่าน ที่คอยให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อเอกสารข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น

Prof. Dr. Felix E.H. Haser ที่คอยแนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น

บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ (กลุ่มธนายง)

บริษัท อิตาเลียน-ไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน) ที่คอยให้คำแนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยบุคคลดังต่อไปนี้

นายช่างวีรพล อาษาภา

คุณบำเพ็ญ วารปรีดี

นายช่างจำรูญ เอสุจินต์

นายช่างนุสร วางขุนทด

นายช่างวิชัย สรรพวัฒน์

นายช่างสุรชัย เกิดเมฆ

นายช่างวรรธนชัย บุญมานำ

นายช่างยศพงษ์ สู่พานิช

นายช่างกนก ตันธนะศิริวงศ์

พี่ๆ ฝ่าย Training และพี่ๆ ที่บริษัท อิตาเลียน-ไทย ทุกคนที่ไม่ได้กล่าวถึงในที่นี้ทุกๆ คนที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและอนุเคราะห์ข้อมูลด้านก่อสร้าง

บิดา มารดา และญาติพี่น้องทุกๆ คน ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจในการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

เพื่อนๆ ทุกๆ คนที่คอยช่วยเหลือในทุกๆ อย่างที่เกี่ยวกับการทำโครงงานพิเศษฉบับนี้

นายณรงค์ศักดิ์ แกล้มกระโทก

นายทัศนัย ทองมินทร์

นายนพดล เสงี่ยมไพศาลสุข

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส

PROCESS AND TECHNIQUE IN BTS PROJECT CONSTRUCTION

โดย นายณรงค์ศักดิ์ แกล้มกระโทก
นายทัศนัย ทองมินทร์
นายนพดล เสงี่ยมไพศาลสุข

อาจารย์ที่ปรึกษา ดร. ศรีกริช หิรัญมาศ

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อรวบรวมข้อมูลที่สำคัญเกี่ยวกับโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอสซึ่งจะประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ คือ การเลือกเทคโนโลยีและเส้นทางของระบบขนส่งมวลชน ความเป็นมาของโครงการ การผลิตและการขนส่งชิ้นส่วนทางวิ่ง ขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างฐานราก ตอม่อ ทางวิ่ง งานวางราง การติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันเสียง การก่อสร้างสถานี ผลกระทบที่เกิดจากโครงการนี้ ตลอดจนปัญหาต่าง ๆ ในระหว่างการก่อสร้าง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจถึงขั้นตอนและเทคนิคต่าง ๆ ในการก่อสร้างเป็นสำคัญ และศึกษาค้นคว้ารายละเอียดต่าง ๆ เพิ่มเติมเพื่อปรับโครงโครงงานพิเศษฉบับนี้ให้ดียิ่งขึ้น

ABSTRACT

This report consists essential data in the Bangkok Mass Transit System (BTS) project. These data are composed of technology and route selection, background of the project, production and transportation of viaduct segment, process and technique in construction of bored pile, pile cap, column, viaduct, railway, noise barrior, and station

Furthermore, this report also includes case-study on impact of BTS project construction including the problem during the construction. In this special report, all details has been analyzed and explained in depth.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1	
บทนำ	1
1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
2. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	1
3. ทฤษฎีและแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ	1
4. ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
5. วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ	2
6. ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2	
ระบบขนส่งสาธารณะ	3
2.1 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับการขนส่งสาธารณะ	3
2.2 การเลือกของเส้นทางสำหรับการขนส่งสาธารณะ	7
2.3 ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพฯ	10
บทที่ 3	
ความเป็นมาของโครงการ	14
3.1 Project Background ของโครงการรถไฟฟ้า BTS	14
บทที่ 4	
ฐานรากและเสา	52
4.1 เสาเข็ม	52
4.2 ตอม่อ	59
4.3 การติดตั้ง Stray Current Protection	61
บทที่ 5	
ทางวิ่ง	92
5.1 Viaduct (ทางวิ่ง)	92

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
5.2 การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Under Slung Girder	93
5.3 การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss	104
5.4 Stressing Method Statement	117
5.5 Grouting Method Statement	119
5.6 วัสดุอุปกรณ์ในงานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง	121
5.7 การเตรียมงานและติดตั้งอุปกรณ์ในงานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง	131
บทที่ 6	
งานรางรถไฟ	134
6.1 ข้อมูลทั่วไป	134
6.2 ขั้นตอนในการติดตั้งรางรถไฟ	143
6.3 การเตรียม Shutter สำหรับทางยก Cant	144
6.4 การเตรียม Guage Bar สำหรับทางยก Cant	145
บทที่ 7	
อุปกรณ์กันเสียง	151
7.1 ลักษณะของ Noise Barrior	151
7.2 อุปกรณ์และส่วนประกอบ	151
7.3 ขั้นตอนการขนส่งและการติดตั้ง	151
7.4 ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในการติดตั้ง	152
บทที่ 8	
สถานีรับ-ส่งผู้โดยสาร	165
- ขั้นตอนในการก่อสร้างสถานี	165
บทที่ 9	
ผลกระทบที่เกิดจากโครงการรถไฟฟ้า BTS	209
9.1 ผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางเสียง	209

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
9.2 มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางเสียง	210
9.3 ผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอากาศ	210
9.4 มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอากาศ	211
9.5 ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางมลทัศน์	211
9.6 มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางมลทัศน์	211
9.7 ผลดี - ผลเสียในด้านสิ่งแวดล้อม	212
9.8 ผลดี - ผลเสียในด้านจิตวิทยา	212
9.9 ผลดี - ผลเสียในด้านการเมือง	213
9.10 ผลดี - ผลเสียในด้านสังคมวิทยา	214
9.11 ผลดี - ผลเสียในด้านเทคโนโลยี	214
9.12 ผลดี - ผลเสียในด้านกฎหมาย	215
9.13 ผลดี - ผลเสียในด้านเศรษฐศาสตร์	215
บทที่ 10	
บทสรุปของโครงงานพิเศษ	217
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก. โรงงานผลิตของบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน)	
ภาคผนวก ข. รูปถ่ายอุปกรณ์และการติดตั้งทางวิ่ง	
ภาคผนวก ค. ตัวอย่างแผนการจัดการจราจร	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2-1 โครงข่ายถนนในกรุงเทพฯ	11
รูปที่ 2-2 โครงข่ายถนนในลอนดอน	12
รูปที่ 3-1 เส้นทางรถไฟฟ้า BTS	15
รูปที่ 3-2 โครงข่ายของระบบขนส่งมวลชน	16
รูปที่ 3-3 เส้นทางของรถไฟฟ้า BTS ที่จะสร้างต่อในอนาคต	17
รูปที่ 3-4 รูปตัดโครงสร้างทางยกระดับ	20
รูปที่ 3-5 ภาพทั่วไปของขบวนรถโดยสารชนิด 3 และ 6 รถโดยสาร	21
รูปที่ 3-6 ลักษณะของตัวรถไฟ	22
รูปที่ 3-7 ภาพตัดตามขวางทั่วไปของสถานีรถไฟฟ้า	23
รูปที่ 3-8 ความก้าวหน้าของงานเสาเข็ม	24
รูปที่ 3-9 ความก้าวหน้าของงานทางวิ่ง	25
รูปที่ 3-10 กราฟแสดงรายได้ของโครงการ	29
รูปที่ 3-11 กราฟแสดงปริมาณผู้โดยสาร	30
รูปที่ 3-12 วิธีการหล่อแบบ Short Line Casting Method	37
รูปที่ 3-13 รูปตัดด้านข้างแสดงการเรียง Segment	39
รูปที่ 3-14 แสดงส่วนประกอบของทางวิ่ง	40
รูปที่ 3-15 Double Track Segment	41
รูปที่ 3-16 Double Track Pier Segment	41
รูปที่ 3-17 Pocket Track Segment	42
รูปที่ 3-18 Single Track Segment	42
รูปที่ 3-19 Single Track Pier Segment	43
รูปที่ 3-20 รูป Isometric ของ Single Track Pier Segment	43
รูปที่ 3-21 Side View of Span	44
รูปที่ 3-22 แสดงการ Mark Segment	48
รูปที่ 3-23 ตำแหน่งของ Bolt & Hairpin	49
รูปที่ 4-1a ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ	56
รูปที่ 4-1b ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ	57
รูปที่ 4-2 ตัวอย่างแบบเหล็กเสริมในเสาเข็ม	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4-3 ถึง 4-6 การก่อสร้างกำแพงกันดินชั่วคราว	63
รูปที่ 4-7 ถึง 4-14 การก่อสร้าง Pile Cap	67
รูปที่ 4-15 ถึง 4-21 การก่อสร้าง Pier Column	72
รูปที่ 4-22 ถึง 4-24 การก่อสร้างผิวจราจร	78
รูปที่ 4-25 ถึง 4-42 การติดตั้ง Stray Current Protection	81
รูปที่ 5-1 ถึง 5-8 การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Underslung Girder	96
รูปที่ 5-9 ถึง 5-13b การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss	108
รูปที่ 5-14 ลวดเหล็กดีเกลียวชนิด 7 เส้น	121
รูปที่ 5-15 Stress-Strain Curve ของลวดเหล็กอัดแรง	122
รูปที่ 5-16 ถึง 5-19 มาตรฐานกำหนดของลวดเหล็กดีเกลียวชนิด 7 เส้น	124
รูปที่ 5-20 ระยะห่างระหว่างท่อและความหนาของคอนกรีตหุ้มท่อ	126
รูปที่ 5-21 ตารางแสดงระยะห่างระหว่างท่อและความหนาของคอนกรีตหุ้มท่อน้อยที่สุด	127
รูปที่ 5-22 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง	127
รูปที่ 5-23 รูปตัดตามยาวของอุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง	128
รูปที่ 5-24 Stressing Anchorages	129
รูปที่ 5-25 Dead End Anchorages	130
รูปที่ 5-26 ความยาวของ Tangent ที่เหมาะสม	131
รูปที่ 5-27 การติดตั้งอุปกรณ์ยึดเข้ากับ Formwork	132
รูปที่ 6-1 ความกว้างของรางรถไฟ	134
รูปที่ 6-2 ตำแหน่งที่วัดเกจ	134
รูปที่ 6-3 การขยายความกว้างเกจในทางโค้ง	134
รูปที่ 6-4 รูปตัดแสดงรางรถไฟ	135
รูปที่ 6-5 รูปแบบของรางรถไฟ	136
รูปที่ 6-6 การเชื่อมรางรถไฟ	137
รูปที่ 6-7 การวางรางรถไฟเอียง	137
รูปที่ 6-8 ค่ายกรางสูงในทางโค้ง	138
รูปที่ 6-9 เครื่องยึดเหนี่ยวทางรถไฟ	139
รูปที่ 6-10 รูปแบบของรางรถไฟที่ตัดผ่านกัน	140

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6-11 ตัวหยุดรถไฟ	140
รูปที่ 6-12 ตัวพักล้อรถไฟ	141
รูปที่ 6-13 การป้องกันรถไฟตกราง	141
รูปที่ 6-14 การเตรียม Shutter	144
รูปที่ 6-15 การเตรียม Guage Bar	145
รูปที่ 6-16 แสดงส่วนประกอบของรางและ Shutter	146
รูปที่ 6-17 แสดงรายละเอียดอื่นๆ ของรางรถไฟ	148
รูปที่ 7-1 ถึง 7-6 แสดงส่วนประกอบของ Noise Barrior	153
รูปที่ 7-7 กระเช้าที่ใช้ติดตั้ง Noise Barrior	159
รูปที่ 7-8 ถึง 7-16 แสดงการติดตั้ง Noise Barrior	160
รูปที่ 8-1 รูปตัดโครงสร้างของสถานี	167
รูปที่ 8-2 รูปตัดโครงสร้างของสถานีร่วม	168
รูปที่ 8-3 รูปตัดด้านข้างของสถานี	169
รูปที่ 8-4 Plan ชั้นล่างและชั้น Concourse	170
รูปที่ 8-5 Plan ชั้นชานชาลา	171
รูปที่ 8-6 รายละเอียดโครงสร้างบันได	172
รูปที่ 8-7 ถึง 8-41 ขั้นตอนการก่อสร้างสถานี	174

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากภาวะปัญหาการจราจรของกรุงเทพมหานครที่เป็นปัญหาเรื้อรังมาเป็นเวลานาน รัฐบาลหลายยุคหลายสมัยพยายามที่จะแก้ปัญหาดังกล่าว โดยในช่วงแรกมีแนวความคิดที่จะจัดระบบให้รถยนต์ตามท้องถนนมีการเคลื่อนตัวได้รวดเร็วขึ้น โดยมีการก่อสร้างทางด่วน, ทางยกระดับต่างๆ แต่ที่ผ่านมาจะพบว่าเป็นการแก้ปัญหาที่ยังไม่ได้ผลเนื่องจากจำนวนรถยนต์ได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วทำให้การก่อสร้างทางต่างๆ ทำได้ไม่ทันต่อจำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้น จึงได้เปลี่ยนแนวความคิดมาเคลื่อนย้ายคนจำนวนมากแทน โดยอาศัยระบบขนส่งมวลชนที่ให้บริการอย่างรวดเร็วและปลอดภัย ซึ่งระบบรถไฟฟ้าบีทีเอสเป็นส่วนหนึ่งของแนวความคิดในระบบขนส่งมวลชนที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว

ปัจจุบันประชาชนทั่วไปได้ให้ความสนใจต่อระบบรถไฟฟ้าธนายงนี้เป็นจำนวนมาก แต่ยังไม่ได้มีการรวบรวมข้อมูลของโครงการนี้ โดยเฉพาะในด้านขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างต่างๆ ดังนั้นโครงงานพิเศษฉบับนี้จึงได้นำเสนอข้อมูลในด้านขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างเป็นสำคัญ นอกจากนี้ยังได้นำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวกับ หลักการของระบบขนส่งมวลชน, ปัญหาในการทำงาน และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้เป็นต้น

2. วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาถึงหลักการของระบบขนส่งมวลชน
2. เพื่อรวบรวบขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส
3. เพื่อทราบถึงการตัดสินใจในการเลือกวิธีการก่อสร้างของโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส

3. ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในโครงงานพิเศษ

ศึกษาข้อมูลจากแหล่งข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญ รวมทั้งผู้มีประสบการณ์ จากบริษัทและองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส ซึ่งประกอบไปด้วย Bangkok Mass Transit System Corporation Limited (Tanayong Group) ,Italian-Thai Development Pulblic Coporation Limited เป็นต้น และจากหนังสือ เอกสารจากห้องสมุดต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. **ขอบเขตของโครงงานพิเศษ**

รวบรวมและศึกษาข้อมูลจากหนังสือและเอกสาร บริษัท องค์กรต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส ซึ่งการรวบรวมนี้จะรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบขนส่งมวลชน ขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส ซึ่งจะประกอบไปด้วย ฐานราก โครงสร้างเสา โครงสร้างส่วนรองรับทางรถไฟ การผลิตชิ้นส่วนของทางวิ่ง สถานีรับ-ส่งผู้โดยสาร ปัญหาต่างๆในการก่อสร้าง และผลกระทบที่เกิดขึ้นจากโครงการนี้

5. **วิธีที่ใช้ในการดำเนินโครงงานพิเศษ**

1. ขอความอนุเคราะห์เอกสาร หนังสือต่างๆ จากบริษัทและองค์กรต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส

2. ปรึกษาและขอคำแนะนำจากผู้มีประสบการณ์

3. โดยการสังเกตจากการทำงานในสนามของแต่ละหน่วยงานและสัมภาษณ์เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในแต่ละหน่วย

4. รวบรวมข้อมูลบางส่วนโดยการหาจากหนังสือ เอกสาร จากห้องสมุดต่างๆ

6. **ผลที่คาดว่าจะได้รับ**

1. ทราบถึงหลักการของระบบขนส่งมวลชน
2. ทราบถึงขั้นตอนและเทคนิคในการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส
3. ทราบถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นตามแนวเส้นทางที่ทำการก่อสร้างโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส
4. ข้อมูลความรู้ทางด้านการก่อสร้างระบบรถไฟฟ้าเป็นที่แพร่หลายมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ระบบขนส่งสาธารณะ

2.1 การเลือกเทคโนโลยีสำหรับการขนส่งสาธารณะ

สำหรับเมืองที่มีประชากรต่ำกว่า 1,000 คน การขนส่งสาธารณะจะใช้ติดต่อกันระหว่างเมือง แต่ถ้ามีประชากรมากกว่า 10,000 คน ก็จะมีความต้องการระบบขนส่งสาธารณะมากขึ้น ในเมืองใหญ่จะเกิดปัญหาที่ว่าจำเป็นจะต้องมีระบบรถรางและรถไฟขึ้นเพื่อมารองรับความต้องการที่เพิ่มขึ้นจากการเดินทางโดยรถบัส หรือไม่ จากการศึกษาหลายเมืองในประเทศอังกฤษ ที่มีประชากรต่ำกว่า 100,000 คน แต่ในที่สาธารณะหรือชุมชนจะมีพลเมืองประมาณ 250,000 คน หรือมากกว่า ซึ่งในความเป็นจริงในหลายๆเมืองในประเทศอังกฤษจะมีประชากรมากกว่า 750,000 คน โดยที่การเดินทางส่วนใหญ่จะเป็นการเดินทางโดยรถบัส 90%

จำนวนของผู้ที่ใช้บริการระบบขนส่งสาธารณะจะขึ้นอยู่กับจำนวนของสถานี สำหรับจำนวนสถานีต่างๆจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของที่อยู่อาศัย อาคารสำนักงาน โรงงาน ตลาดและพื้นที่ใช้สอยต่างๆที่อยู่รอบสถานี และจำนวนของผู้ใช้บริการจะมีอิทธิพลต่อความเหมาะสมของค่าบริการและการบริการที่ได้รับจากระบบขนส่งสาธารณะ โดยทั่วไปความต้องการของผู้ใช้บริการจะเปลี่ยนแปลงโดยขึ้นอยู่กับระยะทางของการเดินทางและชนิดของระบบขนส่งสาธารณะที่เหมาะสมกับระยะทาง เช่น รถเมล์ ,รถราง ,รถไฟใต้ดิน และรถไฟ ผู้ใช้จะคำนึงถึงระยะทางที่รถจอด คุณภาพของรถ และเวลาที่ใช้เดินทาง

ดังนั้นระยะทางการเดินทางและความหนาแน่นของพลเมืองในพื้นที่ จึงมีความสำคัญในการเลือกชนิดของการขนส่งสาธาณะที่เหมาะสม ซึ่งระยะการเดินทาง และความหนาแน่นจะเกี่ยวข้องกับขนาดของเมือง สภาพภูมิประเทศ และจำนวนประชากร แต่ในความเป็นจริงยังมีผลกระทบอื่นๆ ที่มีผลต่อการเลือกเทคโนโลยีของการขนส่งสาธารณะ ดังนี้

- อำนาจของนักการเมืองท้องถิ่น
- ความสนใจภายในท้องถิ่น
- ความเห็นร่วมกันในการก่อสร้าง
- การใช้รถส่วนตัว
- โครงสร้างประชากร
- กฎหมายภาษีอากร
- พื้นฐานทางภาษี
- ขนาดเมือง
- การวางแผนในการใช้ที่ดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ความหนาแน่นของการใช้ที่ดิน

เกณฑ์ในการเลือกรูปแบบของการขนส่งสาธารณะ

บางครั้งในเมืองใหม่ๆ หรือเมืองในประเทศที่กำลังพัฒนา จะมีข้อจำกัดของระบบขนส่งสาธารณะ โดยจะเริ่มจากไม่มีการขนส่งสาธารณะ แล้วจึงเริ่มมีการก่อตั้งของระบบขนส่งสาธารณะในอนาคต เมื่อเมืองถูกพัฒนาขึ้น การขนส่งสาธารณะก็จะมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบโดยใช้เทคโนโลยีที่ใหม่ขึ้นเพื่อให้การเดินทางสะดวกขึ้น เช่น การเปลี่ยนจากการใช้รถเมล์เป็นระบบรถไฟใต้ดิน

ความต้องการของผู้ใช้บริการไม่ใช้ปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการเลือกใช้เทคโนโลยี ของระบบขนส่งสาธารณะ ในหลายๆเมืองจะพิจารณาถึงความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นมากกว่า เช่นในบางเมืองรถมินิบัสอาจจะคุ้มค่ากว่า รถเมล์แบบมาตรฐานก็ได้

เมื่อดูทางเลือกของรูปแบบการขนส่งสาธารณะแล้ว จะเห็นได้ว่าเป็นการยากที่จะพิจารณาถึงสิ่งที่ระบบคาดหวังที่จะทำ และการพัฒนาขนส่งสาธารณะ ซึ่งทุกคนก็อยากเห็นระบบขนส่งนี้ปรากฏขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาการจราจรที่ติดขัด ลดการเอารัดเอาเปรียบของรถรับจ้างภายในท้องถิ่น และเพื่อช่วยแก้ไขปัญหาอากาศเป็นพิษ และมลภาวะต่างๆที่เกิดขึ้น แต่ก็ไม่ใช่เรื่องง่ายที่จะลดจำนวนรถในท้องถนน

เมื่อพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ของระบบขนส่งเข้าด้วยกันเราก็จะสามารถเรียงลำดับเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกเทคโนโลยีของการขนส่งสาธารณะได้ การตัดสินใจเลือกจะพิจารณาถึงความถูกต้อง ความยุติธรรมภายในขอบเขตของการขนส่ง ซึ่งในการเลือกหลายๆเมืองจะมีการวางแผนและให้ประชาชนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับรูปแบบของการขนส่งสาธารณะด้วย โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการเลือกเทคโนโลยี สามารถเรียงได้ดังนี้

- ชนิดของการให้บริการที่ต้องการ

ทางเลือกนี้จะเกี่ยวข้องกับระยะการหยุดและจำนวนของเส้นทางเดินรถ ระยะของการหยุดสั้น (มีป้ายหยุดเยอะ) ก็จะทำให้การบริการเกิดความล่าช้า แต่ถ้าระยะทางของการหยุดยาว การบริการก็จะรวดเร็วขึ้น ซึ่งก็จะส่งผลให้ความถี่ของการให้บริการน้อยลง

รถเมล์และมินิบัส จะมีความเหมาะสมกับการเดินทางที่มีระยะการหยุดสั้นๆ และมีการกระจายตัวของเส้นทางเดินรถจำนวนมาก แต่สำหรับรถไฟจะเหมาะกับการเดินทางที่มีระยะการหยุดไกล (ยาว) และมีเส้นทางการเดินรถน้อย

- การส่งเสริมด้านการตลาดเพื่อความพึงพอใจของผู้ใช้บริการ

เมื่อเปรียบเทียบกับรถเมล์ รถไฟจะได้รับความนิยมจากผู้โดยสารที่เดินทางเป็นระยะทางไกลๆ ส่วนรถยนต์จะใช้สำหรับการเดินทางไปทำงาน สำหรับในปัจจุบัน รถไฟจะได้รับการใช้บริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผู้ใช้บริการก็ต้องมีการโฆษณาหรือกิจกรรมอื่นๆที่ช่วยส่งเสริมการตลาด ซึ่งก็จะมีการแข่งขันจากรถยนต์ส่วนบุคคลและรถเมล์ ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้รถไฟมีการปรับปรุงในด้านต่างๆ เช่น ความเร็ว เพิ่มอัตราการให้บริการเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับการเดินทางของผู้ใช้บริการ

- ราคา

ค่าใช้จ่ายหลักๆ (ราคาลงทุน) ในการเดินทางโดยรถไฟในหลายเมือง จะมีค่าใช้จ่ายเป็นหลายเท่าของค่าใช้จ่ายรถบรรทุกสินค้า เทคโนโลยีทำให้เกิดสิ่งก่อสร้างต่างๆ เช่น รถไฟใต้ดินหรือลอยฟ้า เมื่อราคา(ลงทุน) ที่เคยต่ำที่สุดแล้วกลับสูงขึ้นมากกว่าราคา(ลงทุน) ของรถเมล์ในเส้นทางเดียวกัน จึงทำให้เกิดแนวความคิดที่จะใช้พลังงานแสงอาทิตย์ขึ้น อย่างไรก็ตามราคาค่าก่อสร้างรถไฟจะมีราคาเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ จึงมีข้อเสนอให้สร้างรถรางขึ้น อัตราความสามารถของรถชนิดต่างๆ และภูมิประเทศที่ต่างกัน จะไม่มีผลต่อความแตกต่างของราคามากนัก อย่างไรก็ตามก็ยังคงมีราคาสูงกว่ารถเมล์ แต่ถ้าช่วงเวลาใดๆที่อัตราดอกเบี้ยเงินกู้ต่ำแล้ว ราคาที่แตกต่างกันของรถไฟกับรถเมล์ก็ไม่มีความจำเป็นต่อราคารวมทั้งหมด

เมื่อเปรียบเทียบค่าดำเนินการระหว่างรถบัสกับรถไฟแล้วจะเห็นว่ายังไม่ค่อยชัดเจนมากนัก ถ้าผู้ใช้บริการมีมาก รถไฟจะมีค่าดำเนินการที่ถูกกว่า สำหรับในเมืองใหญ่ๆแล้วรถไฟฟ้าใต้ดินและรถไฟชนิดต่างๆจะดำเนินการโดยใช้บุคลากร/ผู้โดยสาร น้อยกว่ารถเมล์จึงทำให้ค่าดำเนินการถูก ในส่วนที่อยู่รอบๆเมืองจะตรงกันข้ามกันเนื่องจากการขนส่งสาธารณะจะจำกัดอยู่รอบนอกเมือง ซึ่งจะเป็นเครือข่ายบนพื้นดินและรถเมล์ ก็จะให้บริการในอัตราที่ถูกกว่า ซึ่งจะมีผลกระทบต่อระบบขนส่งรถไฟในเมือง เนื่องจากจะทำให้ขาดลูกค้าในส่วนที่อยู่รอบๆเมือง เนื่องจากความคิดที่ว่ารถบัสถูกกว่า

- การบำรุงรักษา

ระบบขนส่งสาธารณะจะพิจารณาถึงพาหนะที่ทำให้เกิดความประหยัดเป็นอันดับแรก ถัดไปจะพิจารณาถึงความคงทนของพาหนะและผลกระทบของพาหนะที่มีต่อการให้บริการ การบำรุงรักษาตัวราง ซ่อมแซมเครื่องมือ เครื่องจักรทุกชิ้นจะต้องทำอย่างสม่ำเสมอ เมื่อพบว่าอุปกรณ์ชำรุดหรือครบอายุการซ่อมบำรุง และควรใช้อะไหล่ที่ได้มาตรฐานในการเปลี่ยนซ่อม ควรจะมีอะไหล่สำรอง (อุปกรณ์สำรอง) และซ่อมบำรุงรักษาโดยช่างผู้ชำนาญเท่านั้น

- การดัดแปลงการก่อสร้างบนเส้นทาง

ตามลักษณะทางกายภาพแล้วเส้นทางที่มีลักษณะสูงชัน ,ทางโค้งระหว่างสิ่งก่อสร้าง ,ชั้นดิน ,คุณสมบัติด้านธรณีวิทยา ,ความกว้างของถนนและทางเลี้ยวของถนน จะเป็นสิ่งที่มีผลกระทบต่อการเลือกชนิดของการขนส่งสาธารณะ ชนิดและรูปแบบของการขนส่งที่เลือกเพื่อก่อสร้างบนเส้นทางอาจทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้นมาก ถ้าเราก่อสร้างบนเส้นทางที่มีผลกระทบในข้างต้น ซึ่งเป็นสิ่งที่ยากในการที่จะดัดแปลงการก่อสร้างให้เข้ากับสภาพดังกล่าว ข้อดีประการหนึ่งของรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และรถไฟชนิดต่างๆ ก็คือ มันสามารถที่จะดัดแปลงการก่อสร้าง เช่นในทางโค้ง ทางเอียง หรือในลักษณะอื่นๆได้ดี

จากการศึกษาข้อมูลพบว่าความสามารถในการดัดแปลงการก่อสร้างของรูปแบบการขนส่งสาธารณะ สามารถเรียงลำดับจากมากไปน้อยได้ดังนี้ คือ รถมินิบัสจะมีความสามารถในการดัดแปลงได้มากที่สุด ตามด้วยรถเมล์ชั้นเดียว ,รถเมล์ 2 ชั้น ,รถเมล์ขนาดใหญ่ (ใช้ประชุม) ,รถราง และรถไฟฟ้าใต้ดิน จะสามารถดัดแปลงก่อสร้างได้ยากที่สุด

- สิ่งแวดล้อม

จากการทดลองเก็บข้อมูล (ปี 1991) สรุปผลออกมาว่าระบบขนส่งที่ใช้รางจะมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าระบบขนส่งที่วิ่งบนถนน ข้อได้เปรียบของรถเมล์ ที่มีมากกว่ารถไฟก็คือ ไม่ต้องมีสายเคเบิลบนตัวรถ ,ไม่ต้องมีราง ,ไม่ต้องมีไม้หมอน ,วัสดุยึดราง และอื่นๆ อีกทั้งยังเป็นการยากที่จะผลิตเครื่องส่งกำลัง (รถจักร) ของรถไฟอีกด้วย ส่วนข้อได้เปรียบของรถไฟที่มีมากกว่ารถเมล์ คือ จะไม่มีปัญหาที่เกี่ยวกับ มลพิษทางอากาศ เสียง จะมีทางเท้าน้อยกว่าทำให้ประหยัด และจะใช้เครื่องมือในการซ่อมบำรุงเส้นทางน้อยกว่า รถบัสเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดความรบกวนมากกว่ารถไฟ แต่จะมากน้อยเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับคุณภาพของการบริการ มาตรฐานการบำรุงรักษาของรถเมล์

- ผลกระทบจากการใช้ที่ดิน

ในขณะที่เมืองถูกพัฒนาขึ้นก็จะมีการเลิกใช้เส้นทางการโดยสารด้วยรถไฟมากขึ้น ซึ่งมันส่งผลให้เกิดความรอบคอบในการพิจารณาเลิกใช้การเดินทางโดยรถเมล์ การดัดแปลงเส้นทางโดยสารรถเมล์จะเปลี่ยนแปลงรูปแบบของพื้นที่ใช้สอยให้มีประโยชน์ในการเชื่อมต่อเส้นทางต่างๆ แต่ไม่ได้หมายความว่า จะไม่มีอุปสรรคในการทำงานเพื่อดัดแปลงเส้นทางนั้นๆ ซึ่งทำให้ปัจจุบันการให้บริการโดยรถเมล์ ได้รับแรงดึงดูดจากนักลงทุนที่จะร่วมพัฒนาการติดต่อน้อยกว่ารถไฟ ถึงแม้ว่าการพัฒนาการติดต่อของรถไฟจะไม่มีความแน่นอนก็ตาม เช่น ในบางเมืองจะมีแรงดึงดูดมาก บางเมืองก็อาจจะมีแรงดึงดูดน้อยหรือไม่มีเลยก็มี

อะไรคือข้อสรุปว่ารถไฟมีความสามารถในการดัดแปลงก่อสร้างเส้นทางเชื่อมต่อสูงกว่ารถเมล์ และการก่อสร้างจะสร้างในที่ส่วนไหนจึงจะเกิดผลประโยชน์สูงสุด ซึ่งมันจะเปลี่ยนแปลงลักษณะของการใช้ที่ดินเป็นอย่างมาก ปริมาณที่ต้องการและราคาของที่ดิน อัตราความเป็นไปได้ของการก่อสร้างดัดแปลงเส้นทาง คือลักษณะในเมืองที่มีความหนาแน่นสูงที่ซึ่งมีขีดความสามารถในการเดินทางต่ำ

- การเอื้อประโยชน์ให้แก่ผู้โดยสารที่พิการและคนชรา

รถไฟจะเอื้อประโยชน์ให้แก่คนพิการในรูปแบบของพื้นรถไฟที่จะมีลักษณะราบเรียบ ไว้เพื่อให้รถเข็นเด็ก ,เก้าอี้คนพิการ หรือรถเข็นสินค้า เคลื่อนที่ได้ง่าย และการวิ่งของรถไฟจะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะราบเรียบกว่ารถเมล์ ส่วนรถเมล์ก็พยายามที่จะสร้างพื้นที่ต่ำเพื่อให้ลงได้สะดวกถึงกระนั้นก็ตามบางทีก็ยังจำเป็นต้องมีขานซาลาเพื่อยกปรับระดับให้เท่ากับพื้นของรถเมล์

- ความสะดวกสบาย ,ความเชื่อมั่น และความเร็ว

โดยทั่วไปแล้วรถไฟจะมีคุณสมบัติต่างๆ ที่ดีกว่า ผู้โดยสารจะคิดว่าการเดินทางโดยรถเมล์จะไม่สะดวกสบายเนื่องจากความไม่ได้มาตรฐานและจำนวนรถที่ไม่เพียงพอ ,ความล่าช้า และไว้ใจไม่ได้ เหตุผลที่ทำไมรถเมล์ไม่สะดวกสบาย ,ไว้ใจไม่ได้และล่าช้า เพราะ การขาดความกระตือรือร้นของคนขับและพนักงานในส่วนต่างๆ ,คุณภาพของรถ และการจัดการจราจรที่เพียงพอ เพราะฉะนั้นความสะดวกสบาย ความเชื่อมั่นและความเร็วในการเดินทาง เป็นเหตุผลอย่างหนึ่งในการตัดสินใจเลือกรูปแบบของระบบขนส่งมวลชน

- การสร้างความประทับใจ

บางครั้งที่รูปแบบเฉพาะของการบริการขนส่งสาธารณะถูกเลือกใช้เพราะว่าผู้ประกอบการได้มีจุดประสงค์ที่จะสร้างความพึงพอใจระหว่างผู้ใช้บริการ และผู้ประกอบการอื่นๆ เช่น กลุ่มผู้ว่าจ้างเจ้าของโรงงานอุตสาหกรรม หรือผู้บุกเบิก เป็นต้น

- ความปลอดภัยของผู้โดยสาร

การพิจารณาด้านความปลอดภัยมีอยู่ 2 แบบคือความปลอดภัยจากอุบัติเหตุที่เกิดจากยานพาหนะ และความปลอดภัยจากการทำร้ายและการโจรกรรม นอกจากความเชื่อมั่นและความเร็วของการบริการแล้ว ความปลอดภัยจากอุบัติเหตุก็เป็นเหตุผลที่จำเป็น สำหรับความปลอดภัยจากอุบัติเหตุของการขนส่งสาธารณะจะมีช่องการจราจรพิเศษสำหรับรถโดยสารแยกจากช่องการจราจรของยานพาหนะอื่นๆ

ความปลอดภัยจากการทำร้ายและการโจรกรรมมีความสำคัญมาก ทั้งรถไฟและรถเมล์จะออกแบบให้มีประตู หน้าต่างที่มีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นผู้โดยสารได้ดีตลอดความยาวของรถ

2.2 <u>การเลือกของเส้นทางสำหรับการขนส่งสาธารณะ</u>

เมื่อรถไฟและรถรางได้รับการตัดสินใจในการก่อสร้างในเส้นทาง ในการก่อสร้างก็จะต้องมีปัญหาเกิดขึ้นบ้าง จึงต้องมีการพิจารณาทางเลือกที่ดีที่สุดของการก่อสร้างในเส้นทาง

การพิจารณาเลือกรูปแบบของเส้นทาง จะมีขอบเขตในการสร้างความพอใจให้เกิดขึ้นกับทุกฝ่ายมากกว่าซึ่งแน่นอนว่าวิธีในการเลือกรูปแบบของเส้นทางนั้นยังไม่แน่นอน เพราะบางเส้นทางจะมีผู้ใช้ถนนอย่างคับคั่ง บางเส้นทางก็จะมีผู้ใช้ถนนน้อย

การเลือกรูปแบบของเส้นทางก็มีความสำคัญต่อรถเมล์ด้วย เส้นทางจะมีการเปลี่ยนแปลงง่าย แต่ก็อยู่ในระยะประมาณ 10 ปี การเปลี่ยนแปลงไม่ได้หมายความว่าเส้นทางเหล่านั้นไม่มีความสำคัญ แต่มันถูกพัฒนาขึ้นจนไม่สามารถพัฒนาต่อได้แล้ว ก็จะต้องมีการหาเส้นทางใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดของรูปแบบเส้นทางของรถเมล์จะถูกกำหนดโดยความถี่ของการให้บริการและจำนวนของเส้นทาง รูปแบบของเส้นทางรถเมล์จะถูกกำหนดโดยความถี่ของรถบัส 1 คัน/นาที ,1 คัน/ชม. หรือ 1 คัน/วัน ซึ่งรูปแบบของเส้นทางจะไม่มีผลมากนัก ถ้าการให้บริการมีน้อยแต่ความต้องการในการโดยสารเดินทางมีมาก แต่สำหรับรถไฟแล้วจะต่างกัน ถ้าให้บริการนานๆ ครั้งแล้วจะเกิดความไม่คุ้มค่าในการลงทุน ดังนั้นแล้ว ความถี่ของการให้บริการจึงเป็นเกณฑ์อย่างหนึ่งในการเลือกรูปแบบของเส้นทาง

ในการเลือกเส้นทางสาธารณะจะมีการพิจารณา 2 ข้อ เกี่ยวกับรูปแบบของเส้นทางและที่ตั้งของเส้นทาง

2.2.1. **รูปแบบของเส้นทาง**

- เส้นทางรอบเมือง

การเดินทางจากชานเมืองเข้าในเมืองส่วนใหญ่จะเป็นรถโดยสารสาธารณะ และจะมีรถไฟเช่น ใช้เดินทางในเขตชานเมือง ซึ่งจะมีการใช้รางและรถไฟในการเดินทางไกลๆ ระหว่างเมือง ซึ่งการเดินทางก็จะเป็นไปด้วยความทุลักทุเล ลำบาก และกระจายผู้โดยสารได้ไม่ดีเนื่องจากสถานีมีน้อย จึงทำให้มีเส้นทางการเดินทางโดยรถเมล์ชานเมือง ซึ่งจะทำให้เกิดความรวดเร็วและสามารถกระจายผู้โดยสารได้ดี การเลือกเส้นทางของรถเมล์ มีความสำคัญเพราะจะทำให้เกิดปัญหาต่างๆ ขึ้นได้ เช่น รถติด ความไม่มั่นใจ ฯลฯ

- เส้นทางข้ามเมือง

จะอยู่ในรูปของเส้นทางชานเมือง 2 เมือง ข้ามตัวเมือง ซึ่งจะมีความจำเป็นเฉพาะในเมืองใหญ่ๆ เท่านั้น เพราะปัญหาด้านการแออัดของการจราจรเป็นสำคัญ ชนิดของรูปแบบการเดินทางเป็นเหตุผลที่ผู้โดยสารพิจารณา โดยคำนึงถึงระยะที่เดินทาง

รถไฟจะใช้กับเส้นทางข้ามเมืองในกรณีที่ในเส้นทางไม่มีสิ่งก่อสร้างขวางกั้นมากนัก ส่วนรถไฟใต้ดินและรถราง จะใช้เป็นทางตัดเมืองในกรณีที่ในเส้นทางผ่านบ้านเรือนสิ่งก่อสร้างต่างๆ และเพื่อเป็นการเพิ่มความเร็วของการให้บริการ

ส่วนรถเมล์ จะใช้กับเส้นทางชานเมืองและเส้นทางข้ามเมืองได้ดี รถเมล์จะเป็นบริการขนส่งที่ช่วยในการเชื่อมต่อการเดินทางของผู้โดยสารจากชานเมืองเข้าไปสู่ในเมือง เนื่องจากรถไฟจะมีข้อกำหนดในการเข้าสู่ในตัวเมือง ซึ่งจะไม่สามารถกระจายผู้โดยสารได้ทั่วถึง ดังนั้นรถเมล์จึงมีบทบาทในส่วนนี้ซึ่งทำให้เกิดความประหยัดขึ้น

- ทางวงแหวน

จะพบในเมืองที่มีขนาดใหญ่ ถนนเหล่านี้จะใช้ติดต่อระหว่างชานเมืองกับในเมือง ถนนวงแหวนจะใช้ติดต่อซื้อขายกันระหว่างชานเมืองกับในเมือง หรือกับถนนข้ามเมืองหรือกับเส้นทางรอบเมือง มีถนนหลายสายที่ใช้เป็นเส้นทางวงแหวนที่มีลักษณะแคบและคดเคี้ยว เมื่อเทียบกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถนนรอบเมืองซึ่งทำให้ไม่สามารถก่อสร้างถนนวงแหวนในบริเวณที่มีการจราจรคับคั่งได้ แต่ถ้าในบริเวณที่การจราจรไม่แออัดมากความเร็วของการให้บริการของถนนวงแหวนก็จะไม่แตกต่างจากถนนรอบเมืองนัก

รถไฟวงแหวน จะใช้กับเมืองที่มีขนาดใหญ่เป็นพิเศษ จะมีรูปแบบน้อยซึ่งจะเคลื่อนที่ผ่านใจกลางเมืองและแหล่งบันเทิงต่างๆ จะเชื่อมต่อการค้าขาย เชื่อมต่อกับเส้นทางข้ามเมือง และเชื่อมต่อกับสถานีขนส่งหลักต่างๆ ที่จำเป็น

- เส้นทางชานเมืองถึงชานเมือง

หน้าที่บางส่วนของเส้นทางวงแหวน คือ เชื่อมต่อกับเส้นทางชานเมือง ซึ่งเส้นทางชานเมืองถึงชานเมืองนี้จะมีความสำคัญในแง่ของความต้องการการขนส่ง และมีลักษณะคล้ายกับใช้เส้นทางชานเมืองเพื่อติดต่อกับชานเมืองมากกว่าที่จะเข้าสู่ใจกลางเมือง

2.2.2. **เกณฑ์ในการกำหนดเส้นทาง**

- จำนวนผู้โดยสาร

ความพอใจในการเดินทางเป็นจุดมุ่งหมายของผู้โดยสาร แต่ความคุ้มค่าที่เกิดขึ้นก็เป็นสิ่งที่ทำให้เกิดการเลือกใช้บริการได้ การให้บริการขนส่งสาธารณะก็เพื่อสนองความต้องการในการเดินทางซึ่งจะรวมถึงความคุ้มค่าในการบริการด้านอื่นๆ ต่อผู้โดยสารด้วย

รถไฟและรถเมล์ เป็นระบบขนส่งสาธารณะซึ่งใช้ในการติดต่อระหว่างชุมชนจากเมืองหนึ่งไปยังอีกเมืองหนึ่ง ซึ่งในทวีปยุโรปโครงสร้างของแผนพัฒนาระบบขนส่งสาธารณะจะขึ้นอยู่กับผู้บริหารส่วนกลาง

จำนวนของผู้โดยสารในอนาคตจะเป็นตัวแปรที่ทำให้ระยะทางระหว่างสถานีเปลี่ยนไป ก็คือจะเปลี่ยนตามที่อยู่ของชุมชน ซึ่งปกติระยะทางระหว่างสถานีจะประมาณ 400 ม. จำนวนของเที่ยวโดยสารจะขึ้นอยู่กับที่อยู่อาศัย ขนาดครอบครัว รถยนต์ส่วนตัว ประเภทอาชีพและจำนวนของผู้มีงานทำ ซึ่งสิ่งเหล่านี้จำเป็นต้องมีพื้นที่ในการที่จะสร้างถนน และสถานีเพื่อรองรับจึงต้องมีข้อกำหนดในการก่อสร้างสิ่งต่างเหล่านี้

การคำนวณจำนวนผู้โดยสารนี้เป็นการคำนวณคร่าวๆ เพื่อที่จะนำไปคำนวณหาปริมาณพื้นที่ในการก่อสร้างเส้นทางเดินรถเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วจำนวนผู้โดยสารอาจมีการเปลี่ยนแปลงไป

ความสามารถในการส่งเสริมการขนส่งสาธารณะมีมากขึ้น เนื่องจากการขับขี่รถส่วนตัวจะทำให้เกิดปัญหา เช่น ความลำบาก ,การจราจรติดขัด ,สถานที่จอดรถไม่เพียงพอ เพราะฉะนั้น การขนส่งสาธารณะจึงเป็นทางเลือกที่ดีกว่า เมื่อมีการขนส่งสาธารณะเกิดขึ้นก็จะทำให้เกิดการค้า การสร้างอาคารพาณิชย์รอบๆ บริเวณสถานีขนส่ง ,เกิดการจ้างงานขึ้น แต่การที่ผู้โดยสารจะเลือกรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบของการขนส่งจะขึ้นอยู่กับ ความถี่ของการให้บริการ ,ความเร็ว ,ค่าโดยสาร และผลกระทบอื่นๆ ที่อาจจะเป็นสาเหตุในการเลือกใช้บริการ

- ความสะดวกสบายสำหรับผู้โดยสาร

การให้บริการขนส่งสาธารณะคาดหวังที่จะให้บริการอย่างทั่วถึง แต่ในปัจจุบันการให้บริการยังคงไม่ทั่วถึง แต่ก็มีข้อดีที่การบริการจะรวดเร็ว ตรงต่อเวลา ความไม่สะดวกสบายที่เกิดขึ้นกับผู้โดยสารส่วนใหญ่เกิดขึ้นเนื่องจากการกระจายตัวของการขนส่งสาธารณะไม่ทั่วถึง และการผูกขาดของระบบขนส่งสาธารณะ ซึ่งไม่ทำให้เกิดการแข่งขันกันพัฒนาระบบของตน ทำให้ผู้โดยสารไม่มีทางเลือกในการใช้บริการ

- ความสะดวกในการก่อสร้าง

ความสะดวกในการก่อสร้างจะเป็นผลมาจากทั้งด้านเทคโนโลยีและทางด้านการเมืองและเศรษฐกิจ ในการก่อสร้างรถไฟจะมีความลำบากในการขออนุมัติสร้างโครงการเนื่องจากการเวนคืนที่ดินและที่อยู่อาศัยและเกิดความเสียหายต่อทรัพย์สินอื่นๆ ซึ่งค่าชดเชยที่ได้รับจะเพียงพอไม่คุ้มค่า แต่สำหรับโครงการก่อสร้างระบบขนส่งสาธารณะที่มีเงินทุนมาก ก็มีความเป็นไปได้สูงในการอนุมัติก่อสร้างโครงการ วิธีการที่จะแก้ไขอุปสรรคในการก่อสร้างโครงการ หรือทำให้สะดวกขึ้น ทำได้โดยการยอมจ่ายค่าเสียหายให้กับผู้ที่ได้รับผลกระทบในปริมาณสูง หรืออีกวิธีหนึ่งก็คือ การพยายามก่อสร้างให้เกิดผลกระทบกับผู้ที่อยู่อาศัยน้อยที่สุด การสร้างความปลอดภัย ความพึงพอใจ เป็นต้น

- ราคาค่าก่อสร้าง

ราคาค่าก่อสร้างของระบบขนส่งที่แตกต่างกัน ก็จะมีราคาที่ต่างกัน แต่ราคาที่ทำให้ราคาค่าก่อสร้างสูงขึ้น ก็จะเนื่องมาจาก ราคาที่เกิดจากค่าเสียหาย ค่าเวนคืน หรือค่าใช้จ่ายในการแก้ไขผลกระทบที่เกิดกับผู้อาศัยข้างๆ โครงการ

2.3 <u>ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพ</u>

2.3.1 สาเหตุของการจราจรติดขัด

สาเหตุการจราจรติดขัดของเมืองใหญ่ ในประเทศกำลังพัฒนาส่วนใหญ่จะเกิดจาก

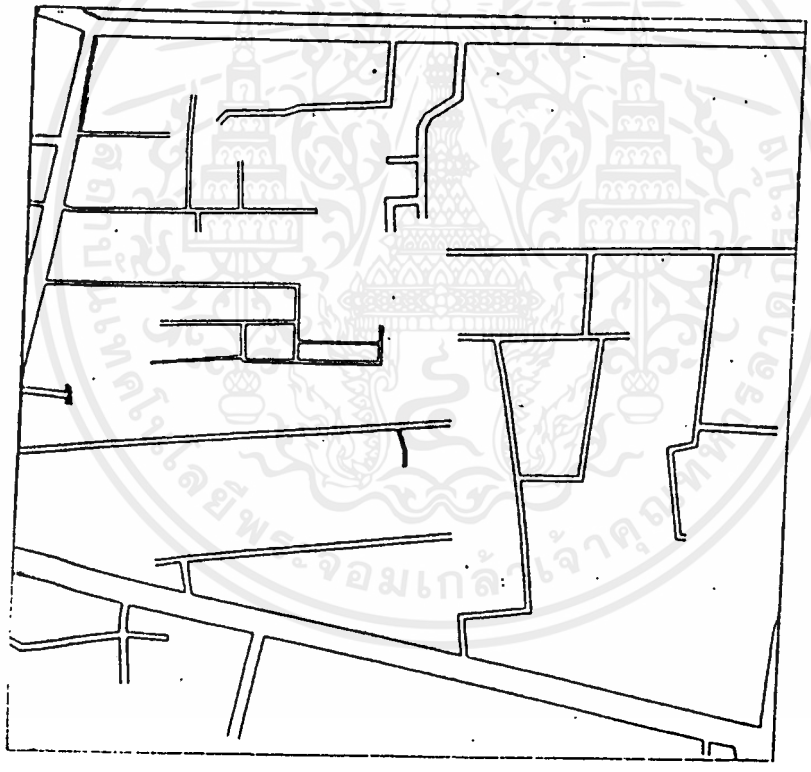
- การที่ถนนไม่มีการเชื่อมต่อกันที่เพียงพอ
- การเพิ่มของรถยนต์อย่างรวดเร็ว
- ผู้ขับขี่รถยนต์ขาดระเบียบวินัย
- การขนส่งสาธารณะที่ไม่เพียงพอ โดยเฉพาะระบบขนส่งมวลชน

ซึ่งเหตุผลจะต่างกันไปในแต่ละประเทศ สำหรับกรุงเทพสาเหตุหลักใหญ่ๆคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Superblock

เหมือนกับเมืองใหญ่ในเอเชีย กรุงเทพมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยไม่ได้มีการวางระเบียบแบบแผน ซึ่งผลที่เกิดขึ้นต่อมาคือ เมืองจะขยายบริเวณโดยมีพื้นที่ใช้สอยหลายประเภทรวมกัน และขาดถนนเชื่อมต่ออย่างเพียงพอ ผลต่อมาคือ กรุงเทพจะไม่มีถนนสายรองที่ผ่านเข้าถึงในกลุ่มเมืองเหมือนกับประเทศในแถบตะวันตก ในกรุงเทพรถยนต์จะเดินทางด้วยถนนสายหลักซึ่งมีจำนวนน้อย และเชื่อมต่อด้วยถนนสายรองที่จำนวนน้อยและมีลักษณะเป็นถนนที่แคบๆซึ่งไม่ได้ต่อเชื่อมกัน โครงสร้างของเครือข่ายถนนแบบนี้จะทำให้เกิด Superblock จำนวนมาก สรุปได้ว่า Superblock เป็นคำที่ใช้อธิบายกรุงเทพ คือ มีพื้นที่ที่กำลังพัฒนาขนาดใหญ่ ซึ่งมีถนนสายหลักผ่านแต่มีถนนสายรองขนาดเล็กที่ไม่เพียงพอที่จะเชื่อมโยงในแต่ละพื้นที่ของ Block ซึ่งเมื่อรถยนต์มีถนนสายหลักไม่มาก และมีถนนสายรองน้อยด้วย จึงไม่สามารถจะหลีกเลี่ยงการจราจรที่ติดขัดได้



รูปที่ 2-1 โครงข่ายถนนในกรุงเทพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2-2 โครงข่ายถนนใน London

2. พื้นผิวการจราจรที่ไม่เพียงพอ

จากสาเหตุที่ไม่มีการวางแผน และการเจริญเติบโตของเมืองอย่างรวดเร็ว พื้นผิวการจราจรในกรุงเทพมีปริมาณไม่เพียงพอ โดยมีพื้นผิวการจราจรเพียง 8% ของพื้นที่ทั้งหมด โดยเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในแถบตะวันตกอย่าง ลอนดอน ปารีส นิวยอร์ค จะมีพื้นผิวการจราจร 20-25% ซึ่งเป็นเหตุผลที่ทำให้การจราจรในกรุงเทพติดขัด

3. จำนวนรถยนต์ส่วนบุคคลที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว

จำนวนรถยนต์ในกรุงเทพ มีการเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว จำนวนรถยนต์ที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้พื้นผิวการจราจรที่มีจำกัด ไม่สามารถรองรับได้ ซึ่งจะทำให้เกิดปัญหาการจราจรติดขัด

2.3.2 การแก้ไขปัญหา

แนวทางแก้ไขปัญหาจราจรในกรุงเทพ จะต้องมีทางเลือกที่ดีให้กับผู้ใช้รถยนต์ส่วนตัว โดยปรับปรุงการขนส่งสาธารณะในช่วงระยะสั้น และจัดสร้างระบบขนส่งมวลชนในระยะยาว ถ้าการขนส่งสาธารณะไม่ดีแล้ว การจำกัดปริมาณรถก็ไม่สามารถที่จะทำให้ตรงตามเป้าหมายได้ ซึ่งประชาชนก็จะยังคงใช้รถยนต์ส่วนตัวต่อไป เพราะว่าไม่มีทางเลือกที่ดีให้กับพวกเขา ซึ่งต่อไปก็ยิ่งจะทำให้การจราจรติดขัดมากยิ่งขึ้นไป

- รถโดยสารสาธารณะ

รัฐบาลต้องปรับปรุงทำให้รถโดยสารสาธารณะวิ่งได้เร็วกว่ารถยนต์ส่วนตัว ซึ่งจะทำให้ประชาชนจอดรถไว้ที่บ้าน เพื่อลดความคับคั่งของการจราจร และต้องปรับปรุงคุณภาพของรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสารให้ดีอย่างมากๆ โดยเริ่มปรับปรุงเส้นทางโดยสาร ทั้งทางรถเมล์และรถไฟ ปรับปรุงคุณภาพและให้สิทธิพิเศษ แก่ระบบขนส่งสาธารณะ เช่นเพิ่มจำนวนช่องบัสเลน ซึ่งการปรับปรุงประสิทธิภาพและคุณภาพของการบริการจะทำให้ประชาชนพอใจที่จะใช้ระบบขนส่งสาธารณะ

- รถโรงเรียน

รถโรงเรียนที่ดีและสะดวกสบายจะสามารถลดเวลาของผู้ปกครองในการมาส่งลูกในตอนเช้า และตอนเย็น ซึ่งมักจะมาแออัดกันอยู่บริเวณหน้าโรงเรียน สิ่งที่ต้องปรับปรุงสำหรับรถโรงเรียน คือ ความปลอดภัย ระยะเวลาการเดินทาง ความสะดวกสบาย และต้องปรับปรุงราคาไม่ให้แพงด้วย

- เรือโดยสาร

ต้องมีการวางแผนบริการเรือให้เชื่อมต่อกับเส้นทางรถโดยสารในบริเวณที่มีการจราจรติดขัด เพื่อให้การแก้ไขประสบผลสำเร็จ ซึ่งรัฐบาลจะต้องจัดหาบริษัทเดินเรือ จัดทำเส้นทางเชื่อมต่อจากท่าเรือถึงถนน ซึ่งจะต้องมีรถมารอรับผู้โดยสารด้วย

- ระบบขนส่งมวลชน

ในแผนระยะยาวกรุงเทพจำเป็นต้องมีระบบขนส่งมวลชนขนาดใหญ่เพื่อรองรับประชาชน ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- การร่วมมือกันของประชาชน

การแก้ไขปัญหาจะต้องได้รับความร่วมมือจากประชาชน โดยประชาชนต้องยอมสละความสบายส่วนตัวและหันมาใช้ระบบขนส่งมวลชน ซึ่งจะต้องปรับปรุงให้มีคุณภาพที่ดีก่อน จากนั้นต้องมีการรณรงค์ ประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนรับรู้ถึง สาเหตุและวิธีการแก้ไข เพื่อให้ประชาชนได้เข้าใจ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ความเป็นมาของโครงการ

3.1 Project Background ของโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส

โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (โครงการรถไฟฟ้าบีทีเอส) เป็นโครงการที่รัฐให้สัมปทานแก่เอกชน เพื่อสร้างและประกอบการระบบขนส่งมวลชน วิ่งบนทางยกระดับ 2 สายในกรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรในกรุงเทพมหานคร ให้ประชาชนมีทางเลือกในการเดินทางที่มีประสิทธิภาพ สภาพอากาศโดยรวมทั่วกรุงเทพมหานครดีขึ้น เพราะการเผาผลาญเชื้อเพลิงน้อยลง อีกทั้งยังเป็นการลดการนำเข้าเชื้อเพลิงได้อย่างมหาศาล ซึ่งกรุงเทพมหานครได้ประกาศเชิญชวนให้เอกชนยื่นรายละเอียดข้อเสนอของโครงการ และข้อเสนอของกลุ่มธนายงได้รับการคัดเลือกว่ามีความเหมาะสมมากที่สุด กลุ่มธนายงจึงได้ก่อตั้งบริษัทระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (BTSC) ขึ้นตามข้อเสนอ เพื่อรับสัมปทานเมื่อวันที่ 13 กุมภาพันธ์ 2535 และได้ลงนามสัญญาสัมปทานกับกรุงเทพมหานครเมื่อวันที่ 9 เมษายน 2535 ซึ่งได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมสัญญาสัมปทาน เมื่อวันที่ 25 มกราคม 2538 และวันที่ 28 มิถุนายน 2535

จากนั้นกลุ่มธนายงได้ว่าจ้างให้ บริษัท อิตาเลียน-ไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน) เป็นผู้รับเหมาในงาน Civil และ Architecture และ บริษัท ซีเมนส์ เอ จี จำกัด เป็นผู้รับเหมางาน Electro-Mechanical การรับเหมาการก่อสร้างของ บริษัท อิตาเลียน-ไทย เป็นแบบ Turnkey

3.1.1 ลักษณะสัมปทาน

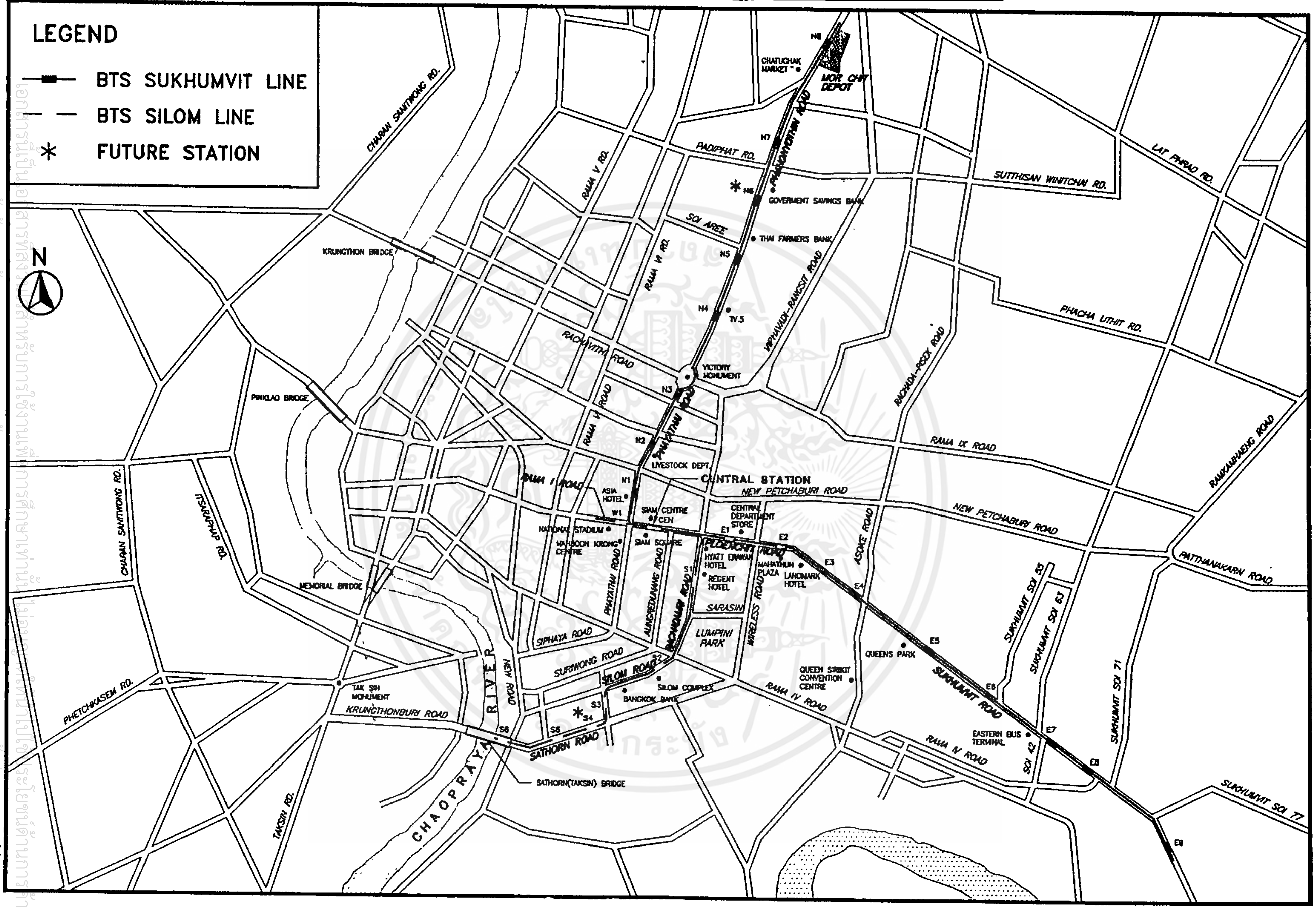
สัมปทานมีอายุ 30 ปี นับจากวันเริ่มเปิดให้บริการแก่ประชาชน และด้วยเหตุที่โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครเป็นโครงการที่ใช้เงินลงทุนสูงโดยไม่มีการสนับสนุนเงินทุนจากทางภาครัฐ กรุงเทพมหานครจึงจัดหาที่ดินที่จำเป็นสำหรับโครงการให้ โดยไม่แบ่งผลประโยชน์จากรายได้ให้แก่กรุงเทพมหานครตลอดระยะเวลาสัมปทาน เพื่อให้ค่าโดยสารมีราคาไม่สูงและเป็นธุรกิจที่สามารถดำเนินการได้ นอกจากนี้รัฐบาลยังได้ให้ BTSC ได้รับสิทธิประโยชน์จากการส่งเสริมการลงทุนจาก BOI ประกอบด้วย การยกเว้นภาษีนำเข้าเครื่องจักร และการยกเว้นภาษีเงินได้ เป็นระยะเวลา 8 ปี เพื่อให้โครงการเกิดความคุ้มทุนในเวลาอันควรอีกด้วย

3.1.2 ลักษณะโครงการ

- แนวเส้นทางที่ได้รับสัมปทานมีจำนวน 2 สายดังนี้

1. สายสุขุมวิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

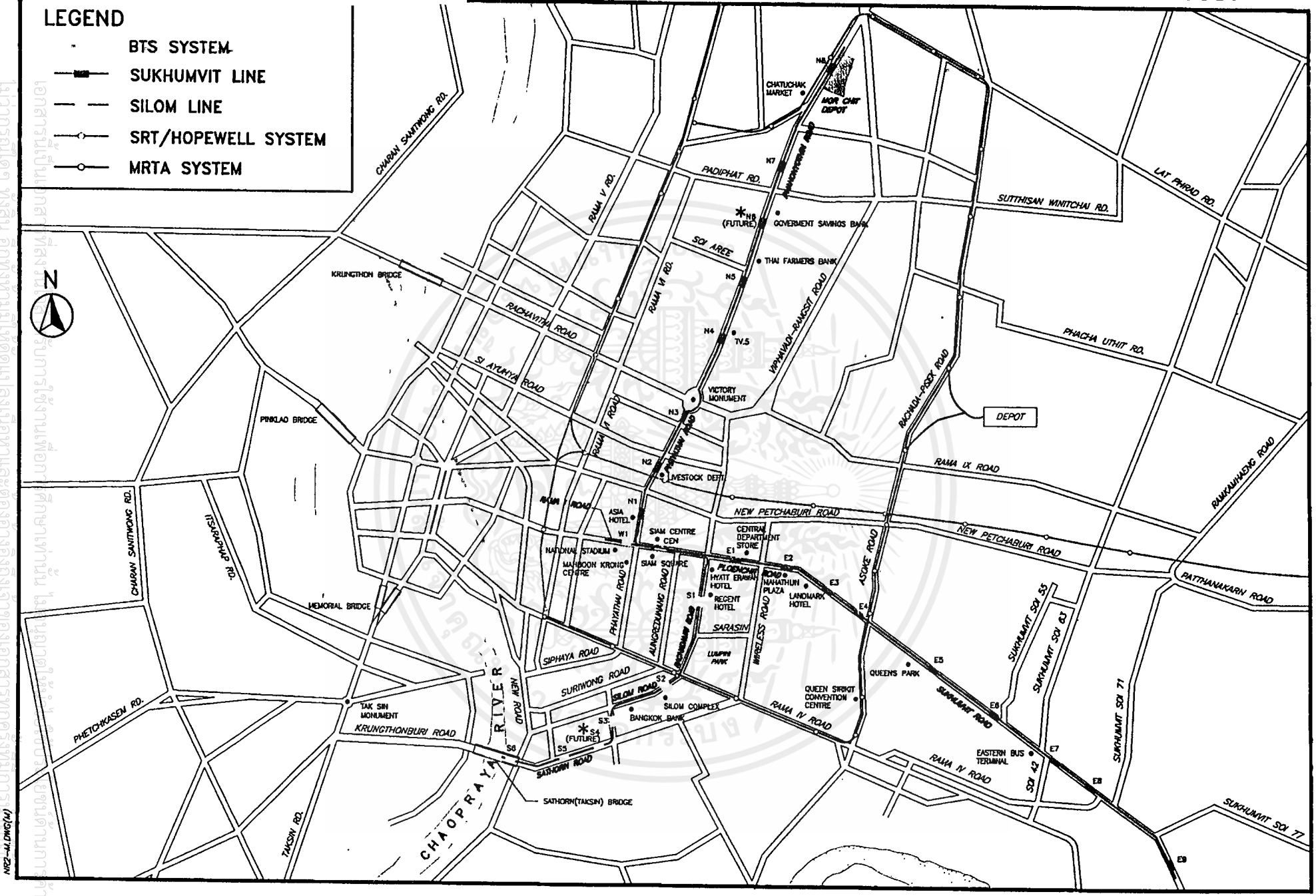


BTS ROUTE MAP

รูปที่ 3-1 เส้นทางรถไฟฟ้า BTS

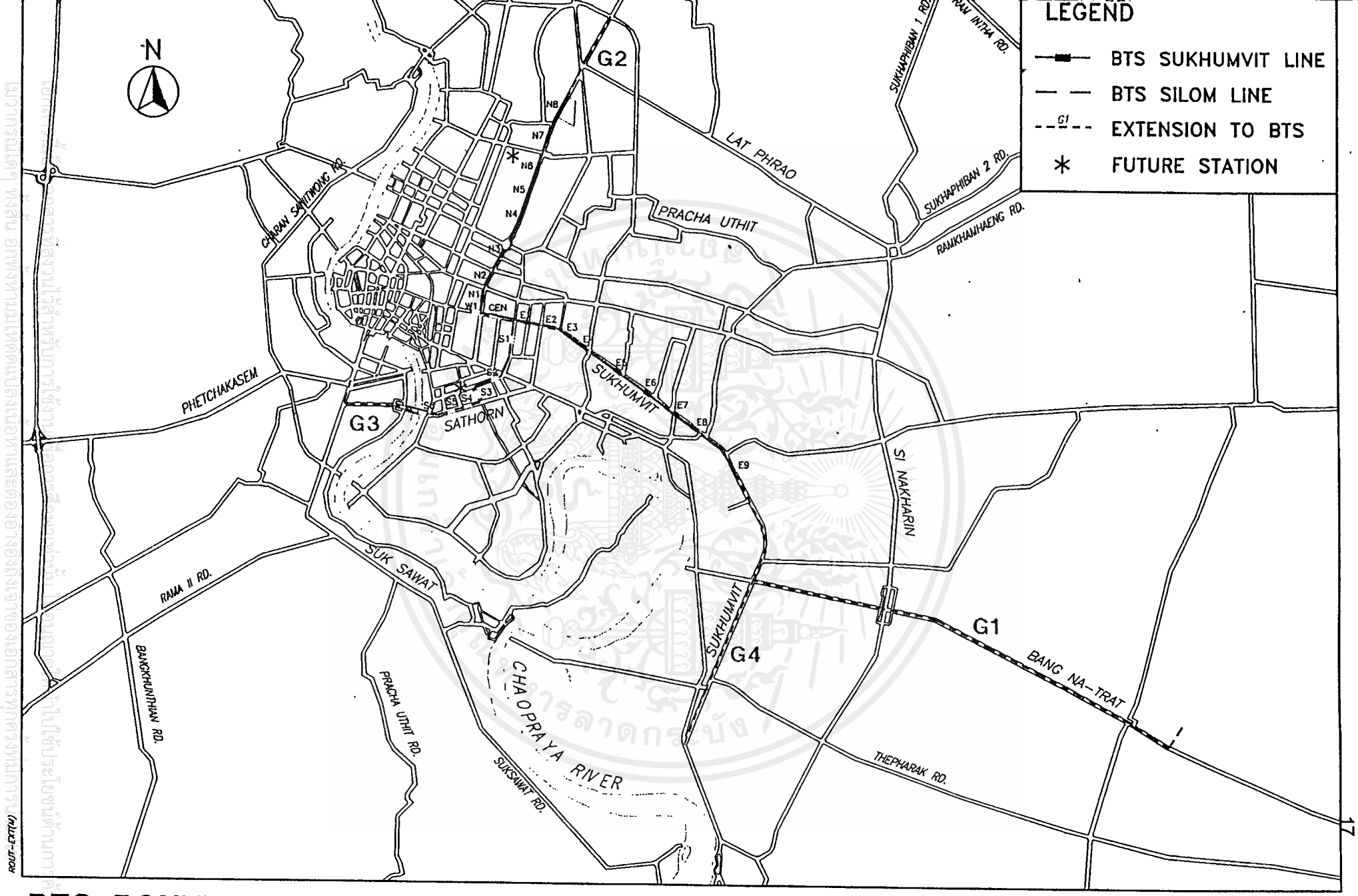
BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM PUBLIC COMPANY LIMITED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Bangkok's proposed mass transit network รูปที่ 3-2 โครงข่ายของระบบขนส่งมวลชน

BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM PUBLIC COMPANY LIMITED



BTS ROUTE MAP WITH FUTURE EXTENSIONS

รูปที่ 3-3 เส้นทางของรถไฟฟ้า BTS ที่จะสร้างต่อในอนาคต

BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM PUBLIC COMPANY LIMITED

เริ่มจากบริเวณสุขุมวิท 81 ผ่านถนนสุขุมวิท - ถนนเพลินจิต - ถนนพระรามที่ 1 - ถนนพญาไท - อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ - สนามเป้า - สะพานควาย - จตุจักร ไปสิ้นสุดบริเวณสถานีขนส่งสายเหนือ และสายตะวันออกเฉียงเหนือ (ตลาดหมอชิต) รวมระยะทางประมาณ 17 กม. โดยมีสถานีทั้งสิ้นจำนวน 17 สถานี รวมสถานีร่วม สำหรับเปลี่ยนสายบนถนนพระราม 1

2. สายสีลม

เริ่มจากเชิงสะพานสาธรฝั่งกรุงเทพฯ ผ่านถนนสาธร - ถนนเลียบคลองช่องนนทรี - ถนนราชดำริ - ถนนพระราม 1 ไปสิ้นสุดบริเวณสนามกีฬาแห่งชาติ รวมระยะทางประมาณ 6.5 กม. มีสถานีจำนวน 7 สถานี รวมสถานีร่วม

- โครงสร้าง

โครงสร้างทางวิ่งมีลักษณะเป็นทางยกระดับ (Viaduct) วางบนเสาเดี่ยวทางวิ่งซึ่งโดยทั่วไปจะสร้างอยู่ในเกาะกลางถนน ทางยกระดับนี้กว้างประมาณ 9 เมตร อยู่สูงจากพื้นโดยทั่วไปประมาณ 12 เมตร ใช้ระบบคอนกรีตหล่อสำเร็จ ชนิดนำมาประกอบในสถานที่มีลักษณะเป็น Segmental Box Girder นำมาต่อกันด้วยวิธี Launching โดยไม่ต้องปิดการจราจรหรือปิดเพียงบางส่วน ในระหว่างการประกอบคล้ายกับการก่อสร้างโครงการทางด่วนขั้นที่สอง การเลือกใช้โครงสร้างดังกล่าว นอกจากจะกระทบต่อการจราจรน้อยแล้ว ยังดูสวยงามเป็นระเบียบอีกทั้งการก่อสร้างสามารถทำได้รวดเร็วใช้เวลาน้อยกว่าแบบอื่นๆ สำหรับเสารองรับทางยกระดับสร้างด้วยคอนกรีต มีความกว้างประมาณ 2 เมตร ซึ่งสร้างขึ้นบริเวณกึ่งกลางถนน มีระยะห่างช่วงเสาประมาณ 30-35 เมตร

- ลักษณะของระบบ

เป็นรถขนส่งมวลชนความจุสูงแบบมาตรฐาน ที่ใช้กันแพร่หลายในเมืองใหญ่ๆ ทั่วไป ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าขับเคลื่อน วิ่งบนรางคู่ยกระดับ ความกว้างราง 1.435 ม. แยกทิศทางไปและกลับ มีรางป้อนกระแสไฟฟ้าอยู่ด้านข้าง (Third Rail System) ซึ่งมีความปลอดภัยสูง มีผลกระทบต่อทัศนียภาพน้อยกว่าแบบที่มีสายไฟด้านบน หรือสาลี่ (Cantinery) ระบบที่ใช้นี้เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพ มีความคล่องตัวสูงและสามารถขยายระบบได้ มีความจุมากกว่า 50,000 คนต่อชั่วโมง ต่อทิศทาง การควบคุมใช้คอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะในเรื่องความปลอดภัย เช่น ระบบป้องกันการชน ระบบควบคุมความเร็ว เป็นต้น

- ขบวนรถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขบวนรถประกอบด้วยรถจำนวน 3 หรือ 6 คัน พ่วงต่อกัน สามารถวิ่งกลับทิศทางได้ รถที่ใช้มีอยู่สองประเภทหลัก คือ รถชนิดที่มีห้องคนขับซึ่งมีมอเตอร์สามารถขับเคลื่อนได้ และรถชนิดที่ไม่มีห้องคนขับ หรือรถพ่วงมีทั้งชนิดที่มี และไม่มีมอเตอร์ขับเคลื่อน ตัวรถแต่ละคันมีความกว้างประมาณ 3 เมตร ยาวประมาณ 22 เมตร จุผู้โดยสารได้ประมาณ 320 คน เป็นผู้โดยสารนั่ง 42 คน และยืน 278 คน มีประตูเลื่อนกว้าง 1.40 เมตร ด้านละ 4 บาน ขบวนรถแบบ 3 ตู้มีที่นั่งทั้งหมด 126 ที่นั่ง ในชั่วโมงเร่งด่วนจะใช้ขบวนรถแบบ 6 ตู้ ซึ่งจะจุผู้โดยสารยืนได้ 735 คน หรือมีความหนาแน่น 6 คน/m^2 ในกรณีที่ผู้โดยสารเบียดกันจะมีความหนาแน่น 8 คน/m^2 หรือเป็นจำนวน 1,106 คนต่อขบวน ตัวถังทำด้วยเหล็กปลอดสนิมหรืออลูมิเนียมอัลลอยด์ ติดตั้งระบบปรับอากาศพร้อมหน้าต่างชนิดกันแสงแดด

- สถานี

สถานีรับ-ส่งผู้โดยสาร ออกแบบให้หลบเลี่ยงสาธารณูปโภคใต้ดินและบนดิน และรักษาผิวจราจรบนถนนมากที่สุด โดยทั่วไปออกแบบให้มีโครงสร้างแบบเสาเดี่ยวตั้งอยู่บนเกาะกลางถนน เช่นเดียวกับโครงสร้างทางวิ่งโดยทั่วไป มีความยาวประมาณ 150 เมตร มี 2 ลักษณะ คือ

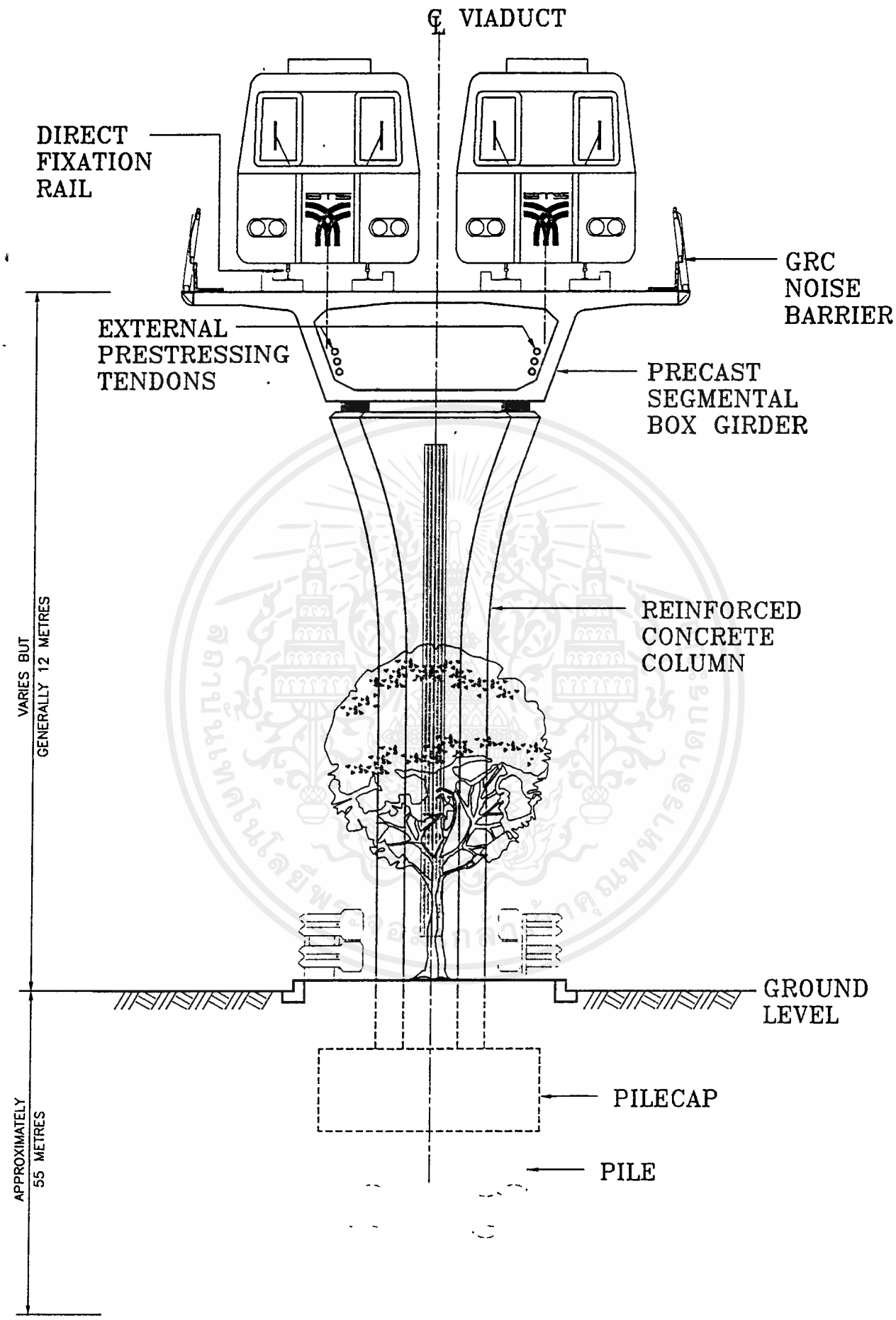
1. Side Platform Station มีชานชาลาอยู่สองข้าง โดยรถไฟวิ่งอยู่ตรงกลางสถานี สถานีทั่วไปได้ออกแบบให้มีลักษณะแบบนี้ เนื่องจากสร้างได้รวดเร็วและใช้เนื้อที่น้อย

2. Centre Platform Station มีชานชาลาอยู่ตรงกลาง และรถไฟวิ่งอยู่สองข้าง สถานีชนิดนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าแบบแรก แต่การก่อสร้างยุ่งยากกว่า เนื่องจากตัวรางต้องเบนออกจากกันเมื่อเข้าสู่สถานีและเบี่ยงกลับเมื่อวิ่งออกจากสถานี ทั้งนี้ได้ออกแบบให้สถานีร่วมมีลักษณะแบบนี้ เนื่องจากคาดว่าจะมีผู้โดยสารเป็นจำนวนมาก

ตัวสถานีมี 2 ชั้น คือชั้นสำหรับจำหน่ายตั๋ว (Concourse) และชั้นชานชาลา(Platform) โดยชั้นจำหน่ายตั๋วอยู่ในระดับเดียวกันกับสะพานคนเดินข้ามถนน ส่วนชั้นชานชาลาอยู่สูงขึ้นไป ทุกสถานีออกแบบให้สามารถติดตั้งบันไดเลื่อนในอนาคตได้ มีจำนวนทั้งสิ้น 23 สถานี อยู่ห่างกันประมาณ 800-1,000 เมตร โดยมีสถานีร่วมแบบขนาน (Parallel Interchange Station) อยู่ 1 สถานี บนถนนพระราม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

039011

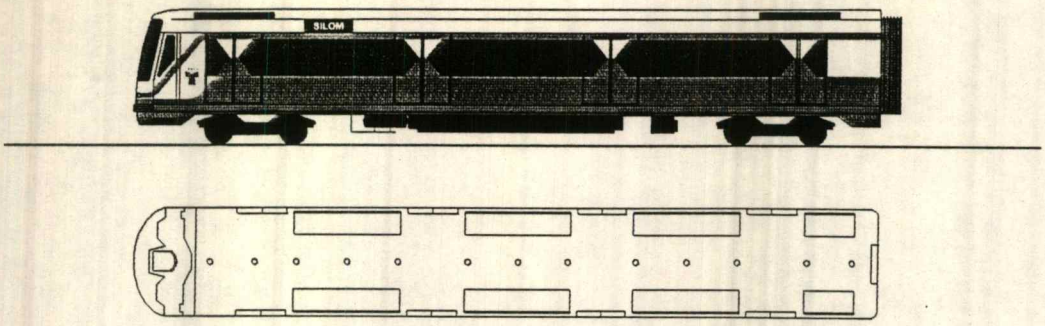


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

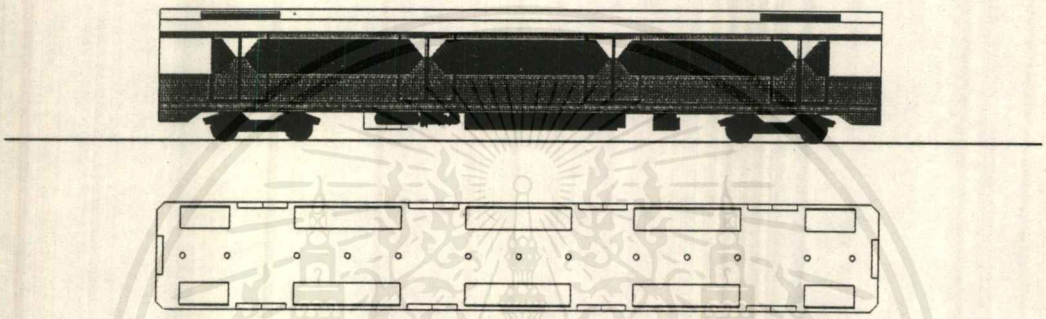
TYPICAL COLUMN AND VIADUCT

รูปที่ 3-4 รูปตัดโครงสร้างทางยกระดับ

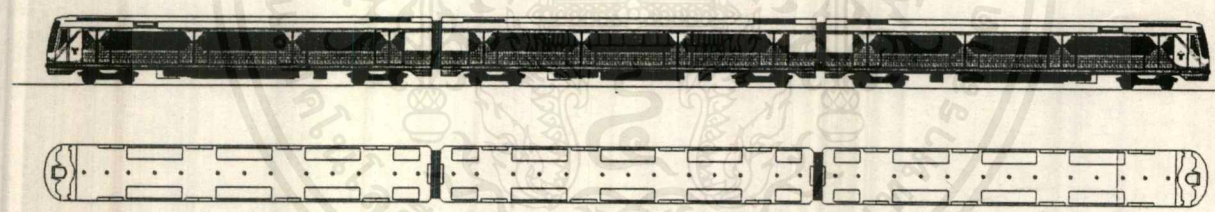
BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM PUBLIC COMPANY LIMITED



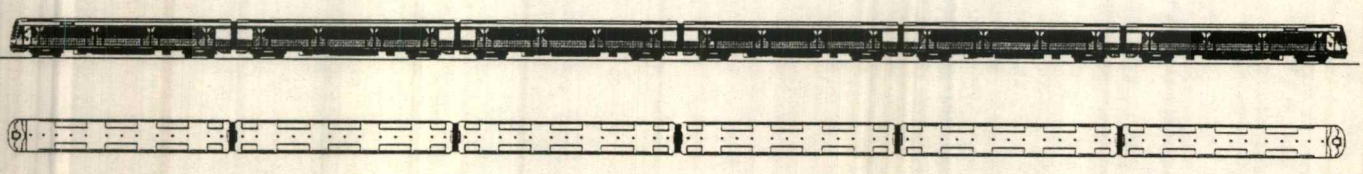
SINGLE CAR WITH DRIVER CAB



SINGLE CAR FOR PASSENGER ONLY



THREE CAR TRAIN



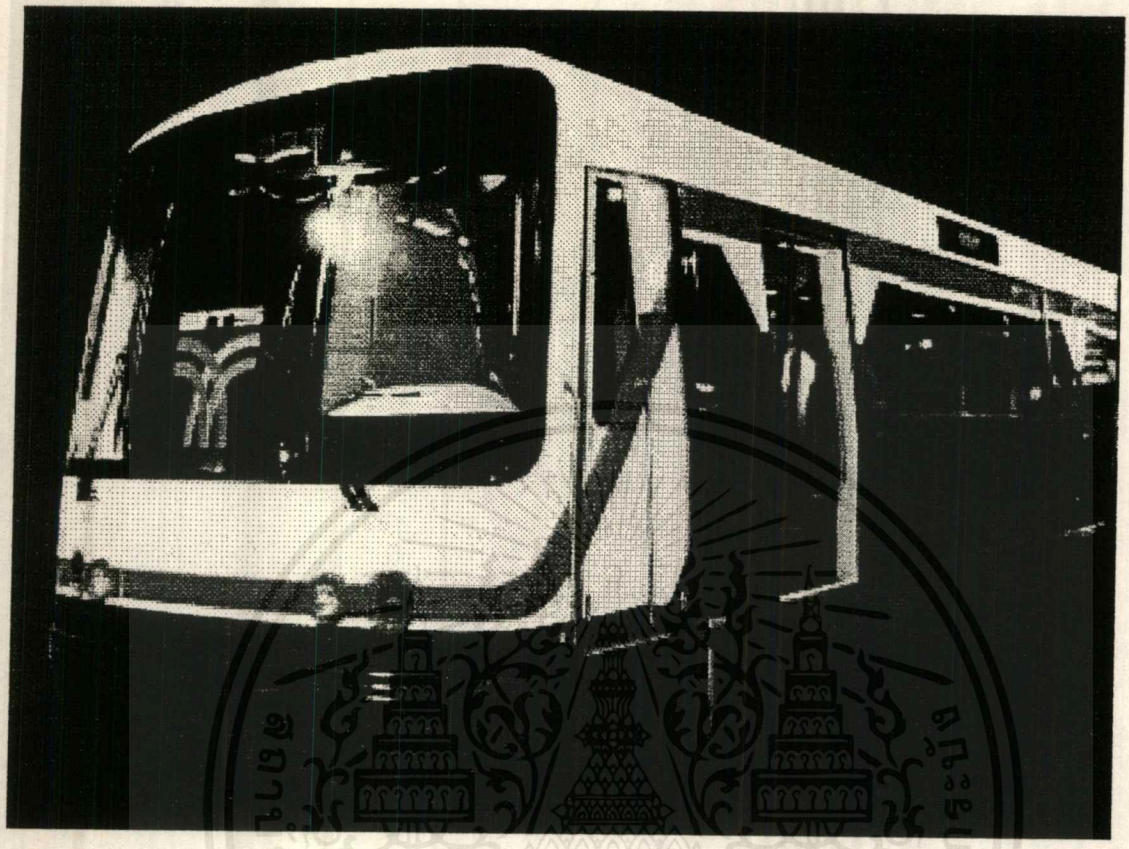
SIX CAR TRAIN

TYPICAL THREE CAR & SIX CAR TRAIN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น เว้นแต่จะได้รับอนุญาตจากผู้ถือลิขสิทธิ์ของเอกสารก่อนทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3-5 ภาพทั่วไปของขบวนรถโดยสารชนิด 3 และ 6 รถโดยสาร

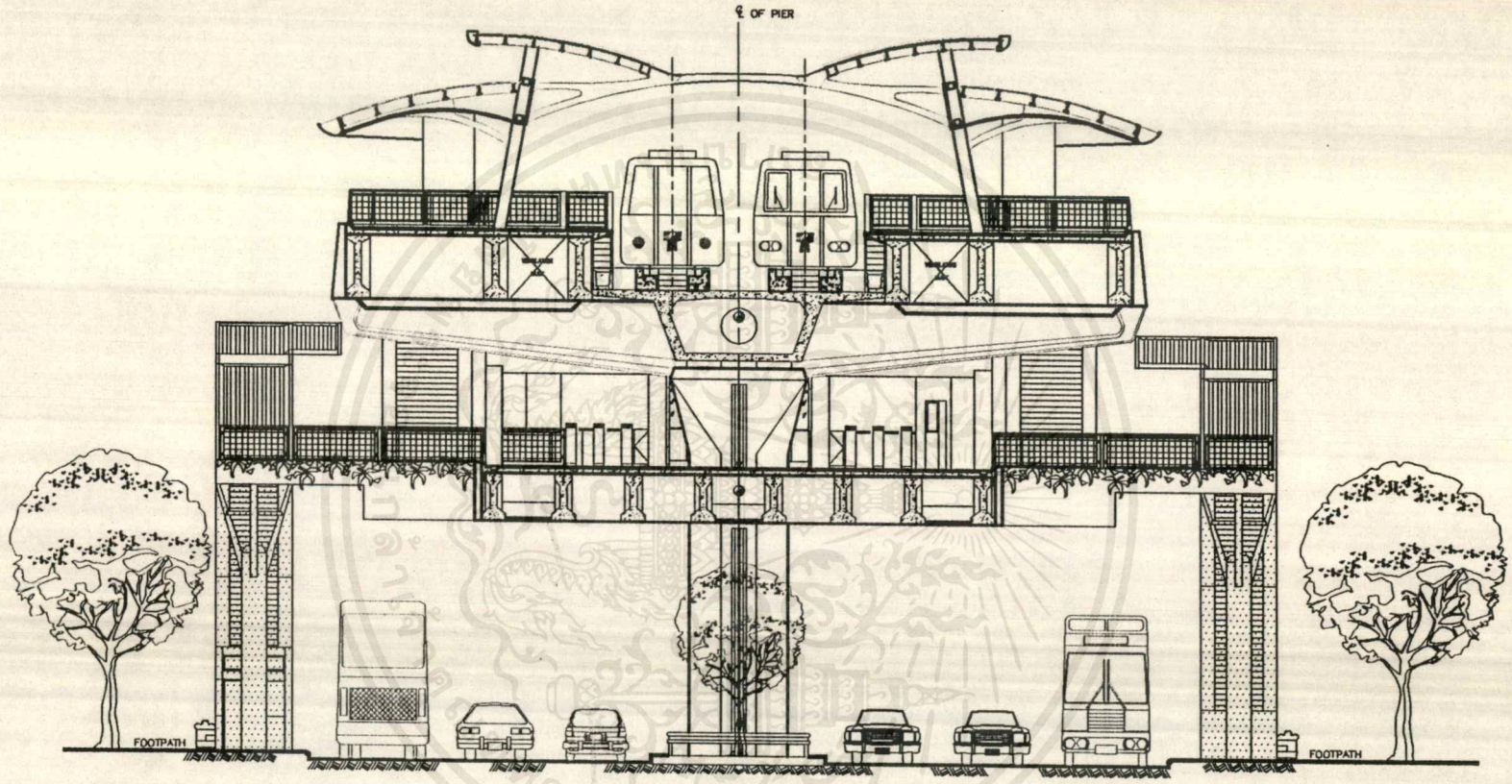
BTS
BANGKOK
MASS TRANSIT
SYSTEM PUBLIC
COMPANY LIMITED



รูปที่ 3-6 ลักษณะของตัวรถไฟ

ชื่อทางการ	: รถไฟฟ้าบีทีเอส
ประเทศผู้ผลิต	: สหพันธ์รัฐเยอรมัน
ผลิตโดย	: บริษัท ซีเมนส์ เอ จี จำกัด
ออกแบบโดย	: ปอร์เช่ ดีไซน์
ประสิทธิภาพ	: มากกว่า 50,000 คนต่อชั่วโมงต่อทิศทาง
ความจุต่อ 1 ขบวน (6 ตู้)	: 2,000 คน
ชนิด	: รถไฟฟ้าปรับอากาศ
สมรรถนะในการขับเคลื่อน	: มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสสลับ 16 เครื่อง ขนาด 2,720 กิโลวัตต์
พลังงานที่ใช้	: ไฟฟ้า (ปลอดมลพิษ)
พ.ศ.2540	: รถต้นแบบเสร็จเรียบร้อย ถึงกรุงเทพมหานคร
พ.ศ.2541	: เริ่มวิ่งทดสอบ
พ.ศ.2542	: เปิดให้บริการแก่ประชาชนทั่วไป

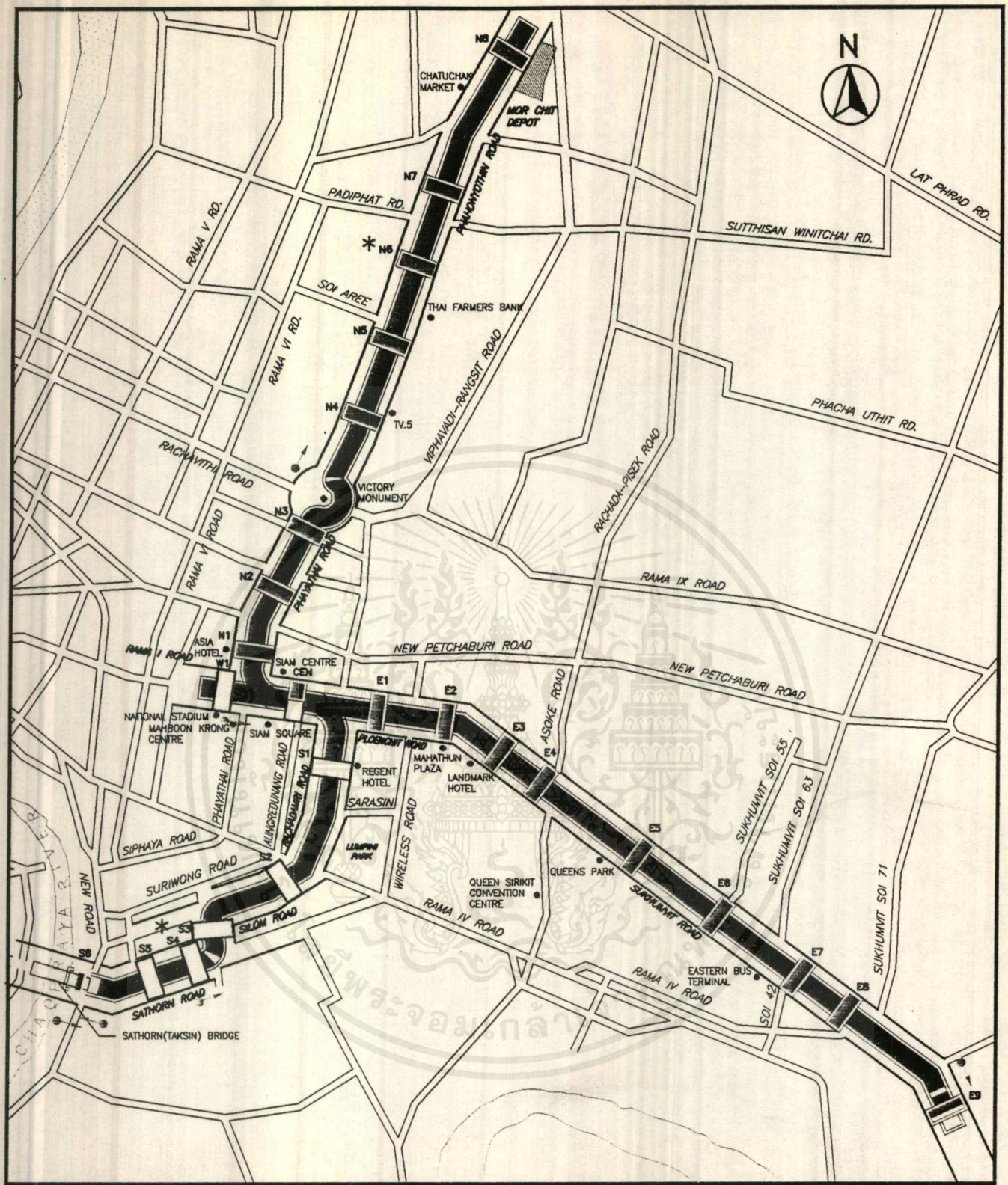
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TYPICAL STATION CROSS SECTION

BANGKOK
MASS TRANSIT
SYSTEM PUBLIC
COMPANY LIMITED

รูปที่ 3-7 ภาพตัดตามขวางทั่วไปของสถานีรถไฟฟ้า



LEGEND

- BTS SUKHUMVIT LINE
- BTS SILOM LINE
- FUTURE STATION
- PILING RIG
- PILING COMPLETED AS OF 18/3/98

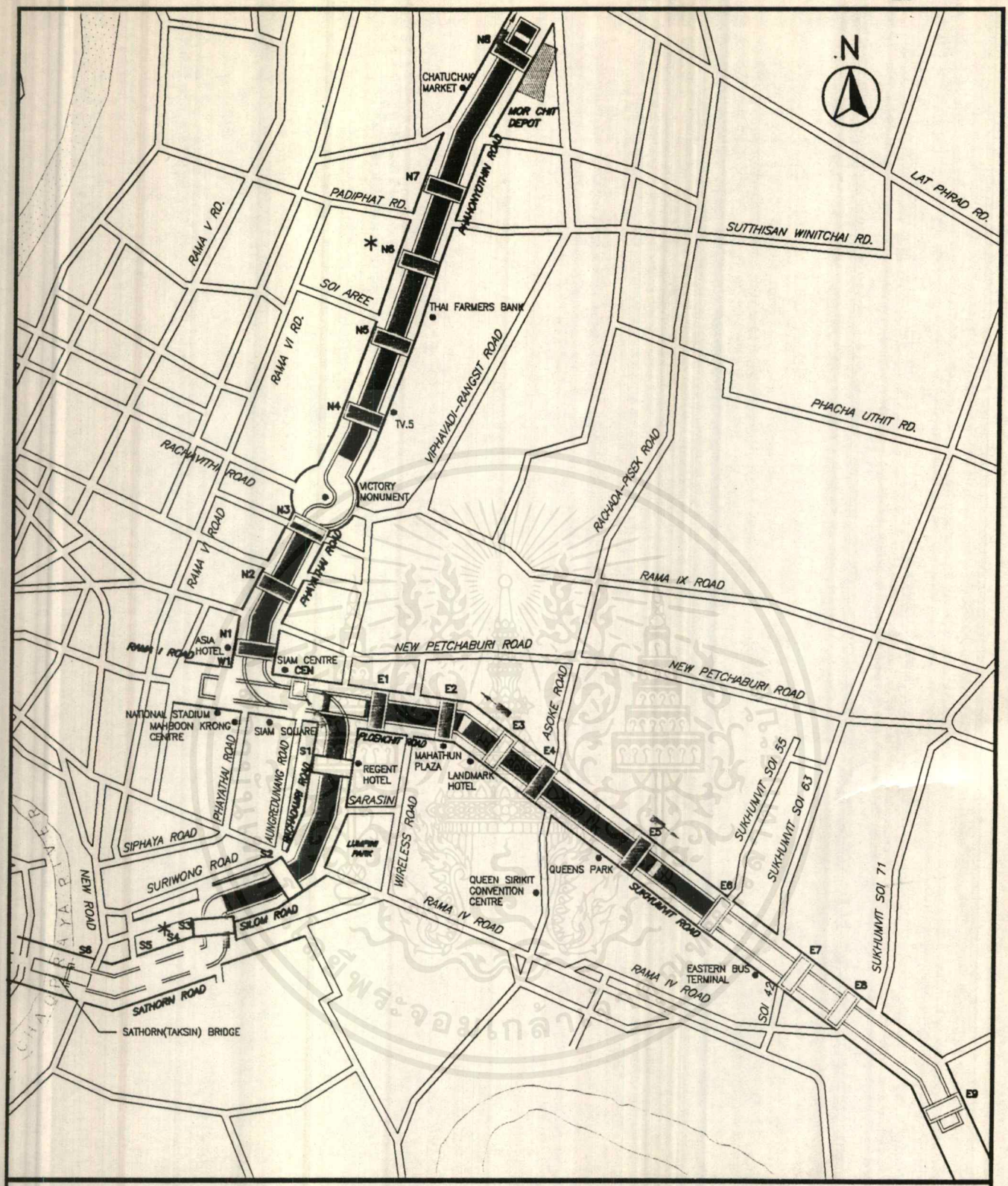
ROUT-KA(M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร หรือการอื่นใดที่ไม่ใช่การศึกษา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTS PILING PROGRESS

BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM PUBLIC COMPANY LIMITED

รูปที่ 3-8 ความก้าวหน้าของงานเสาเข็ม



LEGEND

- BTS SUKHUMVIT LINE
- BTS SILOM LINE
- FUTURE STATION
- ERECTION TRUSS
- VIADUCT COMPLETED AS OF 18/3/98

ROUT-KA(N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหากำไร การทำซ้ำ หรือการดัดแปลงเนื้อหา โดยไม่ได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากเจ้าของเอกสาร ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BTS VIADUCT PROGRESS

BANGKOK MASS TRANSIT SYSTEM PUBLIC COMPANY LIMITED

รูปที่ 3-9 ความก้าวหน้าของงานทางวิ่ง

ที่ 1 สำหรับให้ผู้โดยสารสามารถเปลี่ยนเส้นทางระหว่างสายสุขุมวิทกับสายสีลมได้โดยสะดวก

- โรงเก็บรถ

โรงเก็บรถซึ่งมีส่วนซ่อมบำรุงอยู่ด้วย ก่อสร้างที่บริเวณสถานีขนส่งตลาดหมอชิต ซึ่งรัฐบาลพัฒนาพื้นที่ใหม่ให้ใช้ประโยชน์ร่วมกันกับสถานีขนส่งผู้โดยสารระหว่างเมือง และจัดให้มีการต่อเชื่อมระบบ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้โดยสาร ในบริเวณก่อสร้างยังประกอบด้วย ศูนย์ควบคุม/อำนวยการเดินรถ และสถานีจ่ายไฟฟ้าย่อย

3.1.3 **ระดับการบริการ**

ความเร็ว : ความเร็วสูงสุด 80 กม./ชม.

ความเร็วในการเดินทาง 35 กม./ชม.

ความจุ : ในระยะเมื่อเปิดให้บริการ 30,000 คน/ชม./ทิศทาง

(ระยะระหว่างคัน = 3-4 นาที)

ความจุสูงสุด 50,000 คน/ชม./ทิศทาง

(ระยะระหว่างคัน = 2 นาที)

ระบบความปลอดภัย : Automatic Train Operation (ATO)

Automatic Train Protection (ATP)

Automatic Train Regulation (ATR)

Automatic Train Supervisor (ATS)

Position Train Identification (PTI)

Automatic Train Operation เป็นระบบควบคุมที่ทำหน้าที่เสมือนพนักงานขับรถ ระบบนี้จะควบคุม การออกรถ การเบรค การเดินรถด้วยความเร็วที่เหมาะสมตามตารางการเดินรถที่กำหนด โดยคำนึงถึงการประหยัดพลังงานในการขับเคลื่อนรถ และความสะดวกรวดเร็ว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่ควบคุมการเปิด-ปิดประตู และการจอดรถ ณ ตำแหน่งที่กำหนดบนชานชาลาตลอดจนทำหน้าที่รายงานข้อขัดข้องของอุปกรณ์ภายในรถไปยังศูนย์ควบคุมการเดินรถ เพื่อการตรวจสอบแก้ไขต่อไป

Automatic Train Protection เป็นระบบควบคุมที่ทำหน้าที่สอดส่องดูแลไม่ให้มีการเดินรถด้วยความเร็วสูงกว่าความเร็วที่กำหนด เพื่อมิให้เกิดการชนและป้องกันการตกราง ระบบนี้จะควบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุมระยะห่างระหว่างขบวนรถเพื่อให้เกิดความปลอดภัย เมื่อใดก็ตามที่รถมีความเร็วสูงกว่าความเร็วที่กำหนด หรือระยะห่างระหว่างขบวนที่วิ่งตามกัน ลดลงจนไม่มีความปลอดภัย ระบบป้องกันอัตโนมัติจะทำหน้าที่หยุดรถในทันที ระบบป้องกันอัตโนมัตินี้มีหลักการออกแบบให้อำนวยความปลอดภัยสูงสุดแก่ผู้โดยสาร และมีการทำงานเป็นอิสระจากระบบเดินรถอัตโนมัติ กล่าวคือ กรณีที่ระบบเดินรถอัตโนมัติขัดข้องจะใช้พนักงานขับรถควบคุมการเดินรถ ขณะเดียวกันระบบป้องกันอัตโนมัติยังคอยดูแลในเรื่องความเร็วสูงสุดของรถและระยะห่างระหว่างขบวนรถ เพื่อป้องกันการผิดพลาดจากพนักงานขับรถ

Automatic Train Regulation เป็นระบบที่ทำหน้าที่กำกับการออกวิ่ง และการเข้าจอดของรถไฟในสถานี เมื่อรถไฟขบวนใดออกวิ่งหรือเข้าจอด จะมีสัญญาณที่สามารถได้ยินหรือมองเห็นแสดงให้พนักงานขับรถได้รับรู้ ระบบนี้จะช่วยให้พนักงานขับรถสามารถควบคุมการออกวิ่งหรือการเข้าจอดในสถานี ได้ตามกำหนดตารางการเดินรถที่ได้วางแผนไว้

Automatic Train Supervisor เป็นระบบที่ควบคุมการเดินรถให้เป็นไปตามตารางเดินรถ เพื่อให้ระบบมีความสามารถขนส่งผู้โดยสารได้มากที่สุด และผู้โดยสารจะเดินทางด้วยความสะดวกรวดเร็ว และมั่นใจในความปลอดภัย ระบบนี้มีหน้าที่หลักในการจัดการหลายประการคือ

- กำหนดเส้นทางการเดินรถ บันทึกระยะทางที่ให้บริการไปแล้วของรถแต่ละขบวนเพื่อเป็นข้อมูลในการบำรุงรักษารถ
- ติดตามและแสดงตำแหน่งรถทุกขบวนที่วิ่งบริการ ณ ศูนย์ควบคุมการเดินรถ
- จัดเตรียมตารางเวลาการเดินรถให้เหมาะสมกับสภาพการณ์ต่างๆ เพื่อให้การบริการเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
- กำหนดข้อมูลการควบคุมความเร็วรถ ในการวิ่งระหว่างสถานีต่างๆ
- ควบคุมการเดินรถแต่ละขบวนให้เป็นไปตามตารางการเดินรถ และแจ้งเตือน เมื่อการเดินรถไม่เป็นไปตามตารางการเดินรถ
- จัดเตรียมขั้นตอนต่างๆ ในการควบคุมการเดินรถ เมื่อระบบการเดินรถมีเหตุขัดข้องเกิดขึ้น
- จัดเก็บข้อมูลต่างๆ เพื่อการจัดการ

Position Train Identification เป็นระบบที่ทำหน้าที่ช่วยให้พนักงานขับรถรู้ถึงตำแหน่งของรถ และจุดหมายปลายทางของรถทุกขบวนที่กำลังวิ่งอยู่บนเส้นทางรถไฟ อุปกรณ์ของระบบนี้จะอยู่ภายในรถไฟแต่ละขบวน ซึ่งทำให้พนักงานขับรถสามารถส่งสัญญาณต่างๆ รวมทั้งรายงานจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผู้โดยสาร จุดหมายปลายทางการเดินรถไปยังศูนย์ควบคุมการเดินรถได้ ระบบนี้จึงมีหน้าที่หลายประการคือ

- ควบคุมอุปกรณ์แสดงสัญญาณต่างๆ ในสถานีจุดหมายปลายทาง
- แสดงผลไปยังผังควบคุมของสถานีแต่ละสถานี
- แสดงผลไปยังผังการเดินรถในศูนย์ควบคุมการเดินรถ
- ส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่ร่วมกับศูนย์ควบคุมการเดินรถ
- กำหนดเส้นทางการเดินรถโดยอัตโนมัติ

3.1.4 **การให้บริการ**

- ช่วงเวลา

ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร คาดว่าจะให้บริการในระ หว่างเวลา 06:00 น. ถึง 24:00 น.ทุกวัน โดยในระยะแรกจะมีขบวนรถออกวิ่งบริการทุกๆ 2-5 นาที ทั้งนี้ การจัดตารางเวลาให้บริการดังกล่าว จะคำนึงถึงจำนวนและความต้องการของผู้โดยสารเป็นสำคัญ

- ระบบเก็บเงิน

ระบบเก็บเงินเป็นระบบอัตโนมัติ ใช้ตั๋วชนิดที่สามารถบันทึกข้อมูลได้ และหากเป็นไปได้จะออกแบบให้สามารถใช้ร่วมกับระบบขนส่งมวลชนอื่นๆ ได้ เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่ผู้โดยสาร

- ค่าโดยสาร

อัตราค่าโดยสารได้ถูกวิเคราะห์โดย บริษัทที่ปรึกษาทางด้าน Electro-Mechanical ของ BTSC คือ บริษัท Kennedy & Donkin Transportation โดยค่าโดยสารนี้จะรวมไปถึงค่าบำรุงรักษา ,เจ้าหน้าที่ ,เงินลงทุน และค่าดำเนินการทั่วไปตลอดระยะเวลาสัมปทาน

3.1.5 **ข้อมูลด้านการเงิน**

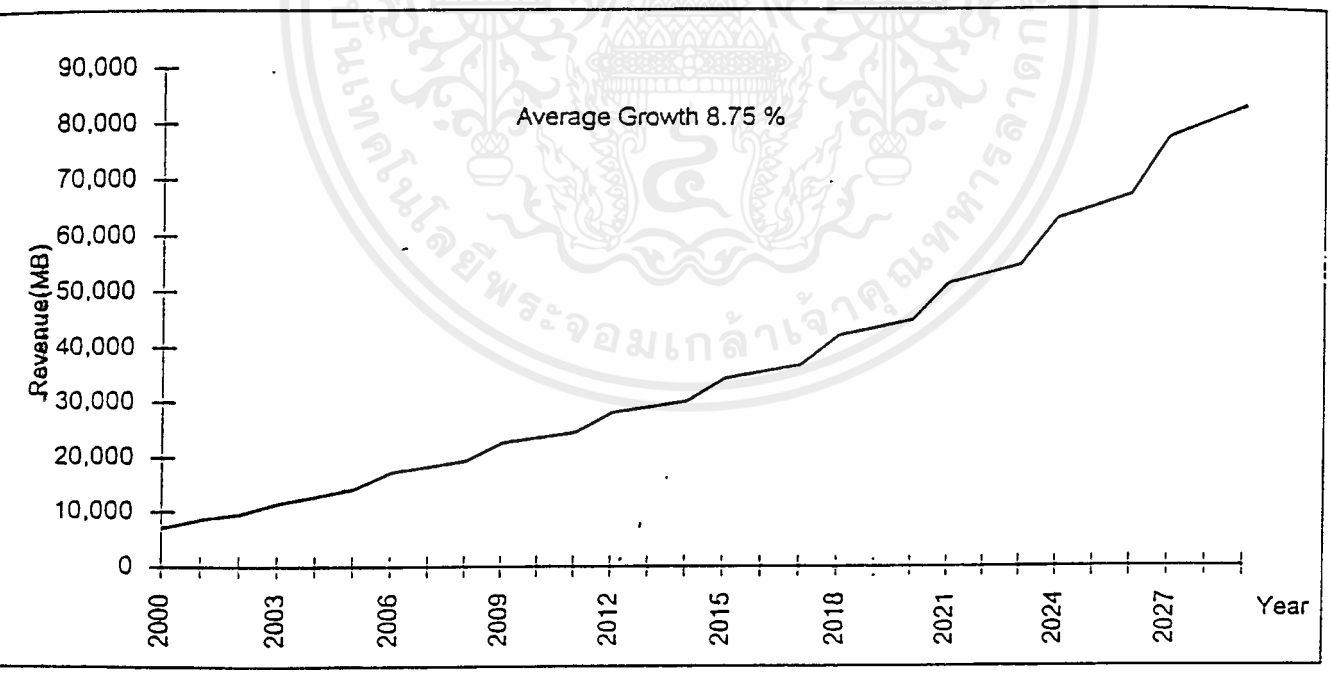
- การประมาณผู้ใช้บริการและรายได้

การประมาณรายได้ขึ้นอยู่กับอัตราค่าโดยสารที่ราคา 15 บาท เมื่อเดือนมกราคม พ.ศ.2535 ตามสัญญาสัมปทานได้กำหนดไว้ว่า จะสามารถปรับอัตราค่าโดยสารได้ตามดัชนีผู้บริโภค โดยคาดว่าค่าโดยสารเมื่อเริ่มเปิดบริการจะอยู่ที่ 30 บาท และในสัมปทานยังอนุญาตให้ BTSC สามารถเปลี่ยนแปลงอัตราค่าโดยสารเป็นแบบที่ขึ้นอยู่กับระยะทางได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

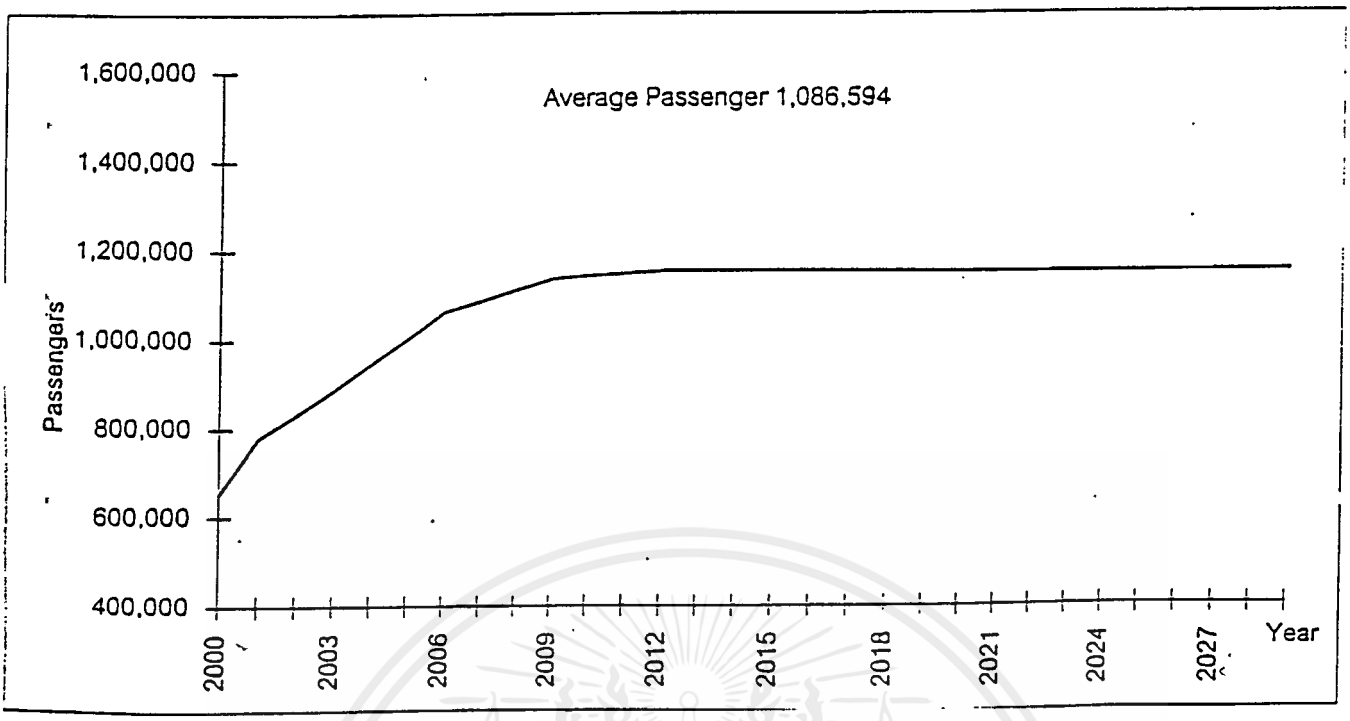
เริ่มแรกจะมีการคาดการณ์จำนวนผู้โดยสารล่วงหน้า โดยหน่วยงานที่ปรึกษาที่เชี่ยวชาญทางด้านการจราจร คือ PADECO ,TRANSMARK และ Sindhu Pike Bodell Consultants ซึ่งจะคาดการณ์ในช่วงของการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการในปี 2535 และในช่วงของการออกแบบในปี 2536 ได้ว่า สำหรับเส้นทางเดิม(ก่อนจะเปลี่ยนที่ตั้งของโรงเก็บรถไปที่หมอชิต) ในช่วงปีแรกที่เปิดบริการจะมีจำนวนผู้มาใช้บริการต่อวันมากกว่า 500,000 คน นอกจากนั้นที่ปรึกษาทางด้านการเงินของ BTSC ยังจ้างให้บริษัท MVA ซึ่งเป็นบริษัทที่ปรึกษาอิสระด้านการจราจรที่ใหญ่ที่สุดในเอเชีย ศึกษาเพื่อยืนยันถึงความต้องการของผู้ใช้บริการในเส้นทางที่จะก่อสร้าง

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของโรงเก็บรถจากสวนลุมพินีไปยังหมอชิต ทำให้ระยะทางของโครงการต้องเพิ่มขึ้นจากเดิม 14.5 km เป็น 23.5 km MVA จึงต้องประมาณจำนวนผู้ใช้บริการใหม่เป็นมากกว่า 652,616 คน/วัน จำนวนผู้โดยสารนี้ได้ถูกคาดการณ์เอาไว้ว่าจะเพิ่มจนสูงสุดประมาณ 1,155,000 คน/วัน ในระหว่างช่วงที่ได้รับสัมปทานโดยความต้องการที่เพิ่มขึ้นนี้จะอ้างอิงจากขนาดของรถไฟเริ่มต้นและรถไฟแบบ 6 ตู้



รูปที่ 3-10 กราฟแสดงรายได้ของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-11 กราฟแสดงปริมาณผู้โดยสาร

- ราคาที่ดิน

สำหรับโครงการนี้จะไม่มีค่าใช้จ่ายในการซื้อที่ดินเพราะว่า ทางกรุงเทพมหานครได้มอบที่ดินที่ใช้ในการก่อสร้างเส้นทางวิ่งและโรงเก็บรถให้กับโครงการ

- ค่าใช้จ่าย

ค่าใช้จ่ายรวมของโครงนี้มีมูลค่าประมาณ 55,375 ล้านบาท โดยจะรวมทั้งในส่วนของงานโยธา ,ระบบไฟและอุปกรณ์ ,ค่าเคลื่อนย้ายสาธารณูปโภค ,งานบริหารโครงการ และค่าใช้จ่ายทางด้านการเงินในระหว่างการก่อสร้าง โครงการนี้จะทำการรับเหมาแบบ Turn Key โดยเซ็นสัญญากับบริษัทร่วมทุน Siemens-Italian-Thai Consortium ในปี พ.ศ.2538 ในด้านการก่อสร้างโครงการและติดตั้งระบบรถไฟและอุปกรณ์ บริษัท Siemens จะรับผิดชอบในส่วนของการบำรุงรักษาระบบรถไฟและอุปกรณ์เป็นเวลา 5 ปีหลังจากเริ่มเปิดให้บริการ

เงินทุนที่จะมาใช้เป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดของโครงการนั้นจะทำการกู้ยืมทั้งในสกุลเงินบาทและเหรียญสหรัฐ โดยในส่วนของเงินบาทนั้นจะกู้ยืมจาก ธนาคารไทยพาณิชย์ ส่วนเงินเหรียญสหรัฐนั้นจะกู้ยืมจาก Kreditanstalt fur Wiederaufbau (KfW) ซึ่งเป็นธนาคารของประเทศเยอรมัน และ International Finance Corporation (IFC) ซึ่งเป็นส่วนเอกชนของธนาคารโลก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มูลค่าหุ้นสามัญตอนเริ่ม 15,138 ล้านบาท หรือ 92% ของมูลค่าของหุ้นสามัญที่ต้องการทั้งหมดที่มาจากผู้ถือหุ้นหลักของบริษัท ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการจากข้อตกลงของผู้ถือหุ้นหลัก ซึ่งประกอบไปด้วย Tanayong Public Company Limited ,Italian-Thai Development Public Company Limited ,ธนาคารไทยพาณิชย์ และ Land & Houses Public Company Limited

ค่าใช้จ่ายของโครงการและแหล่งเงินทุน มีดังนี้ (ใช้อัตราแลกเปลี่ยน 1เหรียญสหรัฐ = 45 บาท)

	ล้านบาท	ล้านเหรียญสหรัฐ
งานโยธา	17,426	387.2
ค่าระบบไฟและอุปกรณ์	25,779	572.9
ค่าเคลื่อนย้ายสาธารณูปโภค	790	17.5
ค่าใช้จ่ายก่อนเปิดบริการ	5,740	127.6
ดอกเบี้ย	5,640	125.4
รวมค่าใช้จ่าย	55,375	1,230.6
หุ้นสามัญ	18,463	410.3
เงินกู้ (บาท)	11,160	248.0
เงินกู้ (เหรียญสหรัฐ)	25,152	559.0
อื่นๆ	600	13.3
รวมเงินทุน	55,375	1,230.6

3.1.6 **ความเหมาะสมของโครงการ**

โดยปกติระบบขนส่งมวลชนประเภทนี้ต้องใช้เงินลงทุนสูง และจะไม่สามารถให้ผลตอบแทนที่คุ้มค่าต่อการลงทุนในเชิงพาณิชย์ได้หากไม่ได้รับการสนับสนุนเงินทุนจากภาครัฐ แต่โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครมีความเป็นไปได้ภายใต้ลักษณะสัมปทานนี้ เพราะ

- ประชากรของกรุงเทพมหานคร เข้าข่ายเมืองใหญ่ของโลก ปัญหาการจราจรติดขัดบนถนนอยู่ในระดับรุนแรงมาก แต่ยังไม่มีระบบขนส่งมวลชนที่สามารถขนผู้โดยสารเป็นจำนวนมากทำให้การเดินทางไม่สามารถกระทำได้ตามความต้องการที่แท้จริงซึ่งมีอยู่มาก โดยเฉพาะในย่านที่มีการจราจรติดขัด เช่น สุขุมวิท และสีลม ทั้งที่ระดับภาวะเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างสูง ประชาชนมีความพร้อมที่จะจ่ายค่าโดยสารเพื่อแลกกับเวลาที่ต้องเสียไปเนื่องจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจราจรติดขัด ประกอบกับปัญหาที่จอดรถ ซึ่งทวีความรุนแรงขึ้นทุกวันทำให้เชื่อได้ว่าจะมีผู้มาใช้ระบบขนส่งมวลชนที่มีระดับการบริการที่ดีเป็นจำนวนมาก ซึ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับมหานคร

- โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครมีค่าใช้จ่ายไม่มากนักเนื่องจากไม่มีค่าที่ดิน ค่าก่อสร้างและค่าดำเนินการไม่สูงมากนัก เพราะสร้างอยู่เหนือดิน

- ระบบขนส่งมวลชนทั่วไปมีระยะทางยาว โดยจะวิ่งจากชานเมืองเข้าสู่ใจกลางเมือง ทำให้ใช้เงินทุนก่อสร้างค่อนข้างสูง ทั้งที่ส่วนปลายของระบบมักมีผู้โดยสารเพียงชั่วระยะเวลาเช้าและเย็นเท่านั้น แต่จำเป็นต้องให้บริการทั้งวันเหมือนในช่วงใจกลางเมือง เพื่อรักษาระดับการให้บริการ แต่โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร มีเส้นทางที่เหมาะสมทั้งในการให้บริการผู้โดยสารจากชานเมืองแล้วกระจายเข้าสู่ใจกลางเมือง และยังสามารถให้บริการในใจกลางเมืองได้ตลอดวัน ทำให้มีการสูญเสียจากการวิ่งรถเปล่าน้อย

3.1.7 ผลประโยชน์ของโครงการ

ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการเดินทางในอนาคตของกรุงเทพมหานคร ปัญหาการเดินทางในย่านใจกลางเมืองที่ไม่สามารถกำหนดเวลานัดหมายที่แน่นอนได้จะหมดสิ้นไป โดยเฉพาะการเดินทางระหว่างพื้นที่ที่อยู่ในเส้นทางของระบบ ผลประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นมิใช่แต่เพียง ผู้โดยสารและผู้ใช้รถใช้ถนนเท่านั้น หากยังจะเกิดแก่สภาพเศรษฐกิจโดยรวมของกรุงเทพมหานครและประเทศชาติด้วย เนื่องจากการเดินทางเป็นหัวใจของการพัฒนาเศรษฐกิจ ผลประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับสามารถจำแนกเป็น 2 ประเด็น คือ ผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ และผลประโยชน์ต่อสังคม

<u>ผลประโยชน์ต่อเศรษฐกิจ</u>

1) ประหยัดค่าใช้จ่ายและเวลาในการเดินทาง สำหรับผู้ใช้ระบบขนส่งมวลชนรวมและผู้ใช้รถใช้ถนน

2) จะเกิดการขยายตัวทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น เนื่องจากประสิทธิภาพในการทำงานที่เพิ่มขึ้นเมื่อลดเวลาในการเดินทางลง

3) เพิ่มการลงทุนโดยเฉพาะจากต่างประเทศ เนื่องจากปัจจัยโครงสร้างพื้นฐานดีขึ้น

4) ประหยัดค่าใช้จ่าย ในการแก้ปัญหาการจราจรบนถนน

<u>ผลประโยชน์ต่อสังคม</u>

1) เพิ่มคุณภาพชีวิต โดยมีสุขภาพทั้งกายและใจที่ดีขึ้น มีเวลาพักผ่อนมากขึ้น สมาชิกครอบครัวมีโอกาสอยู่ใกล้ชิดกันมากขึ้น และมีโอกาสในการเลือกดำเนินวิถีชีวิตมากขึ้น

2) ทำให้เกิดการพัฒนาทางสังคมจากการพบปะสังสรรค์และเกิดความใกล้ชิดกันมากขึ้นด้วยเหตุที่มีการเดินทางร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์นั้น จากการศึกษาพบว่าระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครจะประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเดินทางแก่ผู้ใช้ระบบ ได้ไม่น้อยกว่า 15 ล้านบาทต่อวัน เมื่อเริ่มเปิดให้บริการ โดยยังไม่รวมถึงผลประโยชน์แก่ผู้ใช้รถใช้ถนนที่จะได้รับ จากสภาพการจราจรที่คล่องตัวขึ้นและผลประโยชน์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและการลงทุน ซึ่งเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและดำเนินการแล้ว จะสามารถให้ผลตอบแทนในเชิงเศรษฐศาสตร์อย่างคุ้มค่า โดยมีค่า Economic Internel of Return สูงกว่า 28 %

3.1.8 การดำเนินงาน

หลังจากที่ บริษัท ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ จำกัด (BTSC) ได้ก่อตั้งขึ้น โดยกลุ่มธนายง BTSC จึงได้ลงนามสัญญาสัมปทานกับกรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 9 เมษายน 2535 BTSC ได้วางแผนโครงการและจัดตั้งทีมบริหารโครงการโดยมี นายเกษม จาติกวาณิช เป็นประธาน ได้สำรวจและเก็บข้อมูลเพิ่มเติมโดยใช้ระบบอ้างอิงจากดาวเทียม และได้ว่าจ้าง Metro Transit Consultant ซึ่งเป็นบริษัทร่วมทุน ประกอบด้วย บริษัท Sindhu Maunsell บริษัท Acer Freeman Fox และบริษัท Parson Brinckerhoff ให้ออกแบบก่อสร้างเบื้องต้น (Preliminary Design)

BTSC ได้ออกประกาศเชิญชวนผู้สนใจประมูลงานก่อสร้าง โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ให้แสดงความจำนงมายัง BTSC เมื่อเดือนมกราคม 2536 ปรากฏว่ามีผู้ให้ความสนใจมากกว่า 120 ราย หลังจากนั้นได้มีการยืนยันที่จะเข้าร่วมประมูลงานก่อสร้าง จำนวน 70 ราย และ BTSC ได้คัดเลือกบริษัทให้เหลือเพียง 5 กลุ่ม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความคล่องตัวในการประมูลก่อสร้าง ดังนี้

1. กลุ่ม Siemens AG-Christiani & Nielsen (Thai)
2. กลุ่ม GEC Alsthom-Italian Thai-Bouygues S.A. (Franco-Thai Mass Transit)
3. กลุ่ม Mitsui-Sumitomo-GTM International-Siam Syntech-Delta
4. กลุ่ม Itochu-AEG-Sumitomo Construction-NIshtmatsu-Meada
5. กลุ่ม ABB-Costain-Kier-Thai Konoike

BTSC ได้เชิญทั้ง 5 กลุ่ม มารับเอกสารประกวดราคา และแบบก่อสร้างเบื้องต้น เมื่อวันที่ 11 มีนาคม 2536 และจัดการประชุมชี้แจงรายละเอียดและตอบข้อซักถาม เมื่อวันที่ 18 พฤษภาคม 2536 โดยกำหนดให้ยื่นข้อเสนอพร้อมราคา ภายในวันที่ 30 มิถุนายน 2536 ซึ่งต่อมา BTSC ได้ประกาศเลื่อนออกไปเป็นวันที่ 19 กรกฎาคม 2536 ตามที่ได้รับการร้องขอ และกลุ่ม ABB ได้มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือขอถอนตัวออกจากการยื่นข้อเสนอเมื่อเดือนเมษายน 2536 เนื่องจากมีเหตุขัดข้อง ซึ่งเมื่อถึงกำหนดมีผู้ยื่นข้อเสนอพร้อมราคารวม 4 กลุ่ม

กรุงเทพมหานคร ได้ส่งมอบที่ดินตามสัญญาสัมปทานให้ BTSC เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2535 BTSC ได้ลงนามสัญญาสนับสนุนทางการเงินกับธนาคารกรุงเทพ จำกัด และมีหนังสือแจ้งกรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 7 เมษายน 2536 อีกทั้งได้รับอนุมัติการส่งเสริมจากคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน เมื่อวันที่ 26 สิงหาคม 2535 ทำให้สัญญาผลบังคับใช้โดยสมบูรณ์ เมื่อวันที่ 7 เมษายน 2536

ในระหว่างดำเนินการคัดเลือกผู้ก่อสร้าง ได้มีการคัดค้านจากกลุ่มชนในการใช้พื้นที่บางส่วนของสวนลุมพินีเป็นโรงจอดและซ่อมบำรุงของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร ซึ่งต่อมาทางกองบัญชาการทหารสูงสุดได้เสนอให้ใช้พื้นที่ด้านข้างโรงเรียนเตรียมทหารแทน แต่เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีขนาดไม่เหมาะสม และคาดว่าต้องประสบปัญหาทางด้านเทคนิคในการต่อเชื่อมกับสายทางหลัก จึงไม่สามารถนำพื้นที่ของโรงเรียนเตรียมทหารมาใช้ได้ กรุงเทพมหานครจึงได้เสนอพื้นที่ 3 แห่งให้ BTSC พิจารณา คือ 1) พื้นที่สถานีขนส่งตลาดหมอชิต 2) พื้นที่ปลายด้านทิศเหนือของสวนจตุจักร และ 3) พื้นที่ของ รฟม. ใกล้แยก อสมท. ซึ่งจากการพิจารณาร่วมกันได้ข้อสรุปว่าพื้นที่บริเวณสถานีขนส่งตลาดหมอชิตมีความเหมาะสมมากที่สุด อีกทั้งยังสามารถอำนวยประโยชน์แก่ ประชาชน ในลักษณะของศูนย์กลางการคมนาคมขนส่งของเมืองได้ จึงต้องมีการปรับเส้นทางของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร จากบริเวณสนามเป้าไปสถานีขนส่งตลาดหมอชิต

เมื่อวันที่ 21 กันยายน 2536 BTSC ได้เร่งรัดให้กรุงเทพมหานครดำเนินการจัดพื้นที่บริเวณสถานีขนส่งตลาดหมอชิตให้ BTSC เข้าใช้โดยเร็ว ซึ่งกรุงเทพมหานครได้แจ้งให้ BTSC ทราบเมื่อวันที่ 6 ตุลาคม 2536 ว่าพื้นที่ดังกล่าวเป็นที่ดินราชพัสดุ ดังนั้นกรุงเทพมหานครจึงได้ติดต่อกับกรมธนารักษ์ เพื่อขอใช้พื้นที่ดังกล่าวเป็นสถานที่สร้างโรงจอดและซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าแทนพื้นที่บริเวณสวนลุมพินี แล้วลงนามบันทึกข้อตกลงในการใช้พื้นที่ดังกล่าวร่วมกัน 4 ฝ่าย คือ กรมธนารักษ์ กรมการขนส่งทางบก กรุงเทพมหานคร และบริษัท ขนส่ง จำกัด เมื่อวันที่ 29 กันยายน 2536

เมื่อวันที่ 8 ตุลาคม 2536 BTSC ได้จัดส่งเอกสารเพิ่มเติมเกี่ยวกับโรงจอดและซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าแห่งใหม่ที่ตลาดหมอชิต และสายทางที่เพิ่มขึ้นอีก 4 กิโลเมตร เพื่อให้ผู้รับเหมาทั้ง 4 กลุ่มคิดราคาและข้อเสนอเพิ่มเติม โดย BTSC ได้กำหนดให้ผู้รับเหมาตอบกลับภายในวันที่ 18 พฤศจิกายน 2536 ซึ่งผู้รับเหมาทั้ง 4 กลุ่มได้ยื่นข้อเสนอใหม่ตามกำหนดเวลา

เมื่อวันที่ 19 พฤศจิกายน 2536 คณะกรรมการกำกับโครงการระบบขนส่งมวลชนมหานคร ซึ่งมี ฯพณฯ รองนายก อำนวย วีรวรรณ เป็นประธาน ได้เห็นชอบให้สร้างโรงจอดและซ่อมบำรุงรถไฟฟ้าของระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครที่สถานีขนส่งตลาดหมอชิตแทนสวนลุมพินี และให้ต่อขยายเส้นทางเพิ่มอีกประมาณ 4 กิโลเมตร จากสนามเป้าถึงสถานีขนส่งตลาดหมอชิต ซึ่งต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากระทรวงการคลัง ได้แต่งตั้งคณะทำงานเพื่อพิจารณาการใช้พื้นที่สถานีขนส่งตลาดหมอชิตขึ้น เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2536 โดยมีรัฐมนตรีช่วยว่าการกระทรวงการคลัง (นายบุญชู ตรีทอง) เป็นประธาน และอธิบดีกรมธนารักษ์เป็นเลขานุการ คณะทำงานฯ ได้มีการประชุมหารือเป็นระยะได้ข้อสรุปการใช้พื้นที่ 40 ไร่ในส่วนของโรงจอด-ซ่อมบำรุงไฟฟ้า สำหรับพื้นที่ด้านหน้า 23 ไร่ ให้นำไปจัดประโยชน์เพื่อนำรายได้มาชดเชยให้กับบริษัท ขนส่ง จำกัด ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 7 มิถุนายน และกรุงเทพมหานครได้ลงนามสัญญากับกรมธนารักษ์ เมื่อวันที่ 21 ธันวาคม 2537

แล้วจึงลงนามสัญญาแก้ไขสัญญาสัมปทานเมื่อวันที่ 25 มกราคม 2538 และมีการส่งมอบพื้นที่ส่วนแรกประมาณ 5 ไร่. เมื่อวันที่ 3 พฤษภาคม 2538 เพื่อก่อสร้างศูนย์ควบคุมการเดินรถไฟฟ้า

ในระหว่างที่มีการพิจารณาเรื่องพื้นที่โรงจอด-ซ่อมบำรุงรถไฟฟ้านี้ BTSC ได้ประเมินผลข้อเสนอของผู้รับเหมาทั้ง 4 กลุ่ม และเมื่อวันที่ 4 มีนาคม 2537 ได้ประกาศว่า กลุ่มฟรังโก-ไทย แมสทรานซิส ซึ่งประกอบด้วย GEC Alsthom และ Italian Thai มีข้อเสนอที่ดีที่สุด และได้เลือกที่จะเจรจากับกลุ่มดังกล่าวเพื่อเป็นผู้รับเหมาก่อสร้างโครงการ แต่ภายหลังจากการเจรจาพบว่ากลุ่มที่ประกอบด้วย บริษัทซีเมนส์ เอ.จี. จำกัด ซึ่งเป็นผู้ผลิตรถไฟฟ้า และบริษัทอิตาเลี่ยนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน) มีความเหมาะสมมากกว่า จึงได้ลงนามข้อตกลงและสัญญาก่อสร้างเมื่อวันที่ 15 กรกฎาคม 2537 และเมื่อวันที่ 4 กรกฎาคม 2538 ตามลำดับกับบริษัท ซีเมนส์ เอ.จี. จำกัด และบริษัทอิตาเลี่ยนไทยดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน) และได้เริ่มทำการรื้อย้ายท่อประปาในถนนพหลโยธิน เพื่อเป็นการเตรียมการก่อนการก่อสร้างหลัก ตั้งแต่เมื่อวันที่ 12 กรกฎาคม 2537 ให้โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานครเป็นระบบเหนือดิน

ต่อมาได้มีปัญหาเรื่อง การใช้พื้นที่ร่วมกับโครงการทางด่วนขั้นที่สอง จากสีลมถึงสาธร BTSC จึงขอเปลี่ยนเส้นทางไปใช้ถนนเลียบคลองช่องนนทรี และถนนสาธรแทน โดยยังมีจุดสิ้นสุดโครงการในตำแหน่งเดิม ซึ่งได้รับความเห็นชอบจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง และได้ลงนามสัญญาแก้ไขสัญญาสัมปทานเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน 2538

BTSC ตระหนักดีว่าในระหว่างการก่อสร้าง จะก่อให้เกิดปัญหาการจราจร เนื่องจากต้องปิดถนนในบริเวณที่จะสร้างฐานรากกว้าง 2-3 ช่องทางจราจร ยาวประมาณ 200 เมตร จึงเตรียมการทดสอบการก่อสร้างในถนนพหลโยธิน เพื่อให้เกิดทักษะก่อนการก่อสร้างจริง แต่ภายหลังได้ถูกระงับ เนื่องจากคณะรัฐมนตรีเห็นว่าพื้นที่ดังกล่าวอยู่ในส่วนต่อขยายซึ่งมีประเด็นข้อกฎหมายต้องพิจารณา ดังนั้น จึงได้เปลี่ยนจุดทดสอบไปเป็นถนนราชดำริ และได้เริ่มดำเนินการเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2537 โดยใช้เวลาประมาณ 90 วัน นอกจากนี้ยังให้บริษัทที่ปรึกษา ทำการศึกษาแนวทางในการจัดการจราจรและประชาสัมพันธ์ ทั้งในระหว่างการก่อสร้างและภายหลังการก่อสร้างอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการศึกษาด้านสิ่งแวดล้อม BTSC ได้มอบหมายให้มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์เป็นผู้ดำเนินการ โดยได้ทำการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมในช่วงต่อขยาย นำเสนอคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี เมื่อวันที่ 27 มิถุนายน 2538 และส่วนที่เปลี่ยนเส้นทางไปถนนเลียบคลองช่องนนทรี และถนนสาธร ได้รับความเห็นชอบจากคณะกรรมการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ในการประชุมเมื่อวันที่ 24 มีนาคม 2540

นอกเหนือจากที่ปรึกษาด้านต่างๆ ที่ BTSC ได้แต่งตั้งขึ้น เพื่อให้สามารถบรรลุเป้าหมายในการดำเนินงานแล้ว ยังมีที่ปรึกษาอิสระ (Electrowatt Engineering Services Ltd.) ซึ่งเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในโครงการลักษณะเดียวกันกับโครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร คัดเลือกและแต่งตั้งโดยกรุงเทพมหานคร ร่วมกับ BTSC เมื่อวันที่ 9 กรกฎาคม 2536 ตามสัญญาสัมปทาน ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและความเห็นที่ยุติธรรม และปราศจากความลำเอียงเกี่ยวกับการดำเนินการโครงการ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดและขจัดความเห็นที่ขัดแย้งกันในด้านวิชาการ และให้โครงการสามารถดำเนินไปได้ตามเป้าหมายอีกด้วย

3.1.9 การประสานงานกับโครงการขนส่งขนาดใหญ่อื่น ๆ

1) โครงการรถไฟฟ้ามหานคร

ได้มีการประสานงานกันในเรื่องของการใช้ระบบรถที่เหมือนกัน เพื่อการใช้ประโยชน์ร่วมกันในอนาคต รวมถึงการประสานจุดตัดและจุดร่วมสามแห่ง คือ จุดตัดพระราม 4-ราชดำริ จุดตัดสุขุมวิท-อโศก และจุดร่วมบริเวณสถานีขนส่งหมอชิต ทั้งนี้ เพื่อให้เกิดความสะดวกแก่ผู้โดยสารที่จะมาใช้บริการของทั้งสองระบบ

จากการประสานงาน ได้ข้อสรุปดังนี้

-ใช้ระบบรถไฟฟ้าคล้ายคลึงกันและมีขนาดใกล้เคียงกัน คือ เป็นรถไฟฟ้าขนาดความจุสูง (40,000 - 50,000 กม./ชม./ทิศทาง) มีขนาดความกว้างรางเท่ากัน (1435 มม.) ใช้กระแสไฟฟ้าขนาด 750 V. เหมือนกันและใช้ระบบป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านรางที่สามเช่นเดียวกัน

- ที่จุดตัดและจุดร่วมทั้งสามแห่งจะมีการเชื่อมต่อสถานีกัน เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้โดยสาร ซึ่งขณะที่มีการออกแบบและก่อสร้างจะมีการประสานงานกันโดยตลอด

2) โครงการโฮปเวลล์

ได้มีการประสานงานที่จุดตัดพญาไทและเพลินจิตแล้ว ไม่มีปัญหาอุปสรรคแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

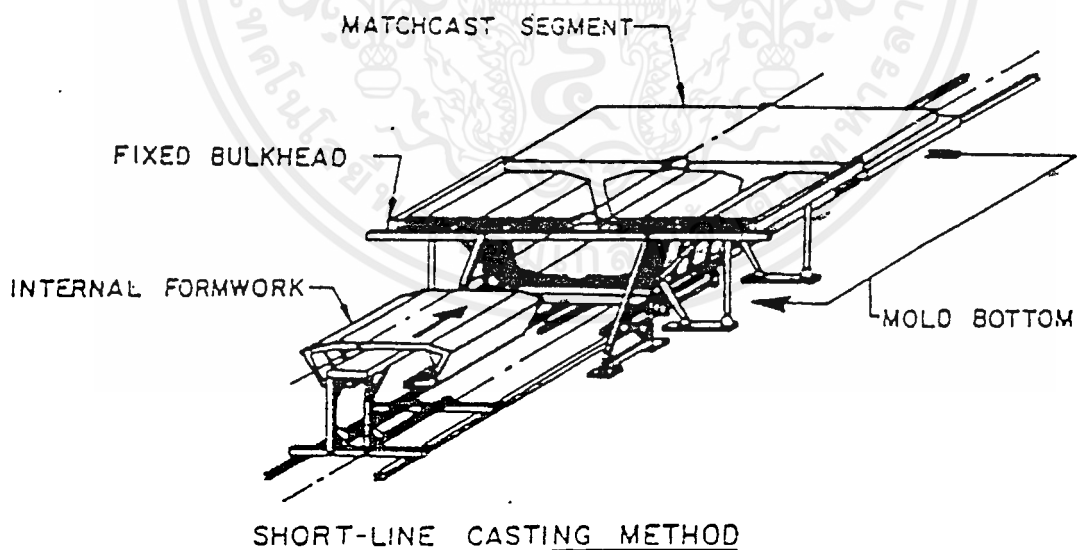
นอกจากนั้นยังมีการประสานกับการก่อสร้างระบบน้ำเสีย และการก่อสร้างสาธารณูปโภคในพื้นที่ก่อสร้างอีกด้วย

3.1.10 **การผลิตชิ้นส่วนทางวิ่ง** (Viaduct Segment)

สำหรับโครงการรถไฟฟ้าธนายงนี้ในส่วนของโครงสร้างจะทำการก่อสร้างในส่วนที่เป็นคอนกรีตอยู่ 2 แบบ คือ แบบที่หล่อชิ้นส่วนมาก่อน (Prefabrication) และแบบหล่อในที่ (In Situ) ในส่วนของเสาเข็ม ,ฐานราก ,เสา และหมอนรองรางจะทำการก่อสร้างแบบหล่อในที่ และสำหรับในส่วนของทางวิ่ง ,คานตรงส่วนของสถานี และแผงกั้นเสียง จะทำการหล่อชิ้นส่วนต่างๆมาจากโรงงานซึ่งอยู่ที่วิหารแดง จ.สระบุรี สาเหตุที่ต้องทำการหล่อชิ้นส่วนทางวิ่งมาก่อนก็เพราะ

- สามารถควบคุมคุณภาพของชิ้นส่วนได้อย่างดี
- พื้นที่ก่อสร้างมีแค่ในส่วนเกาะกลางถนนดังนั้นจึงจะทำงานได้ลำบากถ้าต้องก่อสร้างแบบหล่อในที่
- สามารถทำงานได้รวดเร็วเพราะจะหล่อมาก่อนแล้วนำมาติดตั้งได้เลย

ในการผลิตชิ้นส่วนทางวิ่งรถไฟฟ้า (Viaduct Segment) ของโครงการนี้จะใช้เทคนิคการก่อสร้างชิ้นส่วนของทางวิ่งที่เรียกว่า Box Girder แบบ Short Cell Method



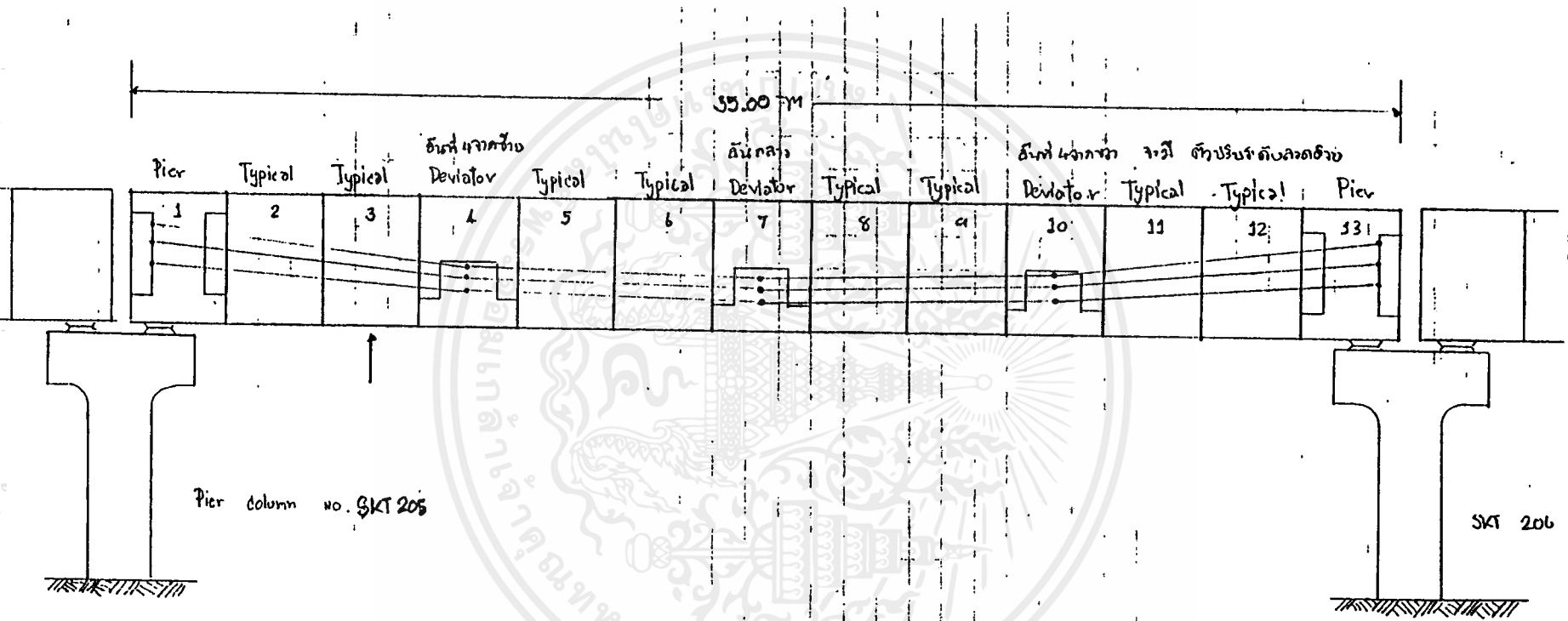
รูปที่ 3-12 **วิธีการหล่อแบบ** Short Line Casting Method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

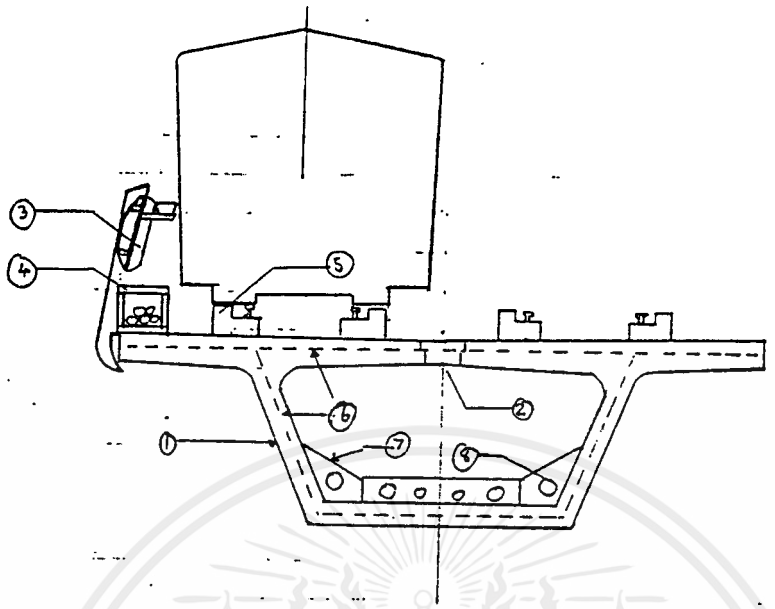
หลักการในการผลิตคร่าวๆ

- ทำการหล่อชิ้นส่วน (Box Girder Segment) ขึ้นมา แล้วค่อยนำมาประกอบกันโดย ร้อยลวดเข้าไปในรูที่ได้เตรียมไว้แล้วยึดปลายลวดนั้นไว้ แต่ละชิ้นส่วนก็จะรวมเป็น 1 span
- การหล่อชิ้นส่วนด้วยวิธี Short Cell Method นี้ Box Girder Segment จะถูกหล่อในแบบโดยใช้ Segment ตัวที่หล่อก่อนแล้วมาเป็นแบบด้วย
- Segment ที่หล่อไปแล้ว และนำมาทำเป็นแบบของ Segment ตัวถัดไป เรียกว่า Match Cast Segment
- Segment ที่เพิ่งหล่อและมีอยู่ในแบบ เรียกว่า Wet Cast Segment
- ต้องมีการใส่ Bond Breaker (ใช้ดินสอพอง) ที่ผิวทางด้าน Match Cast Segment เพื่อที่จะทำให้สามารถแยก Segment เมื่อหล่อเสร็จแล้วได้
- ผิวหน้าของ Segment จะจับคู่กันได้อย่างสมบูรณ์ และเมื่อเวลาประกอบก็จะต้องประกอบตามลำดับการหล่อด้วย
- Fixed Bulkhead คือ แบบเหล็กที่ใช้ทำผิวหน้าอีกข้างของ Segment
- Internal Formwork คือ แบบที่ใส่ไว้ตรงกลางของช่องกลวงของ Segment
- Pier คือ เสาที่ใช้รองรับทางวิ่งที่หล่อไว้นี้
- Single Track คือ ทางวิ่งที่มี 1 ราง
- Double Track คือ ทางวิ่งที่มี 2 ราง
- Pocket Track คือ ทางวิ่งที่เมื่อนำมาประกอบกัน 2 ข้าง ซ้ายขวา จะได้ 3 ราง
- Pier Segment คือ Segment ที่ปลายที่ต้องวางบนหัว Pier
- Typical Segment คือ Segment ที่ไม่ได้วางบนหัว Pier
- Tendon ท่อร้อยลวด Prestress

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 รูปตัดด้านข้างแสดงการเรียง Segment



รูปที่ 3-14 แสดงส่วนประกอบของทางวิ่ง

1 Viaduct Segment

2 Floor Drain ท่อทางระบายน้ำ ปกติจะมีตัวเว้นตัว

3 Noise Barrior อุปกรณ์กั้นเสียง

4 Cable Troughing ท่อวางสายไฟ

5 Track Plinth ฐานรองรางรถไฟ หมอนรถไฟ แต่เป็นแนวตามยาว

6 Bandsteel & Connection Bolt เป็นระบบ Earthing ของ Segment

7 Deviator ตัวเปลี่ยนแนวลวด

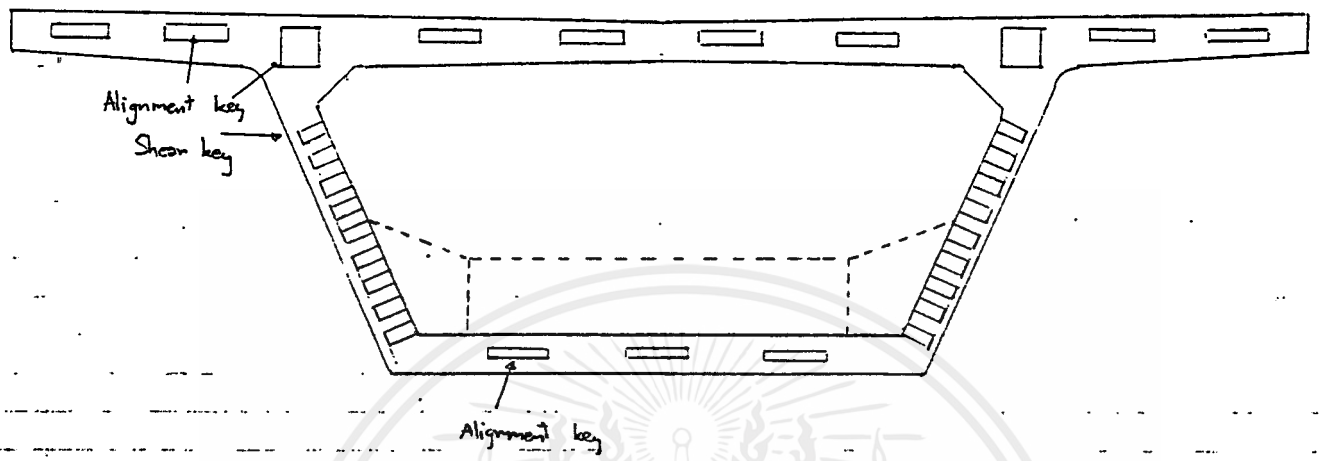
8 Diabolo ตัวทำรูใน Deviator

Insulated Bolt คือ น็อตที่ฝังเพื่อยึดหมอนรถไฟ (Track Plinth) มีพลาสติกหุ้มอยู่ด้วยเพื่อให้เป็นฉนวนระหว่างรางกับโครงสร้างเหล็กเสริมใน Segment ซึ่งต้อง Isolate

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

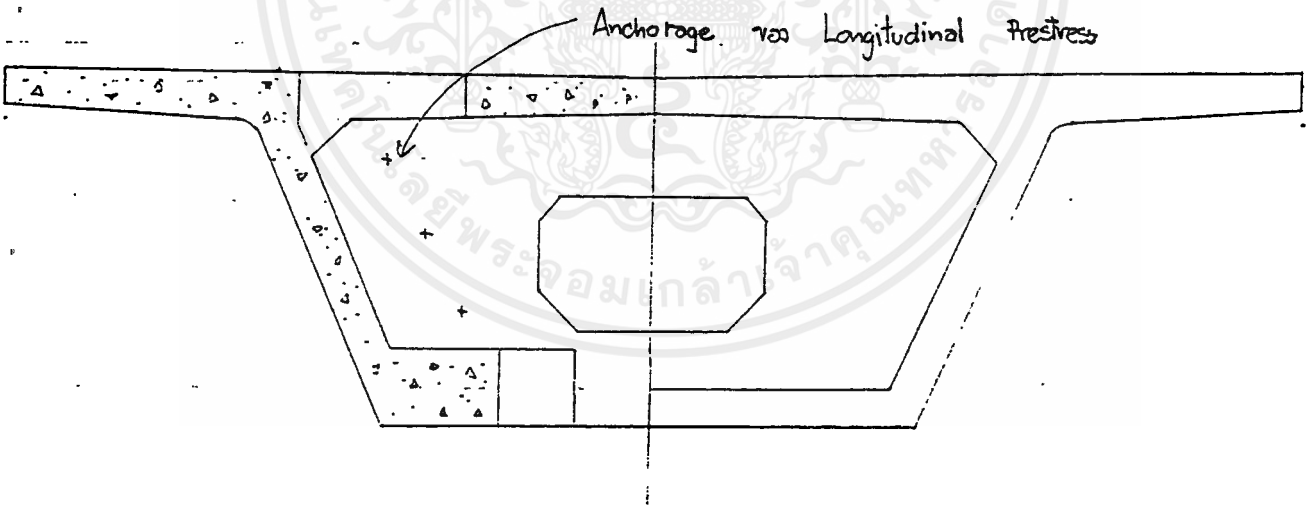
รูปแบบต่างๆของ Segment

- Double Track Segment (แนวเส้นประคือตัวเปลี่ยนแนวลวด)



รูปที่ 3-15 Double Track Segment

- Double Track Pier Segment

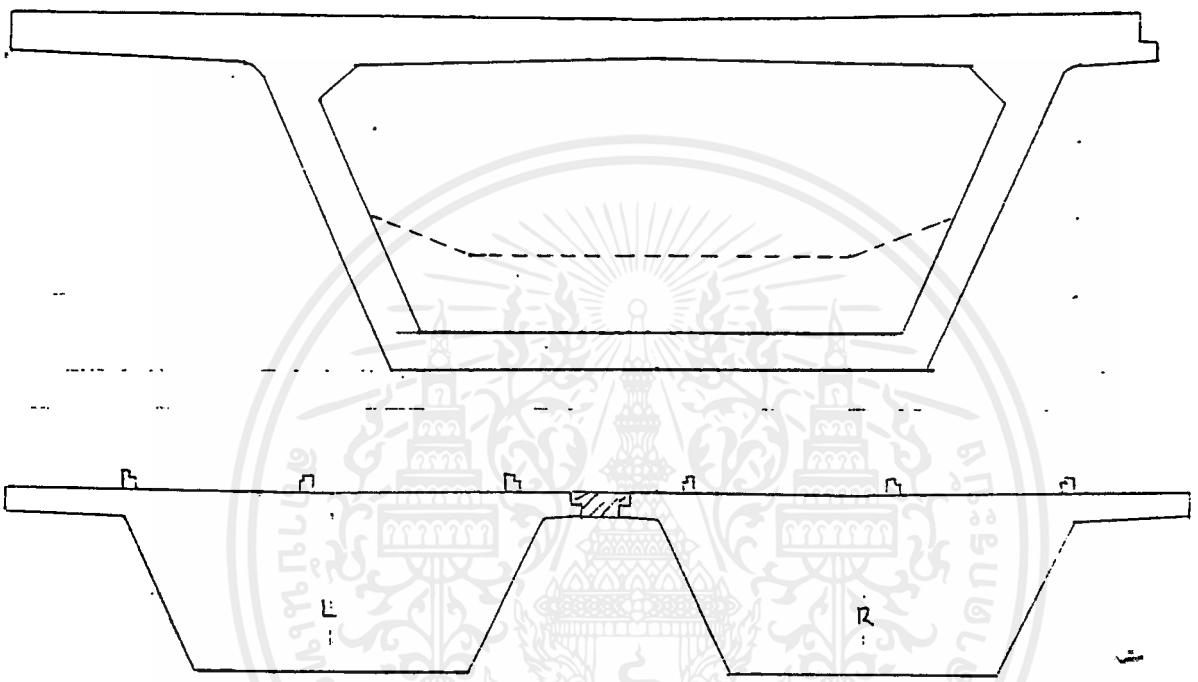


รูปที่ 3-16 Double Track Pier Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

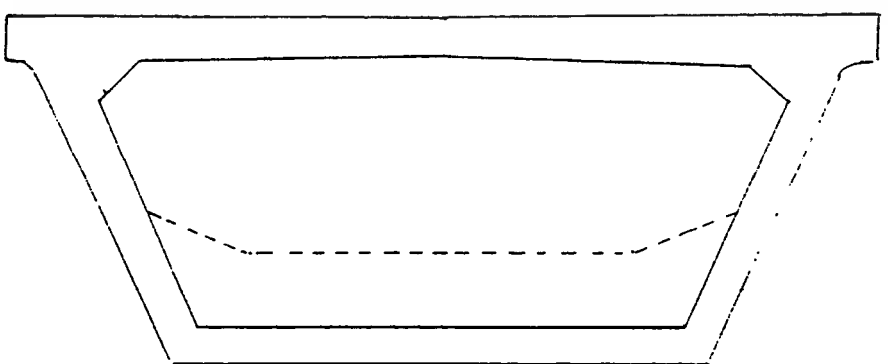
- Pocket Track Segment (แนวเส้นประ คือ ตัวเปลี่ยนแนวลวด)

- Pocket Track Pier Segment มีลักษณะคล้ายกับ Double Track Pier Segment แต่ปีกข้างใดข้างหนึ่งจะสั้นกว่า Pocket Track ต้องใช้ 2 ตัว คือ Left กับ Right จะทำให้มี 3 ราง ใช้ในแนวสถานี



รูปที่ 3-17 Pocket Track Segment

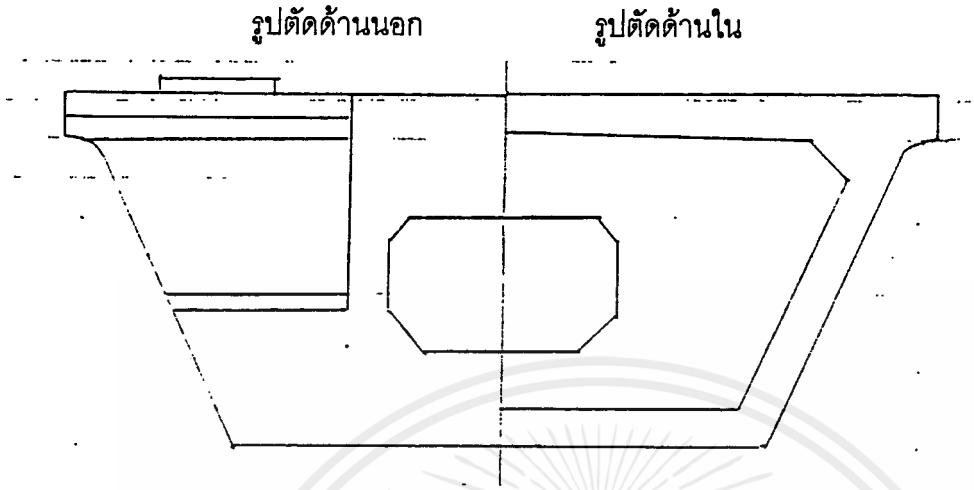
- Single Track Segment (แนวเส้นประ คือ ตัวเปลี่ยนแนวลวด)



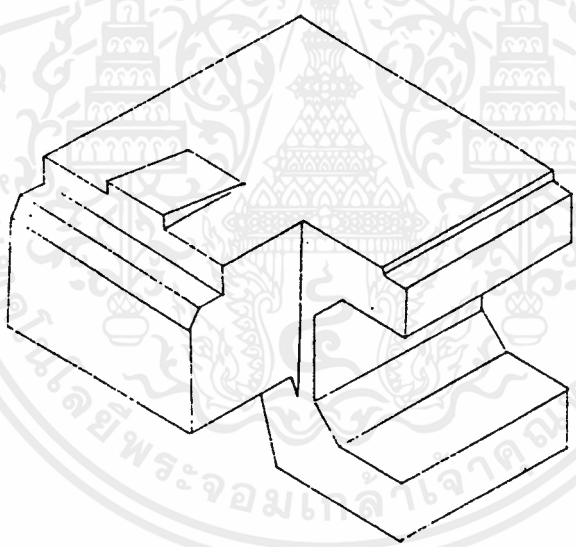
รูปที่ 3-18 Single Track Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Single Track Pier Segment มีลักษณะเป็น Halving Joint



รูปที่ 3-19 Single Track Pier Segment



รูปที่ 3-20 รูป Isometric ของ Single Track Pier Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการออกแบบ Geometry Design

1. ใส่ค่าข้อมูล Co-Ordinate x,y,z (คือ ค่า Co-Ordinate ของจุด (NW,NE) ,(SW,SE) ,(S,E)) ของ Segment ทุกตัวใน Span Layout ซึ่งเป็นค่าระดับจริงหลังจากการติดตั้ง

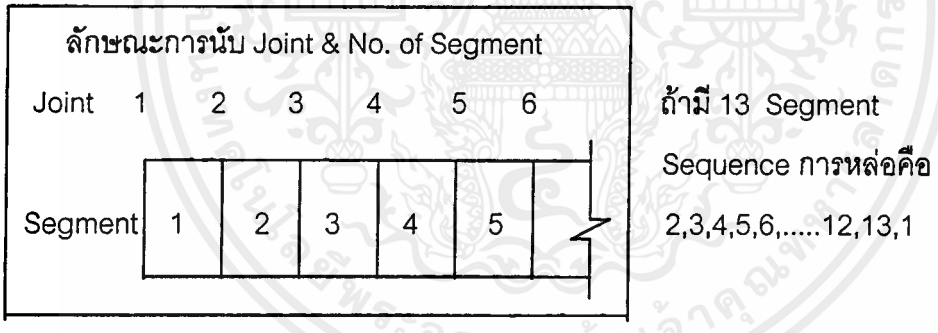
* ในการคีย์ข้อมูลจะมีการตรวจสอบความผิดพลาดโดยพิมพ์ 2 คนแล้วเปรียบเทียบกัน

2. ใส่ค่าข้อมูลของ Camber คือ ระยะที่เผื่อไว้เพื่อให้ Profile ของ Span ไม่ตกท้องช้างเมื่อมี Load มากระทำ

Side View of Span

รูปที่ 3-21 Side View of Span

3. นำข้อมูลจากข้อ 1 และข้อ 2 มาประมวลผลใน Program Computer ชื่อ "SC" จะได้ผลลัพธ์เป็น Casting Curve ซึ่งเป็นค่าระดับและค่า Line ที่จะใช้งานจริง



4. หลังจากนั้นนำข้อมูลที่ได้ไปหล่อโดย

- ป้อนข้อมูล Segment 1 โดยสมมติเป็นค่าหลอก เพราะว่าจะทำการหล่อเบอร์ 2 ก่อน เนื่องจาก ถ้าเกิดความผิดพลาดขึ้น Segment ตัวที่ 1 หรือตัวสุดท้ายจะสามารถแก้ไขได้
- หล่อ Segment 2
- เก็บข้อมูลจริงของ Segment 2 (as cast)
- นำข้อมูลของ Segment 2 มาใส่เป็นข้อมูลให้ปรับแก้ใน Segment 3

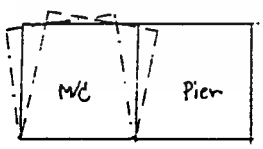
  * การปรับแก้แต่ละ Segment ไม่เกิน 3 mm และห้ามบิด (Twist) มากเกินไป

  ถ้า Segment 2 มีการผิดพลาด ต้องแก้ที่ Segment 3
- ทำไปเรื่อยๆจนครบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หล่อ Segment สุดท้าย และ Segment ตัวแรก

* การหล่อ Segment ตัวแรกต้องพิเศษกว่าตัวอื่น เพราะต้องหล่อถอยหลัง คือออกแบบถอยหลัง ดังนั้นเวลาออกแบบต้องกลับค่า Co-Ordinate ของ Segment เบอร์ 2 ด้วย

ปัญหาที่เกิดขึ้น	การแก้ไข
1. ระดับที่ได้จริงไม่เท่ากับทฤษฎี	- ใช้ Segment ตัวถัดไปแก้ไข
2. แก้ไขแล้วแต่ตัวท้ายๆ ก็ยังคงผิดอยู่	- ตัว Pier ยังพอจะมีที่ว่างให้แก้ไขได้บ้างและสามารถหักมุมได้
3. ความผิดพลาดมากเกินกว่า 3 mm	-ใช้การปรับแก้ Segment 2 ตัวถัดไปหรือมากกว่า เช่น ผิด 6 mm ตัวต่อไปแก้ 3 mm ต่อไปแก้อีก 3 mm
4. ความผิดพลาดมากเกินไปมากๆ โปรแกรมอาจไม่ยอมรับข้อมูลนั้นๆ	- ให้สงสัยก่อนว่าอาจจะ Survey มาผิด ลองตรวจสอบ ถ้าไม่ใช่ถือว่าผิดจริง ต้องยกออกแล้วหล่อใหม่โดยอาจนำไปทำเป็น Segment 2 ให้กับ Span อื่นๆ เพราะ Segment เบอร์ 2 ไม่เข้มงวดกับระดับมากนัก
5. มีการแกะแบบก่อนตรวจสอบความผิดพลาด ทำให้เซ็คระดับไม่ได้	- ก่อนแกะแบบต้องได้รับการ Confirm จากห้องออกแบบก่อนว่าได้ออกแบบ Segment ตัวใหม่มาแล้วเพราะถ้าเกิดกรณี 4 จะได้แก้ไขได้ทัน
6. ปัญหาแรงดันคอนกรีตสูงเกินไป โดยเฉพาะที่ Pier ซึ่งจะทำให้ Bulkhead กระดก	- จะต้องเผื่อระยะ Bulkhead กระดก
	—·—·—·— แนวเอียงที่เกิดจากแรงดัน — — — — — แนวเอียงที่เผื่อไว้
7. Bulkhead สึกกร่อน	- เจียร Bulkhead ที่หัว
	——— ผิวเดิม ..... ผิวที่เกิดจากการสึกกร่อนเนื่องจากการขัดไปนานๆ
8. ความยาวโดยรวมเกิน	- ถ้าความยาวเกินเล็กน้อยต้องวางให้ส่วนที่ต้องวางบน Pier สมดุล คือ เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการเตรียมงาน

1. ประกอบแบบ เข้าแบบ ทำความสะอาดแบบ และทาน้ำมันที่ผิวของแบบ

การเรียกชื่อแบบ

DP1-DP6	คือ Double Track ,Pier	6 โมล
D1N-D6N	คือ Double Track ,Deviator ,North	6 โมล
D1S-D6S	คือ Double Track ,Deviator ,South	6 โมล
SP1-SP5	คือ Single Track ,Pier	5 โมล
SV1N ,S1N-S4N	คือ Single Track ,North	5 โมล
SV1S ,S1S-S4S	คือ Single Track ,South	5 โมล

2. Segment เก่าที่เป็น Match Cast ให้ทาดินสอพองระหว่าง Joint เพื่อใช้เป็น Bond Breaker
3. ยกเหล็กที่ผูกไว้แล้วมาใส่ใน Mould
4. Survey ระดับที่ออกแบบไว้ แล้วปรับ Mould
5. ติดตั้งวัสดุฝัง Embed
6. เทคอนกรีต

ขั้นตอนในการหล่อ Segment

1. ตัดเหล็กตาม Bar List
2. วางเหล็กบน Jig (แบบที่ใช้ผูกเหล็ก) ตามแบบ
3. ผูกเหล็ก
4. ใส่ท่อเหล็ก Prestress และใส่เหล็ก แบบ Post Tension ตาม Profile
5. ใส่สายไฟเชื่อมลง Ground เพื่อต่อสายล่อฟ้า (Earthing) สายไฟที่ใช้จะเป็นลักษณะเป็น Flat Bar (แท่งเหล็กแบน)
6. ใช้ Tower Crane ยกโครงเหล็กที่ผูกเสร็จแล้วลง Mould
7. เริ่มงาน Embed เช่น Track Plinth (หมอนรองรางรถไฟ) ,หูหิ้ว (สำหรับ Pier) ,Chainage (ราง ระบายน้ำ) ,ท่อร้อยสายไฟ ,Diabolo ,Support แผ่นกันเสียง ,ช่องระบายอากาศ ,ท่อสำหรับ Grout เหล็ก Prestress ,หมุดระดับ ,Hairpin ฯลฯ
8. เริ่มงาน Survey ปรับ Mould ตามค่าที่คำนวณตาม Geometric Design ถ้าเป็นถนนโค้ง Mould จะเอียงด้วย
9. Q.C. ตรวจสอบ ก่อนเทคอนกรีต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. สั่งคอนกรีตจาก Plant ซึ่งจะต้องมีการควบคุมคุณภาพโดย Lab

11. เทคอนกรีตด้วย Belt ลักษณะเป็นสายพาน

ลำดับขั้นตอนในการเท

- ประกอบแบบ คือมี Match Cast ,Bulkhead ,Internal Formwork ที่ Match Cast ให้ทาดินสอพองด้วยเพื่อไม่ให้ Segment ติดกัน
- เทพื้นด้านล่าง
- เทปีกซ้ายครึ่งหนึ่ง
- เทปีกขวาครึ่งหนึ่ง
- เทปีกที่เหลือทั้งซ้ายและขวา
- เท Slab ด้านบน

12. ระหว่างเทต้องมีการจี้คอนกรีตด้วย ซึ่งเครื่องจี้จะมีอยู่ 2 แบบ

- Internal Vibrator เป็นหัวแหย่ขนาด 2.5 นิ้ว ใช้คนถือจี้
- External Vibrator ใช้เครื่องเขย่าติดไว้ข้าง Mould แล้วเดินเครื่องเขย่า Mould

13. Curing โดยใช้ น้ำยา Spray เป็นฟิล์ม กันน้ำออก

<u>Cycle ของการหล่อ</u>

1. Segment ที่เทคอนกรีตเมื่อวาน หากมี Transverse Post-Tension จะ Stress 25% ที่ $\geq$ 15 MPaการดึงจะดึงโดยใช้เครื่องดึง Hydraulic (ดึง 25% หมายถึงการดึง 1 เส้น จาก 4 เส้น)

2. เช้าวันถัดมาถอดแบบหล่อ Segment ที่หล่อเมื่อวาน โดย Formwork ส่วนที่รับ Load ถอดได้เมื่อ Strength $\geq$ 17 MPa

3. เลื่อน Segment ที่เป็น Match Cast ไปไว้ด้านข้างโดยดึงที่ Soffit Form (คือ แบบด้านล่างของ Segment ซึ่งจะมีล้อด้านล่าง

4. ดึงเหล็ก Prestress 100% เมื่อ Strength $\geq$ 25 MPa สำหรับ Segment ที่เคยเป็น Match Cast

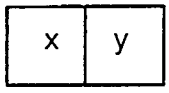
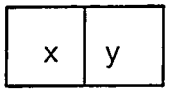
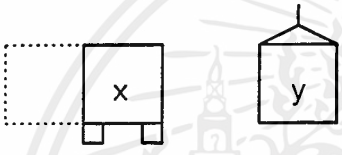
5. ใช้ Shuttle Lift ยก Segment (ข้อ 4) ไปเก็บที่ Stock เมื่อ Strength $\geq$ 20 MPa

6. เลื่อน Soffit Form กลับไปที่แบบ ยก Segment ที่หล่อเมื่อวาน มาใส่เป็น Match Cast แทน

7. ผูกเหล็กของ Segment ใหม่ พร้อมฝัง Embed บางส่วน

8. Repair

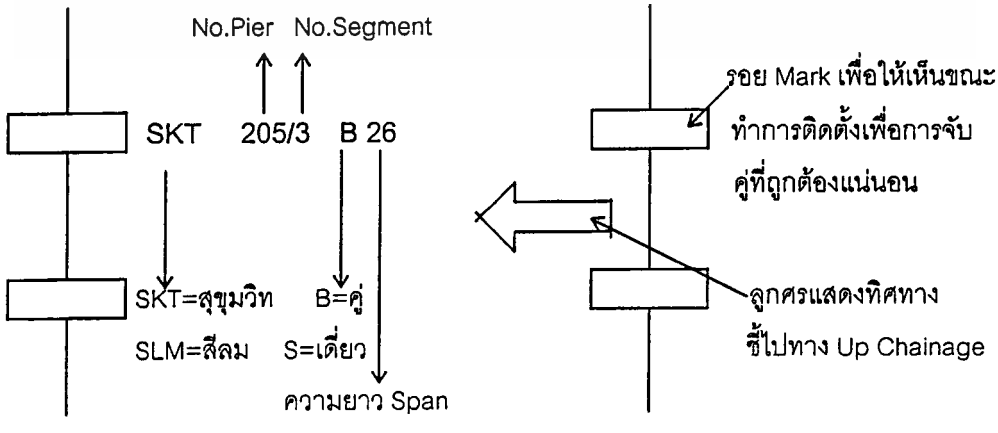
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วันที่ 1		หล่อ x โดยให้ y เป็น Match Cast
วันที่ 2		ดึงลวด x 25% ที่ ≥ 15 MPa ถอดแบบ x ที่ ≥ 17 MPa
วันที่ 2		ดึง y ไปวางไว้บนแท่น Stock ชั่วคราว Stress 100% ที่ y ≥ 25 MPa ดึง x ไปเป็น Match Cast เพื่อหล่อตัวต่อไป
วันที่ 2		ยก y ไปไว้ที่ Stock ที่ ≥ 20 MPa

<u>งานหลังจากยกไปที่ Stock แล้ว</u>

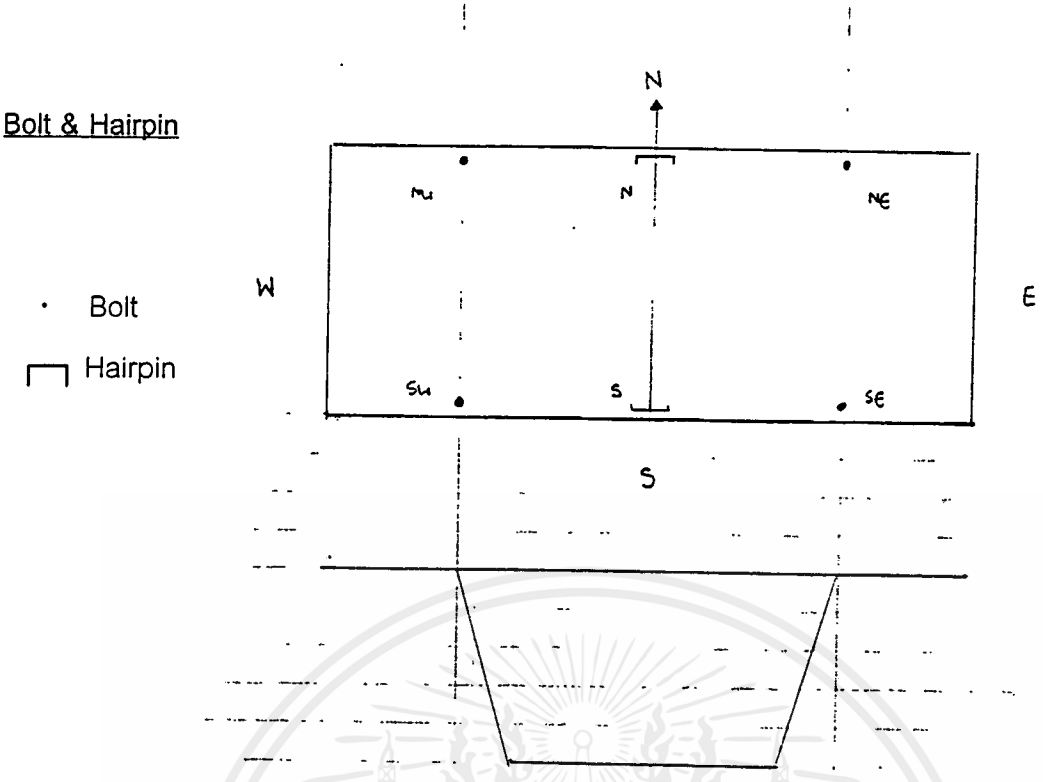
1. Repairing
2. Finishing
3. Grouting เฉพาะงานที่มี Prestress

<u>การ Mark Segment</u>



รูปที่ 3-22 แสดงการ Mark Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-23 ตำแหน่งของ Bolt & Hairpin

- Bolt & Hairpin เป็นตำแหน่งที่จะใช้วัดระดับและ Line
- จะได้จุด ดังรูป คือ NW ,NE ,SW ,SE ,N ,S
- Bolt ใช้ควบคุมระดับ เราจะฝัง Bolt ให้จมลงไปในเนื้อคอนกรีตด้วย
- Hairpin ใช้ควบคุม Line จะได้เส้น Alignment ที่กึ่งกลาง
- แนวทางของการหล่อจะขึ้นไปทาง N
- ใช้สำหรับการเช็คค่าระดับ/Line ของ Segment ที่หล่อแล้วเพื่อคำนวณการ Set ระดับ/Line ของ Segment ที่จะหล่อตัวต่อไป

ขั้นตอนการทำงานที่ขึ้นอยู่กับ Strength ของคอนกรีต

ในระหว่างการผสมคอนกรีต เราจะเก็บตัวอย่างลูกปูน (Cylinder) เพื่อที่จะนำไปทดสอบหา Strength ซึ่งเมื่อได้ Strength ที่ต้องการก็จะทำตามขั้นตอนต่อไปนี้

Strength (Mpa)	ระยะเวลาโดยประมาณ (ชม.)	สิ่งที่สามารถทำได้
15	12	ปรับ Hydraulic Jack ที่ฐาน และถอดแบบ
17		ดึงลวด 25% (1 เส้น จาก 4 เส้น)
20		ใช้ Shuttle Lift ยกได้
25	36	ดึงลวด 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40		Design Strength

ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้น	การแก้ไข
1. Crack ที่เกิดจาก อุณหภูมิ แสงแดด ลม จัด มักเกิดที่คอของ Segment ซึ่งถ้า Crack ขนาด 0.20 mm ลงไปเป็น Normal Crack ไม่มีปัญหา	- ถ้า Crack มีขนาดใหญ่ใช้น้ำยา Grout ของ Sika รุ่น DUR 752 อุดรอย Crack ได้
2. Honeycomb เป็นรูแบบรังผึ้ง	- Dry Pack Grout 214-11 - ใช้น้ำยา Grout ของ Sika รุ่น DUR 732+743 (732 คือ Bonding Agent และ 743 คือ Epoxy)
3. ไฟดับขณะกำลังเทคอนกรีต แล้วทำให้ Plant ผสมคอนกรีตไม่ได้	- เนื่องจากมีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าสำรองอยู่ เพียงพอที่ Plant จะผสมคอนกรีตได้แต่ต้องรอ จึงใส่ Retarder ลงไปที่ผิวหน้าคอนกรีตที่เทไปแล้ว เพื่อหน่วงเวลาเซ็ทตัว ซึ่งผลจะทำให้ Strength ของคอนกรีตเพิ่มขึ้นช้าในตอนต้น แต่จะเพิ่มขึ้นสู่สภาพปกติในตอนปลาย (แต่จะนานกว่าปกติ) หรือใช้น้ำปูนประสาน - มี Tower Crane ที่มี Generator ในตัว แล้วใช้เทด้วย Bucket ต่อได้

<u>งานที่มีการ Reject เพราะ</u>

1. ขนส่งแล้วตกเพราะยังไม่ได้ยึดล็อกตัว Segment
2. เทคอนกรีตไม่เสร็จขณะที่ฝนตก ต้องล้างทิ้งแล้วหล่อใหม่
3. Shearkey แตกเกิน 30%

<u>ขั้นตอนการขนส่ง Segment ไปยังหน้างาน</u>

1. สำรวจหน้างานว่าพร้อมที่จะขนย้ายหรือไม่
2. ทำเอกสารจาก Office ไปยังโรงงานที่วิหารแดงเพื่อจัดเตรียม Segment ให้พร้อมสำหรับการขนย้าย โดยการส่งโทรสาร ซึ่งขั้นตอนในการเดินเอกสารนี้จะใช้เวลาไม่เกิน 1 ชม.
3. วางแผ่นยางที่จะรองรับตัว Segment เพื่อกันกระแทกที่ตำแหน่งทั้ง 4 มุมของ Segment
4. Load Segment ขึ้นรถ Trailer โดยใช้ Shuttle Lift ที่เป็นระบบ Hydraulic รถ Trailer ที่ใช้เป็นแบบ Low Bed คือ ส่วนหางจะอยู่สูงจากพื้นถนนประมาณ 70 cm มี 5 เพลา โช้คจะเป็นระบบโช้คลมซึ่งจะกันกระแทกได้ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Segment แต่ละชิ้นมีน้ำหนักประมาณ 37 Ton และจะมีประมาณ 13-16 ชิ้น ต่อ 1 Span การวาง Segment บนหางของรถ Trailer จะวางโดยให้ขอบของ Segment ห่างจากปลายสุดของหางเป็นระยะ 10 m ในการ Load Segment นี้แต่ละคันจะวางได้ 1 Segment และใช้เวลาประมาณ 15 นาทีต่อคัน โดยเวลาการยกปกติแล้วจะเริ่มเวลาประมาณ 10:00 น. เสร็จเวลาประมาณ 14:00 น.

5. ยึดตัว Segment กับรถ Trailer โดยใช้ Sling Belt คล้องลอดตรงช่องว่างตรงกลาง Segment 2 จุดต่อ 1 Segment Sling Belt จะมีลักษณะเป็นผ้า Sling ซึ่งจะไม่ทำให้ตัว Segment เกิดการเสียหายโดยจะมีการวางเหล็กฉากคอยรองรับ Sling Belt ไว้ด้านใน Segment ด้วย

6. นำด้านที่เป็นขอของ Sling Belt เกี่ยวเข้ากับด้านข้างของหางของรถ Trailer แล้วยึดอีกข้างหนึ่งโดยใช้ Stray ซึ่งมีลักษณะคลษายรอกทีศมีฟันภฟืองฤวษสำหรับรหษ Sling Belt คล้องผ่านและจะมีคันโยกเพื่อให้ Sling Belt รัดแน่น

7. จัดเรียงขบวนรถ Trailer ตามลำดับการติดตั้งของ Segment

8. เริ่มเคลื่อนย้ายขบวนจากวิหารแดงเวลาประมาณ 18:00 น. จะมีรถนำขบวนของตำรวจทางหลวง สน.หินกอง และมีของทางบริษัทอีก 4 คันเป็นรถติดไซเรน โดยจะเป็นรถนำเพื่อไป Survey ถนนที่จะวิ่งก่อน 1 คัน ท้ายขบวน 1 คัน และอีก 2 คันคอยตรวจสอบความเรียบร้อยของขบวนรถ การติดต่อสื่อสารกันภายในขบวนจะใช้วิทยุสื่อสาร

9. เมื่อวิ่งไปได้ครึ่งทาง (ประมาณ 1 ชม.) ก็จะมีการแวะพักเพื่อตรวจสอบความเรียบร้อย เช่น ลมยาง ,Stray รัด Segment ,ความเรียบร้อยของจุดยึดต่างๆ และความปลอดภัยอื่นๆ

10. เมื่อถึงเขตกรุงเทพฯ จะเปลี่ยนเป็นนำขบวนโดยรถของ สน.วิภาวดี

11. ก่อนเข้าไปที่หน้างานต้องมีการจัดเตรียมที่จอดสำหรับพักรถก่อน ซึ่งจะห่างจากจุดที่จะติดตั้งประมาณ 100 m

12. เคลื่อนย้ายรถ Trailer ไปติดตั้งที่ละคันตามลำดับหมายเลข Segment

13. เมื่อยก Segment ออกจากรถแล้วก็จะตีรถกลับโดยที่ไม่จำเป็นต้องรอกลับเป็นขบวนเหมือนขามาจากวิหารแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ฐานรากและเสา

ในการก่อสร้างส่วนโครงสร้างที่อยู่ใต้ดิน (เสาเข็มและฐานราก) ของโครงการนี้ ทางบริษัท Italian-Thai Development Public Company Limited จะให้ JMI คำนวณหาข้อมูลแล้วส่งข้อมูลที่ต้องใช้ในการออกแบบไปให้ PDI ออกแบบโดยให้บริษัทอรุณชัยเสรีออกแบบด้วย บริษัทอรุณชัยเสรีเป็นบริษัทที่คอยตรวจสอบและแก้ไขแบบในกรณีที่เกิดการผิดพลาดจากบริษัท PDI และให้บริษัท Ital-Thai Trevi เป็นผู้ทำการก่อสร้างในส่วนเสาเข็มและบริษัท ITD เป็นผู้ทำการก่อสร้างในส่วนฐานราก (Pile Cap)

4.1 เสาเข็ม

โครงการนี้ใช้เสาเข็มแบบเจาะหล่อในที่ และเป็นการเจาะแบบ Wet Process เพราะว่าโครงการนี้ต้องใช้เสาเข็มเจาะขนาดใหญ่ มีความลึกมากถึงทรายชั้นที่สอง และในการทำเสาเข็มด้วยวิธีนี้จะมีความกระทบกระเทือนต่อดินรอบข้างน้อย

4.1.1 ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ

เป็นการทำเสาเข็มเจาะแบบวิธี Auger-Bucket ซึ่งมีขั้นตอนการทำพอสรุปได้ดังนี้

1) การปักปลอกเหล็ก (Casing) เมื่อกำหนดตำแหน่งของเสาเข็มแล้วจะใช้หัวเขย่า (Vibro Hammer) ซึ่งมีความถี่ในการสั่นสะเทือนสูงจับที่ขอบสองข้างเพื่อกด Casing โดยการเขย่าของเครื่อง ซึ่งในขณะที่กด Casing จะต้องมีการตรวจสอบตำแหน่ง โดยตรวจสอบค่าหนีศูนย์และตรวจสอบแนวดิ่งตลอดเวลาเพื่อให้ Casing นี้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง ประโยชน์ของ Casing คือป้องกันการพังทลายของหลุมเจาะของชั้นดินเหนียวอ่อน ที่มีค่าการยึดเหนี่ยวของดินน้อยและเป็นตัวนำศูนย์ในการเจาะชั้นดินแข็งที่อยู่ด้านล่างของ Casing

2) การขุด (Drilling) จะใช้เครื่องเจาะดินระบบ Rotary Drill ซึ่งเครื่องเจาะนี้จะถูกติดตั้งบนรถเครนขนาดใหญ่ ซึ่งการขุดดินแบ่งได้เป็น 2 ระบบ คือ

- การขุดระบบแห้ง (Dry Process) จะใช้หัวเจาะแบบสว่าน (Auger) การขุดแบบนี้จะจำกัดความลึกเนื่องจากพอขุดถึงชั้นทรายจะไม่สามารถขุดต่อไปได้เพราะทรายมีแรงยึดเหนี่ยวของเม็ดทรายน้อย ทรายจะไหลเข้ามาในรูเจาะและรูเจาะบริเวณทรายจะเกิดการพังทลาย ทำให้เปลืองคอนกรีตในการหล่อ ฉะนั้นการขุดแบบแห้งนี้จะต้องหยุดก่อนถึงชั้นทราย
- การขุดแบบเปียก (Wet Process) การขุดแบบนี้จะใช้หัวเจาะแบบถัง Bucket กล่าวคือพอขุดแบบแห้งใกล้ถึงชั้นทรายแล้วจะต้องมีการเติมสารละลายเบนโทไนท์ซึ่งจะทำหน้าที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อต้านแรงดันที่เกิดขึ้นภายในรูเจาะไม่ให้รูเจาะพังทลาย สารละลายเบนโทไนท์ที่เติมลงในรูเจาะจะต้องเติมด้วยความรวดเร็ว และเติมจนเกือบเต็มรูเจาะให้ระดับสารละลายต่ำกว่าปากรูเจาะประมาณ 2 m จากนั้นก็ใช้เครื่องเจาะเก็บดินจนถึงระดับที่ต้องการ การขุดแบบเปียกนี้จะสามารถขุดได้เกือบทุกสภาพของดินโดยไม่มีการพังทลายของรูเจาะ

หลังจากเจาะจนได้ระดับแล้วก็ทำความสะอาดก้นหลุมโดยใช้ Cleaning Bucket หรือ Recycle ของสารละลาย ในกรณีที่จะทำ Recycle จะทำในกรณีที่สารละลายเข้มข้น และสกปรกจน Density ของสารละลายมากกว่า 1.20 ton/m^3 ซึ่งจะทำให้การเทคอนกรีตโดย Trimie-Method ไม่สามารถไล่ตะกอน หรือสารละลายขึ้นได้หมด การทำ Recycle ปกติจะใช้วิธี Air Lift

3) <u>การลงเหล็กเสริม</u> (Steel Cage) จะนำโครงเหล็กที่ผูกไว้เรียบร้อยแล้ว หย่อนลงไปในรูเจาะโดยใช้รถเครน ความยาวของโครงเหล็กจะถูกจำกัดดังนั้น ต้องมีการทาบต่อโครงเหล็กที่ปากรูเจาะโดยการเชื่อม และโครงเหล็กนี้ต้องมีเหล็กแข็งที่บังคับไม่ให้เหล็กเสียรูปในขณะที่ยก และหย่อนลงในรูเจาะ

4) <u>การเทคอนกรีต</u> (Casting Concrete) หลังจากทำการลงท่อเทคอนกรีต (Trimie Pipe) ลงไปจนถึงก้นหลุมแล้วจะต้องใส่เม็ดโฟมลงไปในท่อเทคอนกรีตเพื่อเป็นตัวกันไม่ให้คอนกรีตไปรวมตัวกับสารละลายเบนโทไนท์ จากนั้นก็เทคอนกรีต และการเทคอนกรีตต้องเทให้สูงกว่าระดับที่ต้องการประมาณ 2 m เพราะว่าคอนกรีตส่วนบนที่เทไล่ขึ้นมาคุณภาพไม่ดี เพราะเป็นส่วนที่ผสมกับสารละลายเบนโทไนท์

5) <u>การถอนปลอกเหล็กชั่วคราว</u> หลังจากเทคอนกรีตเรียบร้อยแล้วจะใช้รถเครนยกหัวเขย่า (Vibro Hammer) จับที่ขอบทั้งสองข้างของ Casing และเขย่าอยู่กับที่สักพักเพื่อเป็นการทำลายแรงยึดเหนี่ยวระหว่างดินกับ Casing ซึ่งจะทำให้ถอนปลอกเหล็ก Casing ได้ง่ายขึ้น แล้วจึงดึง Casing ขึ้นอย่างช้าๆ และต้องดึง Casing ให้อยู่ในแนวดิ่งตลอดเวลาขณะถอน Casing เพราะถ้าหากถอน Casing เอียงจะทำให้เสาเข็มเอียงไปด้วย

4.1.2 ข้อควรระวัง

1) สำรวจสถานที่และลงเครื่องหมายที่แน่ชัดสำหรับเสาเข็มแต่ละต้นล่วงหน้า

2) เครื่องเจาะจะต้องตั้งบนพื้นเรียบและแข็งแรง

3) อุปกรณ์การเจาะ (Rotary Equipment)

การเจาะเพื่อลงเสาเข็มใช้หัวเจาะหมุนติดบนเครน ยี่ห้อ SOILMEC รุ่น RT 3/S อุปกรณ์ใช้เจาะรูประกอบด้วย Rotary Table ติดบนเครนหนึ่งตัว ซึ่งจะช่วยส่งแรงหมุนไปยัง Kelly Bar ส่วนล่างที่มีเครื่องเจาะติดอยู่ (Bucket) เมื่อเครื่องจักรอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้องเหมาะสมโดยหัวเจาะอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงตำแหน่งหัวเจาะแล้ว หัวเจาะจะหมุนและเริ่มเจาะลงดินในขณะที่หัวเจาะขุดดินอยู่ ถังจะรับดินที่ขุดขึ้นมาทีละน้อยจนเต็ม จากนั้นตัว Kelly และหัวเจาะจะเลื่อนสูงขึ้นและเทดินใน Bucket ออก

4) การติดตั้ง (Installation)

ปลอกเหล็กชั่วคราวความยาวไม่เกิน 13 m จะติดตั้งด้วยเครื่อง Hydraulic Vibrator ก่อนหน้าการขุดเจาะ (Excavation) เพื่อป้องกันการพังทลายของดินอ่อนชั้นบน

5) การขุดเจาะ (Excavation)

- หลังจากติดตั้งปลอกชั่วคราวแล้ว การขุดเจาะจะดำเนินต่อไปด้วยสว่านจนถึง 21 m (อยู่ในชั้นดินเหนียว) ก่อนที่จะเท Bentonite Slurry ลงไปจากปากหลุม

- จะต้องระวังเป็นพิเศษให้เครนอยู่ในแนวนอนและก้านเจาะอยู่ในแนวตั้ง เพื่อให้มั่นใจว่าจะได้เจาะในแนวตั้งจริงๆ การขุดเจาะจะดำเนินต่อไปด้วยสว่านและ Bucket จนกว่าจะได้ความลึกที่ต้องการ

- จากนั้นจะต้องหย่อนโครงเหล็กเสริมเข็มตามที่ต้องการลงไป เหล็กเสริมเข็มนี้จะต้องมีระยะห่างและตัวยึดที่เหมาะสม

6) สารแขวนลอยเบนโทไนต์ (Bentonite Suspension)

- สารนี้โดยพื้นฐานจะประกอบด้วยน้ำและสารคอลลอยด์

- สารที่จะเทลงไปในเสาเข็มนี้ จะต้องเตรียมขึ้นมาโดยเครื่องผสมเบนโทไนต์ที่มีการไหลดีก่อนที่จะนำไปใช้จะต้องทิ้งไว้ในถังเก็บอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ประสิทธิภาพในการผสมของเครื่องผสมเบนโทไนต์ Soilmec BE 10-E/D คือ 8-10 m^3/hr จะต้องมีการทดสอบ (Control Test) สารแขวนลอยเบนโทไนต์นี้ด้วยเครื่องมือที่เหมาะสม จะต้องวัดความหนาแน่นของสารที่ผสมขึ้นใหม่ทุกวันเพื่อตรวจสอบคุณภาพ การทดสอบหาความหนาแน่น ความเหนียวหนืดและค่า PH จะต้องมีสำหรับสารเบนโทไนต์ที่จะใช้ในการเจาะเสาเข็ม

- การควบคุมคุณสมบัติของเบนโทไนต์ก่อนจะเทคอนกรีตเป็นเรื่องสำคัญมาก ควรจะป้องกันไม่ให้มีการตกตะกอน หรือ กาก หรืออย่างน้อยที่สุดควรตกตะกอนช้า พอให้เทคอนกรีตเสร็จ วิธีที่ใช้กันทั่วไปคือการเปลี่ยนสารเบนโทไนต์ที่มีความหนาแน่นมากกว่า 1.2 kg/litr หรือถ้าค่า Marsh Cone อ่านได้เกิน 50 จะใช้อากาศช่วยแยก Slurry ได้ดี เครื่องขจัดทรายในเบนโทไนต์ขนาด Soilmec BE 50 ถูกออกแบบขึ้นมาโดยเฉพาะเพื่อแยกทราย โคลนและสารอินทรีย์ในระบบการหมุนกลับของโคลน (Mud Recovery Systems) ด้วยระบบ Hydrocyclone และการกรองด้วยตะแกรง 3 ชั้น กากทรายจะถูกทิ้งไป

7) การขจัดของเสีย (Discharging of Spoil)

กากของเสียจะถูกเททิ้งใกล้ๆ บริเวณที่ขุดเจาะเสาเข็ม แล้วจะถูกเคลื่อนย้ายไปเททิ้งบริเวณกำจัดขยะที่เหมาะสมต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8) การเทคอนกรีต (Concreting)

- คอนกรีตที่จะเทลงไปแทนที่เบนโทไนต์จะต้องใช้ Trimie Pipe การเทคอนกรีตเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากในการหล่อเสาเข็มและต้องทำด้วยความระมัดระวังเป็นพิเศษและต้องใช้คอนกรีตที่ผสมเสร็จซึ่งมี Slump 17.5±25 mm

- Trimie Pipe ที่เหมาะสมในการเทคอนกรีตจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นเหล็กยาวประมาณ 1.5 m มีเส้นผ่าศูนย์กลางด้านใน 18-25 cm ปลายของ Trimie Pipe บนสุดจะต้องสวมกับกรวยเทคอนกรีต (Feed Hopper) การเริ่มเทจะเป็นตอนที่ละเอียดอ่อนมากที่สุดของงานส่วนนี้ โดยที่ปลายของ Trimie Pipe จะอยู่เหนือก้นหลุมประมาณ 30 cm การเทคอนกรีตต้องไหลต่อเนื่องสม่ำเสมอ ตัว Pipe ต้องจุ่มอยู่ในปูนที่เทลงไปลึกระหว่าง 2 ถึง 6 m อยู่ตลอดเวลา

- การเทคอนกรีตลงไปแทนที่เบนโทไนต์จะดำเนินไปอย่างต่อเนื่องจนได้ความสูงระดับหัวเสาเข็มที่ออกแบบไว้ และเพียงพอสำหรับการตัดทิ้งจนถึงคอนกรีตแน่นที่บริเวณหัวเสาเข็มด้วย

9) การดึงปลอกเหล็กชั่วคราว (Extract Temporary Casing)

ให้ทำทันทีหลังจากที่เททคอนกรีตเสร็จแล้ว หลังจากนั้น 2-3 ชม. ให้ทำการ Grout ปูนที่ปลายของเข็ม ต้องทำความสะอาดท่อ Grout ก่อนโดยการฉีดน้ำเข้าไปภายในท่อ แล้วใช้ความดันของการ Grout ประมาณ 60 bars หรือใช้ปริมาณของปูน Grout 2 Batches ,3 Batches ,4 Batches และ 6 Batches สำหรับเข็มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80-0.60 m ,1.00 m ,1.20 m และ 1.50 m ตามลำดับ (1 Batch = ปริมาณปูน Grout 90 litr) ความดันของการ Grout จะเป็นการอัดบริเวณฐานของเข็มให้แน่นก่อน ดังนั้นจึงช่วยลดการทรุดตัวที่เกิดจากการรับแรงและยังกำจัดผลกระทบที่เกิดจากฐานของเข็มหลวมอีกด้วย

4.1.3 ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในการทำเสาเข็มเจาะ

1) เสาเข็มหนีศูนย์

2) Dowel Bar สั้นไป (โดยทั่วไปต้องมี Dowel Bar เหลือไว้ประมาณ 0.80-1.00 m) ซึ่งอาจเกิดจากการสกัดหัวเข็ม

3) สาร Bentonite ปนกับคอนกรีตที่หัวเสาเข็มมากเกินไป

4) เหล็ก Earthing System ถูกตัดออกโดยความไม่รู้

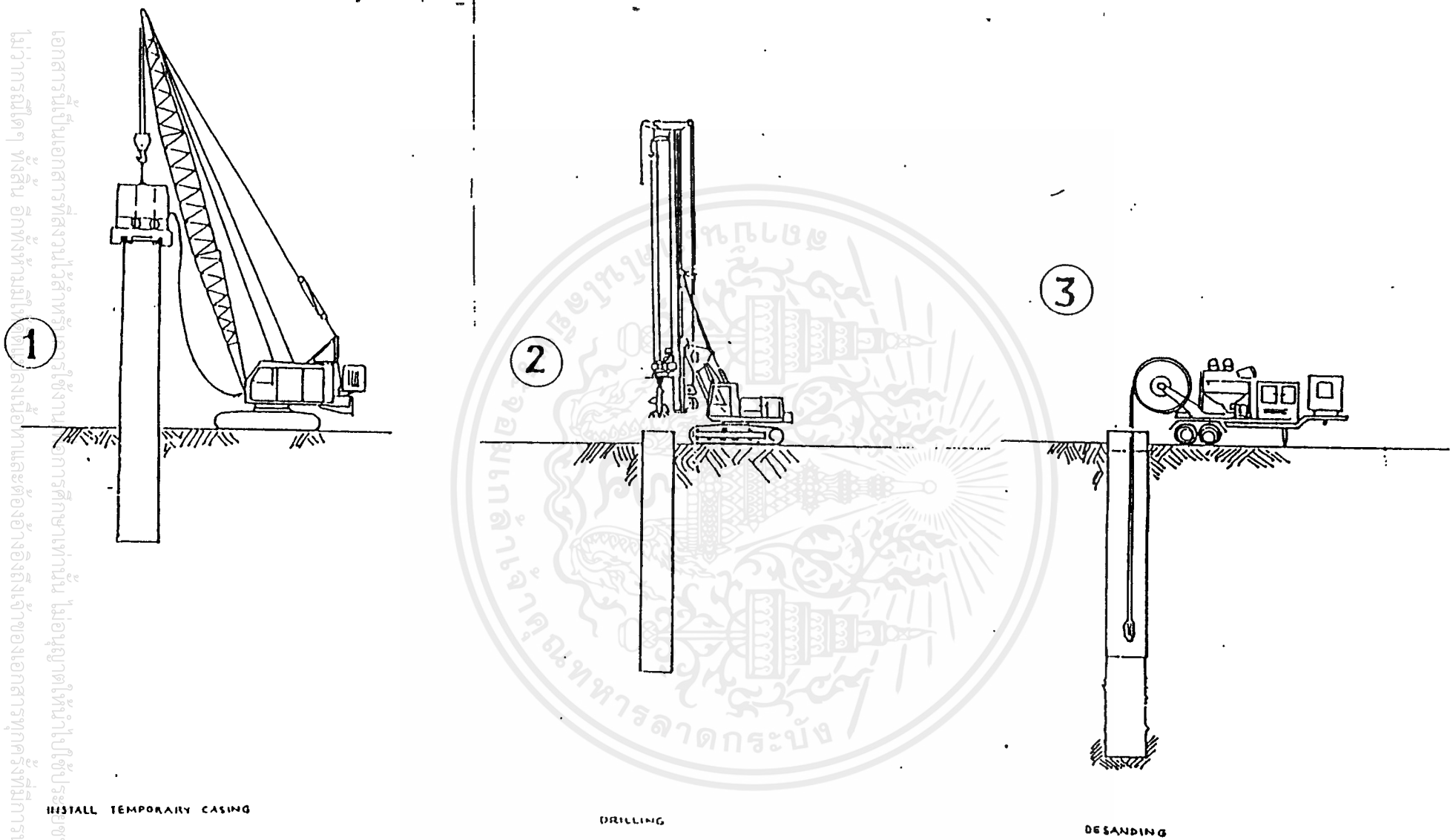
5) เหล็กตกหรือทรุด

6) คอนกรีตบล็อกในท่อ Trimie

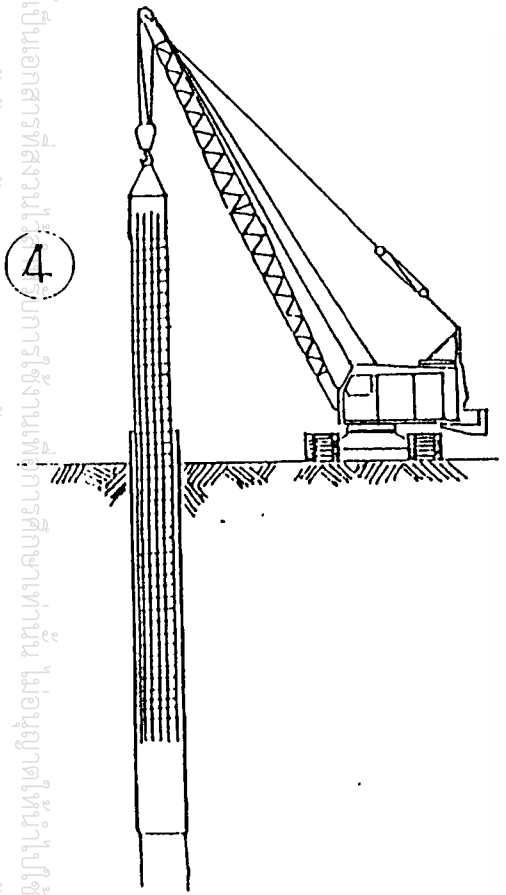
7) ท่อ Trimie ติดกับคอนกรีตหรือเหล็กเสริม

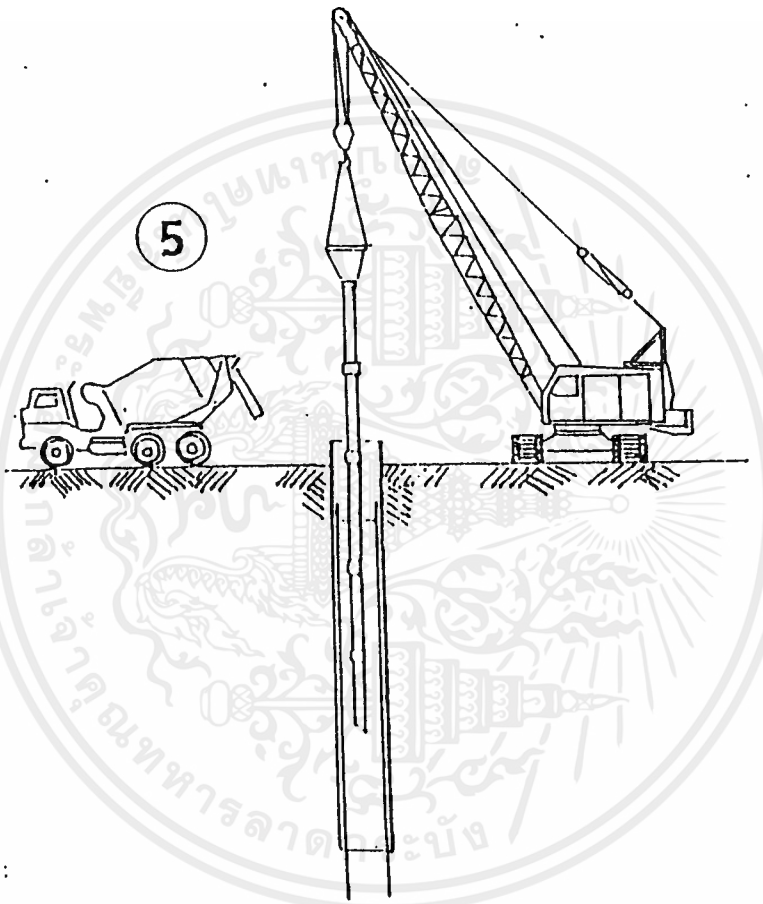
8) การบ่มคอนกรีตไม่ได้ตามแบบ

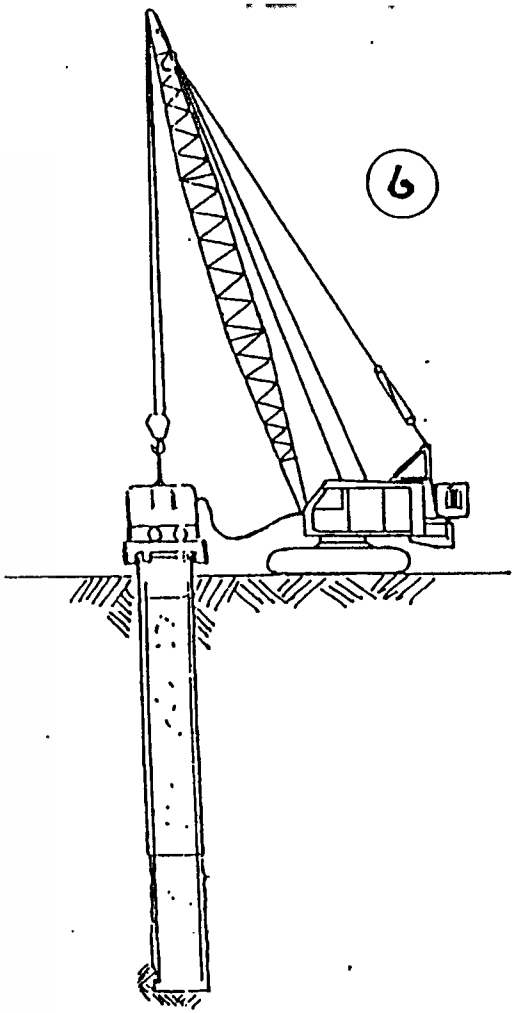
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



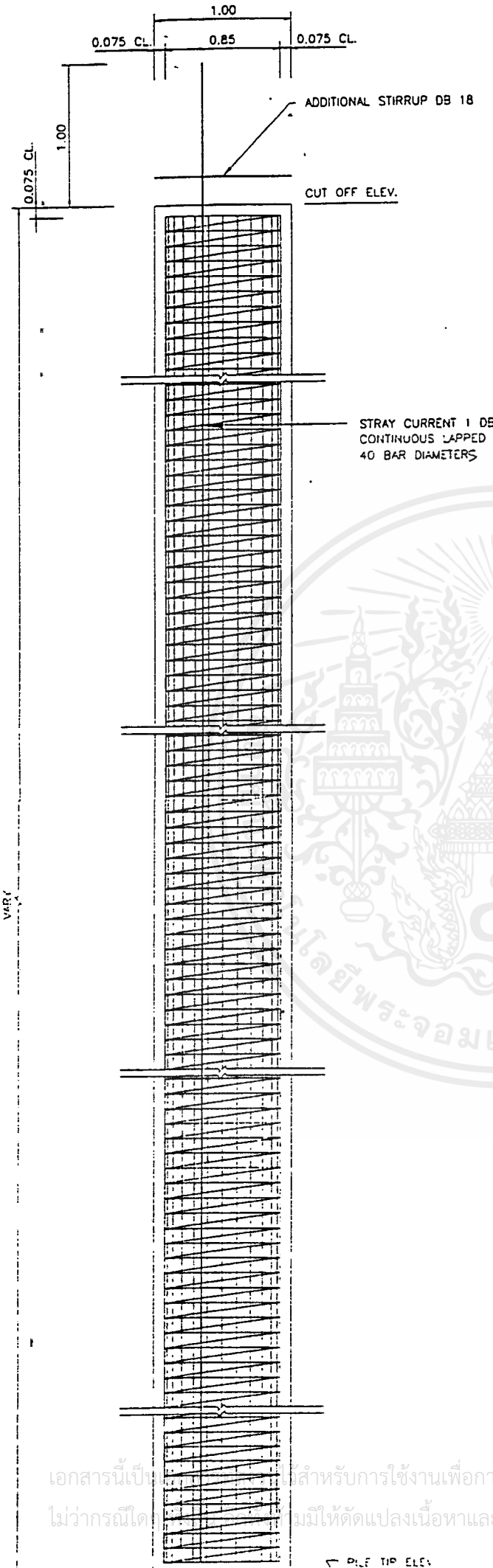
รูปที่ 4-1a ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ







รูปที่ 4-1b ขั้นตอนการทำเสาเข็มเจาะ



รูปที่ 4-2 ตัวอย่างแบบเหล็กเสริมในเสาเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ตอม่อ

ตอม่อในที่นี้หมายถึงส่วนฐานรากและส่วนเสาที่รองรับทางวิ่ง การก่อสร้างในส่วนตอม่อจะทำแบบหล่อในที่โดยที่ลักษณะรูปร่างของฐานรากและเสาจะขึ้นอยู่กับแบบที่ได้มา แต่ในกรณีที่เกิดปัญหาขึ้นที่หน้างานไม่สามารถก่อสร้างตามแบบได้จะต้องมีการตรวจสอบแก้ไขและออกแบบใหม่

4.2.1 ขั้นตอนในการก่อสร้าง

1) ก่อสร้างกำแพงกันดินชั่วคราว

- ทุบผิวจราจรเดิมและลอกผิวจราจรเดิมออก
- วางกรอบ Sheet Piles
- ตอก Sheet Piles ในกรอบ
- ขุดดินออกถึงระดับที่ต้องการ

2) ก่อสร้าง Pile Cap

- เท Lean Concrete กันหลุม
- ตัดหัวเข็มออก
- ผูกเหล็กเสริม Pile Cap และ Column
- เข้าแบบ Pile Cap
- เทคอนกรีต Pile Cap
- แกะแบบ
- บดอัดดินรอบ Pile Cap พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

3) ก่อสร้าง Pier Column

- เข้าแบบ Kicker
- เทคอนกรีต Kicker
- เข้าแบบ Column
- เทคอนกรีต Column
- แกะแบบ Column
- บดอัดทรายรอบ Column พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

4) ก่อสร้างผิวจราจร

- บดอัดหินคลุก พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด
- ลาดยาง Asphaltic Concrete (หรือ เทผิวจราจรคอนกรีต)
- วาง Precast Curb ชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5) **รองานติดตั้ง** Viaduct Segment **แล้วจึงวาง** Precast Curb **ถาวรพร้อม ถมดิน ปลูกหญ้าและต้นไม้ที่เกาะกลาง**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การติดตั้ง Stray Current Protection

อุปกรณ์ที่ใช้ในการป้องกัน Stray Current จะติดตั้งอยู่ในโครงสร้างดังนี้

1. ใน Pile
2. ใน Pile Cap
3. ใน Pier

ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

ขั้นตอนในการติดตั้ง

1. ใน Pile

เพิ่มเหล็ก DB 25 1 เส้น ทำการเชื่อมทุกช่วงของรอยต่อ แนวเชื่อมจะยาวประมาณ 30 cm

2. ใน Pile Cap

- เพิ่มเหล็ก Stirrup DB 20 ทำการเชื่อมติดกับเหล็กเสริมจาก Pile
- เชื่อม Vertical bar in pier กับ Vertical bar in pile และ Stirrup
- เชื่อม Horizontal reinforcement กับ Vertical bar in pile และ Stirrup

3. ใน Pier

- เพิ่มเหล็ก Band Steel NO. 1,2 เป็นเหล็กชุบ Galvanize ติดตั้งสูงจาก Top Footing 70 cm อยู่ต่ำจากระดับผิวดินประมาณ 70 cm เชื่อมติดกับเหล็ก Ground ขณะติดตั้งต้องพับเหล็กเป็นรูปมุมฉากแนบกับ Fornwork เมื่อถอด Formwork ออกจะพบติดอยู่ที่ผิวส่วนสูงสุดของเหล็กที่พับจะอยู่ที่ระดับผิวดิน

- เพิ่มเหล็ก Band Steel With Thread Connection หรือเรียกว่า Band Steel NO. 3 ติดตั้งสูงจาก Top Footing 240 cm อยู่สูงจากผิวดินประมาณ 1 m เชื่อมติดกับเหล็ก Ground

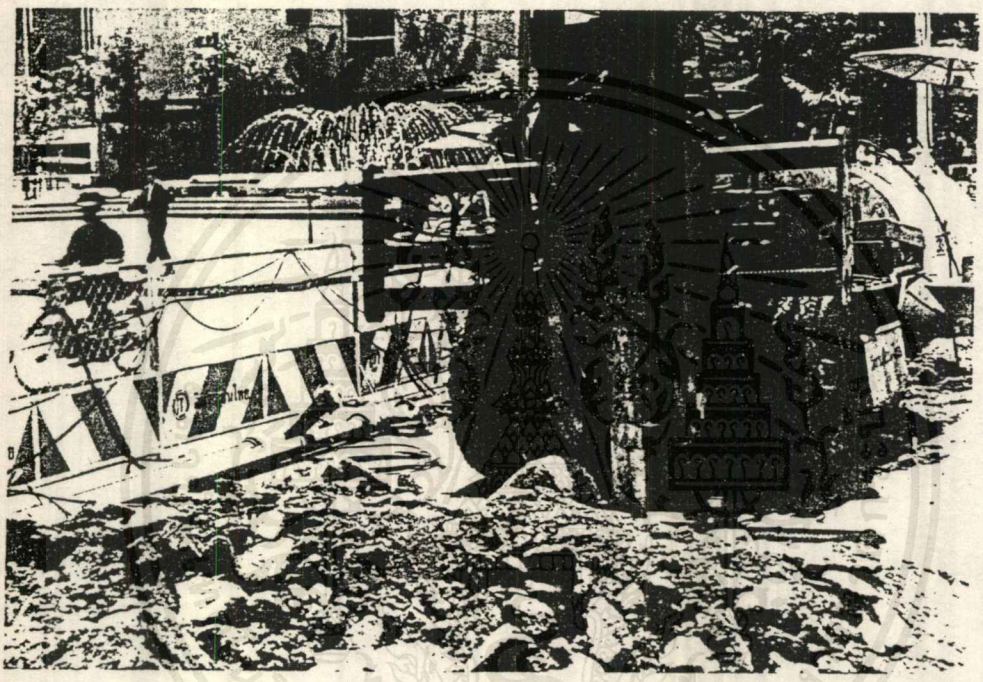
- เพิ่มเหล็ก Band Steel NO. 4 เหล็กที่ใช้จะทำการดัดเป็นมุมฉาก 2 ชุด ขนาด 150/150 และ 60/40 อย่างละ 2 ชิ้นต่อ 1 Pier ติดตั้งที่หัว Pier โดยรอบเชื่อมติดกับเหล็ก Ground ทั้ง 4 ด้าน

- Band Steel NO. 5 เป็นเหล็กชุบ Galvanize ติดตั้งที่ตรงกลาง Seismic Buffer โดยเชื่อมติดกับ Band Steel NO. 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

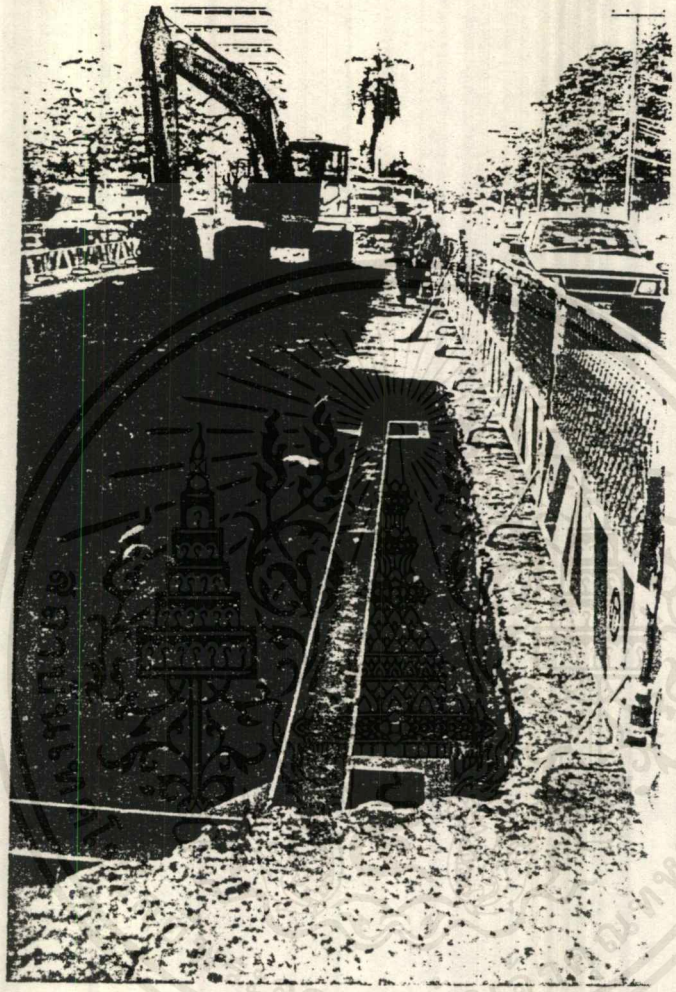
ก่อสร้างกำแพงกันดินชั่วคราว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



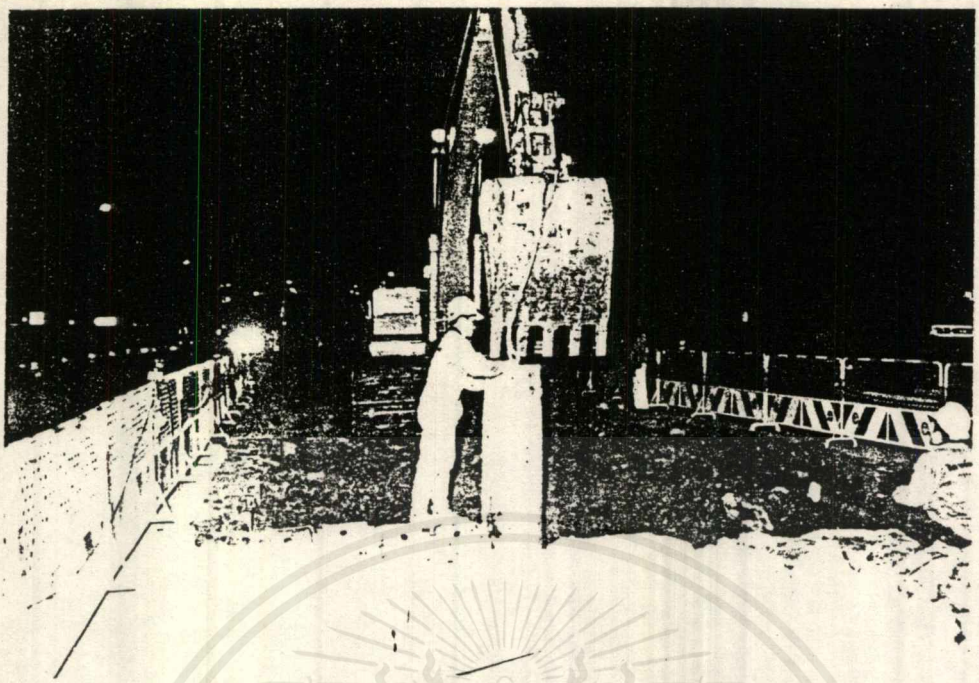
รูปที่ 4-3 ทุบผิวจราจรเดิมและลอกผิวจราจรเดิมออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

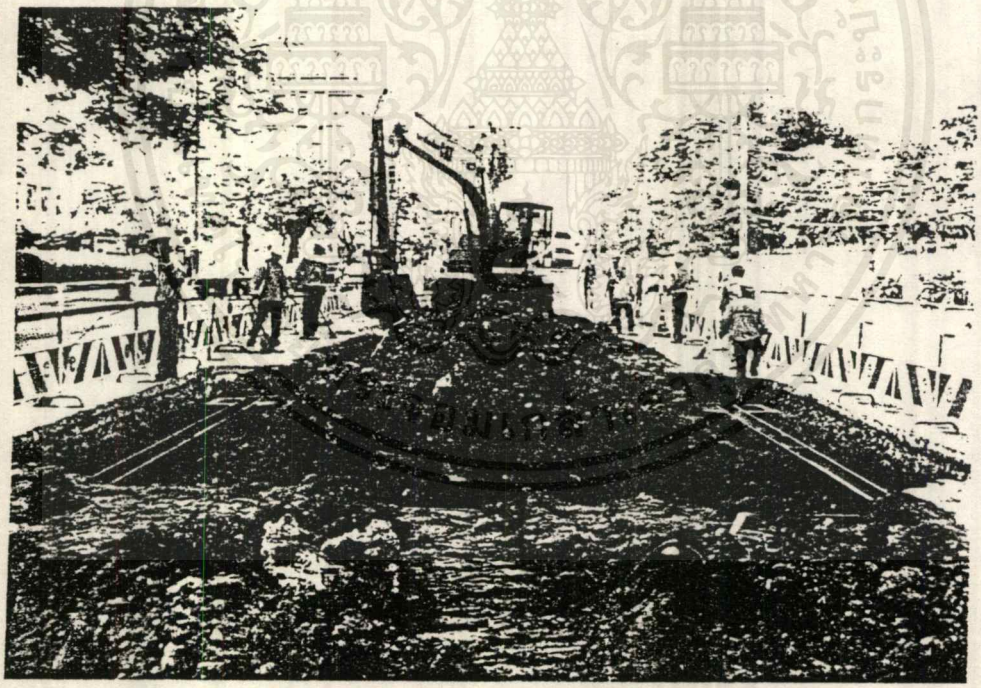


รูปที่ 4-4 วางกรอบ Sheet Pile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-5 ตอก Sheet Pile ในกรอบ

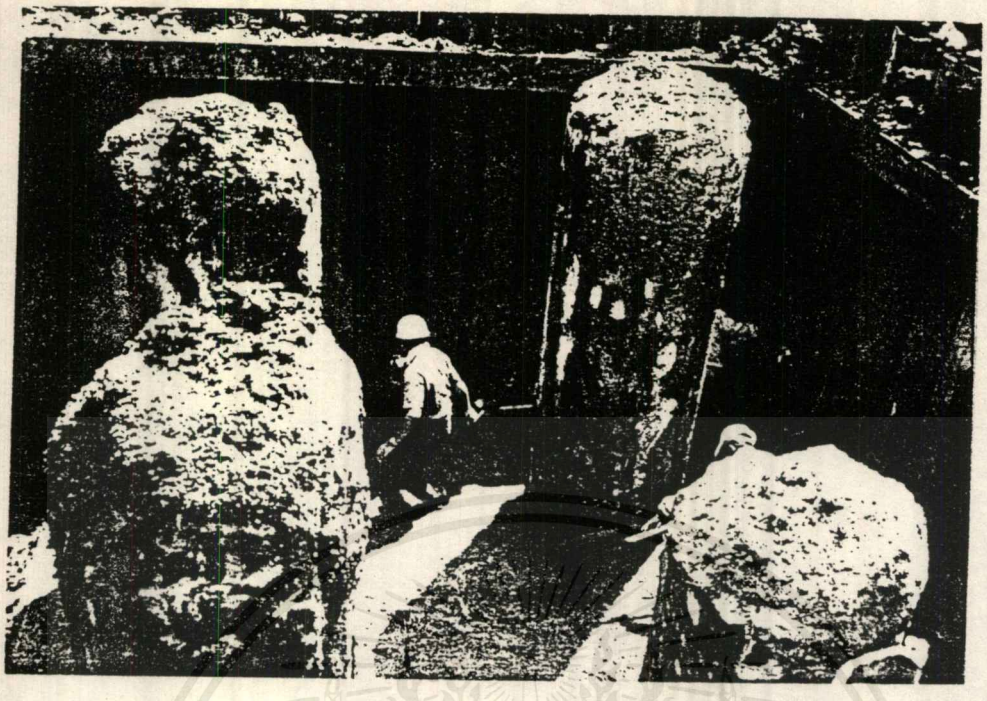


รูปที่ 4-6 ขุดดินออกถึงระดับที่ต้องการ

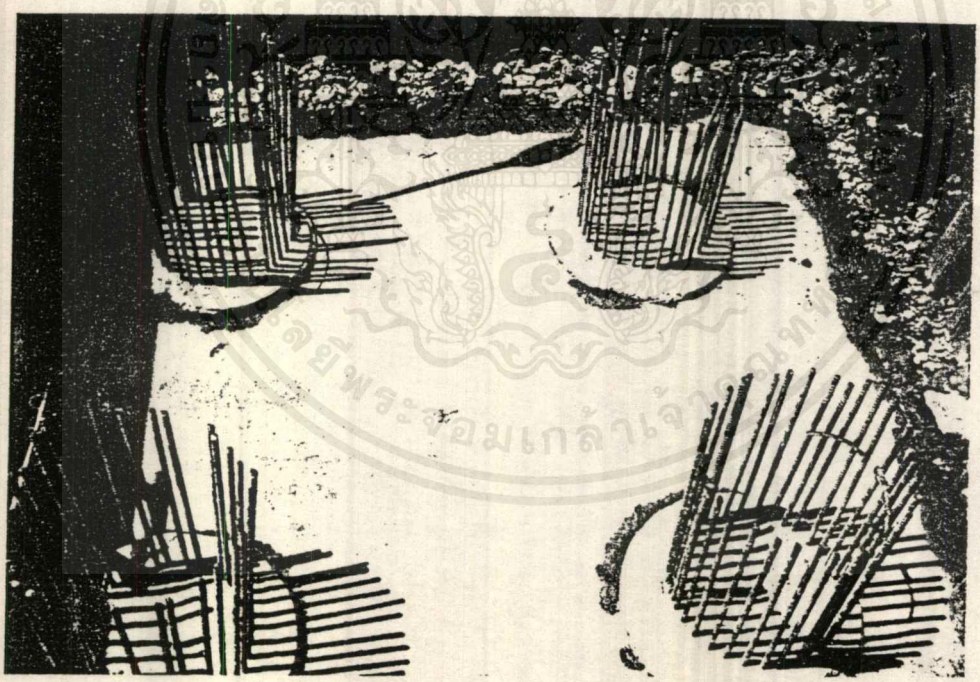
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้าง Pile Cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

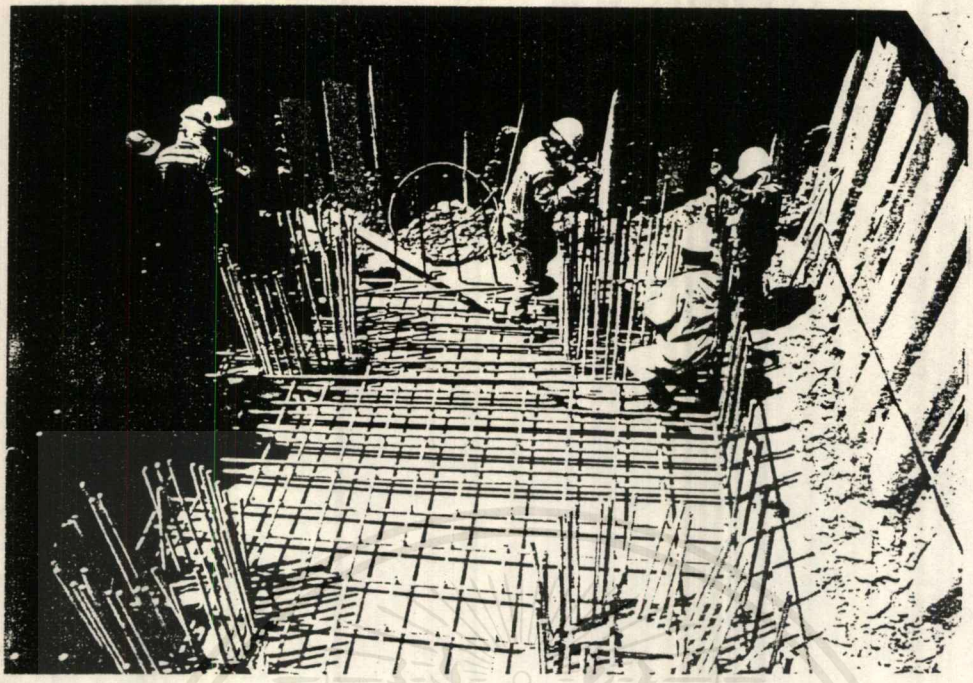


รูปที่ 4-7 เท Lean Concrete ก้นหลุม

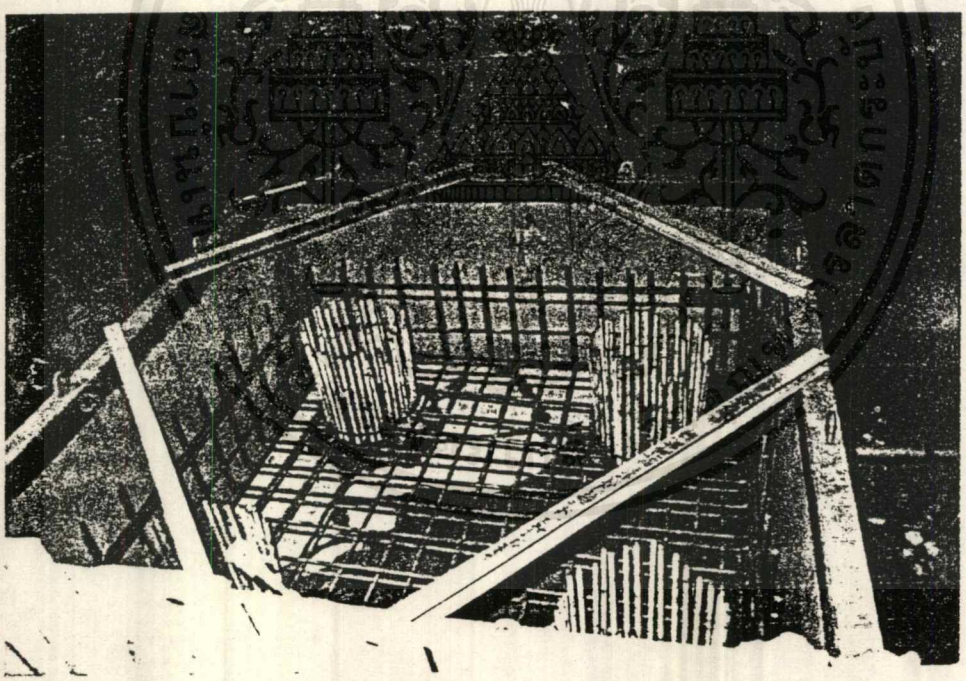


รูปที่ 4-8 ตัดหัวเข็มออก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

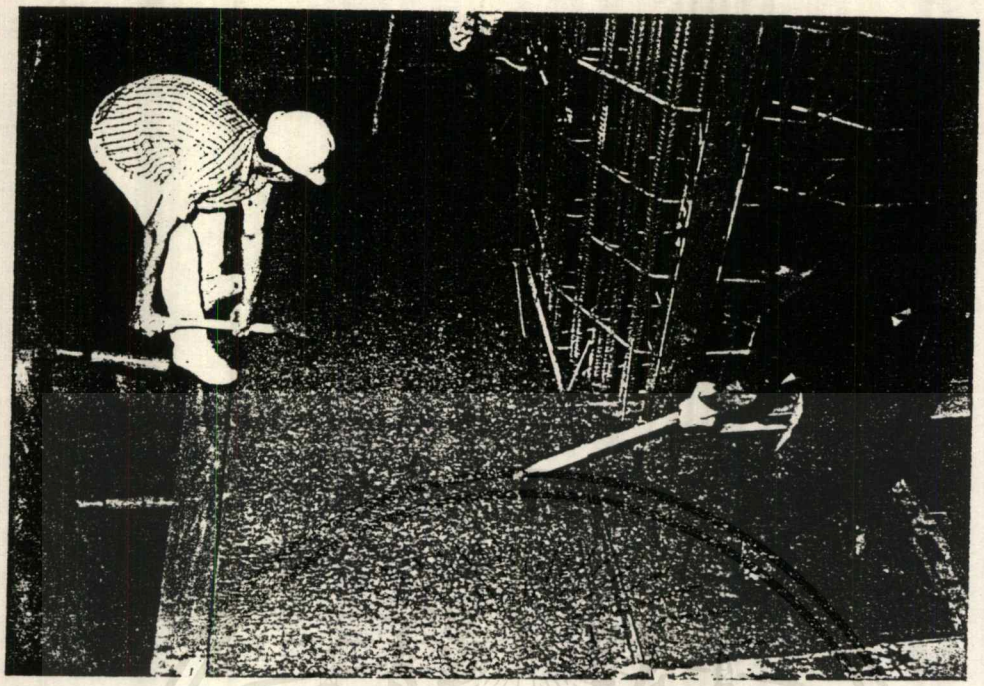


รูปที่ 4-9 ผูกเหล็กเสริม Pile Cap และ Column

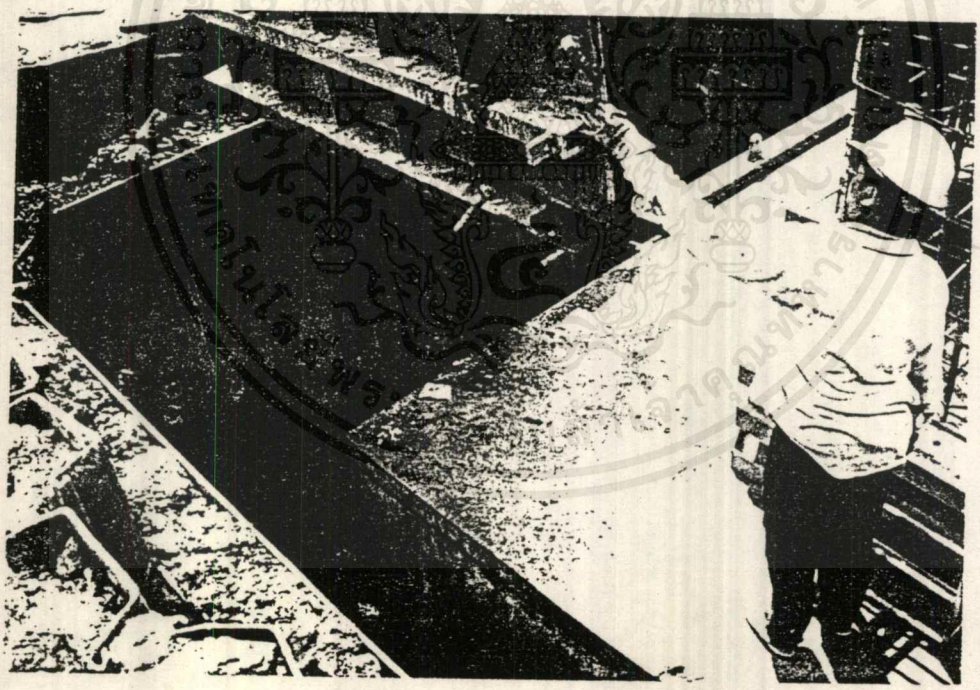


รูปที่ 4-10 เข้าแบบ Pile Cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

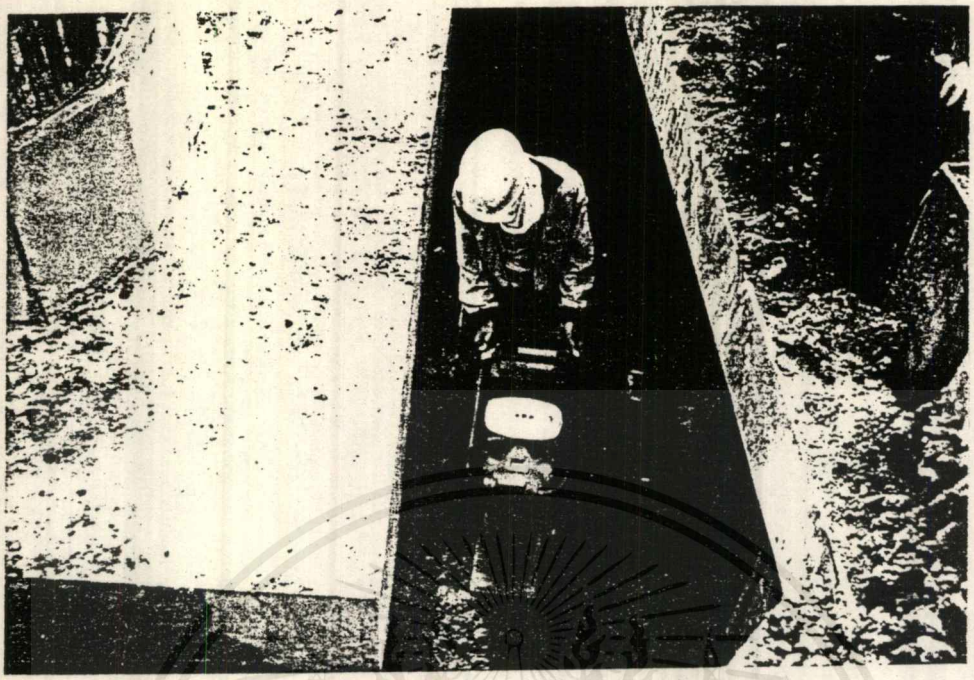


รูปที่ 4-11 เทคอนกรีต Pile Cap

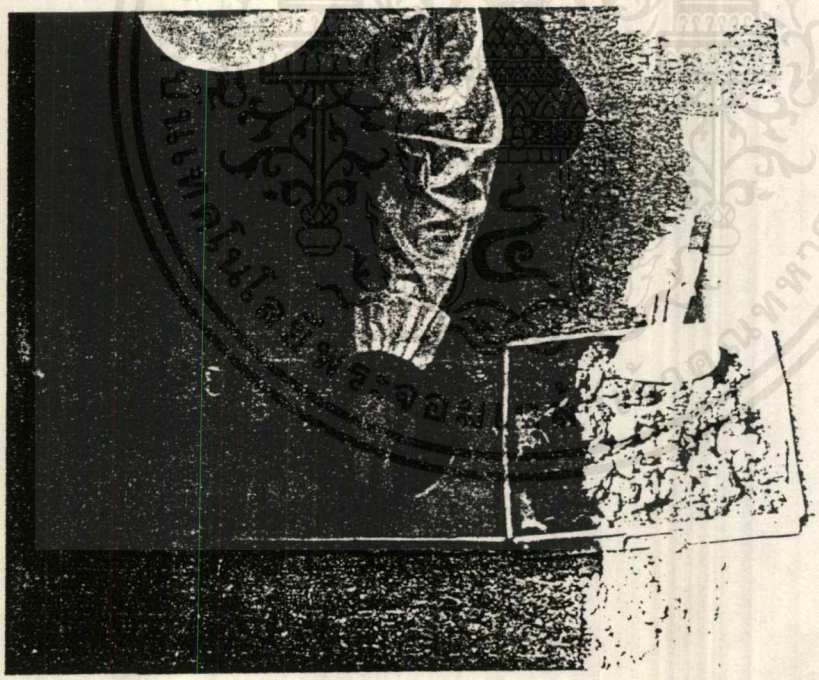


รูปที่ 4-12 แกะแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-13 บดอัดดินรอบ Pile Cap พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

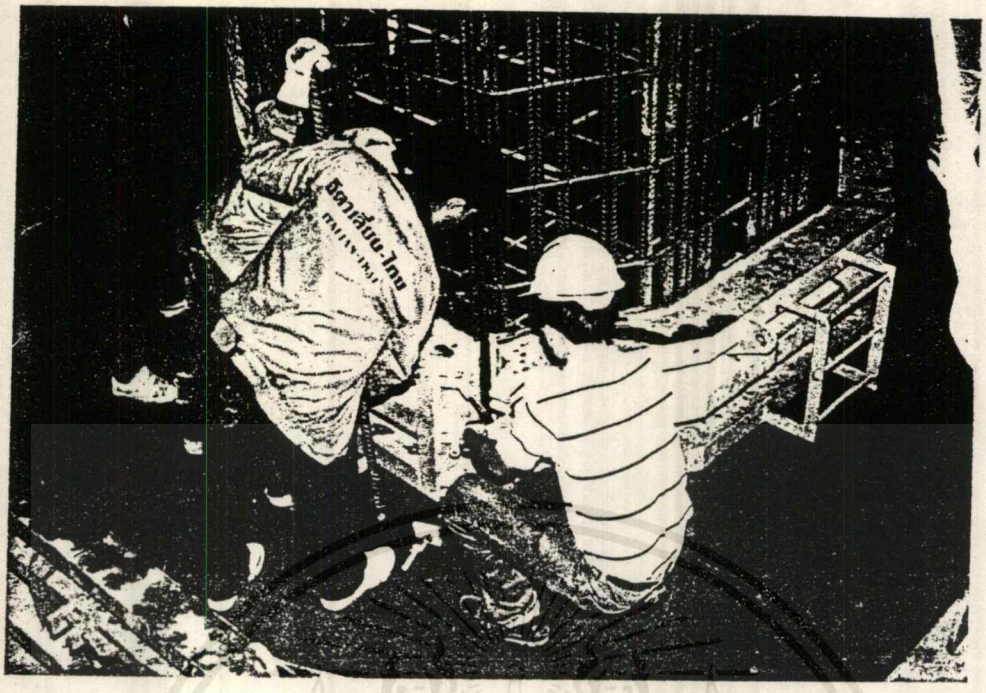


รูปที่ 4-14 บดอัดดินรอบ Pile Cap พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

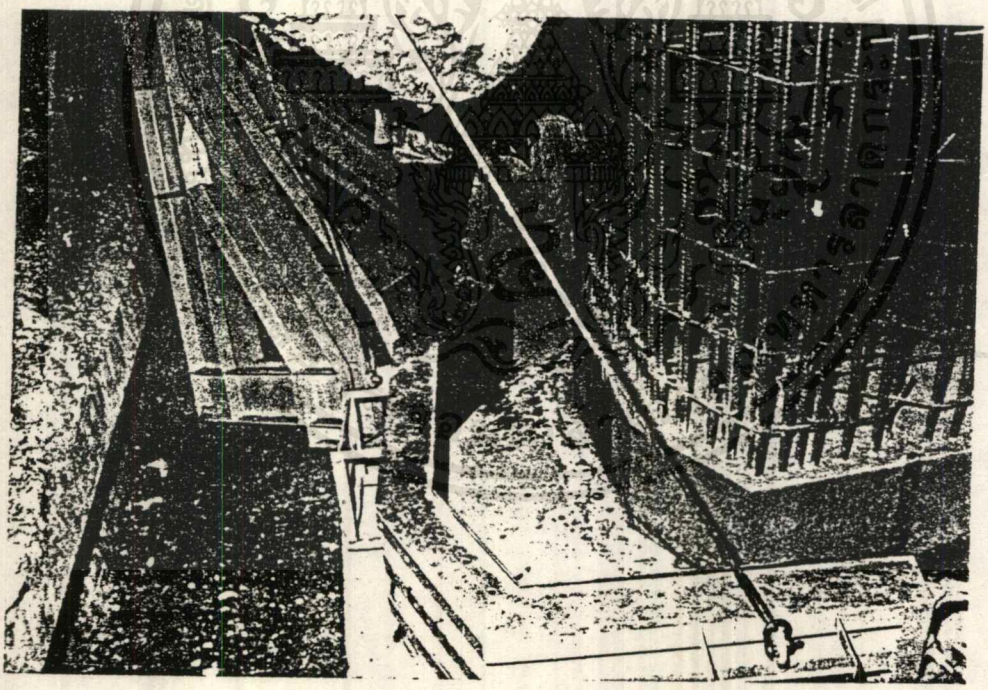
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้าง Pier Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

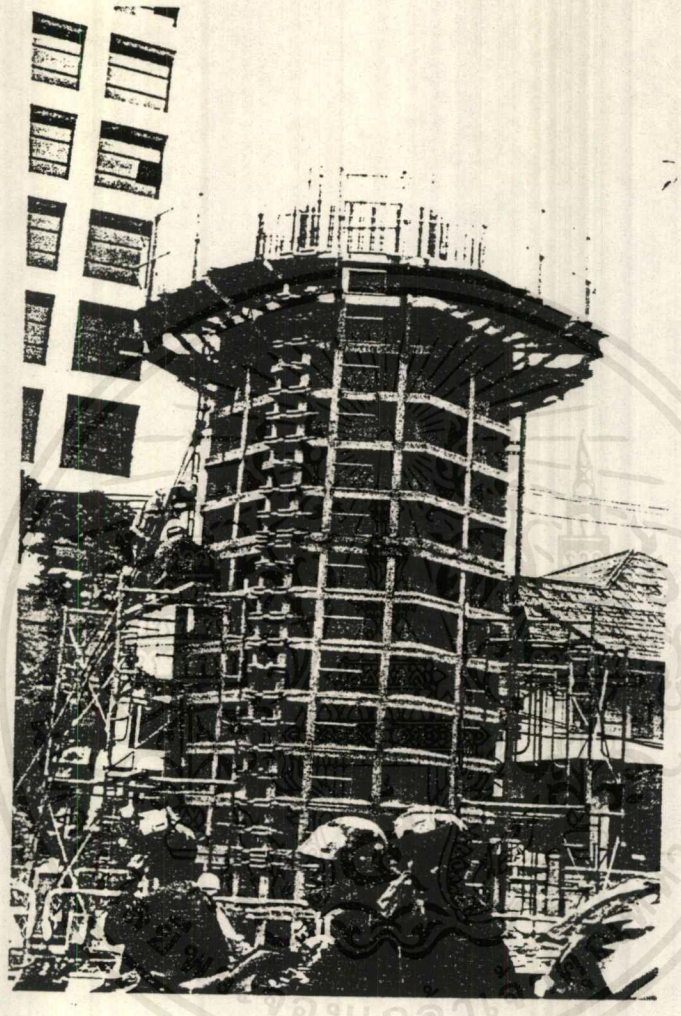


รูปที่ 4-15 เข้าแบบ Kicker



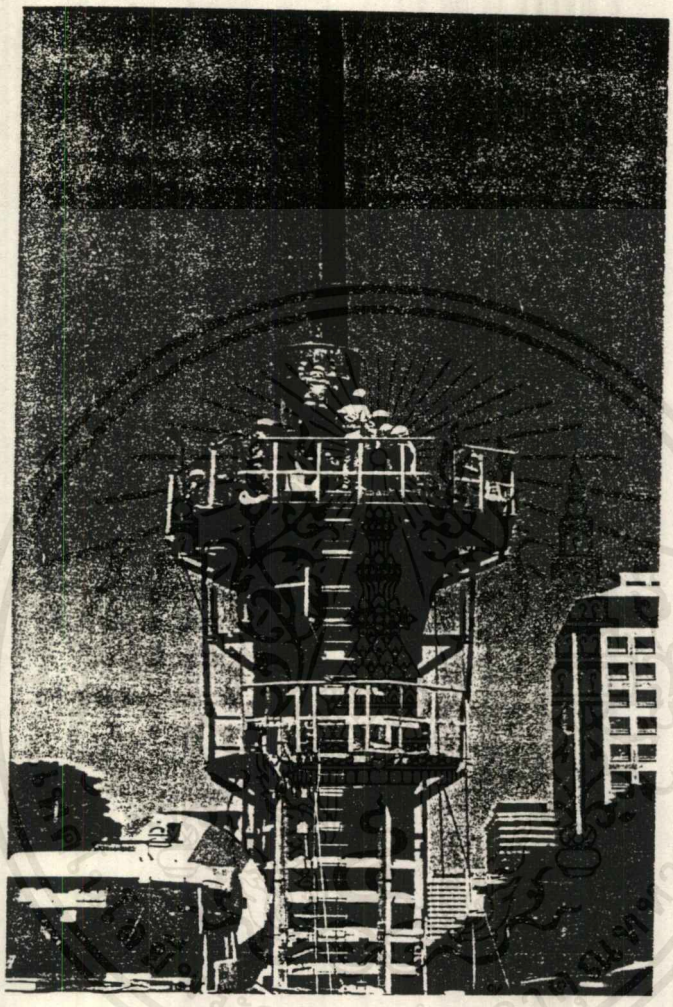
รูปที่ 4-16 เทคอนกรีต Kicker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



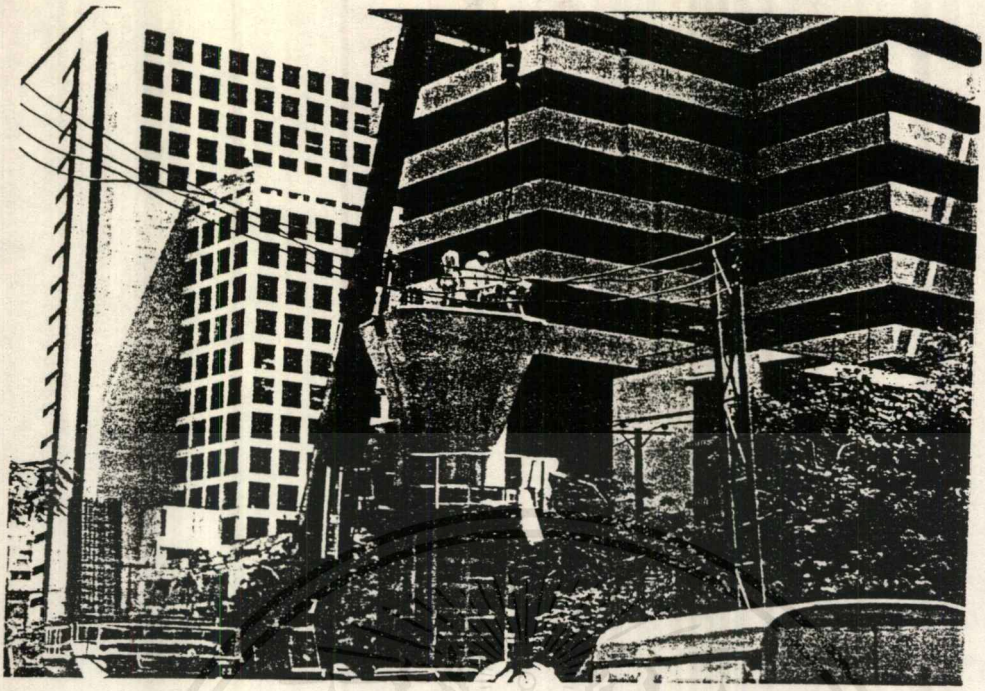
รูปที่ 4-17 เข้าแบบ Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

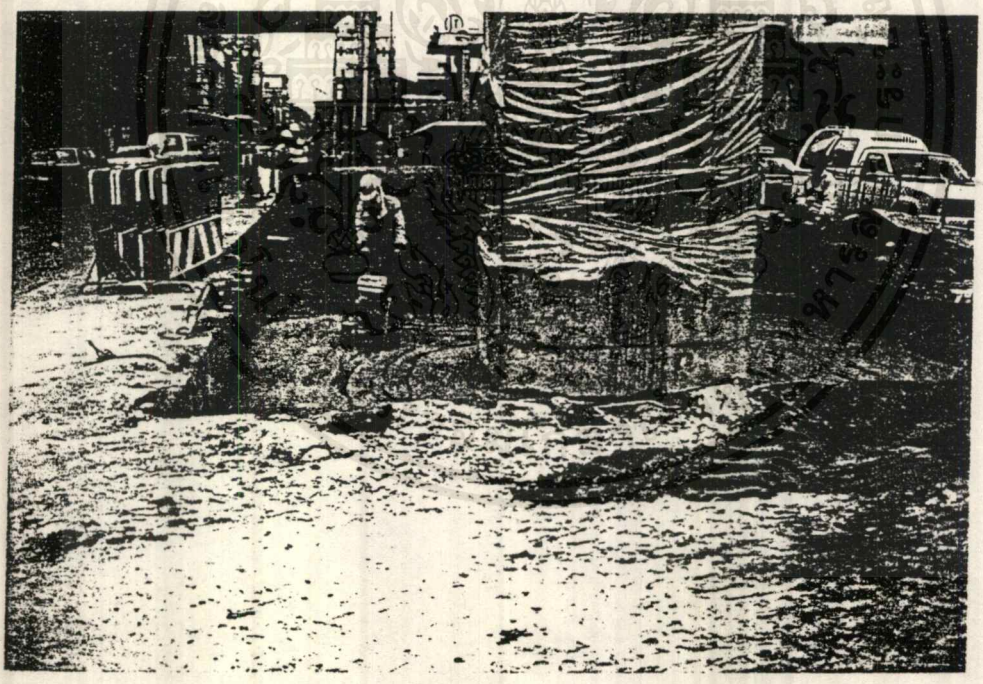


รูปที่ 4-18 เทคอนกรีต Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

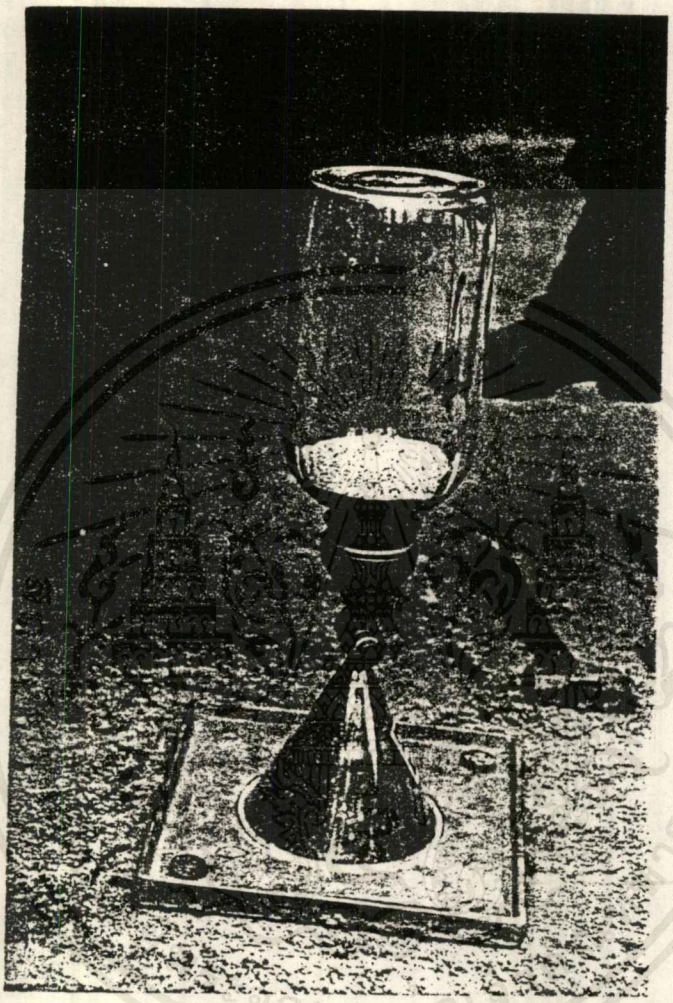


รูปที่ 4-19 แกะแบบ Column



รูปที่ 4-20 บดอัดทรายรอบ Column พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

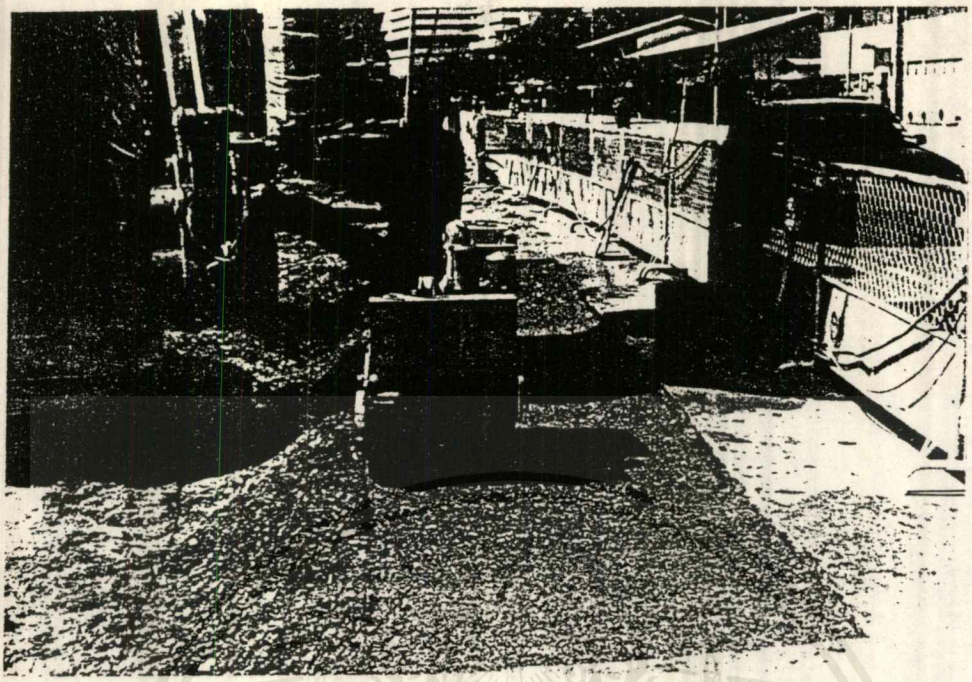


รูปที่ 4-21 บดอัดทรายรอบ Column พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อสร้างผิวจราจร

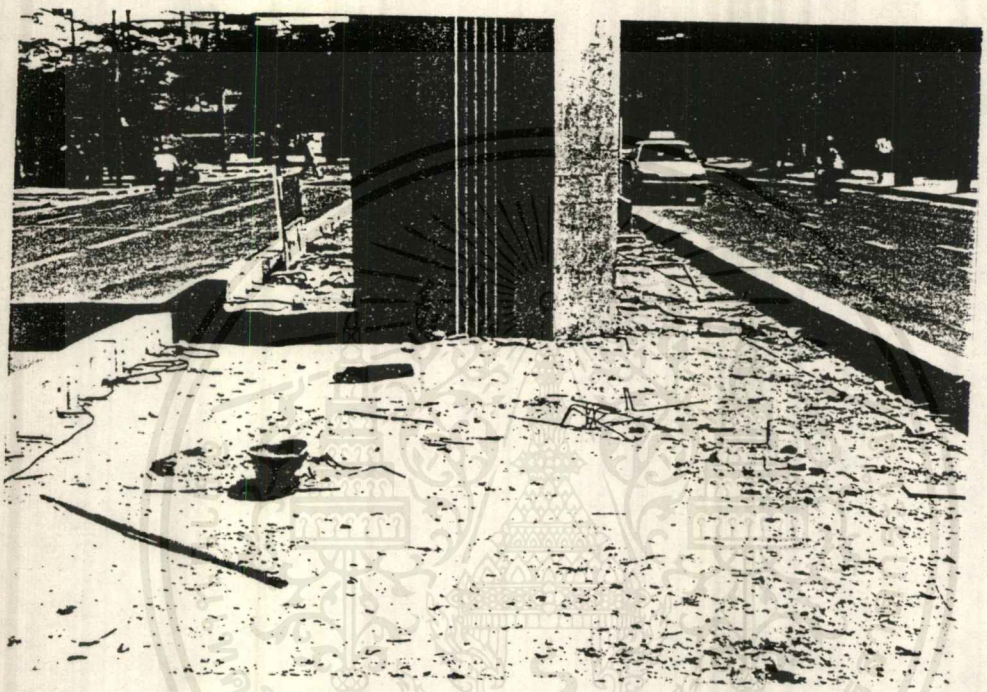
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-22 บดอัดหินคลุก พร้อมทดสอบความแน่นการบดอัด

รูปที่ 4-23 ลาดยาง Asphaltic Concrete (หรือ เทผิวจราจรคอนกรีต)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

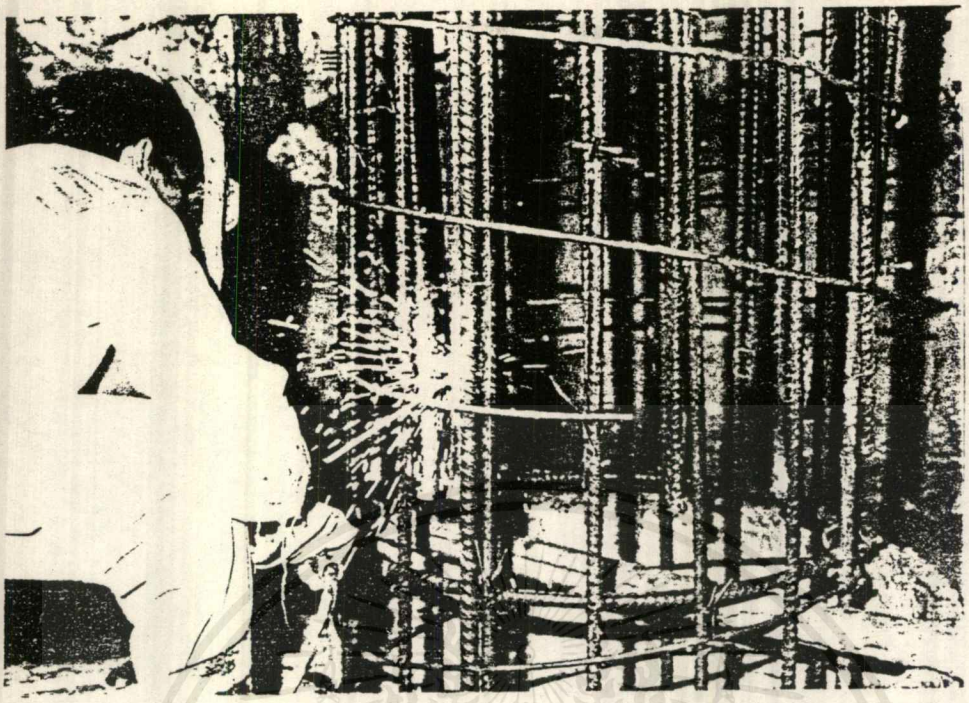


รูปที่ 4-24 วาง Precast Curb ชั่วคราว

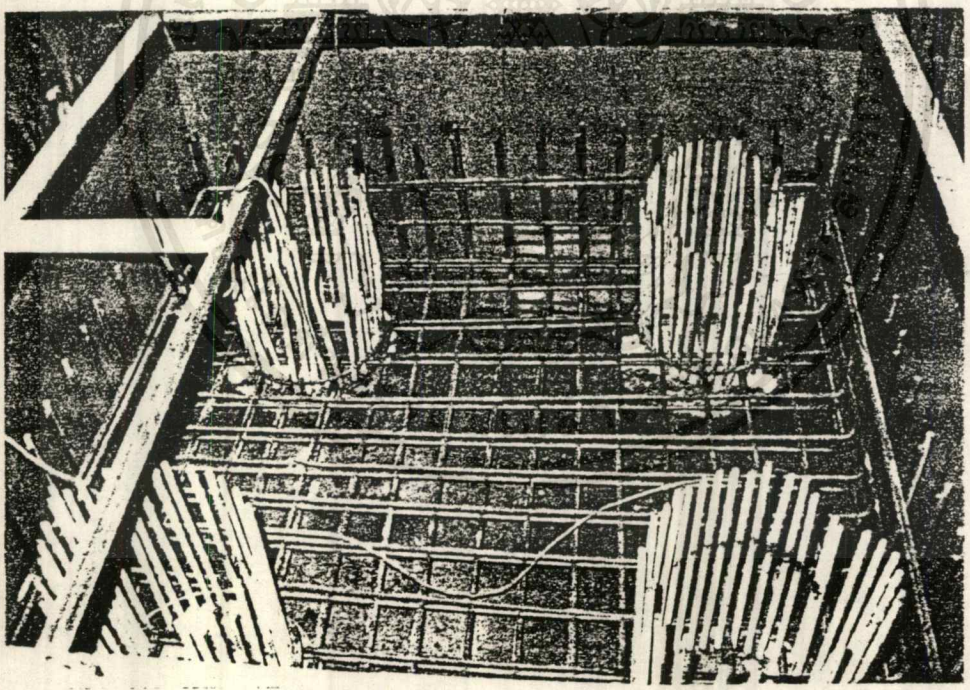
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้ง Stray Current Protection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

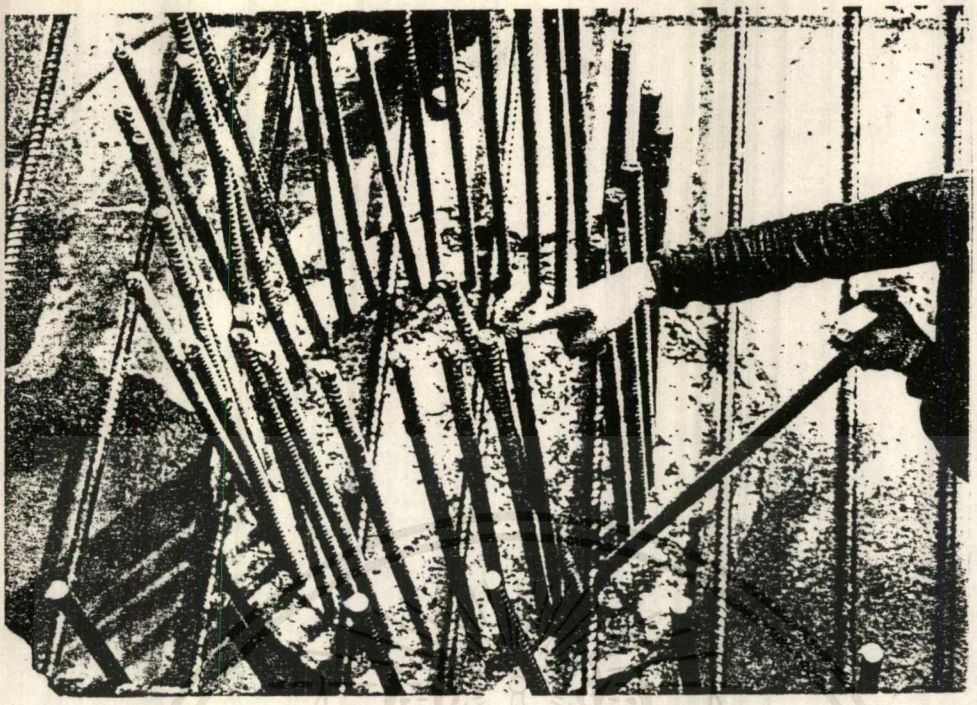


รูปที่ 4-25 เชื่อมรอยต่อเหล็ก DB25 ที่เพิ่มขึ้น

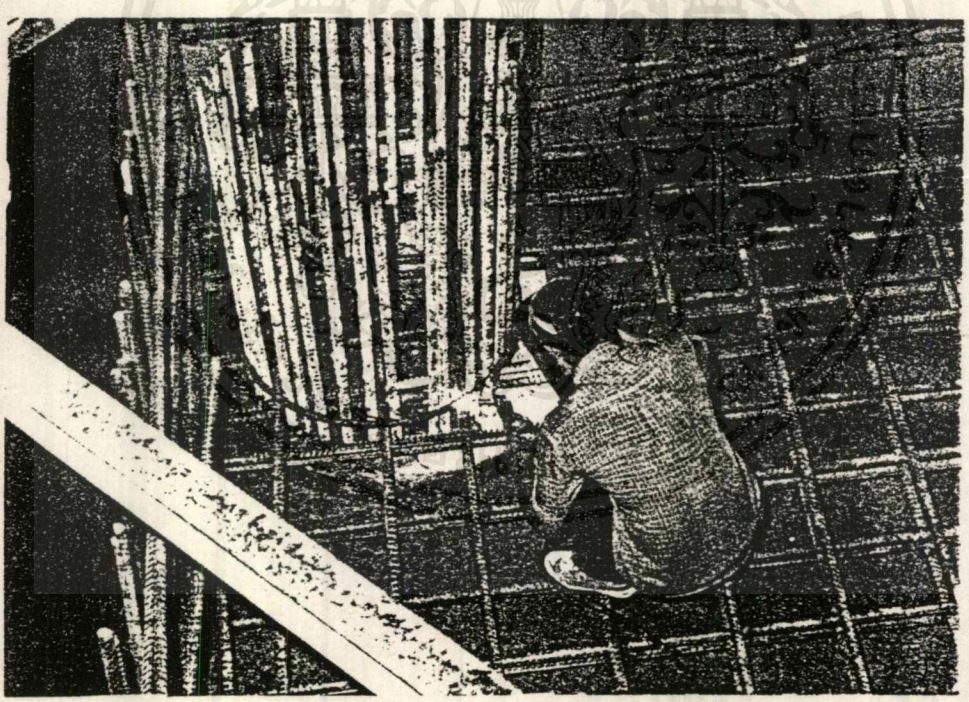


รูปที่ 4-26 Pile Cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

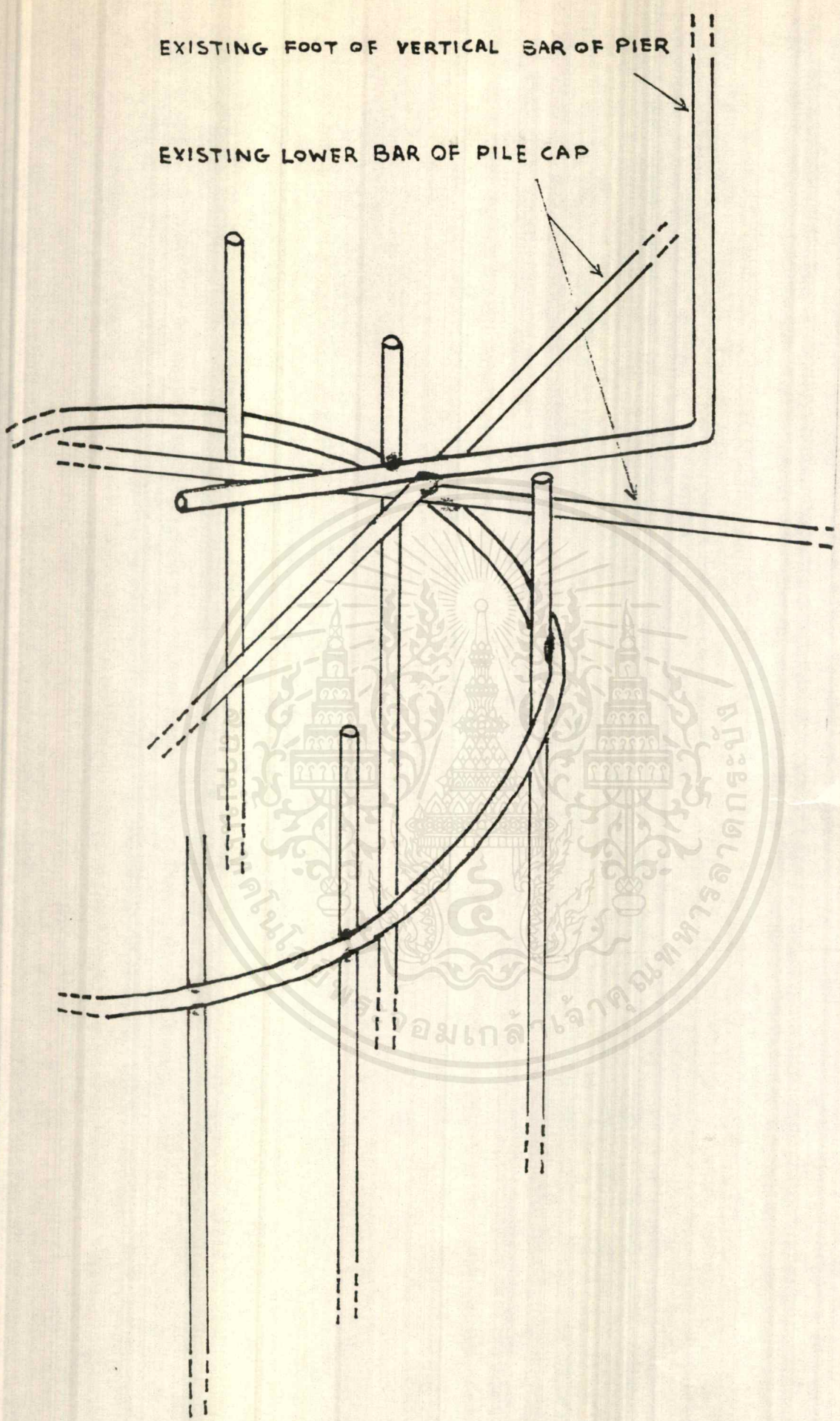


รูปที่ 4-27 เหล็ก Ground DB25 เหล็กเสริมอื่นๆ DB28



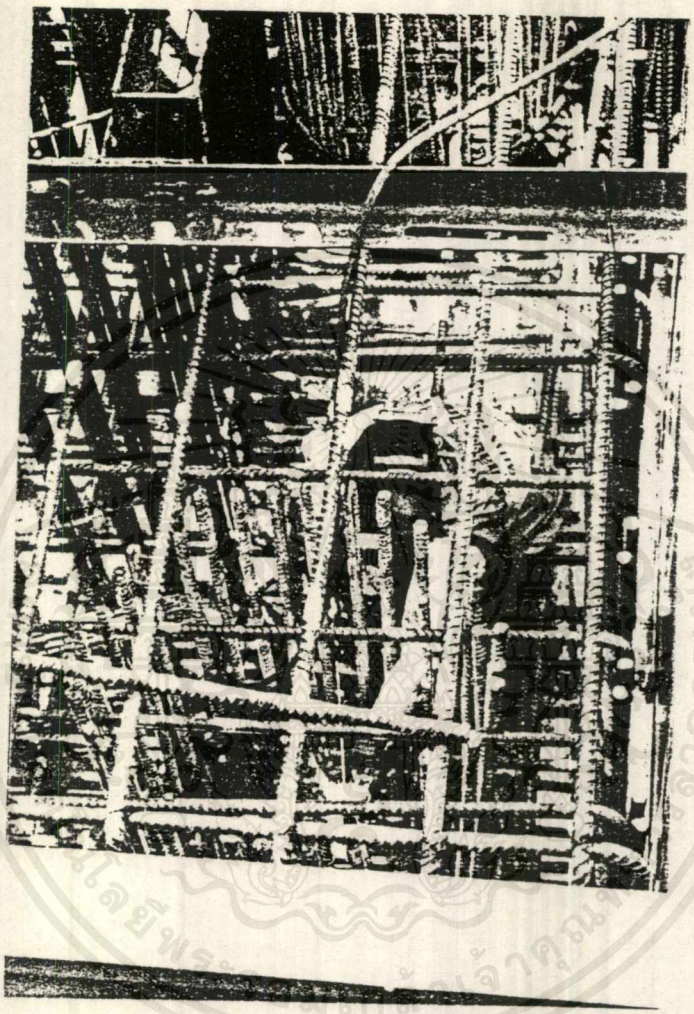
รูปที่ 4-28 การเชื่อม Stirrup กับเหล็กเสริมอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



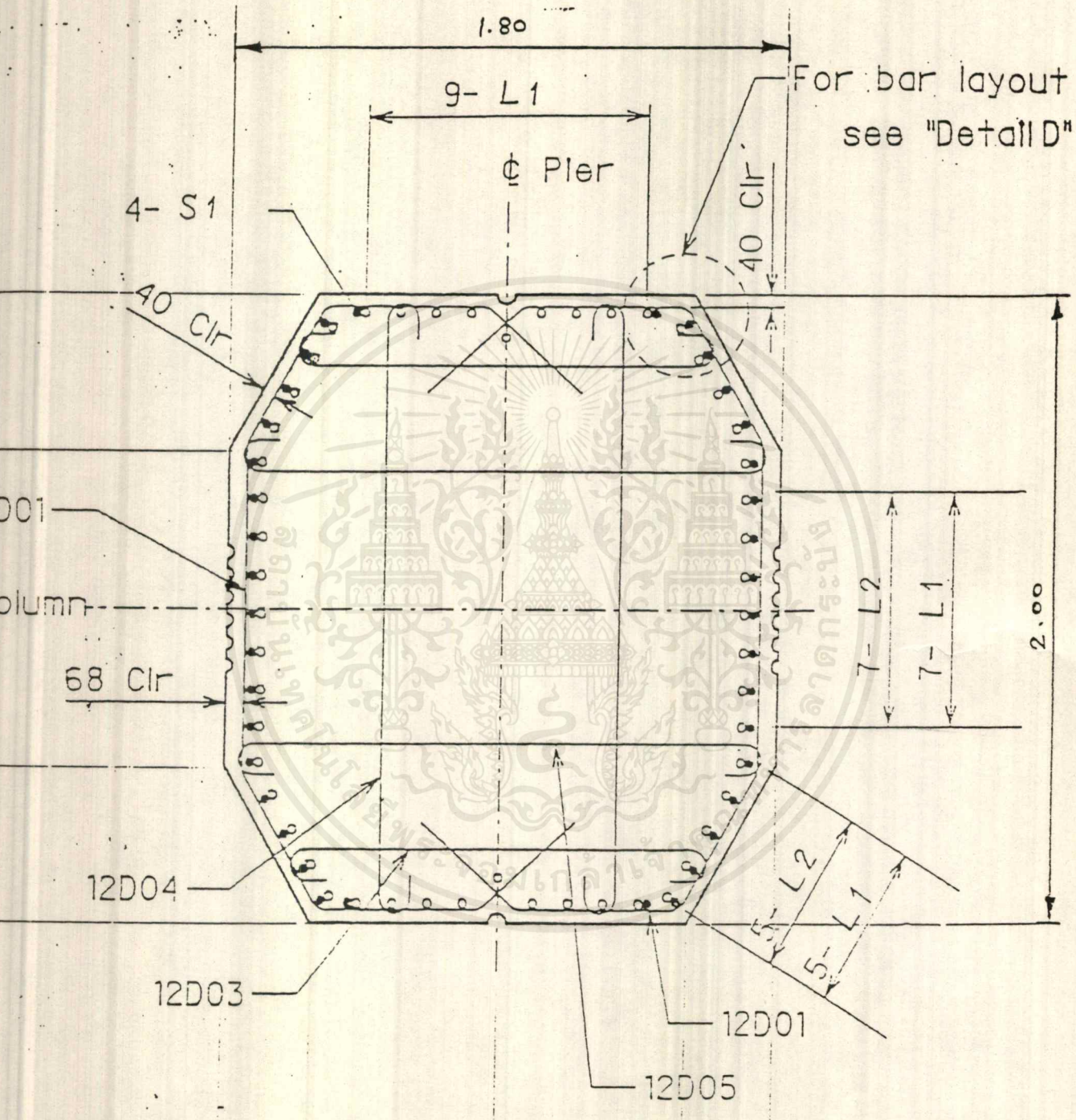
รูปที่ 4-29 รอยเชื่อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



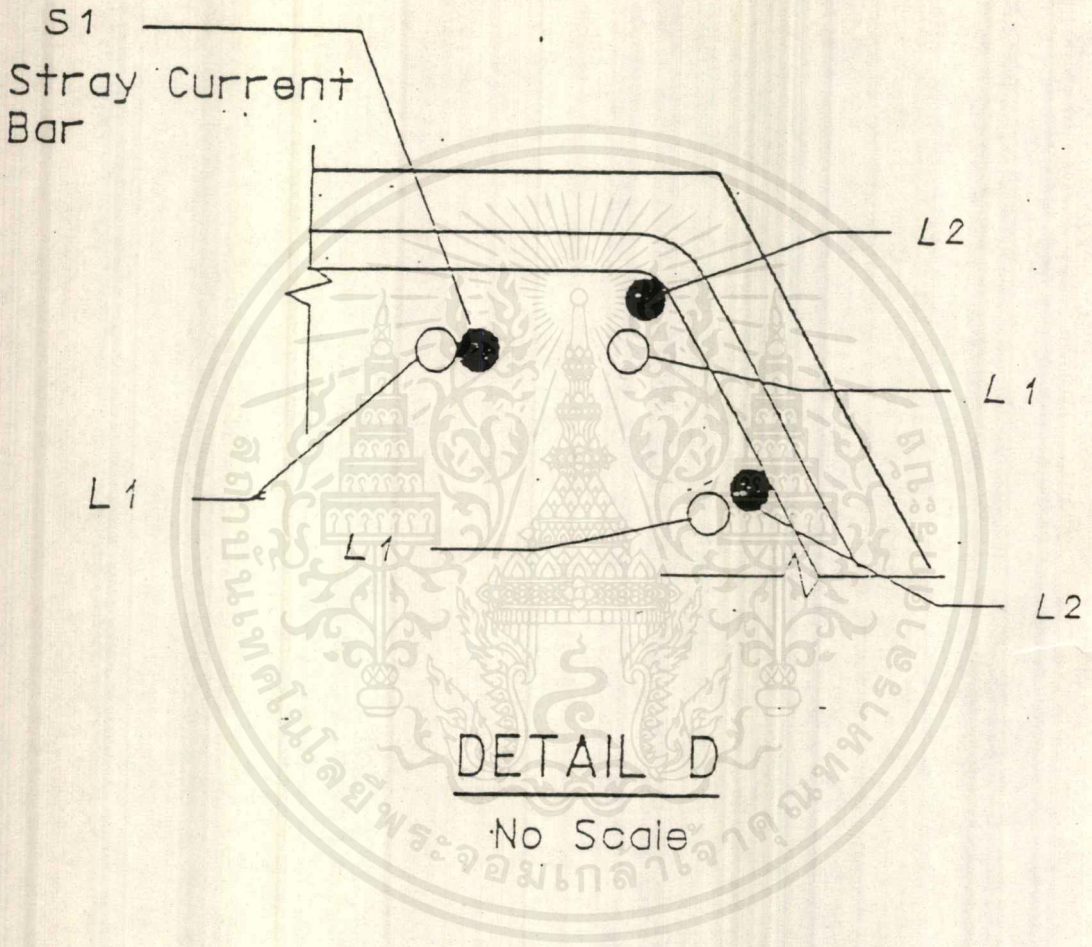
รูปที่ 4-30 **กำลังทำการเชื่อม** Vertical bar in pier **กับ** Vertical bar in pile **และ** Stirrup

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



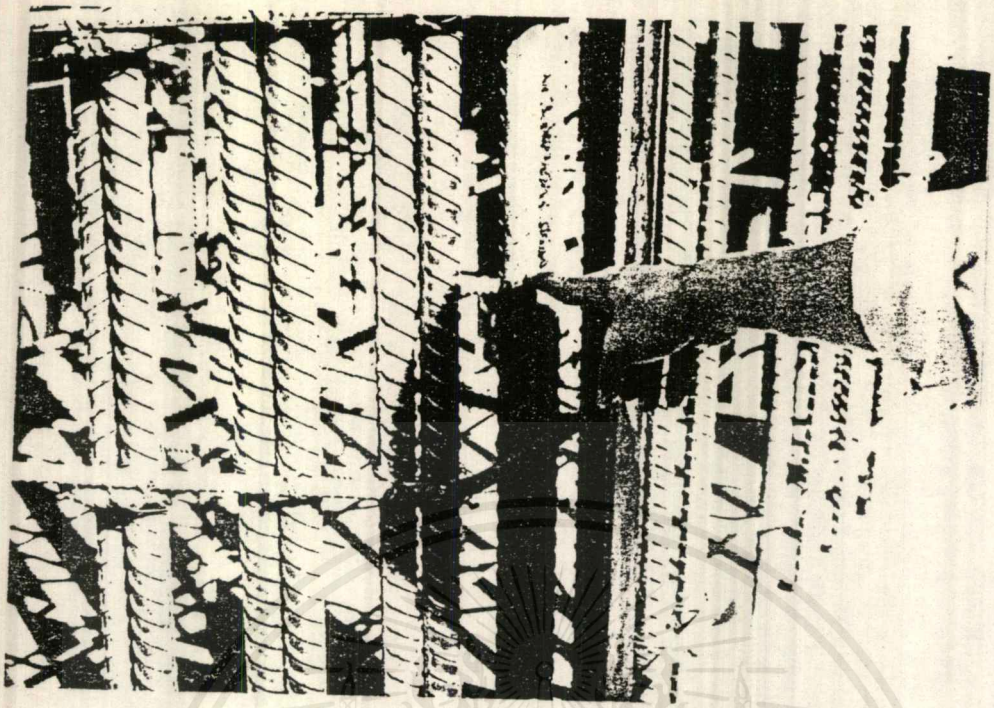
รูปที่ 4-31 รูปตัดแสดงการวางเหล็กเสา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

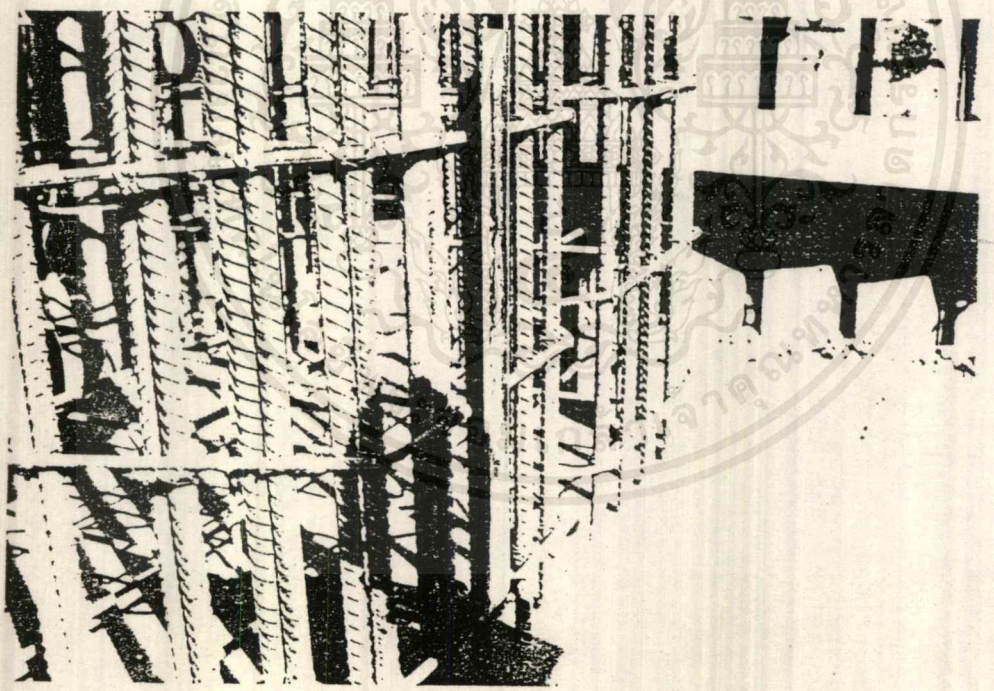


รูปที่ 4-32 ตำแหน่งเหล็ก Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

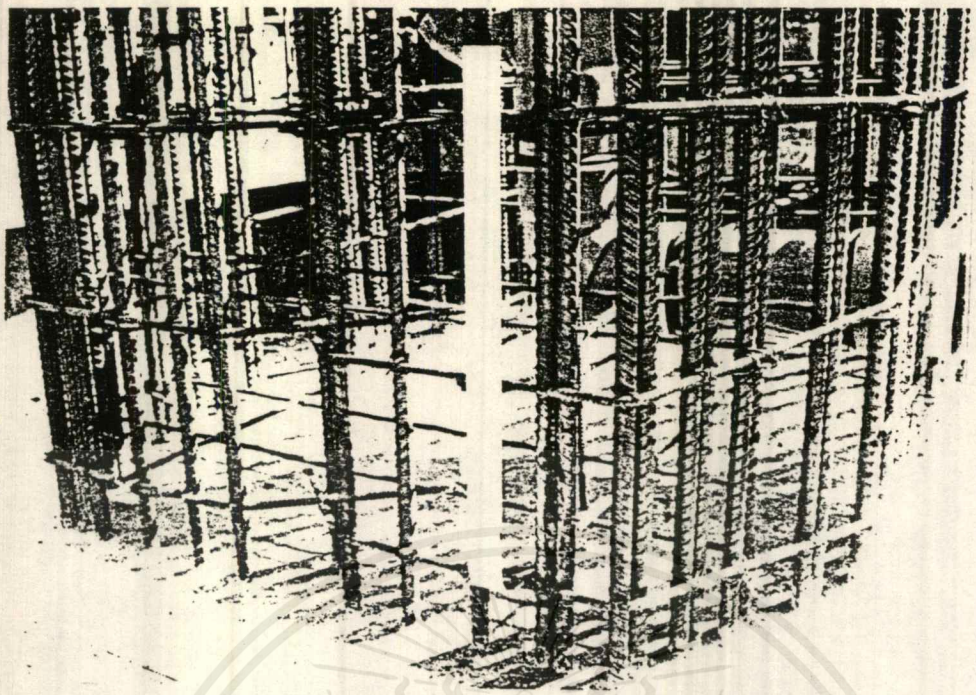


รูปที่ 4-33 เหล็ก Ground สำหรับ Stray Current

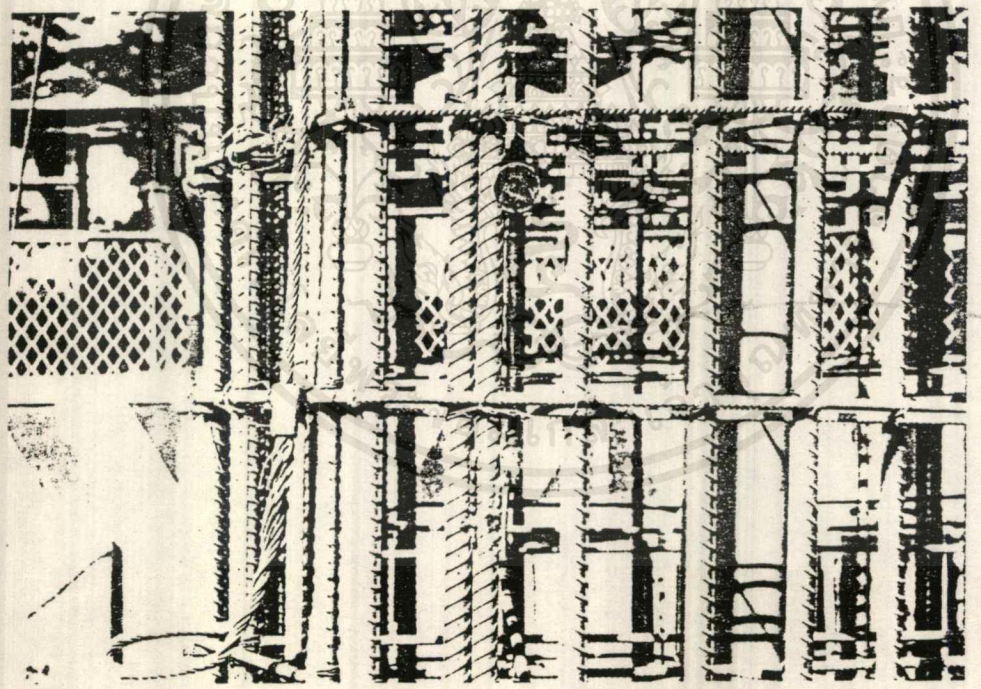


รูปที่ 4-34 Band Steel No.1,2 เชื่อมติดกับเหล็ก Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

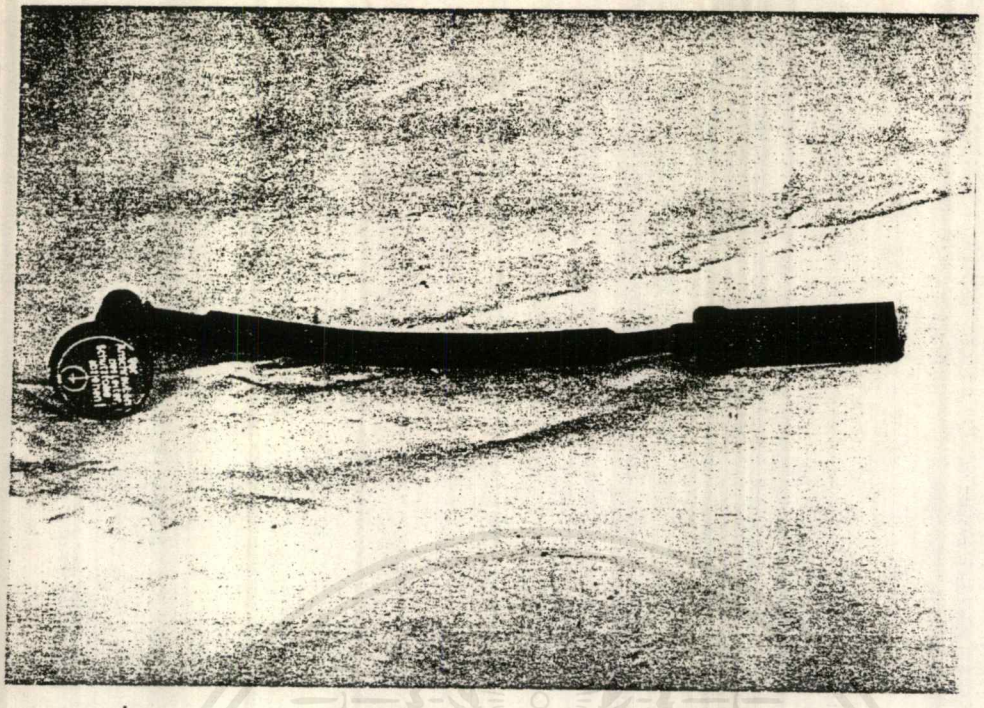


รูปที่ 4-35 Band Steel No.1,2 เชื่อมติดกับเหล็ก Ground อยู่สูงจาก Top Footing ประมาณ 70 cm อยู่ต่ำกว่าผิวดินประมาณ 70 cm

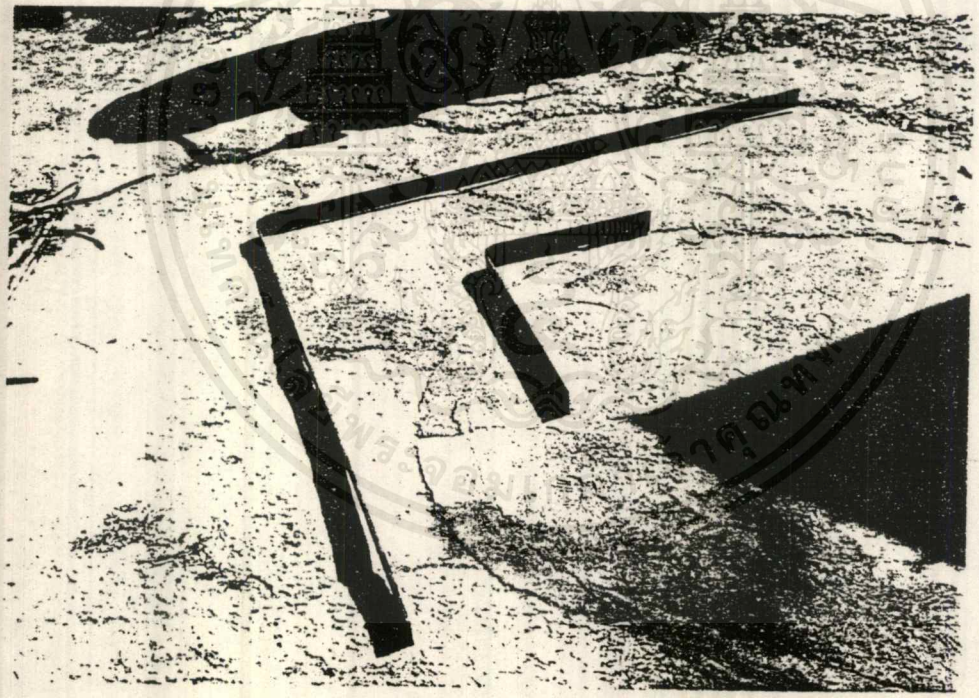


รูปที่ 4-36 ตำแหน่งที่ติดตั้ง Band Steel No.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

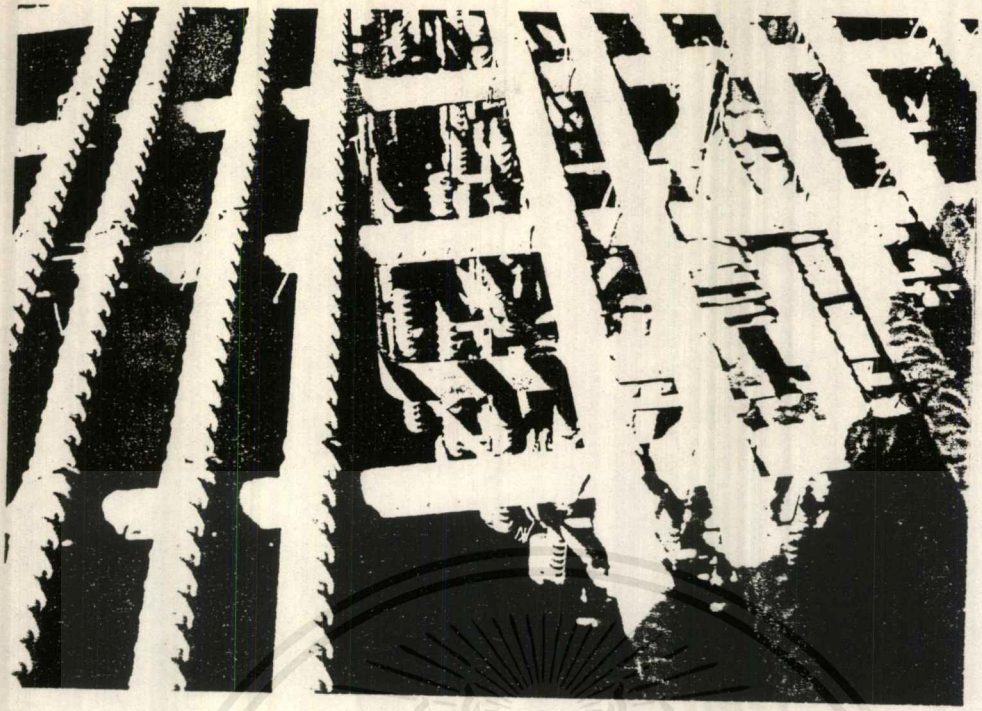


รูปที่ 4-37 Band Steel with thread connection or Band Steel No.3

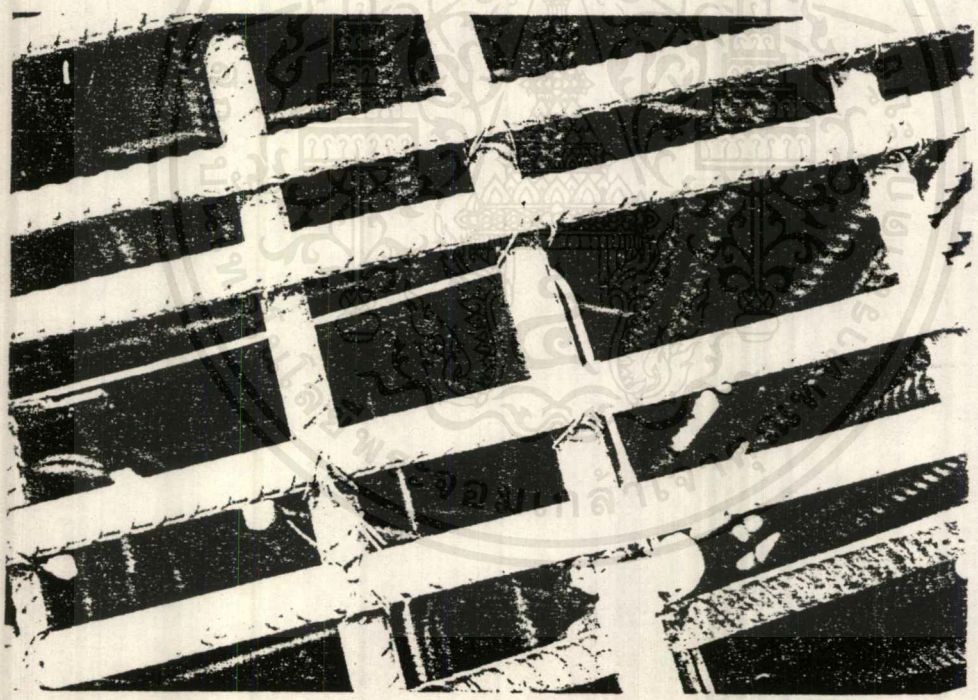


รูปที่ 4-38 Band Steel No.4 ขนาด 150/150 ,60/40 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

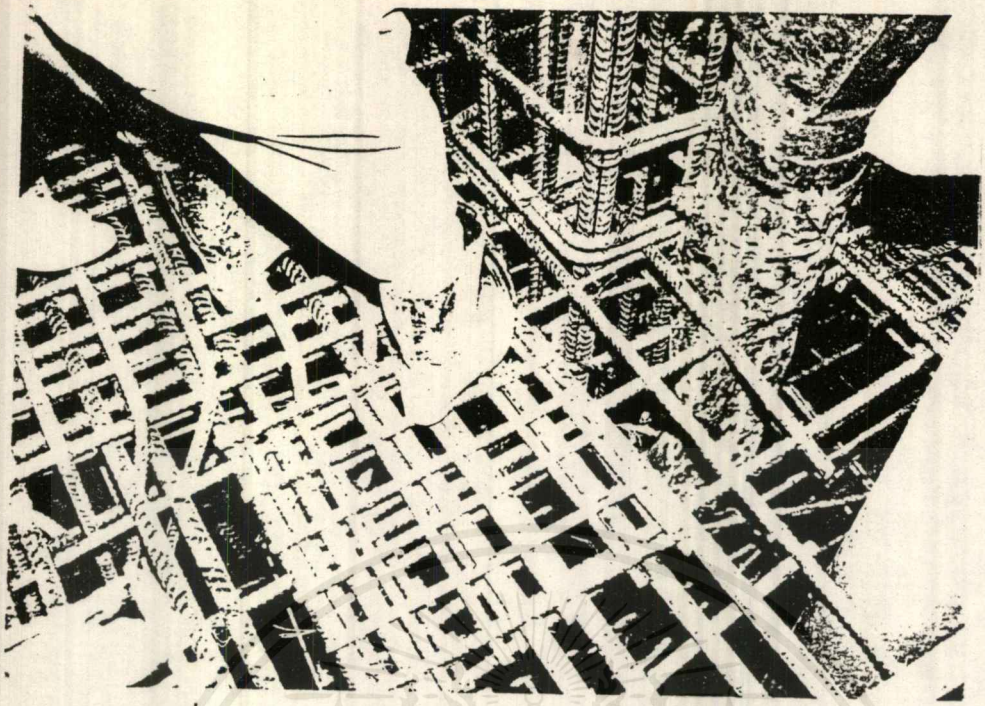


รูปที่ 4-39 ตำแหน่งติดตั้ง Band Steel No.4

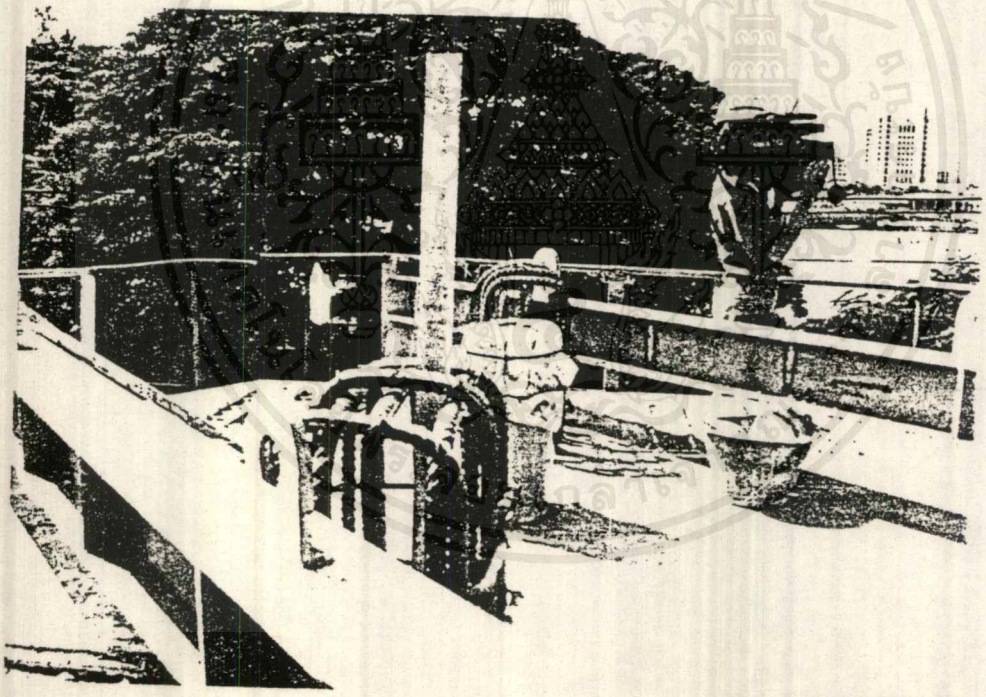


รูปที่ 4-40 ตำแหน่งติดตั้ง Band Steel No.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-41 Band Steel No.5 ตรงกลาง Seismic Buffer



รูปที่ 4-42 Band Steel No.5 หลังเทปูนแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ทางวิ่ง

5.1 Viaduct (ทางวิ่ง)

ทางวิ่ง คือ ส่วนของโครงสร้างที่วางบนเสาเพื่อสำหรับติดตั้งรางรถไฟไว้รองรับตัวรถไฟ ลักษณะของ การวิ่งจะแบ่งออกเป็น Segment โดยแต่ละ Segment จะทำการหล่อมาจากโรงงานที่วิหารแดง จ.สระบุรี ในการหล่อ Segment ที่โรงงานจะหล่อที่ละ Span ของเสา และในแต่ละ Span Segment ที่จะนำมาติดตั้งต้องมีการกำหนดหมายเลขลำดับของการติดตั้งของแต่ละ Segment เพื่อให้ได้ทางวิ่งที่มีความสมบรูณ์และถูกต้อง ตัว Segment ของ ITD จะให้ JMI ออกแบบอย่างคร่าวๆ และ VSL จะเป็นผู้ออกแบบให้ได้ตามลักษณะของอุปกรณ์ วัสดุ และเครื่องมือการติดตั้งต่างๆ โดยมี บริษัท หลุยส์ เบอร์เกอร์ เป็นผู้ตรวจสอบ

ลักษณะของ Segment มี 2 ลักษณะ คือ

1. แบบปีกสั้น จะใช้กับการติดตั้งแบบ Overhead Truss
2. แบบปีกยาว จะใช้กับการติดตั้งแบบ Underslung Girder

ช่องว่างที่อยู่ตรงกลาง Segment ช่วยให้เกิดความประหยัดและยังเป็นพื้นที่ที่ใช้สำหรับให้คนงานไปตรวจสอบเหล็กรับแรงดึง และแก้ไขในกรณีที่เกิดการเสียหาย ในแต่ละ Segment จะมี Key ซึ่งมีลักษณะเป็นสลักใช้ยึดต่อแต่ละ Segment เข้าด้วยกัน เพื่อรับแรงเฉือน

ภายในตัว Segment ในส่วนของปีกจะต้องมีการดึงลวด Prestress ก่อนจากโรงงานเพื่อทำให้ปีกมีลักษณะบาง รับแรงได้ดี

การติดตั้ง Viaduct

ในการติดตั้ง Segment ของโครงการนี้มีอยู่ 2 ลักษณะ คือ

1. Underslung Girder
2. Overhead Tress

ลักษณะของSegment

- รูปตัดของแต่ละ Segment จะออกแบบไว้เพื่อรับแรงบิด
- แต่ละ Segment ยาวประมาณ 2.5 m
- แต่ละ Segment จะมีรูไว้ร้อยท่อเพื่อที่จะใช้ดึงลวด Prestress ไว้
- จะมี Key ไว้รับแรงเฉือนเนื่องจากน้ำหนัก
- จะมีการเจาะรูไว้ด้านข้างเพื่อติดตั้ง Noise Barrior
- จะมีน็อต (Insulated Bolt) ยื่นขึ้นมาเพื่อติดตั้งกับรางรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Under Slung Girder

เป็นวิธีการติดตั้งหลักที่ใช้ในโครงการนี้ จะใช้กับ Segment ที่มีปีกยาว โดยใช้หลักการ คือ นำตัว Girder มารองรับที่ปีกของ Segment และนำ Segment มาจัดเรียงให้ครบ Span แล้วจึงทำการดึงลวด

5.2.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Truss
2. Pier Bracket
3. ชุดตัวเลื่อน
4. PPU (Push & Pull Unit)
5. ตัวดึงลวด
6. Jack ปรับระดับ
7. Human Roller

5.2.2 ขั้นตอนในการติดตั้ง

1. ก่อนทำการติดตั้งต้องมีการทำแบริ่ง โดยการสกัดหัวเสาให้มีผิวขรุขระ แล้วทำการหล่อ Bearing Plinth เพื่อสำหรับติดตั้ง

Bearing Plinth จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

- Elastometric Bearing ซึ่งใช้สำหรับรองรับ Segment ในทางตรง
- Pot Bearing ซึ่งใช้สำหรับรองรับ Segment ในทางโค้งซึ่ง Bearing แบบนี้สามารถหมุนได้เพื่อรองรับแรงเหวี่ยงในทางโค้ง

2. ติดตั้ง Pier Bucket เพื่อสำหรับรองรับ Under Slung Girder โดยมี Stress Bar ยึด Pier Bracket ให้ยึดติดแน่นกับเสา โดยใช้ Hydraulic Crane ยก Pier Bracket ขึ้นติดตั้งอย่างน้อย 2 Span (3 ชุด) เพื่อให้การทำงานต่อเนื่อง

3. ติดตั้งชุดตัวเลื่อนบน Pier Bracket เพื่อรองรับ Under Slung Truss

4. ประกอบชิ้นส่วนของ Under Slung Girder บนพื้นดิน โดยใช้ Stress Bar ยึดรอยต่อซึ่งจะมีสลักรับแรงเฉือน

5. ใช้ Hydraulic Crane ยก Under Slung Girder ทั้งสองข้างพร้อมกันวางบนชุดเลื่อนที่ติดตั้งบน Pier Bracket แล้วทำการเช็คระดับของ Girder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ใช้ Hydraulic Crane ยกส่วน Nose ประกอบเข้ากับ Under Slung Girder โดยใช้ Stress Bar

7. ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ (ตัวเลื่อน) บน Under Slung Girder

8. ลำเลียง Viaduct Segment จากวิหารแดงมายังบริเวณที่จะทำการติดตั้ง ทำการติดตั้งตามลำดับหมายเลขตาม Segment เพราะในแต่ละ Span จะมี Profile การวางดึงลวดในแนวต่างกัน

9. ใช้ Hydraulic Crane ยก Viaduct Segment ทีละ Segment นำไปวางบนชุดเลื่อนที่ติดตั้งอยู่บน Girder

10. เลื่อน Viaduct Segment ไปที่หัวเสาโดยใช้ Winch และสลิงเป็นตัวดึง Segment แต่ละตัวมาชิดกัน จากนั้นจะใช้ Hydraulic Jack ปรับระดับของSegment ในแนวดิ่งและราบเพื่อให้ Key ของแต่ละSegment เข้ากันพอดีจนเต็ม Span

11. ทำการร้อยท่อยาง HDPE ตามแนว Profile ของรูท่อใน Segment

12. ทำการยิงลวด โดยใช้เครื่องยิงตามแนวท่อ แล้วดึงลวดโดยใช้แรง 10 % ของแรงที่จะดึงทั้งหมด (เพื่อรับน้ำหนักตัวเองได้ก่อน จะได้เลื่อน Girder ไปยังอีก Span หนึ่งได้) โดยที่จุดปลายของการดึงลวดจะมีสลักยึด

13. วาง Viaduct Segment ทั้ง Span บน Hydraulic Jack ที่อยู่บนหัวเสาแล้วค่อยๆใช้ Hydraulic Jack ที่อยู่บนหัวเสาหัวละ 2 ตัว ยก Viaduct Segment ทั้ง Span ขึ้นเพื่อเลื่อน Girder ไปยัง Span ต่อไปได้

14. เลื่อน Girder โดยใช้ชุดตัวเลื่อนที่อยู่บน Pier Bracket ไปยังอีก Span หนึ่ง

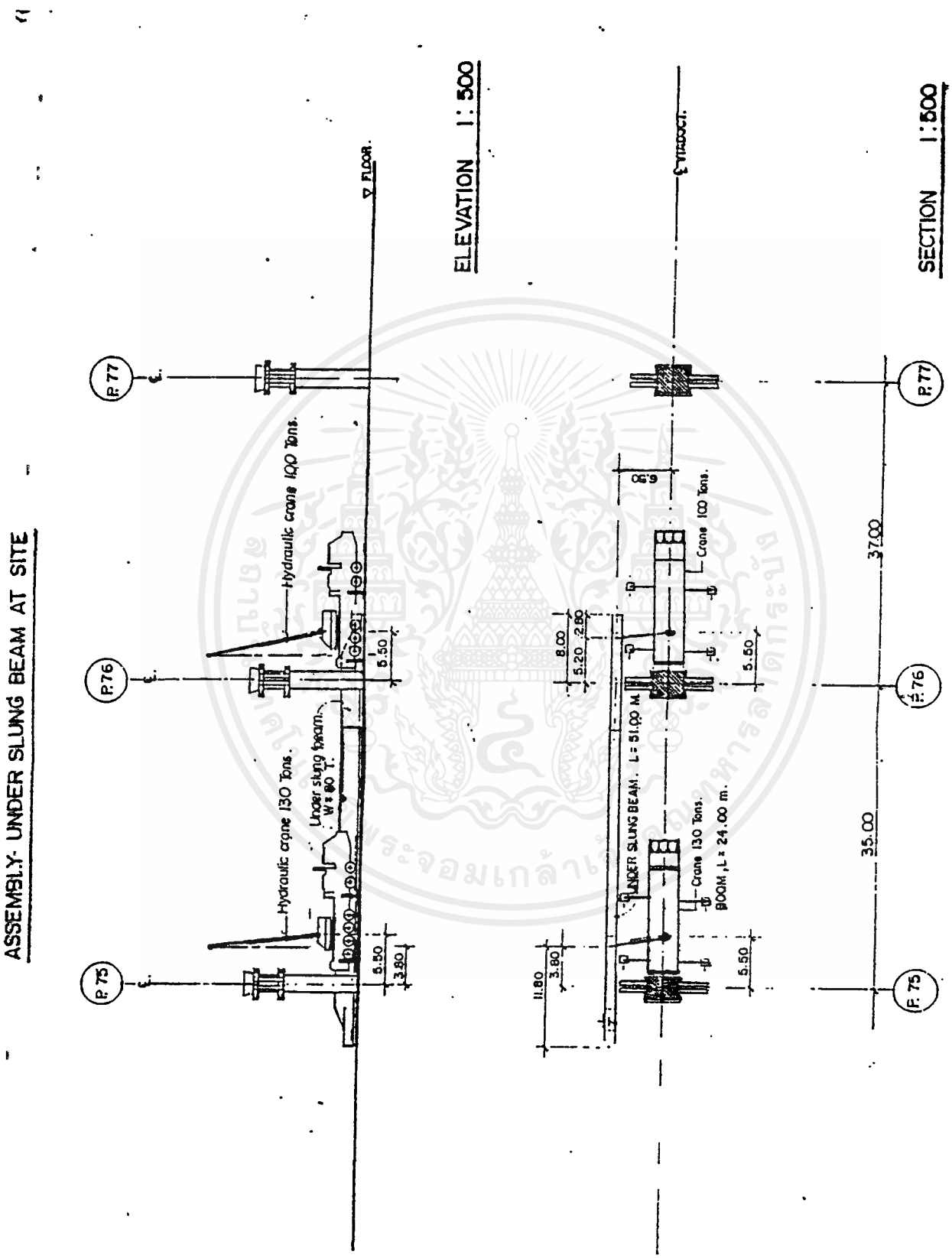
15. ดึงลวดให้ครบตามแรงที่เหลือ

16. ปรับระดับ Span โดยใช้ Hydraulic Jack ที่วางอยู่บนหัวเสายก Viaduct ขึ้น ปรับให้ได้ระดับ ซึ่งจะเกิดช่องว่างขึ้น จากนั้นจึงวางแบบแล้วทำการ Grout ช่องว่างด้วยน้ำปูนให้ได้ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

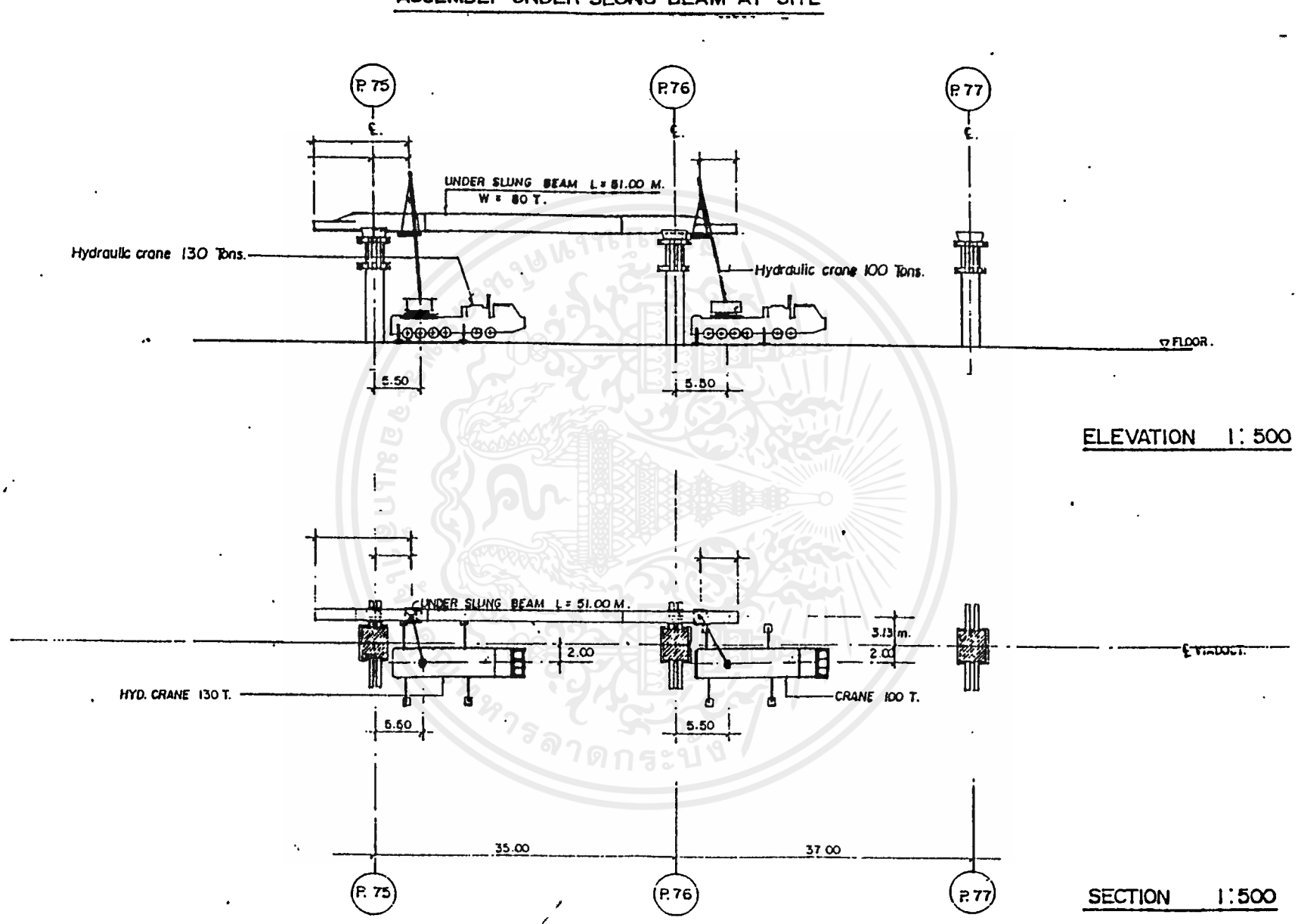
การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Underslung Girder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

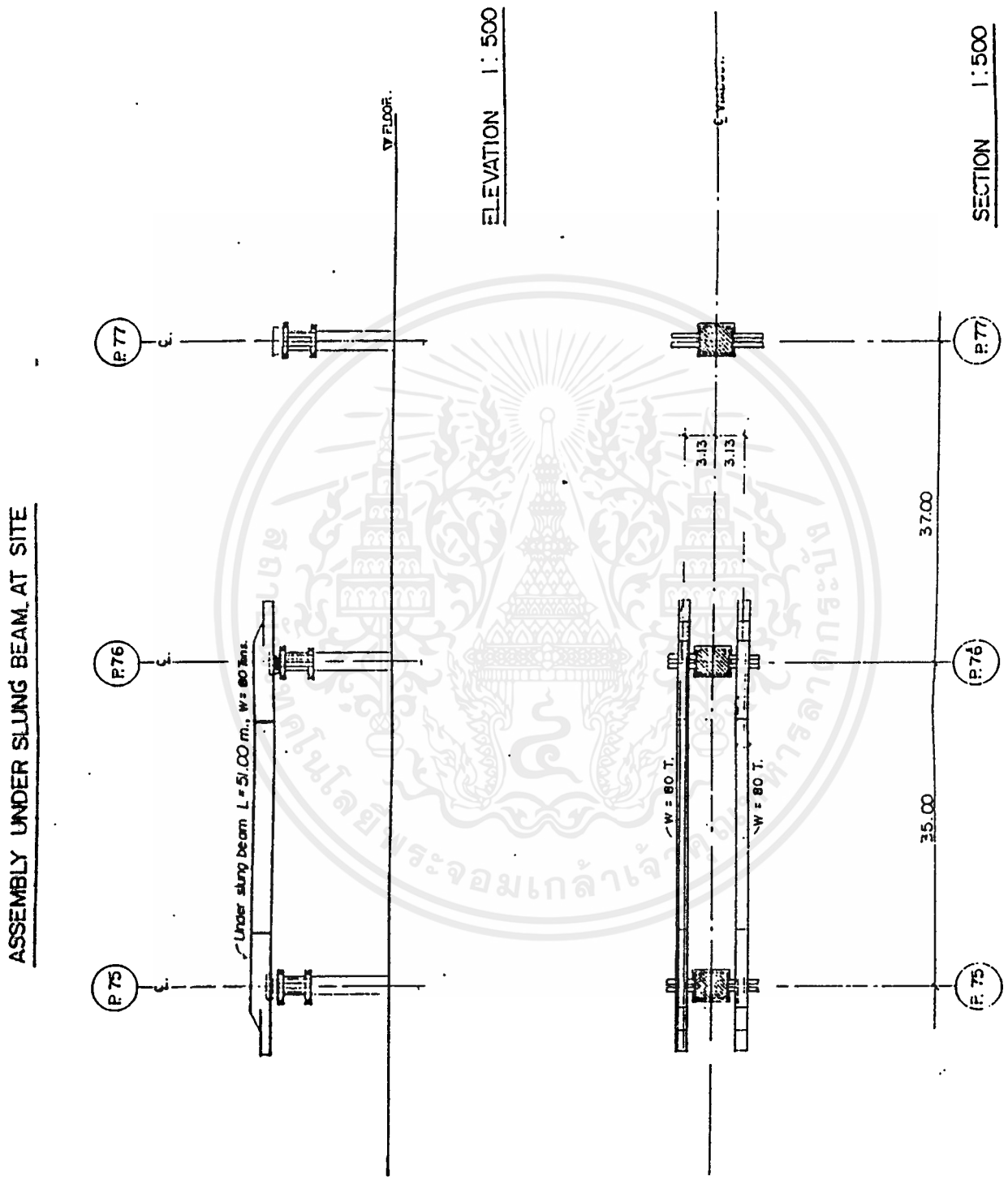


รูปที่ 5-1 ขนย้าย Under Slung Beam มายังหน้างาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

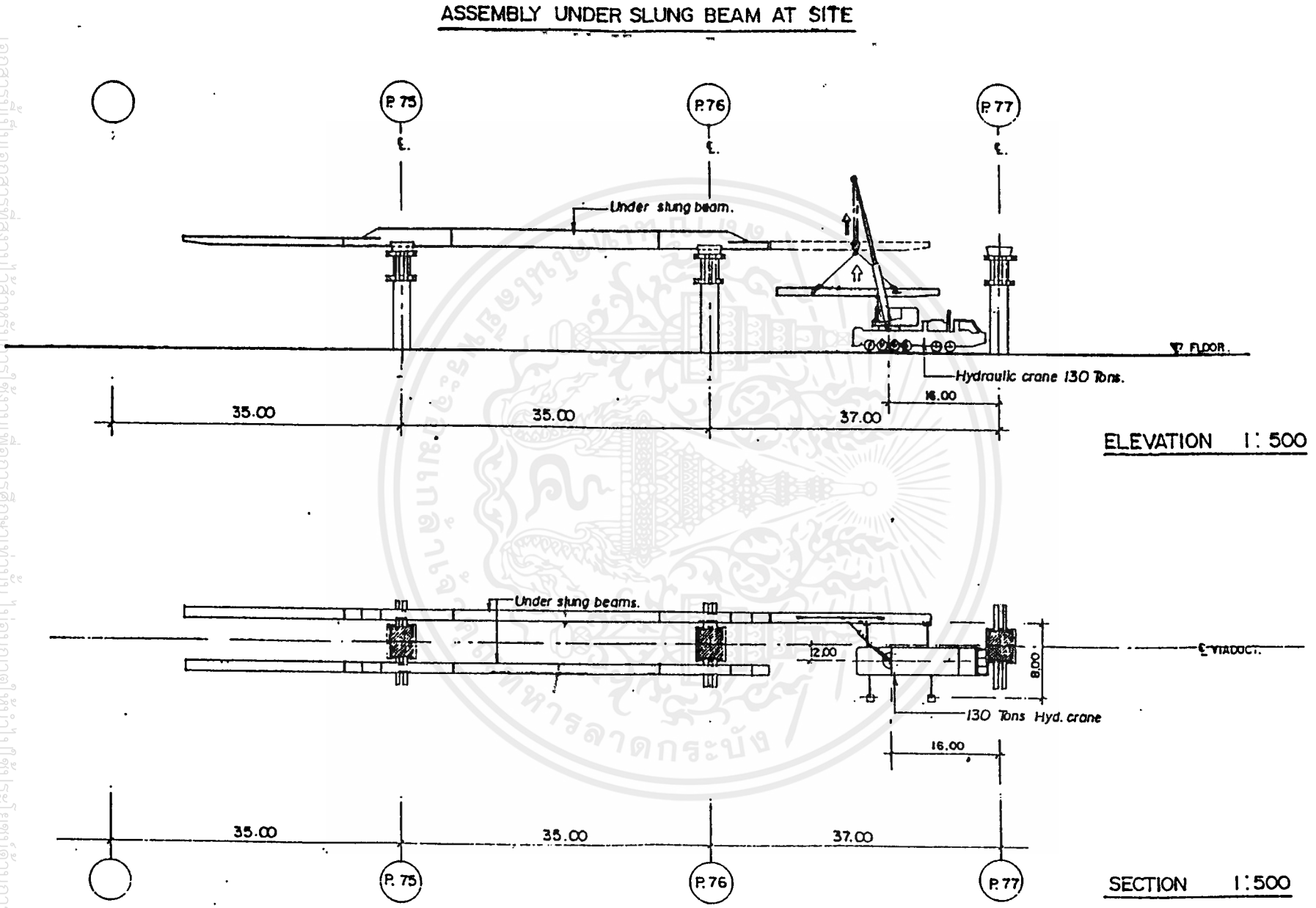


รูปที่ 5-2 ยก Under Slung Beam วางบน Pier Bracket โดยใช้ Hydraulic Crane

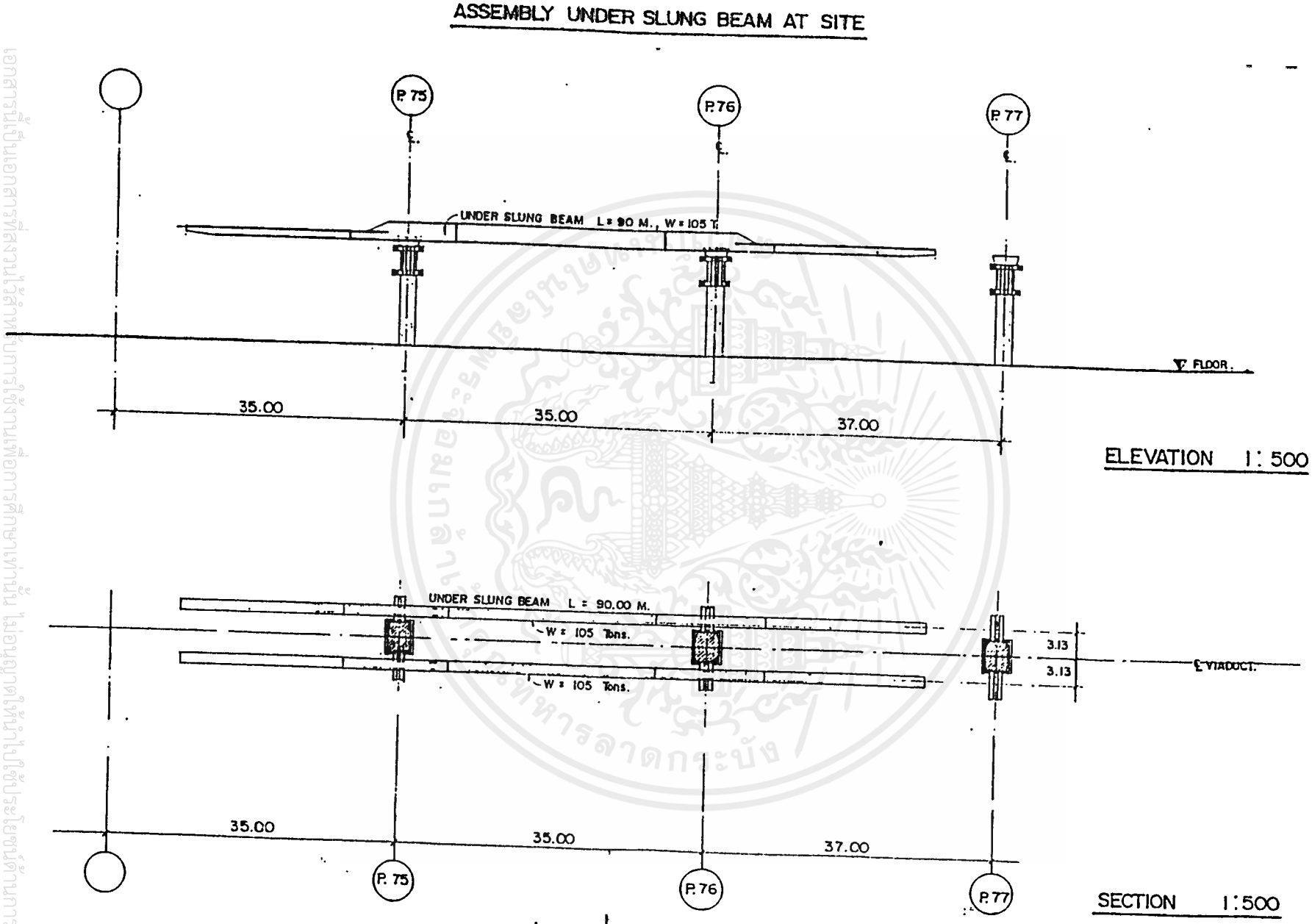


รูปที่ 5-3 ภาพ Under Slung Beam ทั้ง 2 ด้านบน Pier Bracket

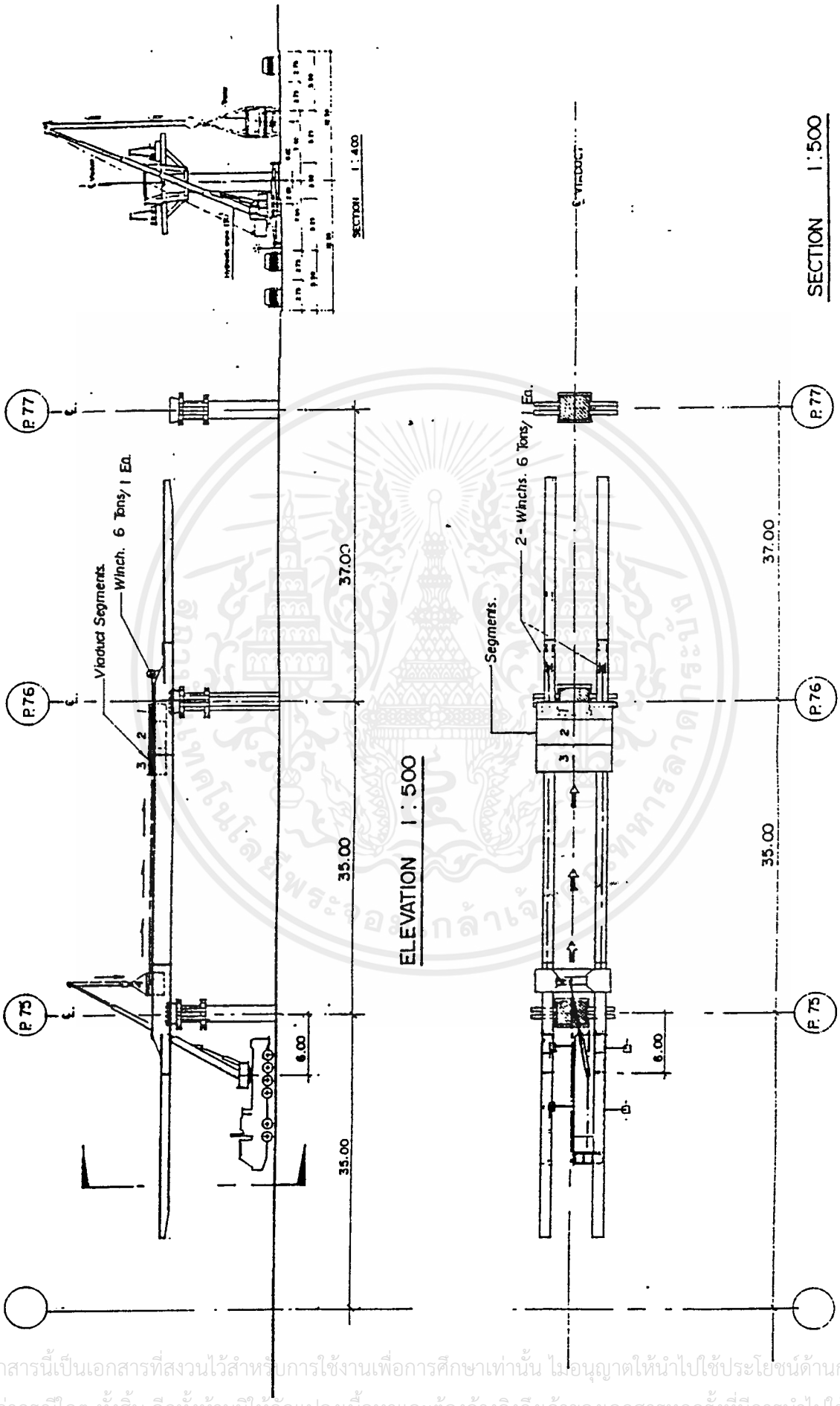
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-4 ใช้ Hydraulic Crane ยกส่วน Nose ขึ้นไปติดตั้ง

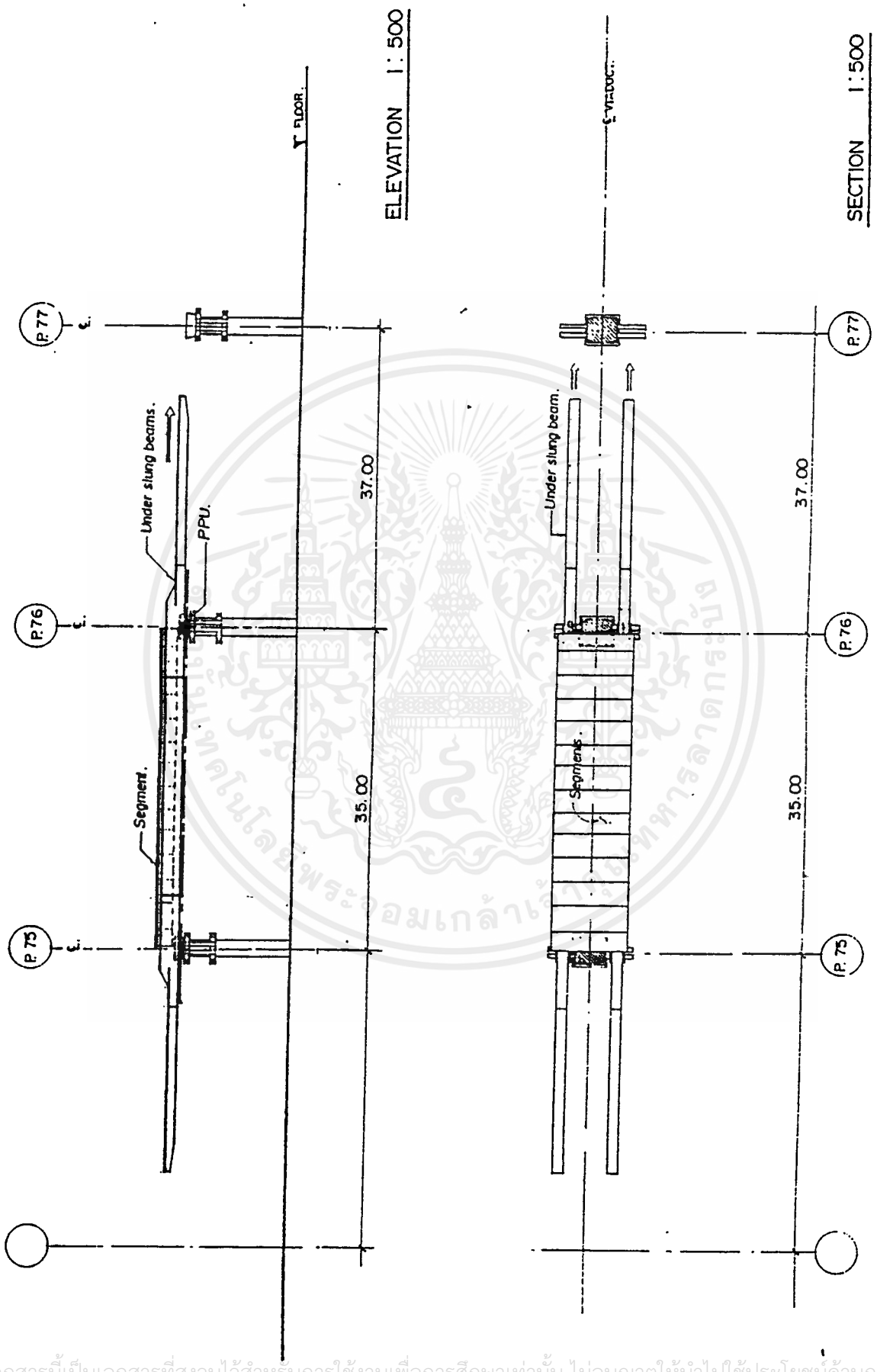


รูปที่ 5-5 ติดตั้งส่วน Nose เสร็จทั้ง 4 ตัว



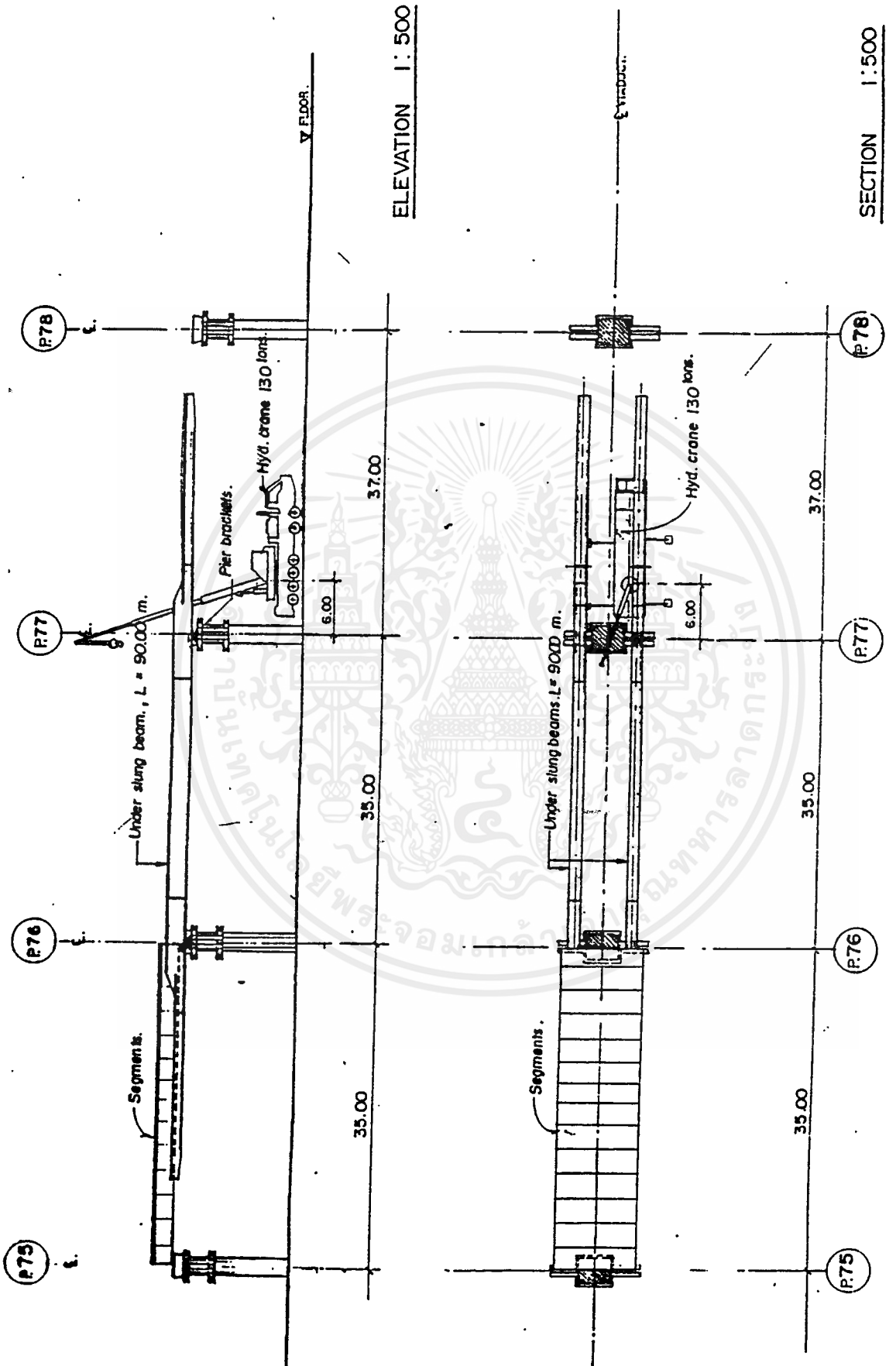
รูปที่ 5-6 ใช้ Hydraulic Crane ยก Viaduct Segment ขึ้นไปวางบน Beam ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-7 เสถียร Under Slung Beam **ไปยัง Span ถัดไปโดยใช้** PPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-8 เสาตอม Under Slung Beam ไปยัง Span ถัดไปโดยใช้ PPU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss

เป็นวิธีการติดตั้ง Viaduct Segment อีกแบบหนึ่งที่ใช้กับทางวิ่ง ที่ไม่ใช่ทางตรง หรือทางต่างระดับ โดยจะวางบนหัวเสาที่มีลักษณะแปลกแตกต่างไปจากลักษณะทั่วไป ลักษณะของ Segment ก็จะเป็นแบบปีกสั้นโดยมีหลักการในการติดตั้ง คือ ใช้อุปกรณ์การติดตั้งแบบ Overhead Truss มาติดตั้งบนหัวเสาแต่ละ Span แล้วยกตัว Segment ขึ้นมาประกอบกันข้างบน ซึ่งจะแตกต่างกับแบบ Underslung คือ จะห้อยไว้กลางอากาศ ไม่มีคานมารองรับเพราะตัว Segment ไม่มีปีก ทำการร้อยท่อและดึงลวด ในขณะที่ดึงลวดจะมีการถ่ายแรง (Load Transfer) ไปยังบนหัวเสาแล้วจึงจะวางลงบนบ่ารองรับซึ่งเรียกว่า Corbel

ในการติดตั้งแบบนี้จะติดตั้งได้มากสุด 12 Segment ต่อ 1 Span เพราะว่ามีตัวยก Segment อยู่ 12 ตัวดังนั้นการออกแบบจึงต้องออกแบบให้แต่ละ Span มีความกว้างไม่เกิน 12 Segment โดยที่ Segment ที่ปลายหัวและท้ายจะเรียกว่า Pier Segment ส่วน Segment ที่เหลือช่วงตรงกลางเรียกว่า Typical Segment

5.3.1 อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. Main Truss (MT)

จะมีอยู่สองข้างและวางพาดระหว่างหัวเสา ด้านบนของ Main Truss จะมีรางไว้สำหรับเลื่อนUpper Cross Beam และด้านล่างก็มีรางไว้เสาหรับเลื่อนตัวมันเองไปยัง Span อื่น

2. Upper Cross Beam Type 1 (UCB 1)

เป็นอุปกรณ์สำหรับยก Typical Segment โดยใช้ Winch ซึ่งมี Moter เป็นตัวส่งกำลังเพื่อยก Segment ซึ่งจะรับน้ำหนักได้ 30 ตัน (SMU 30)

3. Upper Cross Beam Type 2 (UCB 2)

เป็นอุปกรณ์สำหรับยก Pier Segment โดยใช้ระบบ Hydraulic เป็นตัวส่งกำลังเพื่อยก Segment ซึ่งจะมีตัวยกอยู่สองชุด คือ 30 SMU 1 ตัวไว้ยก Segment ในช่วงแรก และ 70 SMU 2 ตัวไว้รองรับแรงที่ถ่ายมาในช่วงหลัง

4. Universal Lower Roller Support (ULRS)

เป็นล้อเลื่อนไว้รองรับ Main Truss ซึ่งจะทำให้ Main Truss สามารถเลื่อนตัวได้บน Lower Cross Beam

5. Lower Cross Beam (LCB)

เป็นตัวถ่ายแรงจาก ULRS ไปยังเสา ในขั้นตอนการดึงลวดจะสามารถทำได้จาก LCB นี้ LCB มีความยาว 12 m ที่ปลายจะสามารถเชื่อมต่อกับ LCB Extention ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. Lower Cross Beam Extention (LCB Extention)

มีลักษณะคล้ายกับ LCB จะแตกต่างกันตรงที่ LCB Extention มีความยาว 7.8 ม. โดยจะใช้สำหรับทางโค้งและเสาที่ Central Station

7. Lower Cross Beam Support (LCB Support)

เป็นตัวถ่ายแรงจาก LCB ไปยังเสา

8. Temporary Support Tower (TST)

เป็นตัวถ่ายแรงจาก LCB ไปยังเสาในกรณีระดับของ Span ต่างกัน

9. Spreader Beam

เป็นตัวถ่ายแรงจาก Segment ไปยังขอของ UCB

10. PPU (Push & Pull Unit)

11. Jack ปรับระดับที่ Corbel

5.3.2 ขั้นตอนในการติดตั้ง

1. ทำ Bearing Support บน Corbel ซึ่งจะทำเหมือนกับ การติดตั้งแบบ Under Slung Girder

2. ติดตั้ง LCB Support ถ้าเป็นหัว Pier ที่มีลักษณะเป็นทางต่างระดับ ต้องมีการติดตั้ง Temporary Support Tower ก่อน เพื่อปรับระดับ LCB Support ให้มีระดับเท่ากัน TST สามารถถอดประกอบตามระดับความสูงที่ต้องการได้

3. ติดตั้ง LCB บนหัว Pier และ Universal Lower Roller Support

4. ติดตั้ง Main Truss

5. ใช้ UCB ยก Segment ขึ้นมา โดย Type 1 จะยก Segment โดยลวดสลิง ส่วน Type 2 จะใช้ PC Strand เพื่อให้ใช้ได้กับระบบ Hydraulic โดยจะใช้ Stress Bar เป็นตัวยึดกับ Segment (ในส่วนของ Pier Segment ให้ใช้ SMU 70 ยึดกับตัว Segment ด้วย)

6. นำ Segment ทั้งหมดมาจัดเรียงกันให้เข้า Key

7. ร้อยท่อ HDPE แล้วยิงลวดอัดแรง ค่อยๆดึงลวดไปที่ละ Step เพื่อเป็นการถ่ายแรงให้กับ SMU 70 ทั้ง 4 ตัว (หัว Pier ทั้ง 2 ด้าน) และลดแรงดึงของ SMU 30 ของ UCB Type 1 เพื่อให้ SMU 70 รับแรงทั้งหมด หลังจากที่ถ่ายแรงให้ SMU 70 ทั้งหมดแล้วก็อาจจะถอด SMU 30 ออกเลยได้ ในการถ่ายแรงจะสังเกตจาก Pressure Guage

8. วาง Segment ทั้งผืนลงบน Corbel ที่อยู่ตรงหัว Pier ที่มี Jack รองรับอยู่ Corbel จะมีการฝัง Stress Bar ไว้เพื่อต้านทานโมเมนต์ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ปรับระดับ Viaduct ทั้งผืนให้ได้ระดับโดยใช้ Jack ติดยางรองรับแล้ว Grout ปูนตรงส่วน Support รับ Viaduct

10. เลื่อน Main Truss ไปยัง Span ถัดไป โดยมี PPU เป็นตัวขับเคลื่อน

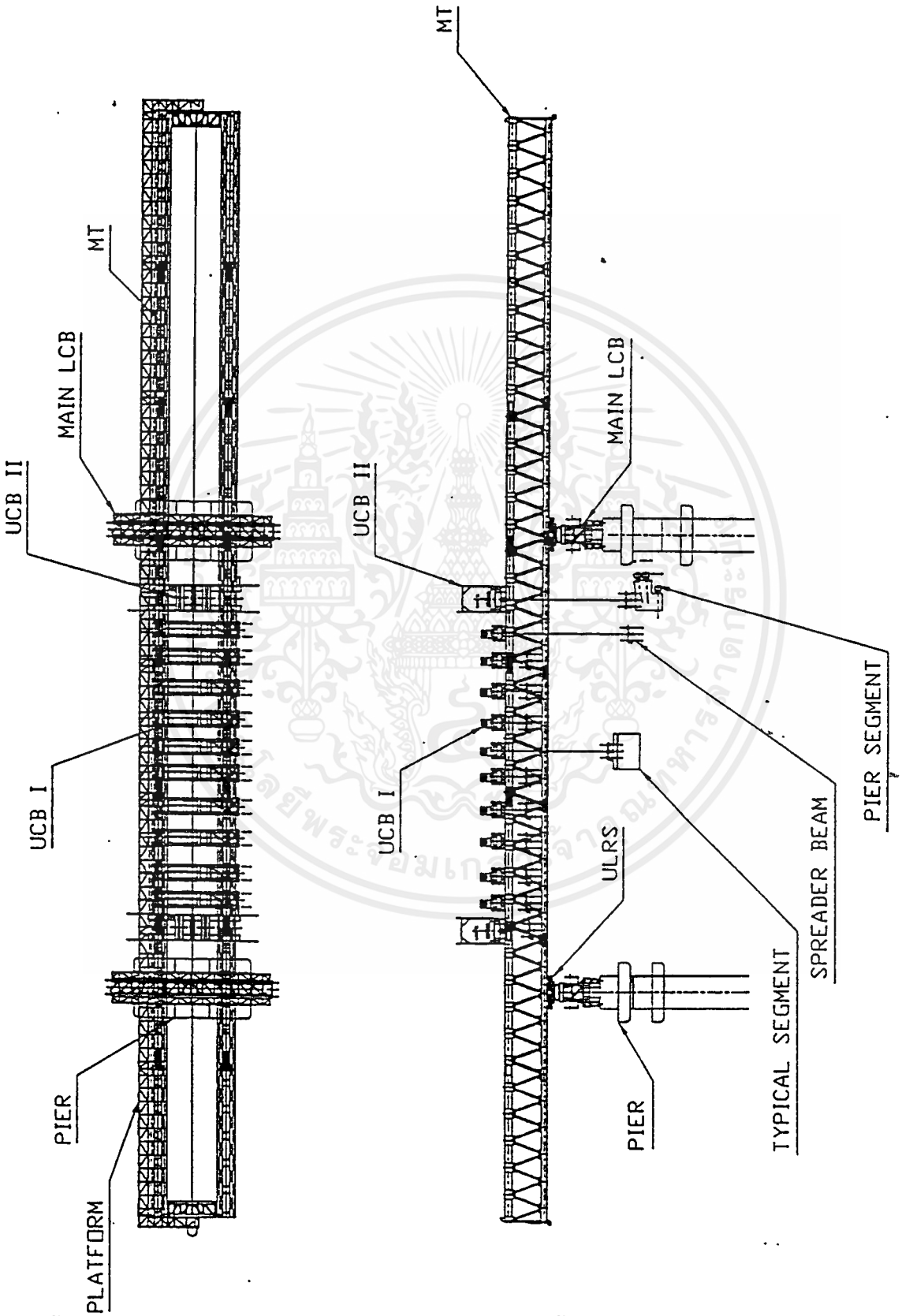
ในส่วนที่เป็นทางโค้งตัว Viaduct จะเอียงเพื่อต้านทานแรงเหวี่ยง ดังนั้น SMU 70 ที่อยู่ที่หัว Pier ที่รองรับ Viaduct ทั้งผืน จะมีอยู่ที่ข้างหนึ่งที่รับน้ำหนักมากกว่า ซึ่งอาจจะเกิน 70 ton มากกว่าที่จะรับได้ทำให้เกิดอันตราย ดังนั้นจึงต้องมีการป้องกันโดยมีการติดตั้ง Support ซึ่งจะเป็น Jack มารองรับไว้ก่อนแล้วค่อยๆ ถ่ายแรงให้กับ SMU 70

ในกรณีที่ช่วง Span ยาวมากๆ เช่น บริเวณสี่แยก ซึ่งไม่สามารถสร้างเสามารองรับได้ การก่อสร้าง Viaduct จะใช้วิธี Cantilever Balance โดยจะหล่อ Viaduct ออกจากเสาไปทีละข้างสลับกันไปเพื่อ Balance โมเมนต์ทั้ง 2 ข้างให้เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

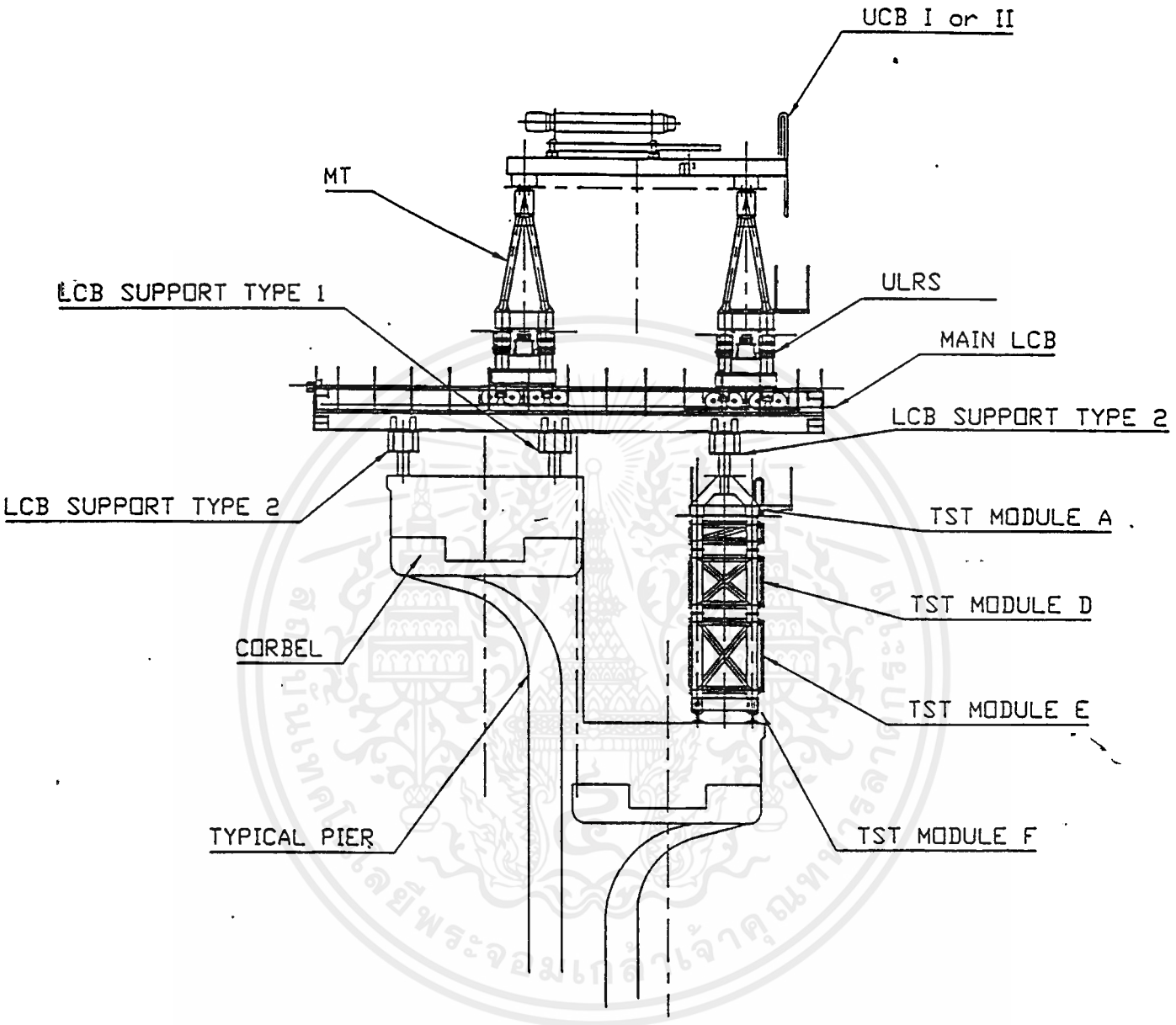
การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



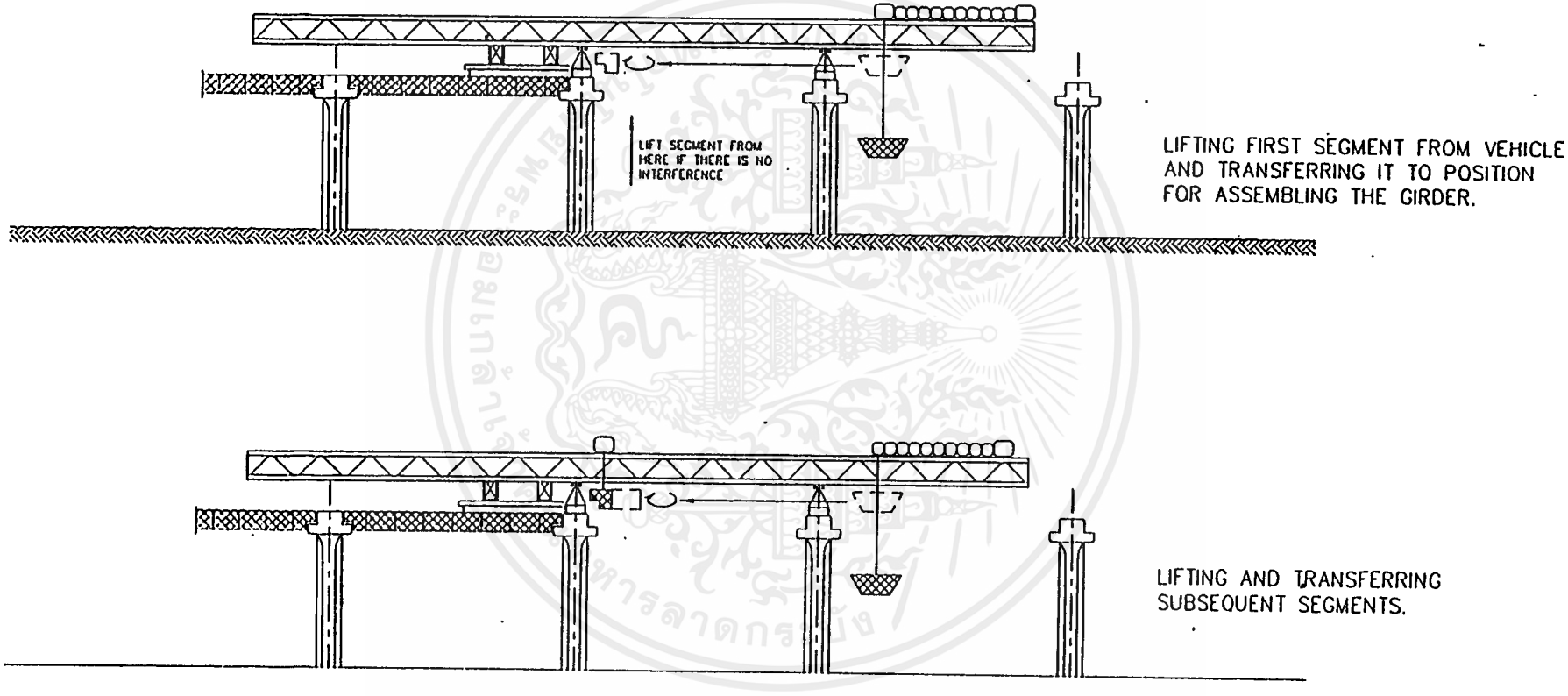
รูปที่ 5-9 อุปกรณ์ในการติดตั้ง Viaduct Segment **แบบ** Overhead Truss

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

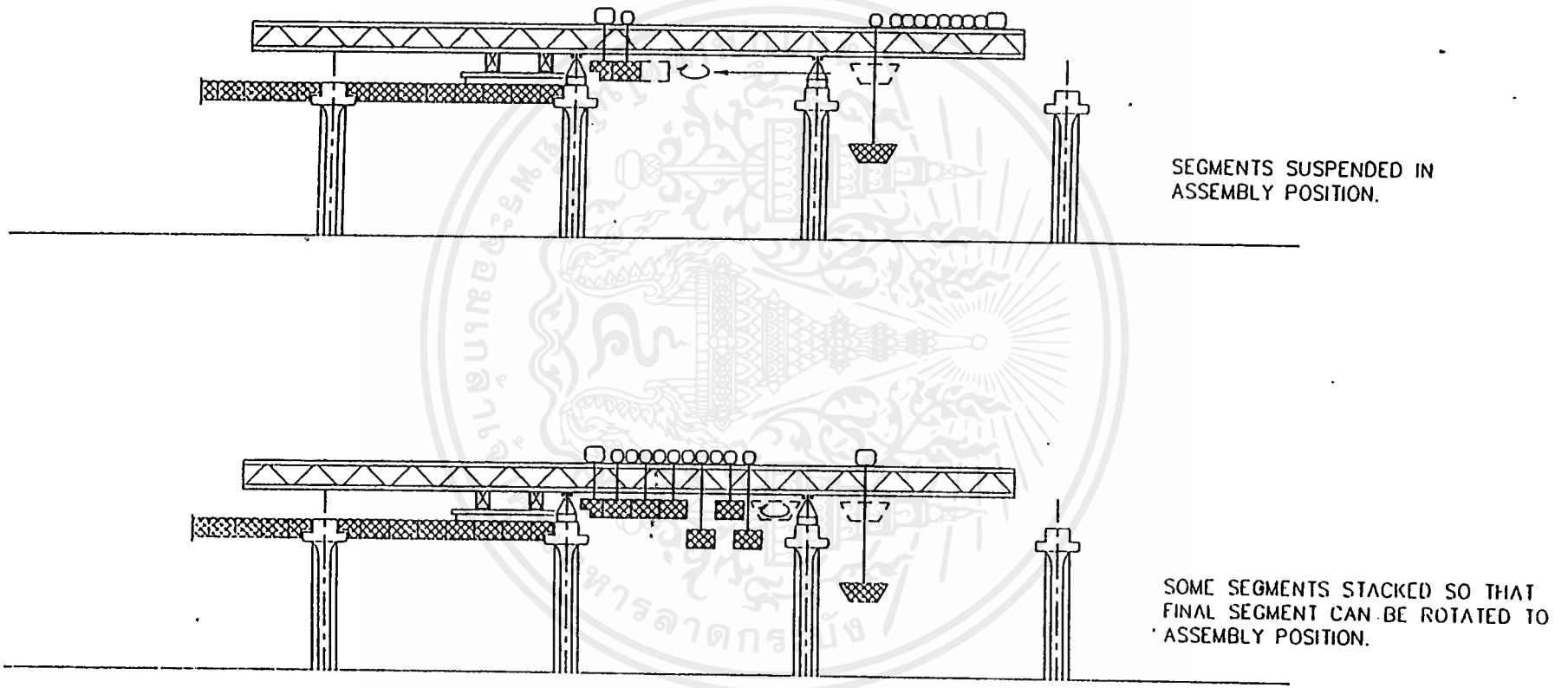


รูปที่ 5-10 **อุปกรณ์ในการติดตั้ง** Viaduct Segment **แบบ** Overhead Truss

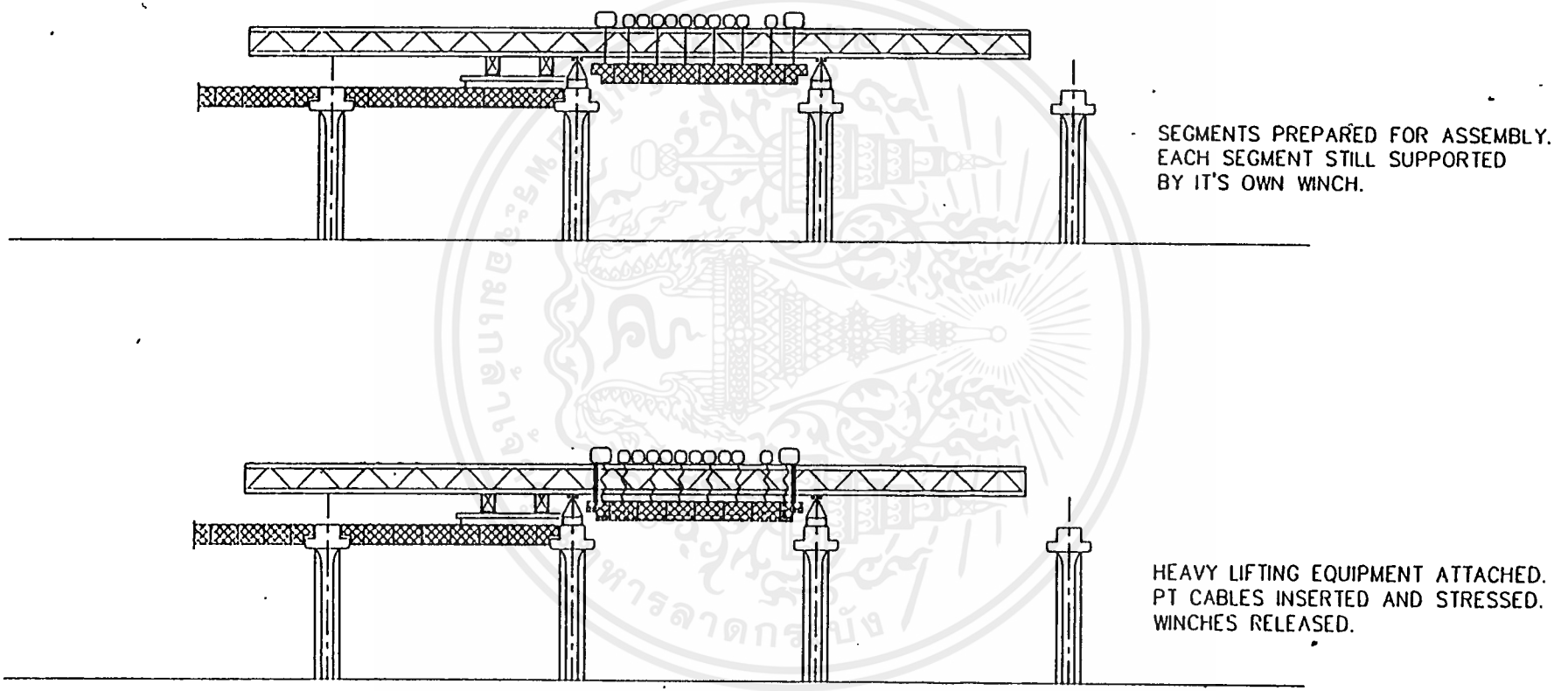
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



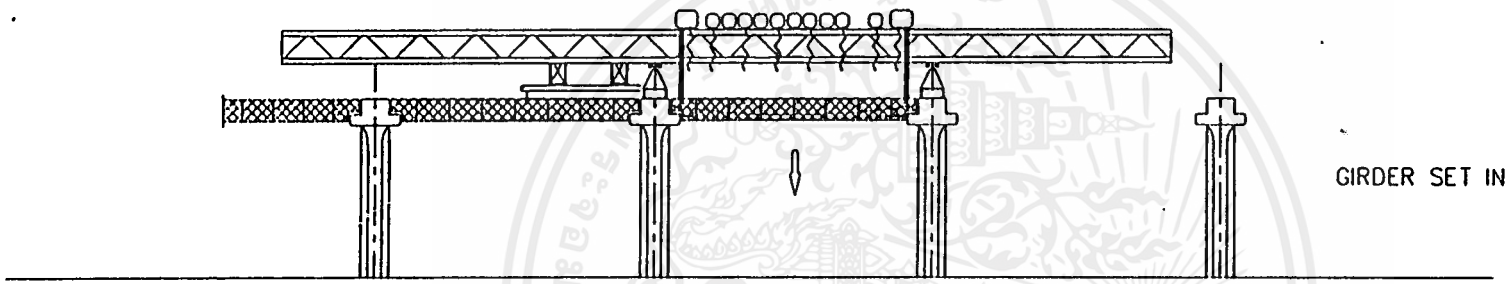
รูปที่ 5-11a การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss บน Support 2 ตัว



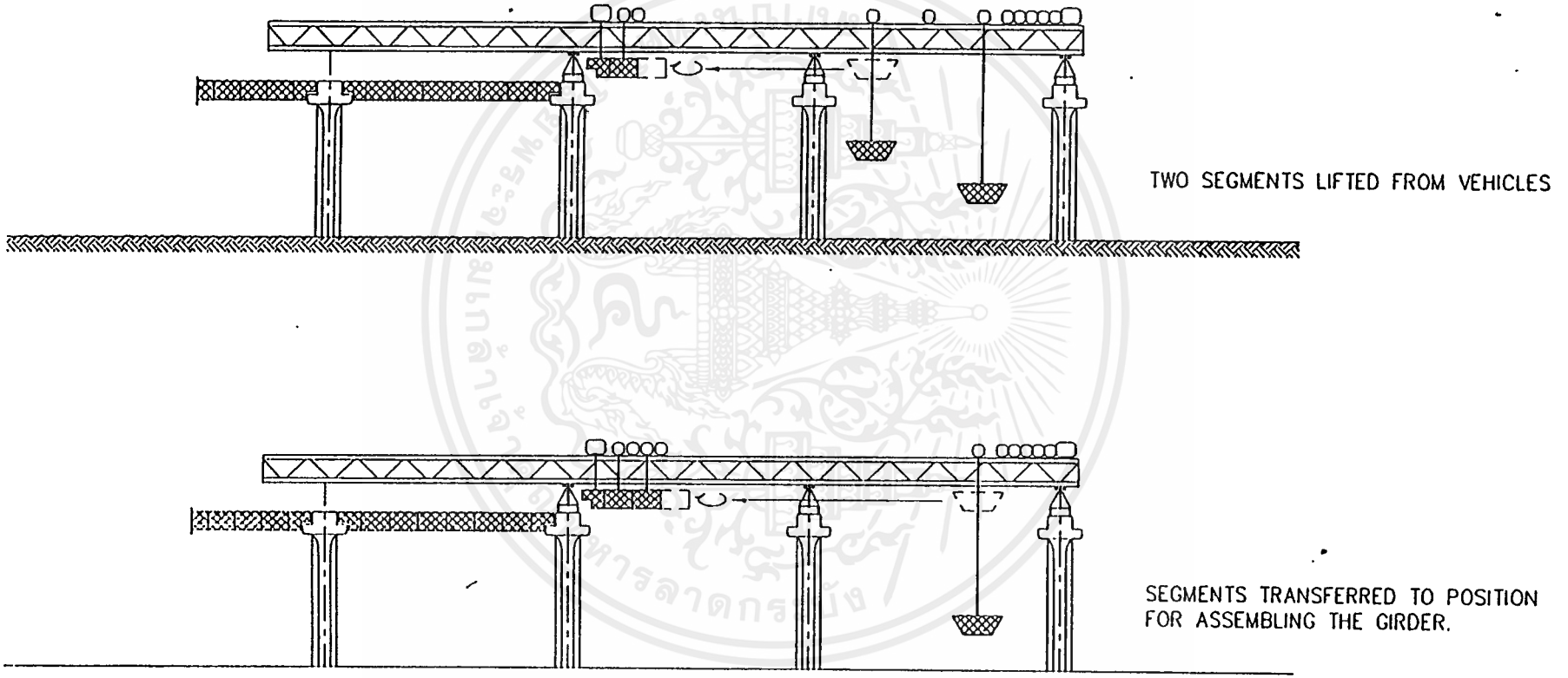
รูปที่ 5-11b การติดตั้ง Viaduct Segment **แบบ** Overhead Truss **บน** Support 2 **ตัว**



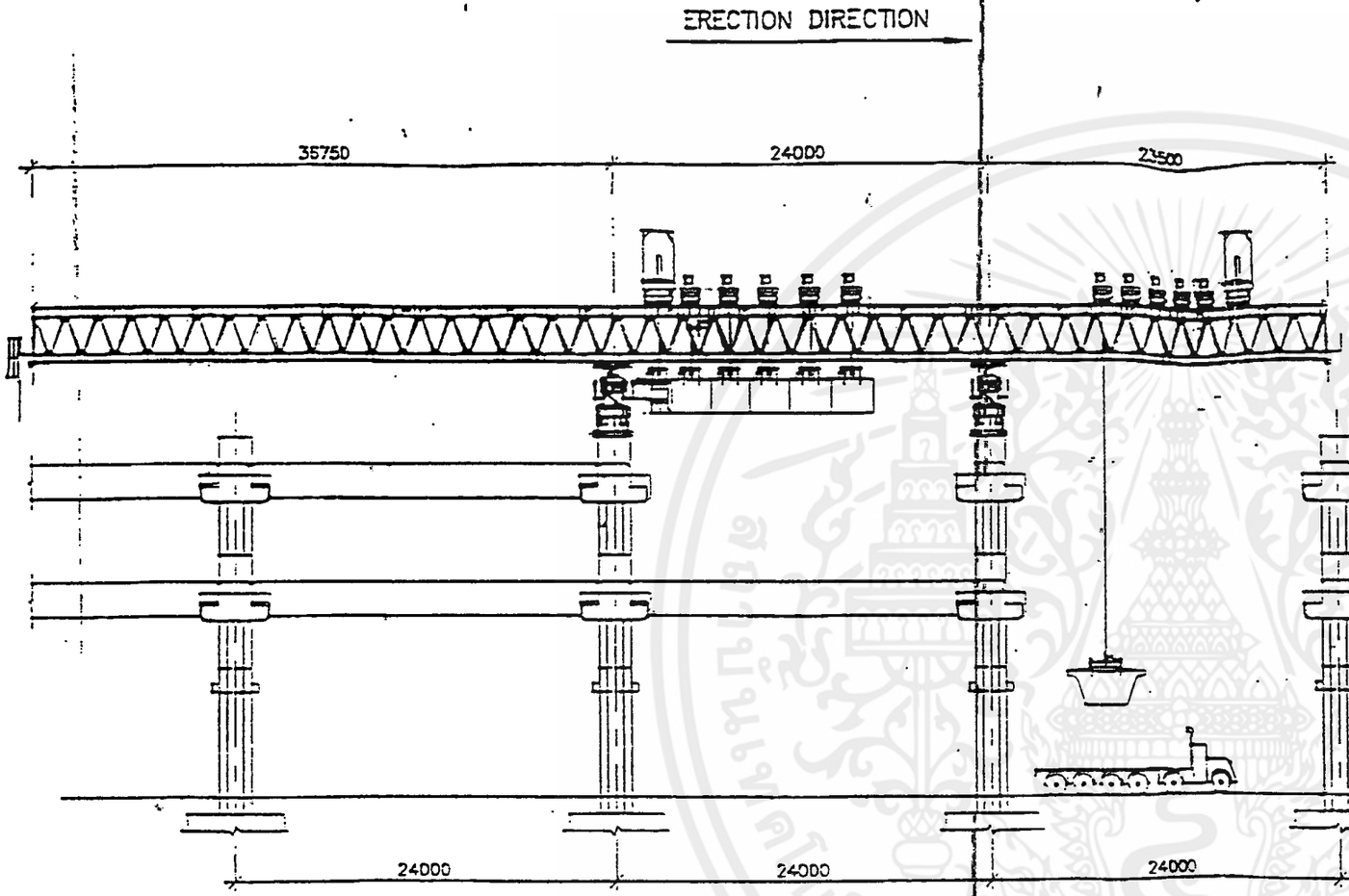
รูปที่ 5-11c การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss บน Support 2 ตัว



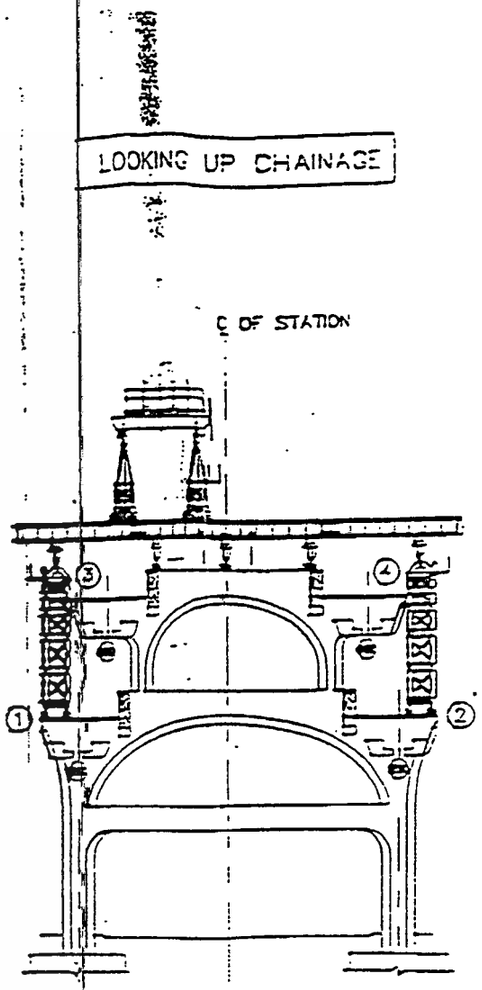
รูปที่ 5-11d **การติดตั้ง** Viaduct Segment **แบบ** Overhead Truss **บน** Support 2 **ตัว**



รูปที่ 5-12 การติดตั้ง Viaduct Segment แบบ Overhead Truss บน Support 3 ตัว



LONGITUDINAL ELEVATION
SCALE 1 : 400



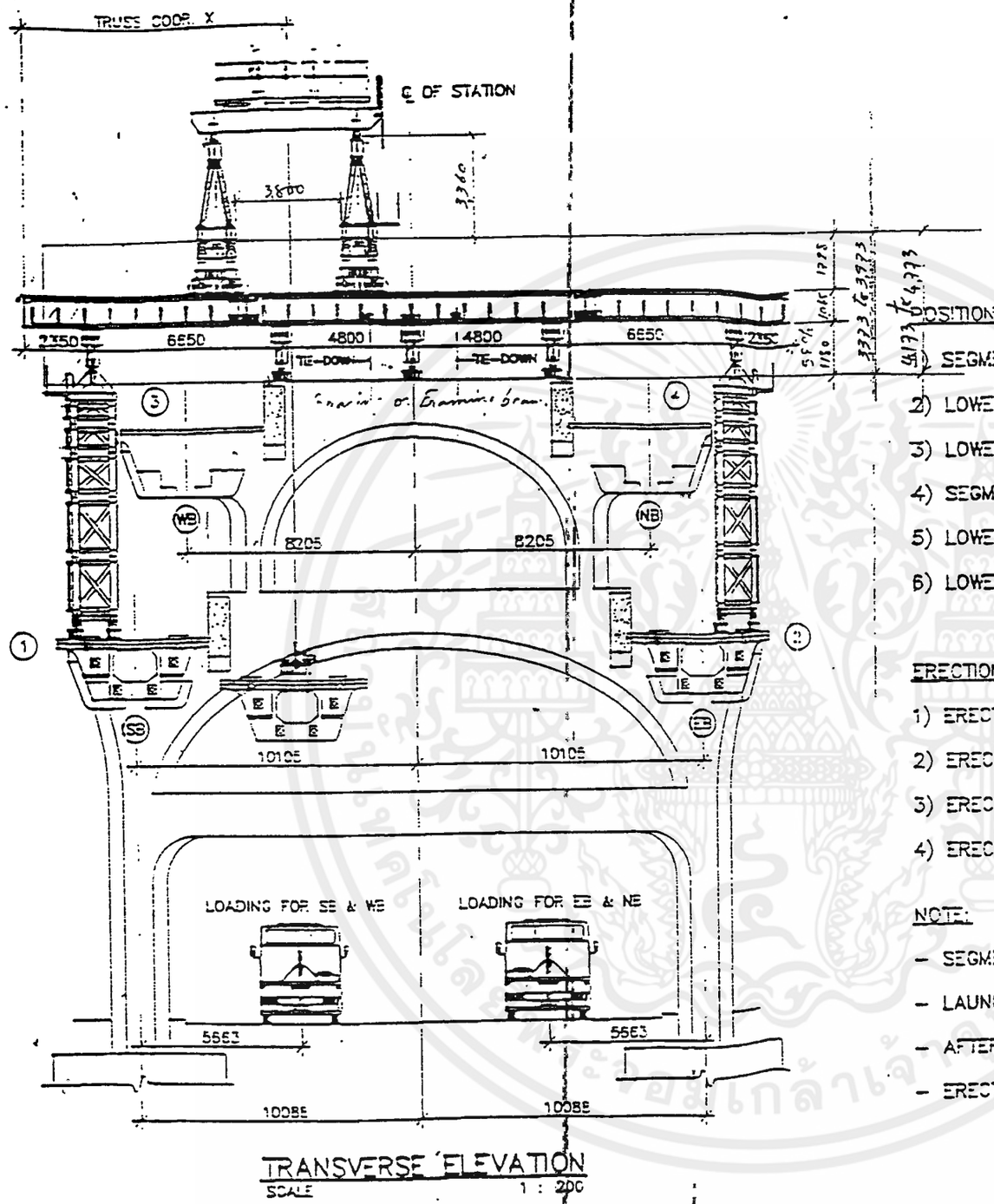
TRANSVERSE ELEVATION
SCALE 1 : 400

TRUSS POSITION FOR SEGMENT ERECTION – TYPICAL SPAN 24 m

NOTE: – ERECTION SEQUENCE BASED ON ITD DOCUMENT 0155–11.2(D)57 DATE 8JUL57.

รูปที่ 5-13a **การติดตั้ง** Viaduct Segment **ที่ สถานีร่วม**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



TRANSVERSE ELEVATION

SCALE 1 : 200

NOTES: -PORTAL FRAME GEOMETRY BASED ON DWG.C-ST-CEN-1037(D), C-ST-CEN-1041(D), C-ST-CEN-1301(A)&1302(D)&1303(D) AND C-ST-CEN-1451(D) TO 1453(D).

POSITION OF TRUSS ON PIER

1) SEGMENT LOADING FOR SB AND WB — X=9575mm
2) LOWERING SPAN SB — X=3595mm
3) LOWERING SPAN WB — X=5595mm
4) SEGMENT LOADING FOR SPAN EB AND NB — X=18225mm
5) LOWERING SPAN EB — X=23905mm
6) LOWERING SPAN NB — X=22005mm

ERECTION SEQUENCE

1) ERECTION OF SPAN SOUTH BOUND (SB)
2) ERECTION OF SPAN EAST BOUND (EB)
3) ERECTION OF SPAN WEST BOUND (WB)
4) ERECTION OF SPAN NORTH BOUND (NB)

NOTE:

- SEGMENT LOADING POSITION MAY BE CHANGED BY SITE CONSTRAINT.
- LAUNCHING POSITION OF TRUSS MAY BE CHANGED BY SITE CONSTRAINT.
- AFTER SEGMENT LOADING AND ASSEMBLY, TRUSS WILL BE SLIDE TO FINAL POSITION.
- ERECTION SEQUENCE BASED ON ITD DOCUMENT 0155-11.2(D)97 DATE 8JUL97.

รูปที่ 5-13b การติดตั้ง Viaduct Segment ที่ สถานีร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 Stressing Method Statement

5.4.1 การติดตั้งท่อ HDPE & PC. Strand

1. ต่อเชื่อมท่อ HDPE เข้าด้วยกันโดยใช้ความร้อน รอยต่อระหว่างท่อกับ Trumpet จะใช้ท่อ Coupler เป็นตัวต่อเชื่อมเพื่อจะให้บริเวณนี้เคลื่อนตัวได้ ขนาดของท่อต่างๆ ที่จะใช้แสดงดังต่อไปนี้

Tendon Size	HDPE Size	Coupler Size
19Ø15 Anchor	Dia 110x6.3 mm	Dia 125x7.1 mm
12Ø15 Anchor	Dia 90x5.1 mm	Dia 110x6.3 mm

2. ร้อยท่อ HDPE ได้เชื่อมต่อไว้แล้ว ตามตำแหน่งที่ระบุไว้ใน Drawing

3. ยิงลวดอัดแรงเข้าในท่อ HDPE ได้เชื่อมต่อไว้แล้วตามตำแหน่งที่ระบุใน Drawing

4. ติดตั้ง Anchor Block & Wedge โดยจะต้องทาจารบีก่อนเพื่อให้ Wedge ยึดลวดได้ดีขึ้น

สำหรับในกรณีที่จำนวนของลวดน้อยกว่ารูของ Anchor Block ให้เลือกใช้รูด้านนอกของ Anchor Block

5.4.2 Stressing And Load Transfer

1. การดึงลวดจะดึงเพียงด้านเดียว (Single End) ซึ่งจะเพิ่มค่าแรงดึงเพื่อชดเชยค่าสูญเสียต่างๆ ในด้านที่จะดึงลวด

สำหรับค่า Force/Extension จะคำนวณไว้ก่อนที่จะทำการดึงลวด และข้อมูลที่ได้จากการดึงลวดจะบันทึกใน "Stressing Report" แล้วจะคำนวณค่ายืดของลวดเพื่อเทียบกับค่ายืดของลวดที่คาดหวังไว้

2. ดึงลวดตามขั้นตอนที่ Designer กำหนด โดยก่อนจะทำการติดตั้ง Segment จะต้องตรวจสอบอายุของ Segment ก่อนว่าได้อายุหรือยัง

3. หมุน Lock Ring ของ Support Segment Jack ขึ้นประมาณ 10 mm โดยเริ่มดึง Tendon ให้ได้ 50 Bar จากนั้นจึงทำการพ่นสีที่ Wedge ทั้งสองปลาย

4. จะใช้แผ่นไม้อัดรองคั่นกลางระหว่าง Bearing กับ Downstrand ของ Segment โดยต้องตรวจสอบทุกอย่างให้เรียบร้อยก่อนจะทำการ Load Transfer

5. การดึงลวดจะดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญของ VSL เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ทำการ Load Transfer Step# 1 เมื่อดึง Tendon คู่แรกได้ 25% จะทำการลดระดับ Girder ลงเพื่อถ่ายน้ำหนักของ Segment ลงหัวเสา ในขณะเดียวกันก็บันทึกข้อมูลค่ายืดตัวของลวดด้วย สำหรับ % ของ Load Transfer จะอยู่ใน "Load Transfer Sheet"

7. ทำการ Load Transfer Step# 2 เมื่อดึง Tendon คู่แรกได้ 50% จะทำการลดระดับ Girder ลงเพื่อถ่ายน้ำหนักและบันทึกค่ายืดตัวของลวด

8. ทำการ Load Transfer Step# 3 เมื่อดึง Tendon คู่แรกได้ 100% ทำการลดระดับ Girder ลงเพื่อถ่ายน้ำหนัก Segment ลงหัวเสา และบันทึกค่ายืดตัวของลวด

9. การ Load Transfer จะกระทำในรูปแบบนี้ตามข้างต้น จนกระทั่งน้ำหนักของ Segment ถ่ายลงหัวเสาทั้งหมด สำหรับ Step ของการ Load Transfer จะขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละ Segment ซึ่งรายละเอียดสามารถดูได้จาก "Load Transfer Sheet"

10. สำหรับกรณีที่ Jack เกิดเสียจำเป็นต้องดึงด้วย Jack ตัวเดียว ให้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ดึง Tendon ข้างหนึ่งให้ถึงแรง 25% ของแรงที่กำหนด
- ย้าย Jack มาดึง Tendon อีกข้างหนึ่งในคู่เดียวกันให้ถึงแรง 50% ของแรงที่กำหนด
- ย้าย Jack มาดึง Tendon อีกข้างหนึ่งในคู่เดียวกันให้ถึงแรง 100% ของแรงที่กำหนด
- ย้าย Jack มาดึง Tendon อีกข้างหนึ่งในคู่เดียวกันให้ถึงแรง 100%ของแรงที่กำหนด

11. ในกรณีที่จำเป็นจะต้องเปลี่ยนลวดออกและดึงใหม่ ให้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

- ในการเปลี่ยนลวดจะกระทำได้เพียงละ 1 Tendon เท่านั้น
- ให้บุคคลที่ไม่เกี่ยวข้องออกจากบริเวณทั้งหมด
- ตัดท่อ HDPE
- ตัดลวดด้วยความระมัดระวัง
- รื้อท่อ HDPE รวมทั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช่น Anchor Block ออก
- ติดตั้งท่อ HDPE และร้อยลวดใหม่แล้วทำการดึงด้วยแรงที่กำหนด

12. ถ้าหากผลการดึงลวดออกมาไม่ดี เกินกว่าหรือต่ำกว่า Spec อาจจะต้องมีการดึงลวดใหม่

13. สำหรับลวดของ TYCSA จะใช้ Jack ที่มี Grip พิเศษ แบบฟันละเอียด ในการดึงลวด

14. การบำรุงรักษา Jack

- Gripper Plate จะทำความสะอาดในการดึงทุกๆ Span

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่วนประกอบต่างๆ ภายใน Jack จะทำความสะอาดทุกๆ เดือน
- เกจวัดแรงดันจะทำการ Calibrate ทุกๆ 6 เดือน
- Grip พิเศษ แบบฟันละเอียด จะทำความสะอาดในการดึงทุกๆ Span

5.5 Grouting Method Statement

5.5.1วัสดุที่ใช้

- ปอร์ตแลนด์ซีเมนต์ Type 1
- อัตราส่วนผสมระหว่างน้ำกับซีเมนต์ ต้องอยู่ในช่วง 0.40-0.45
- สารผสมเพิ่ม จะใช้เป็นประเภทก่อให้เกิดการขยายตัว ในที่นี้จะใช้ผลิตภัณฑ์ของ SIKA: INTERPLAST Z โดยจะผสมในอัตราส่วน 1% ของน้ำหนักซีเมนต์

5.5.2 คุณสมบัติของปูน Grout ที่ดีมีดังนี้

- กำลังของตัวอย่างลูกปูน Grout ขนาด 100 x100 x 100 mm
  ที่ 7 วัน = 20 Mpa
  ที่ 28 วัน = 30 Mpa
- ความสามารถในการไหลอยู่ในช่วง 14-18 วินาที
- การคายน้ำหลังจาก 3 ชั่วโมงต้องน้อยกว่า 2 % และต้องดูดกลับหมดภายใน 24 ชั่วโมง
- การหดตัวควรน้อยกว่า 2%
- การขยายตัวเนื่องจากการใส่สารผสมเพิ่ม ควรอยู่ระหว่าง 3-6 %

ความถี่ของการทดสอบจะขึ้นอยู่กับ Spec ที่กำหนด

5.5.3 ขั้นตอนการทำงาน

- จุดต่อบริเวณ Coupler จะรัดด้วย Clamp ให้แน่น
- ตั้งแบบปิดที่ Anchor Block
- ต่อท่อ Grout เข้าที่กลาง Span พร้อมติดท่ออากาศเป็นช่วงๆ และที่ Anchor Block
- จัดเตรียมแสงสว่างให้เพียงพอสำหรับการทำงาน
- ผู้ทำงานจะเตรียมเครื่องมือและวัสดุให้พร้อมสำหรับการทำงาน
- ที่เครื่องผสมจะติดเครื่องวัดปริมาณน้ำและสารผสมเพิ่มไว้ด้วย
- โดยการเติมซีเมนต์ต้องค่อยๆ เติมไปเรื่อยๆ โดยให้ W/C Ratio อยู่ในช่วง 0.40 - 0.45
- ก่อนทำการ Grout ต้องฉีดน้ำทำความสะอาดก่อน
- ทำการ Grout เข้าจุดกลาง Span ที่เตรียมไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โดยให้สังเกตที่ท่ออากาศ หากน้ำปูน Grout ไหลเต็มแล้วจะล้นท่ออากาศออกมา ให้ทำการปิดท่ออากาศนั้น และทำเช่นนี้สำหรับท่ออากาศที่ถัดออกไป
- เมื่อน้ำปูน Grout ไหลเต็มแล้วจะล้นท่ออากาศออกที่จุด Anchor Block ให้ปิดท่ออากาศแล้วคงรักษาความดันในการอัดไว้ที่ 5 Bar เป็นเวลา 1 นาที
- ทำการเก็บน้ำส่วนเกินออกทางสายยาง
- เอาสาย Grout ออก แล้วทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์
- ตรวจที่ท่ออากาศออกหลังจาก Grout ไปแล้ว 2 วัน หากปูน Grout ไม่เต็มท่อก็ทำการ Grout เพิ่มเติมเก็บอีกครั้ง
- แกะแบบที่ Anchor Block ออกและทำความสะอาด
- เอาท่ออากาศออกแล้วซ่อมปิดด้วย Plastic Cap & Epoxy
- หาก Grout Cap เสียหายก็ทำการซ่อม ส่วนที่เป็นเหล็กของ Anchor Block จะทาสีป้องกันสนิม
- ตรวจตราความเรียบร้อยทั่วไป
- ข้อมูลการ Grout จะส่งมาให้ภายใน 1 อาทิตย์
- ผลทดสอบลูกปูนจะแนบกับข้อมูลการ Grout เพื่อเป็นหลักฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.6 วัสดุและอุปกรณ์ในงานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง

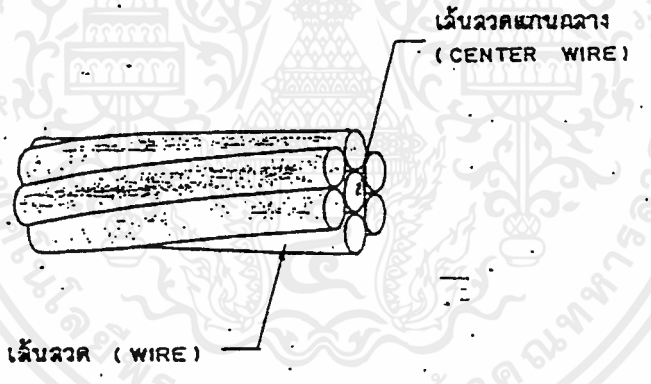
สามารถจำแนกได้เป็น 4 ส่วน คือ

1. ลวดเหล็กแรงดึงสูง
2. ท่อหุ้มลวดเหล็กอัดแรง (Ducts)
3. อุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง (Anchorages)
4. น้ำปูนที่ใช้ในการอัดเข้าท่อ

1. ลวดเหล็กแรงดึงสูง

1.1 ลวดเหล็กตีเกลียว ชนิด 7 เส้น (Seven-Wire Strand)

ลวดเหล็กตีเกลียวผลิตจาก HIGH CARBON STEEL ที่ผ่านการรีดเย็น (COLD-DRAWN) ออกมาเป็นเส้นลวดขนาดเล็ก (WIRE) แล้วนำเส้นลวดจำนวน 6 เส้น มาบิดเป็นเกลียวอย่างสม่ำเสมอ รอบเส้นลวดแกนกลาง (CENTER WIRE) 1 เส้น ซึ่งโดยทั่วไป เส้นลวดแกนกลางจะมีขนาดใหญ่กว่าลวดอีก 6 เส้น รอบๆ ประมาณ 1.03 เท่า ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางลวดเส้นอื่นๆ



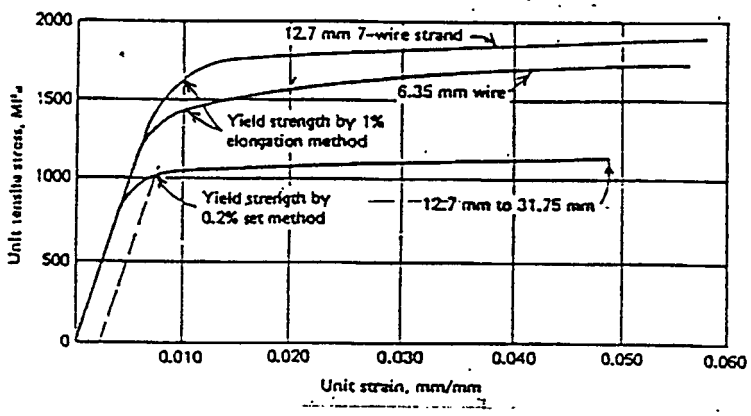
รูปที่ 5-14 ลวดเหล็กตีเกลียว ชนิด 7 เส้น

ลวดเหล็กตีเกลียว (Strand) ที่ใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงทั่วไป จะมี 2 ประเภท คือ ประเภทความล้าธรรมดา (Normal Relaxation) และประเภทความล้าต่ำ (Low Relaxation) ซึ่งแต่ละประเภทจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นคุณภาพ (Grade) คือ

- ขั้นคุณภาพ 1725 (เกรด 250) มีหน่วยแรงดึงประลัยไม่น้อยกว่า 1725 เมกกะปาสคาล (Mpa)
- ขั้นคุณภาพ 1860 (เกรด 270) มีหน่วยแรงดึงประลัยไม่น้อยกว่า 1860 เมกกะปาสคาล (Mpa)

1.2 คุณสมบัติทางกลของลวดเหล็กตีเกลียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-15 Stress-Strain Curve ของลวดเหล็กอัดแรง

1. กำลังรับแรงดึงประลัย (Breaking Load) คือแรงดึงสูงสุดที่ลวดเหล็กตีเกลียวสามารถรับได้ก่อนถึงจุดวิบัติ

2. หน่วยแรงพิสูจน์ (Proof Stress) คือ หน่วยแรงที่ดึงลวดเหล็กตีเกลียวให้ยืดออกตามค่าที่กำหนดไว้ เช่น 0.1%, 0.2%, หรือ 0.3% โดยคิดเทียบเป็นเปอร์เซนต์ของความยาวระยะเกจ มักใช้แทนหน่วยแรงที่จุดคลาก (Yield Stress) ของวัสดุที่มีจุดคลากไม่ชัดเจน

3. ระยะยืดตัว (Elongation) คือ การเปลี่ยนแปลงความยาวของลวดเหล็กตีเกลียวเมื่อถูกแรงดึงกระทำ ซึ่งเป็นสัดส่วนกับแรงดึงก่อนถึงจุดวิบัติ

4. โมดูลัสแห่งความยืดหยุ่น (Modolus Of Elasticity) คือ ค่าอัตราส่วนของหน่วยแรงๆ เค้น (Stress) ต่อความเครียด (Strain) ในช่วงขีดจำกัดความยืดหยุ่น

5. พื้นที่หน้าตัด (Nominal Area) ของลวดเหล็กตีเกลียว หมายถึง พื้นที่หน้าตัดของลวดเหล็กแต่ละเส้นรวมกัน

6. มวลต่อความยาว (Nominal Mass) คือมวลของลวดต่อหน่วยความยาว

1.3 <u>การปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของลวดเหล็กตีเกลียวในขั้นตอนการผลิต</u>

1. Stress - Relieved Strand เหล็กที่ผ่านการรีดเย็น จะเป็นเหล็กที่มีกำลังสูงกว่าเหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) ที่ผ่านการรีดร้อน แต่จะมีความเค้น (Stress) คงค้างอยู่ที่ผิว จึงต้องนำมาผ่านการดึงให้เป็นเส้นตรง แล้วนำไปอบที่ความร้อนต่ำ เพื่อลดความเค้นที่ผิว จึงจะทำให้ลวดมีคุณสมบัติยืดหยุ่น (Ductility) ดีขึ้น

2. Low - Relaxation Strand ความล้าของลวด คือ การสูญเสียของแรงดึงในเส้นลวด เมื่อดึงลวดด้วยแรงค่าหนึ่งค้างไว้โดยที่ความยาวของลวดไม่เปลี่ยนแปลง

ลวดประเภทความล้าต่ำ จะมีความล้าต่ำกว่าลวดธรรมดา และจะมีค่าแรงดึงที่จุดคลากสูงกว่า ด้วยการลดความล้าของลวดจะทำโดย การดึงลวดค้างไว้และอบความร้อนไปพร้อมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 <u>คุณสมบัติทั่วไปของลวดเหล็กตีเกลียว</u>

1. ลวดเหล็กตีเกลียว จะต้องปราศจากรอยปริแตกร้าวของเส้นลวด (Wire) และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางสม่ำเสมอ

2. เมื่อลวดเหล็กตีเกลียวถูกตัดออกโดยไม่มีการรัดปลายไว้ ปลายลวดต้องไม่คลายออก ถ้าคลายออกแต่สามารถทำให้เข้าที่ได้ด้วยมือก็ถือว่าใช้ได้

3. ผิวของลวดเหล็กตีเกลียว ต้องปราศจากน้ำมันหรือสารอื่นที่ทำให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างลวดเหล็กตีเกลียวกับคอนกรีตหรือน้ำปูนเสียไป

4. ลวดเหล็กตีเกลียว ต้องไม่เป็นสนิมขุมเว้นแต่สนิมผิวซึ่งยอมให้มีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 มาตรฐานกำหนดของลวดเหล็กตีเกลียวชนิด 7 เส้น

Grade	Notation	Nominal Diameter of Strand mm.	Diameter Tolerance mm.	Nominal Area of Strand mm.²	Nominal Weight of Strand kg./1000 m.	Minimum Breaking Strength of Strand KN. (kgf.)	Minimum Load at 1 percent Extension KN. (kgf)	Minimum Elongation Under Load %	Max. Relaxation after 10 hrs. from Initial Load* %
1725	SPC 9A	9.53	±0.40	51.61	405	89.0 (9070)	75.6 (7710)	3.5	3.0
	SPC 12A	12.70	±0.40	92.90	730	160.1 (16320)	136.2 (13880)	3.5	3.0
	SPC 15A	15.24	±0.40	139.35	1094	240.2 (24490)	204.2 (20820)	3.5	3.0
1860	SPC 9B	9.53	+0.65 −0.15	54.84	432	102.3 (10430)	87.0 (8870)	3.5	3.0
	SPC 12B	12.70	+0.65 −0.15	98.71	775	183.7 (18730)	156.1 (15910)	3.5	3.0
	SPC 15B	15.24	+0.65 −0.15	140.00	1102	260.7 (26580)	221.5 (22580)	3.5	3.0

* Initial Load : 80% of Minimum 1% Proof Load

รูปที่ 5-16 มาตรฐาน มอก. 420-2534

Normal Relaxation Grade

Grade	Notation	Nominal Diameter of Strand mm.	Diameter Tolerance mm.	Nominal Area of Strand mm.²	Nominal Weight of Strand kg./1000 m.	Minimum Breaking Strength of Strand KN. (kgf.)	Minimum Load at 1 percent Extension KN. (kgf)	Minimum Elongation Under Load %	Max. % Relaxation after 1,000 hrs. from 70% Initial Load*	Max. % Relaxation after 1,000 hrs. from 80% Initial Load*
1725	SPC 9A	9.53	±0.40	51.61	405	89.0 (9070)	80.1 (8163)	3.5	2.5	3.5
	SPC 12A	12.70	±0.40	92.90	730	160.1 (16320)	144.1 (14688)	3.5	2.5	3.5
	SPC 15A	15.24	±0.40	139.35	1094	240.2 (24490)	216.2 (22041)	3.5	2.5	3.5
1860	SPC 9B	9.53	+0.65 −0.15	54.84	432	102.3 (10430)	92.1 (9387)	3.5	2.5	3.5
	SPC 12B	12.70	+0.65 −0.15	98.71	775	183.7 (18730)	165.3 (16857)	3.5	2.5	3.5
	SPC 15B	15.24	+0.65 −0.15	140.00	1102	260.7 (26580)	234.7 (23922)	3.5	2.5	3.5

* Initial Load : % of Minimum Breaking Strength

รูปที่ 5-17 มาตรฐาน มอก. 420-2534

Low Relaxation Grade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Grade	Nominal Diameter of Strand		Diameter Tolerance in. (mm.)	Nominal Steel Area of Strand in.² (mm.²)	Nominal Weight of Strand lb./1000 ft. (kg./1000 m.)	Minimum Breaking Strength of Strand lbf. (KN.)	Minimum Load at 1 percent Extension lbf. (KN.)	Total Elongation Under Load %
	in.	mm.						
Grade 250	3/8 (0.375)	9.53	±0.016 (±0.41)	0.080 (51.61)	272 (405)	20,000 (89.0)	17,000 (75.6)	3.5
	1/2 (0.500)	12.70	±0.016 (±0.41)	0.144 (92.90)	490 (730)	36,000 (160.1)	30,600 (136.2)	3.5
	(0.600)	15.24	±0.016 (±0.41)	0.216 (139.35)	737 (1094)	54,000 (240.2)	45,900 (204.2)	3.5
Grade 270	3/8 (0.375)	9.53	±0.026 (±0.66) −0.006 (−0.15)	0.085 (54.84)	290 (432)	23,000 (102.3)	19,550 (87.0)	3.5
	1/2 (0.500)	12.70	±0.026 (±0.66) −0.006 (−0.15)	0.153 (98.71)	520 (775)	41,300 (183.7)	35,100 (156.1)	3.5
	(0.600)	15.24	±0.026 (±0.66) −0.006 (−0.15)	0.217 (140.00)	740 (1102)	58,600 (260.7)	49,800 (221.5)	3.5

รูปที่ 5-18 มาตรฐาน ASTM A 416-88

Normal Relaxation Grade

Grade	Nominal Diameter of Strand		Diameter Tolerance in. (mm.)	Nominal Steel Area of Strand in.² (mm.²)	Nominal Weight of Strand lb./1000 ft. (kg./1000 m.)	Minimum Breaking Strength of Strand lbf. (KN.)	Minimum Load at 1 percent Extension lbf. (KN.)	Total Elongation Under Load %	Max. % Relaxation after 1,000 hrs. from	
	in.	mm.							70% Initial Load	80% Initial Load
Grade 250	3/8 (0.375)	9.53	±0.016 (±0.41)	0.080 (51.61)	272 (405)	20,000 (89.0)	18,000 (80.1)	3.5	2.5	3.5
	1/2 (0.500)	12.70	±0.016 (±0.41)	0.144 (92.90)	490 (730)	36,000 (160.1)	32,400 (144.1)	3.5	2.5	3.5
	(0.600)	15.24	±0.016 (±0.41)	0.216 (139.35)	737 (1094)	54,000 (240.2)	48,600 (216.2)	3.5	2.5	3.5
Grade 270	3/8 (0.375)	9.53	±0.026 (±0.66) −0.006 (−0.15)	0.085 (54.84)	290 (432)	23,000 (102.3)	20,700 (92.1)	3.5	2.5	3.5
	1/2 (0.500)	12.70	±0.026 (±0.66) −0.006 (−0.15)	0.153 (98.71)	520 (775)	41,300 (183.7)	37,200 (165.3)	3.5	2.5	3.5
	(0.600)	15.24	±0.026 (±0.66) −0.006 (−0.15)	0.217 (140.00)	740 (1102)	58,600 (260.7)	52,750 (234.7)	3.5	2.5	3.5

รูปที่ 5-19 มาตรฐาน ASTM A 416-88

Low Relaxation Grade

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ท่อหุ้มลวดอัดแรง (Duct)

ท่อหุ้มลวดเหล็กอัดแรง จะใช้ในงานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง เพื่อป้องกันไม่ให้คอนกรีตเข้าไปยึดจับลวดอัดแรงได้ โดยทั่วไปท่อแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

1. ท่อโลหะ (Steel Duct) ทำจากแผ่นโลหะผสม (Galvanized Steel) นำมาม้วนพับเป็นท่อมี 2 ชนิด

- ท่อเรียบ (Smooth Duct) ผิวท่อเรียบ

- ท่อลอน (Corrucated Duct) ผิวท่อถูกพับให้เป็นลอนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการถ่ายแรงอัดจากลวดในท่อไปสู่คอนกรีต

2. ท่อโพลีเอทีลีน (Polyethylene Duct) ใช้กับงานที่ต้องการการทนสภาวะกัดกร่อนจากภายนอกสูง เช่น งานคอนกรีตอัดแรงภายนอกคอนกรีต (External Post - Tensioning) เนื่องจากโพลีเอทีลีน จะทนต่อปฏิกิริยาทางเคมีต่างๆ ได้ดีกว่าโลหะ

2.1 <u>คุณสมบัติทั่วไปของท่อหุ้มลวดเหล็กอัดแรง</u>

1. ท่อจะต้องสามารถกันไม่ให้คอนกรีตรั่วเข้ามาจับตัวกับลวดได้ และไม่ทำปฏิกิริยากับคอนกรีต

2. ท่อจะต้องมีความแข็งแรงพอที่จะคงรูปร่าง และไม่เกิดความเสียหายระหว่างการเทคอนกรีต

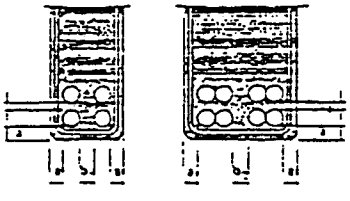
3. ท่อสำหรับลวดเส้นเดี่ยวจะต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางภายในใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดอย่างน้อย 6 mm

4. ท่อสำหรับกลุ่มลวดหลายเส้น ต้องมีขนาดพื้นที่หน้าตัดภายในอย่างน้อย 2 เท่าของพื้นที่หน้าตัดของกลุ่มลวด

5. ระยะห่างระหว่างที่รองรับท่อ ควรอยู่ระหว่าง 0.8 ถึง 1.2 m และมีความแข็งแรงพอที่จะยึดท่อให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้

2.2 <u>**ระยะห่างระหว่างท่อ และความหนาของคอนกรีตหุ้มท่อ**</u>

การจัดวางท่อควรมีระยะห่างระหว่างท่อและความหนาของคอนกรีตหุ้มท่อที่เหมาะสม ทั้งนี้เพื่อให้คอนกรีตแทรกตัวไปได้อย่างทั่วถึง มีความสม่ำเสมอ ไม่ทำให้เกิดช่องว่างเนื่องจากความอุดตันอันจะทำให้กำลังของหน้าตัดลดลง และเกิดผลเสียหายเมื่อทำการอัดแรงได้



รูปที่ 5-20 ระยะห่างระหว่างท่อและความหนาของคอนกรีตหุ้มท่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ระยะห่างน้อยที่สุด (มม.)	
a	* ชิ้นส่วนคอนกรีตหล่อสำเร็จรูป, สภาวะแวดล้อมธรรมดา	25
	* สภาวะทั่วไป	30
	* สภาวะแวดล้อมที่มีการกัดกร่อน	35
b1	ϕ หัวจี้คอนกรีต ≤ 0.7 ϕ ท่อ ≤ 25	
b2	ϕ หัวจี้คอนกรีต ≤ 1.0 ϕ ท่อ ≤ 30	
c1	≤ 0.7 ϕ ท่อ ≤ 25	
	≤ 1.0 ϕ ท่อ ≤ 30	

รูปที่ 5-21 ตารางแสดงระยะห่างระหว่างท่อและความหนาคอนกรีตหุ้มท่อน้อยที่สุด

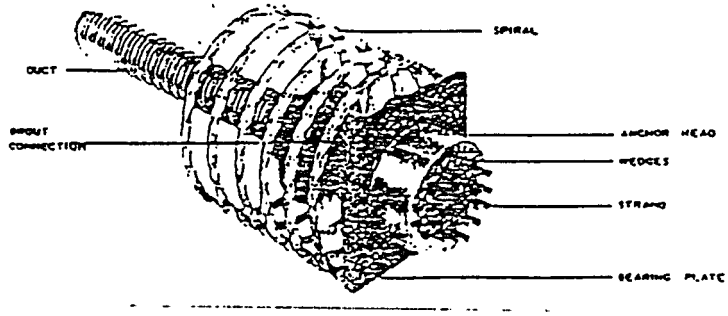
3. **อุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง** (Anchorages)

ในงานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง แรงอัดจะถ่ายทอดสู่คอนกรีตผ่านการกดของ Bearing Plate กับคอนกรีต โดยค่าของ Bearing Pressure ที่เกิดขึ้นจะถูกควบคุมโดยขนาดพื้นที่ของ Bearing plate ที่เหมาะสม ซึ่งกำหนดโดยกำลังอัดประลัยของคอนกรีต เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการวิบัติในคอนกรีต

อุปกรณ์ยึดจะต้องสามารถรับแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 95% ของค่าแรงดึงประลัยของลวดอัดแรงที่ใช้โดยไม่เกิดการเสียหาย และไม่ทำให้เกิดการเลื่อนตัวของลวดอัดแรงเกินกว่าค่าที่ยอมให้ โดยปรกติขณะถ่ายแรงจะเกิดหน่วยแรงสูงสุดในอุปกรณ์ยึด ถ้าอุปกรณ์ยึดสามารถต้านทานแรงอัดนี้ได้ ก็จะปลอดภัยตลอดอายุการใช้งานของโครงสร้างนั้น

3.1 <u>ส่วนประกอบ</u> (Component)

ส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดสามารถแยกได้ดังนี้

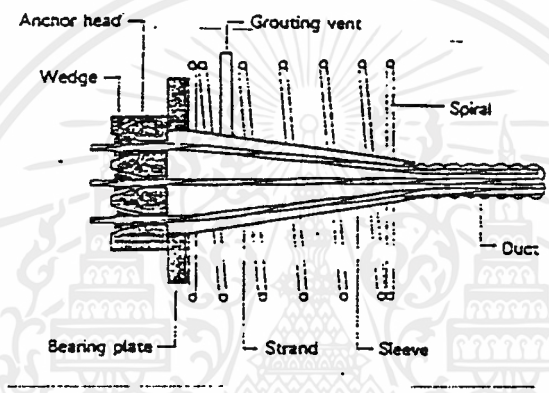


รูปที่ 5-22 ส่วนประกอบของอุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Bearing Plate : ทำหน้าที่ถ่ายแรงอัดจากลวดอัดแรงไปยังคอนกรีต มีทั้งชนิดที่ทำจากเหล็กเหนียวและเหล็กหล่อ (Casting) ในกรณีที่ติดตั้ง Bearing Plate โดยการฝังในคอนกรีตแรงอัดส่วนหนึ่งจะถ่ายเข้าสู่คอนกรีตผ่านแรงยึดเหนี่ยวระหว่างผิวของ Bearing Plate และคอนกรีตด้วย

2. Anchor Head : เป็นส่วนที่ลวดอัดแรงผ่านจาก Duct ไปยัง Jack และทำหน้าที่ถ่ายทอดแรงอัดจากลวดอัดแรงไปยัง Bearing Plate Anchor Head จะมีช่องสำหรับใส่ Wedge เพื่อ ยึดลวดอัดแรง จำนวนช่องภายใน Anchor Head จะขึ้นอยู่กับขนาดของ Cable ที่ใช้



รูปที่ 5-23 รูปตัดตามยาวของอุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง

3. Wedges : เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการจับลวดอัดแรง หลังจากสิ้นสุดการดึง

4. Spiral Reinforcement : เป็นเหล็กเสริมพิเศษรอบ Anchorage เพื่อต้านทานแรงที่เกิดขึ้นในคอนกรีตบริเวณรอบๆ Anchorage เนื่องจากแรงอัดเหล็กเสริมพิเศษนี้ นอกจากจะเป็น Spiral แล้วอาจเป็นตะแกรงเหล็กได้

5. Grout Connection : เป็นส่วนที่ใช้ต่อ Grout เพื่อจะอัดน้ำปูนเข้าไปใน Duct หลังจากสิ้นสุดการดึงและปล่อย Wedges แล้ว

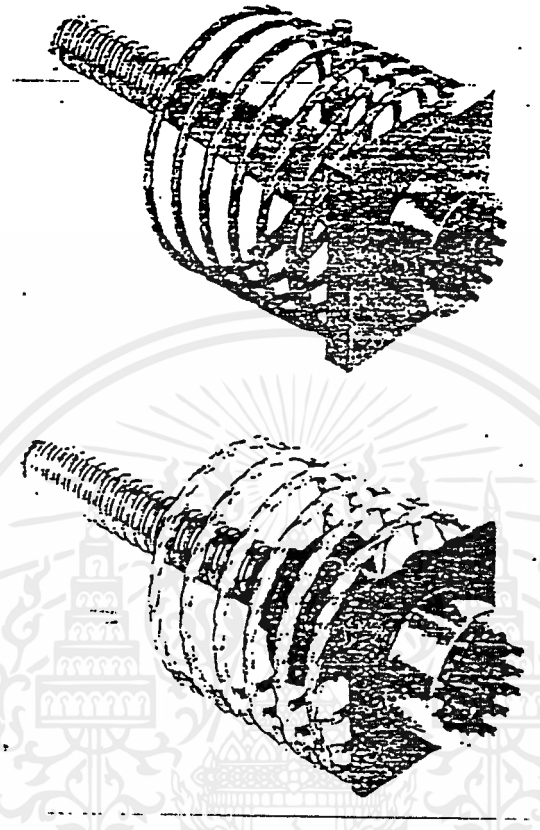
6. Sleeve : เป็นส่วนที่ลวดอัดแรงผ่านจาก Duct เข้าสู่ Anchor Head ในกรณีที่ Base Plate เป็นแบบเหล็กหล่อ Sleeve จะเป็นส่วนหนึ่งของ Base Plate ด้วย

3.2 <u>ชนิดของอุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง</u> อุปกรณ์ยึดสามารถแบ่งตามลักษณะการใช้งานได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Stressing Anchorage : เป็น Anchorage ที่ใช้ในด้านที่ทำการดึงลวดอัดแรง Stressing Achorage นี้สามารถติดตั้งเพื่อทำการดึงลวดอัดแรงในเส้นเดียวกันจาก 2 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

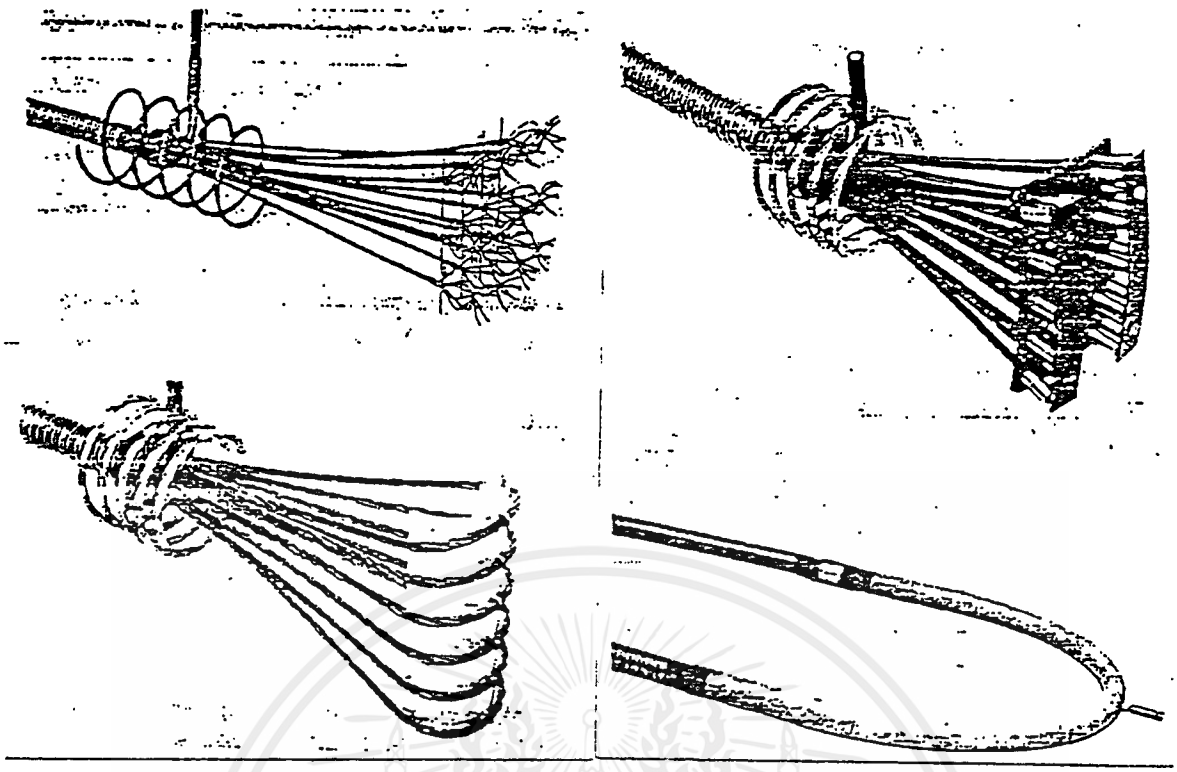
เพื่อลด ความสูญเสียของแรงภายในลวด เนื่องจากแรงเสียดทานหรือใช้ตั้งแทน Dead End Anchorage ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป



รูปที่ 5-24 Stressing Anchorages

2. Dead End Anchorage เป็นอุปกรณ์ยึดที่ใช้ในด้านที่ไม่ได้ทำการดึงลวดเหล็กอัดแรงจึงเป็นด้านที่ทำหน้าที่รั้งลวดเหล็กอัดแรงไว้ โดยอาศัยแรงยึดเหนี่ยวระหว่างลวดเหล็กอัดแรงและคอนกรีต และในกรณีที่ต้องการกำลังต้านทานที่สูงขึ้น ก็สามารถใช้ Steel Plate เข้าช่วยเพื่อถ่ายแรงในลักษณะของ Bearing Pressure ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-25 Dead End Anchorage

3.3 <u>การทดสอบอุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง</u> การทดสอบอุปกรณ์แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Dynamic Test เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการรับแรงดึงของ Anchorage โดยเฉพาะส่วนของ Wedge เปรียบเทียบกับค่าแรงดึงประลัยต่ำสุดของลวดอัดแรง

2. Static Test เป็นการทดสอบเพื่อหาค่าความสามารถในการรับแรงดึงของ End Block เปรียบเทียบกับค่าแรงดึงประลัยต่ำสุดของลวดอัดแรง

3.4 <u>การออกแบบ End Block</u> : AASHTO ได้แบ่ง Zone ที่มีผลต่อเนื่องจากการถ่ายแรงของอุปกรณ์ยึดเข้าสู่ Concrete ดังนี้

1. General Zone ได้แก่บริเวณหลังอุปกกรณ์ยึดตามแนวของกลุ่มไปถึงระยะเท่ากับความลึกของโครงสร้าง โดยที่ความลึกของ General Zone เท่ากับความลึกของโครงสร้าง

2. Local Zone ได้แก่บริเวณที่อยู่ติดกับอุปกรณ์ยึดโดยรอบมีระยะตามแนวของกลุ่มลวดเท่ากับความยาวของตัวอุปกรณ์ยึด (Anchorge) และกว้างเท่ากับ ขนาดของ Bearing Plate บวกกับค่า Clearance ต่ำสุดของ Plate

4. **น้ำปูนที่ใช้ในการอัดท่อ**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.7 การเตรียมงานและติดตั้งอุปกรณ์ในงานคอนกรีตอัดแรงแบบดึงเหล็กภายหลัง

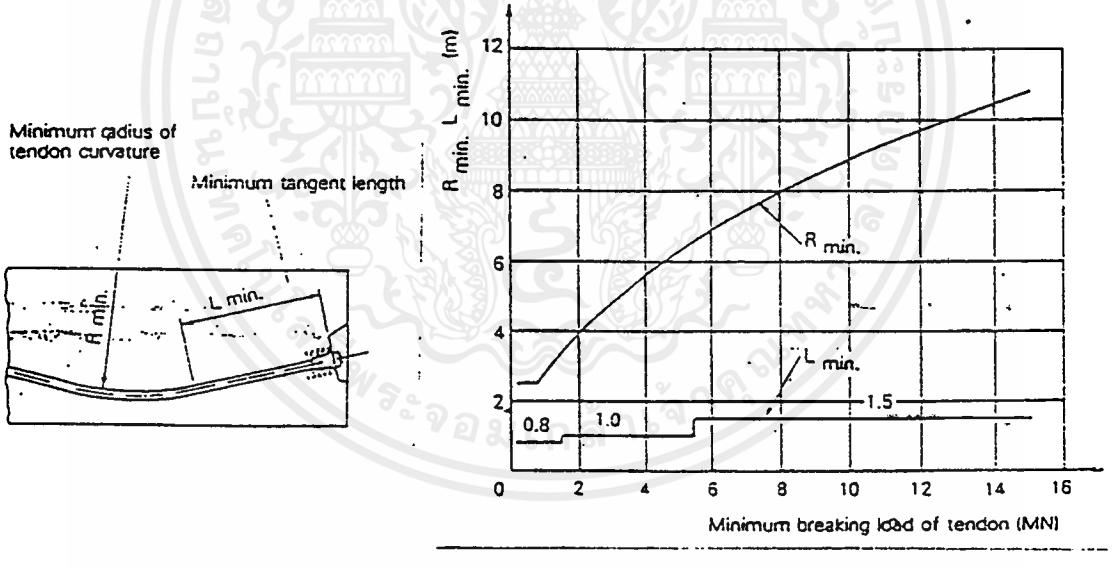
5.7.1 ท่อหุ้มลวดเหล็กอัดแรง (Ducts)

ก่อนที่จะทำการติดตั้งท่อ จะต้องทำการศึกษาถึงการวาง Profile ตลอดจนขั้นตอนในการติดตั้งจากแบบให้ชัดเจน และประสานงานกับ Main Contractor เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดขึ้น

ท่อหุ้มลวดเหล็กอัดแรง จะต้องสะอาดปราศจากสนิม ไม่เป็นรอยบุบหรือไม่มีรูรั่วใด ตลอดความยาวท่อ ส่วนท่อที่มีความเสียหายเฉพาะที่ปลายสามารถตัดส่วนปลายทิ้งแล้วนำมาใช้ได้

5.7.2 อุปกรณ์ยึดลวดเหล็กอัดแรง (Anchorages)

การติดตั้งอุปกรณ์ยึดนอกเหนือจากตัวอุปกรณ์ยึดเองที่จะต้องติดตั้งให้ถูกต้องตามตำแหน่ง Tendon Profile ช่วงที่จะเข้าสู่อุปกรณ์ยึดก็ควรจะปรับให้เป็น Tanget เพื่อลดการเสียดสีของกลุ่มลวดอัดแรง ช่วงที่เริ่มผายก่อนผ่านเข้า Anchor Head ความยาวของ Tangent ที่เหมาะสมจะสัมพันธ์กับค่าแรงดึงประลัยต่ำสุดของลวดอัดแรง ดังแสดงในกราฟข้างล่างนี้



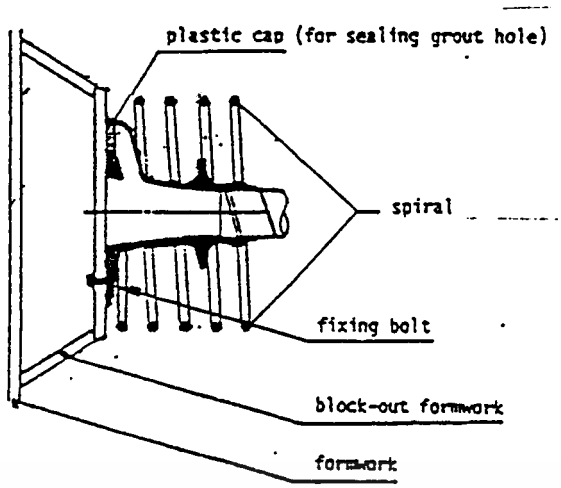
รูปที่ 5-26 ความยาวของ Tangent ที่เหมาะสม

1. การติดตั้ง Casting

ขั้นตอนในการติดตั้งอุปกรณ์ยึดติดเข้ากับ แบบหล่อคอนกรีต สามารถสรุปได้ดังนี้

- ยึด Casting เข้ากับแบบหล่อโดยใช้ Bolts ในขณะที่ทำการติดตั้งให้ตรวจสอบให้แน่ใจว่า Grout Conection อยู่ด้านบน ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5-27 การติดตั้งอุปกรณ์ยึดเข้ากับ Formwork

- ในการติดตั้งด้านหน้าของ Plate จะต้องตั้งฉากกับแนวแกนของCable เสมอ
- Bearing Plate อาจถูกติดตั้งเข้ากับปลายของแบบหล่อของโครงสร้างโดยตรงหรืออาจติดตั้ง เข้ากับ Block-Out ขึ้นกับลักษณะของการก่อสร้าง
- ปิด Grout Connection ให้เรียบร้อยก่อนการเทคอนกรีต
- แบบหล่อของโครงการจะต้องมีช่องเปิดตามแนวแกนของ Cable ในกรณีที่มีการวาง Cable หรือมีการดัน Strand ผ่าน Duct ก่อนที่จะเทคอนกรีต

2. การติดตั้ง Anchor Head

โดยปกติแล้ว Anchor Head ที่ถูกส่งถึง Site งานจะได้รับการเคลือบด้วยสารป้องกันการสึกกร่อน ซึ่งทำหน้าที่ช่วยในการหล่อลื่น Wedge ในขณะที่เกิดการ Drawn-In หลังจากปล่อยลวดอัดแรงแล้วด้วย ดังนั้นจึงต้องดูแลรักษาให้ผิวของ Anchor Head สะอาดปราศจากฝุ่นและสนิมอยู่เสมอ

<u>สิ่งที่ต้องปฏิบัติก่อนการติดตั้ง Anchor Head</u>

- ตรวจสอบความยาวของปลายลวดอัดแรงที่โผล่พ้นจาก Bearing Plate ถ้า Stand เส้นใดเส้นหนึ่งมีความยาวไม่เพียงพอ ก็ให้ดึงให้ได้ความยาวที่ต้องการ (ทำได้โดยการใช้ความยาวของลวดที่เกิดการ Sag)
- ทำความสะอาดปลายลวดอัดแรง ให้ปราศจากฝุ่นและเศษปูนหรือคอนกรีต และควรสามารถขยับไปมาได้ในระยะที่สามารถทำงานได้สะดวก
- ตรวจสอบให้แน่ใจว่า ด้านหน้าของ Base Plate ตั้งได้ฉากกับแนวแกนของ Cable

การติดตั้ง Anchor Head จะต้องทำในลักษณะที่ไม่เกิดการพาดซ้อนกันไปมาระหว่าง Strand ที่ร้อยเข้าในช่องของ Anchor Head ซึ่งการจัด Anchor Head ที่ถูกต้องขึ้นอยู่กับจำนวนของ Strand และขนาดของ Jack ที่ใช้และจะต้องทำตามคำแนะนำของผู้ผลิตโดยเคร่งครัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดตั้งเหล็กเสริมเพื่อรับแรงที่เกิดขึ้นใน End Block ได้แก่เหล็ก Spiral สำหรับ Local Zone และเหล็กปลอกสำหรับ General Zone ดังกล่าวถึงต่อไป จะต้องยึดให้มั่นคงและมีจำนวนครบถ้วนตามที่กำหนดในแบบ

แบบ Block-Out จะต้องแข็งแรงและมีขนาดถูกต้องตามแบบ

5.7.3 **ข้อควรสังเกตในการดึงลวดอัดแรง**

ในขณะที่ทำการดึงลวดอัดแรง จะต้องคอยสังเกตการเปลี่ยนแปลงต่างๆที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในกลุ่มลวดอัดแรง, สมอยึด, และแม่แรง สิ่งที่ควรสังเกต สามารถสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

1. กลุ่มลวดอัดแรง

- พฤติกรรมของกลุ่มลวดในขณะที่ถูกดึง
- ความแตกต่างของค่าความยืด (Elongation) ระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่เกิดขึ้นจริง
- มีการอุดตันของน้ำปูนในท่อหรือไม่
- มีการขาดของเส้นลวดอัดแรงหรือไม่

2. สมอยึดลวด (Anchorage)

- การถอยร่นของ Wedge ที่ปลายด้านอัดแรง (Stressing End) และปลายด้านตรงข้าม (Dead End)
- การแตกหักของ Wedge
- ความเสียหายที่ผิวของกลุ่มลวดเนื่องจากแรงเสียดทานด้านข้าง
- การเคลื่อนตัวของ Anchor Head ในแนวนอน
- การถอยร่นของกลุ่มลวด (Slipping Of Strand)
- พฤติกรรมของคอนกรีตบริเวณรอบๆ อุปกรณ์ยึด ได้แก่ รอยร้าวที่ผิดปกติเป็นต้น
- การแตกร้าวของ Anchor Head

3. แม่แรง (Stressing Jack)

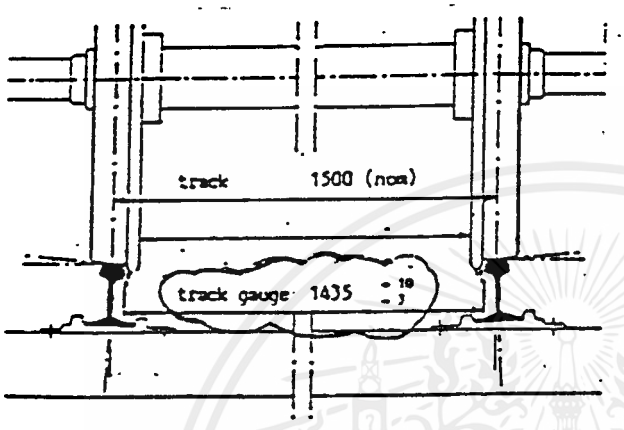
- บริเวณรอบด้านที่ใช้ในการทำงานของแม่แรง
- แม่แรงจะต้องวางให้ถูกตำแหน่ง กับ Anchor Head
- ตัวลิ่มที่ใช้จับลวดในแม่แรง
- ค่าที่อ่านจาก Pressure Gauge
- ระวังการยึดตัวของกระบอกสูบในแม่แรง
- Safety Valve ของแม่แรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

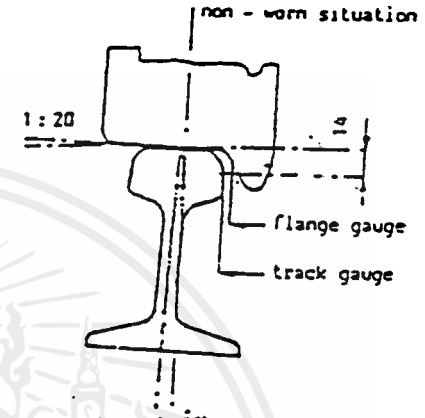
บทที่ 6
งานรางรถไฟ

6.1 ข้อมูลทั่วไป

6.1.1 ความกว้างรางรถไฟ



รูปที่ 6-1 ความกว้างของรางรถไฟ



ตำแหน่งที่วัดเกจ

รูปที่ 6-2 ตำแหน่งที่วัดเกจ

เกจแคบ 750 mm - บางส่วนของประเทศอินโดนีเซีย

1000 mm - บางส่วนของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ รถราง ฯลฯ (ประเทศไทย)

1067 mm - ประเทศแอฟริกาใต้ ,ญี่ปุ่น ,อินโดนีเซีย

เกจมาตรฐาน 1435 mm - เป็นเกจที่ออกแบบโดย นายสตีเวนสัน และเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป ในโครงการนี้ใช้ความกว้างรางขนาดนี้

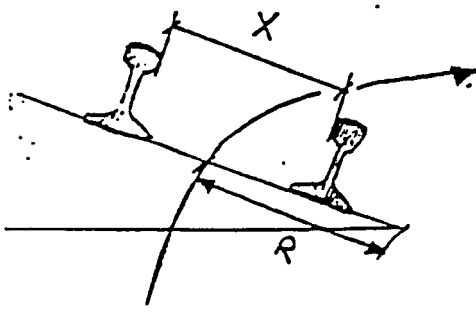
เกจกว้าง 1524 mm - ประเทศรัสเซีย ,ฟินแลนด์

1665 mm - ประเทศโปรตุเกส

1667 mm - ประเทศสเปน

ในทางโค้ง บางครั้งจำเป็นต้องขยายความกว้างเกจ ดังเช่น

1435 mm	R > 200 m
1442 mm	140 < R < 200 m
1448 mm	110 < R < 140 m
1454 mm	R < 110 m



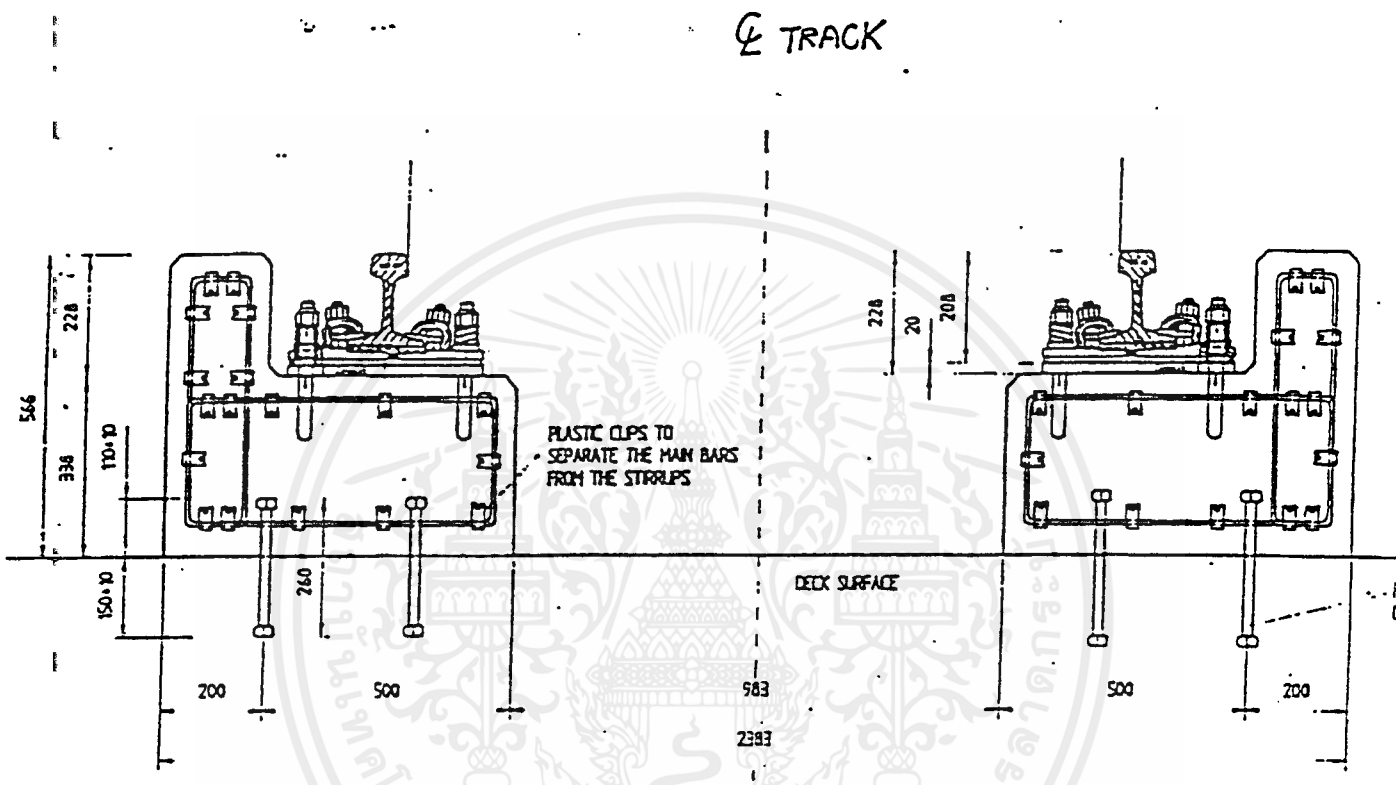
รูปที่ 6-3 การขยายความกว้างเกจในทางโค้ง

แต่สำหรับงาน BTS นี้ไม่จำเป็นต้องขยายรางในทางโค้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.2 งานทางรถไฟ

สำหรับงานรถไฟฟ้า BTS เป็นทางรถไฟแบบบน Slab(Concrete) โดยติดตั้งยึดติดกับพื้นผิวคอนกรีต



รูปที่ 6-4 รูปตัดแสดงรางรถไฟ

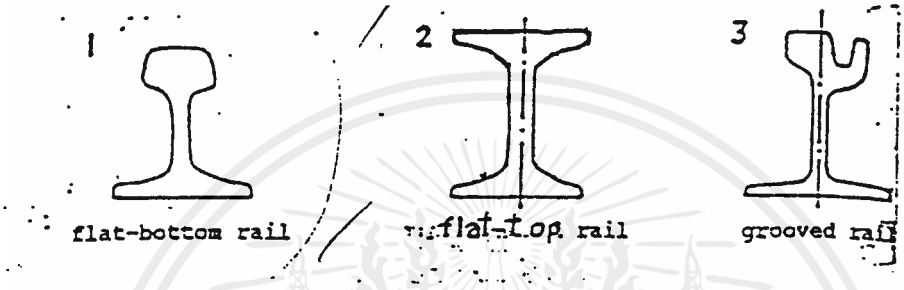
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.1.3 **ข้อควรรู้เกี่ยวกับรางรถไฟ**

- รางรถไฟในทางโค้งจะเป็นรางคนละชนิดกันกับทางตรง รางทางโค้งต้องการความแข็งแรงสูงกว่า เหนียวกว่า ต้องป้องกันการสึกหรอได้ดีกว่า

- สำหรับโครงการรถไฟฟ้า BTS นี้รางที่ใช้ในสถานีกับนอกสถานีจะแตกต่างกัน คือ ในสถานี รางรถไฟจะแข็งแรงสูงกว่า เหนียวกว่ารางรถไฟธรรมดา (ทางตรง)

- รางรถไฟมีมากมายหลายรูปแบบ เช่น



รูปที่ 6-5 รูปแบบของรางรถไฟ

- รางรถไฟของการรถไฟแห่งประเทศไทย กับรางรถไฟฟ้า BTS จะไม่เท่ากัน การรถไฟแห่งประเทศไทยจะใช้แบบ BS 100 = น.น. 50 kg/m ส่วนของรถไฟฟ้า BTS จะใช้เป็นแบบ UIC 60 = น.น. 60 kg/m

รางรถไฟมีมากมายหลายขนาด เช่น UIC 54 ,UIC 60 ,BS 80 ,BS 100 ขึ้นกับน้ำหนักบรรทุกของตัวรถไฟ

มาตรฐานรางรถไฟที่นิยมใช้ UIC (ยุโรป) ,BS (อังกฤษ) ,AREA (อเมริกา)

วัสดุที่ใช้ทำรางรถไฟ เป็นเหล็กกล้าผสมคาร์บอนสูง C - 0.550-0.68% (แข็ง)

MN - 0.7-0.9 (เหนียว)

ความยาวรางมาตรฐาน 18 m 25 m ,สำหรับความยาวที่ใช้ = 18 m

- อายุการใช้ของรางรถไฟขึ้นกับ

- ความถี่ของการสัญจร
- น.น. ของตัวรถไฟ
- สภาพภูมิอากาศ

แต่โดยทั่วไปแล้ว การออกแบบจะให้ใช้ได้ประมาณ 30 ปี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การเชื่อมรางรถไฟของโครงการรถไฟฟ้า BTS จะใช้วิธีแบบเบ้าหลอม (Thermit)

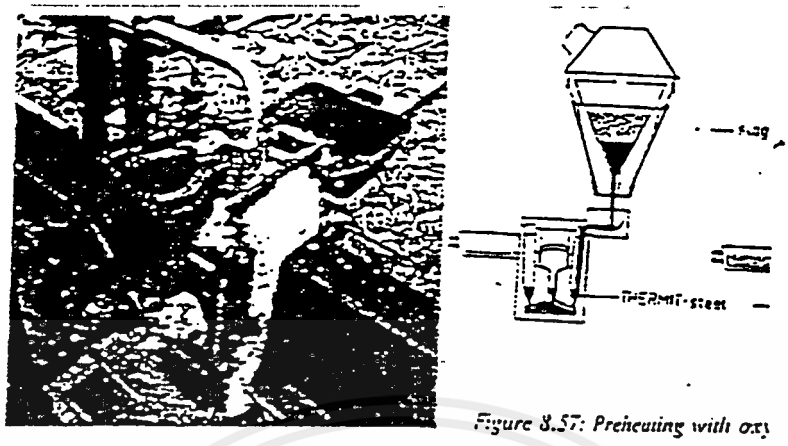
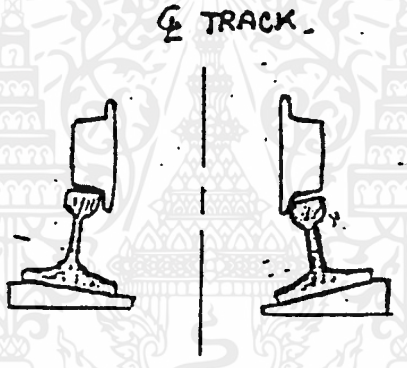


Figure 8.57: Preheating with oxy

รูปที่ 6-6 การเชื่อมรางรถไฟ

- ล้อรถไฟ และรางต้องวางเอียง ดังรูป



รูปที่ 6-7 การวางรางรถไฟเอียง

เพราะ - เกิดความสึกหรอต่ำ

- เกิดการไหลตัวน้อย
- เคลื่อนที่ได้ดีกว่า

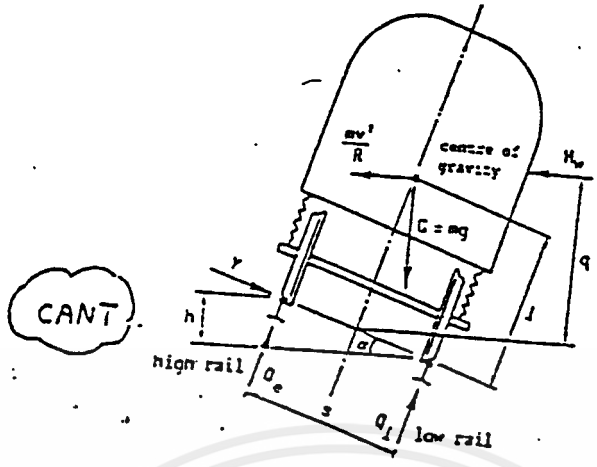
- ปีกล้อมีไว้เพื่อกันรถไฟตกราง (สำคัญมากในทางโค้ง)

- ค่ายกรางเอียง มีค่าเท่ากับ 1 : 20 (2.86°)

1 : 40 (1.43°) สำหรับงานรถไฟฟ้า BTS

- เมื่อรถไฟเร่งเข้าโค้ง ตัวรางจะยกสูงข้างหนึ่งเหมือนในถนน (เมื่อความเร็วสูง) โดยที่ค่ายกรางสูงนั้นจะเรียกว่า Cant หรือ Superelevation ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-8 ค่ายกรางสูงในทางโค้ง

6.1.4 เครื่องยึดเหนี่ยวรางรถไฟ (Rail Fastener)

เครื่องยึดเหนี่ยวรางรถไฟ (Rail Fastener) มีหลายรูปแบบโดยขึ้นกับ

1. รูปแบบรางรถไฟที่ใช้
2. รูปแบบการติดตั้ง
3. แรงกระทำจากน.น.รถไฟ
4. ความยืดหยุ่นในการปรับตัว เช่น สามารถปรับไปทางซ้าย-ขวา ,ขึ้น-ลงได้ง่าย

ในกรณีที่ต้องการจัดรางเข้าตำแหน่ง

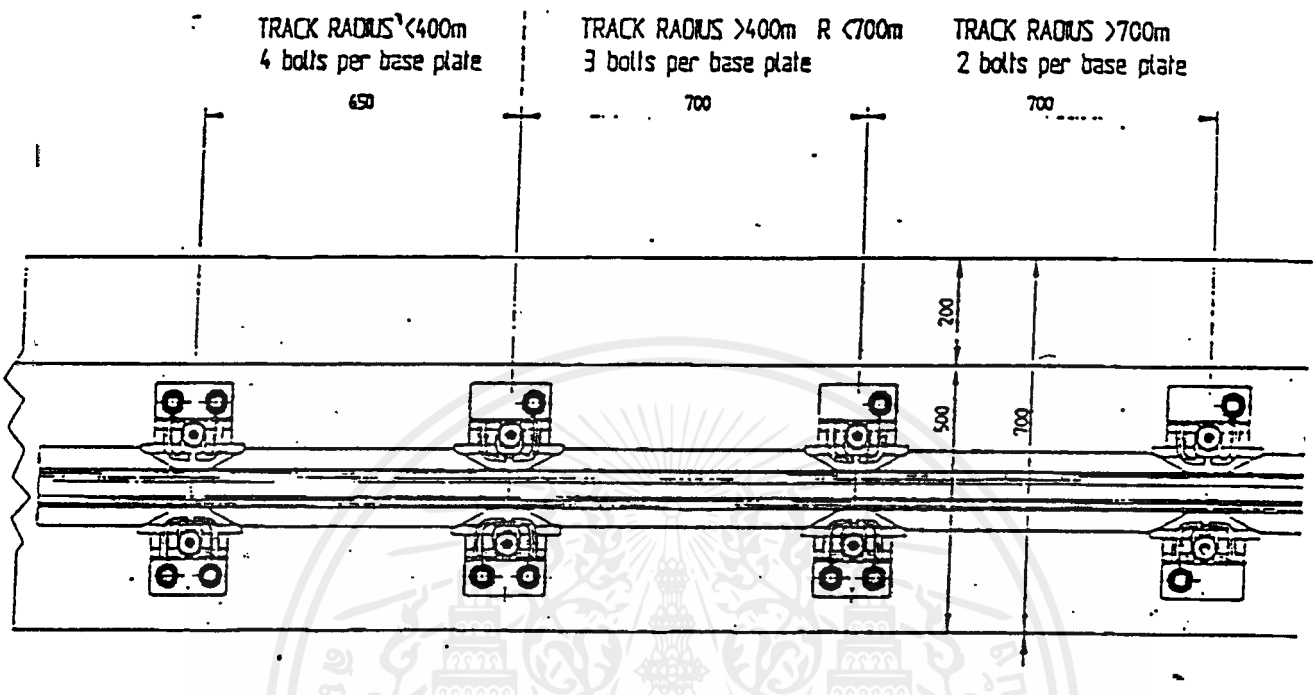
ระยะห่างในการติดตั้งเครื่องยึดเหนี่ยว

ระยะห่างในการติดตั้งเครื่องยึดเหนี่ยวทั่วไปมีค่าระหว่าง 60-90 cm ในกรณีพิเศษอาจมีค่า 20-45 cm งาน BTS นี้ระยะเครื่องยึดเหนี่ยว ในทางตรง A = 70±1 cm

ทางโค้ง R B 400 < R < 700 = 70±1 cm

C 400 < R = 65±1 cm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-9 เครื่องยึดเหนี่ยวรางรถไฟ

6.1.5 **ตัวสับรางรถไฟ (ประแจ** - Turnout)

วัสดุที่ใช้ทำประแจ จะใช้เหล็กกล้าผสมคาร์บอนปานกลาง

C - 0.5-0.6%

Mn - 0.9-1.2%

การสับรางมีด้วยกัน 2 วิธี

1.แบบกลไก (Mechanical) โดยใช้มือสับราง

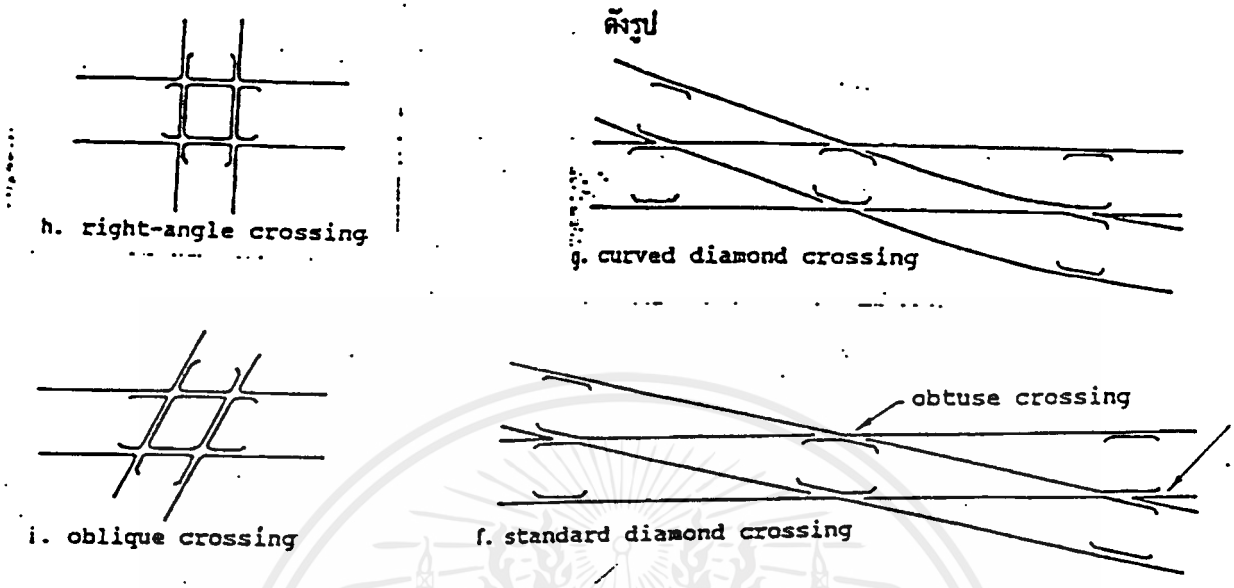
2. แบบระบบไฟฟ้า (Electrical) โดยติดตั้งระบบมอเตอร์ไฮดรอลิคส์ สำหรับโครงการนี้จะใช้วิธีนี้

6.1.6 **ทางรถไฟตัดผ่านกัน** (Crossing)

เมื่อรางรถไฟวิ่งตัดผ่านกันจำเป็นต้องอาศัยทางตัดผ่านดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

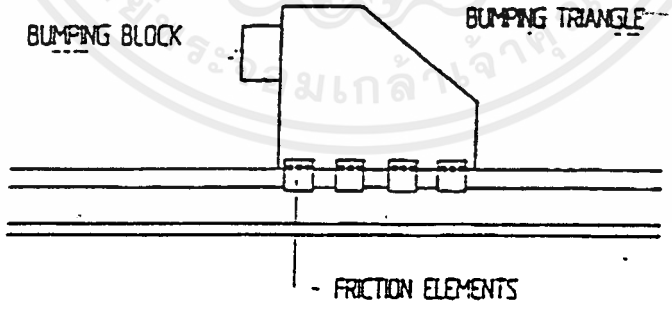
เมื่อทางรถไฟวิ่งตัดผ่านกันจำเป็นต้องอาศัยทางตัดผ่าน ดังรูป



รูปที่ 6-10 รูปแบบของทางรถไฟที่ตัดผ่านกัน

6.1.7 **ตัวหยุดรถไฟ** (Buffer Stop)

เป็นตัวรับแรงกระแทก เพื่อเบรครถไฟให้หยุด

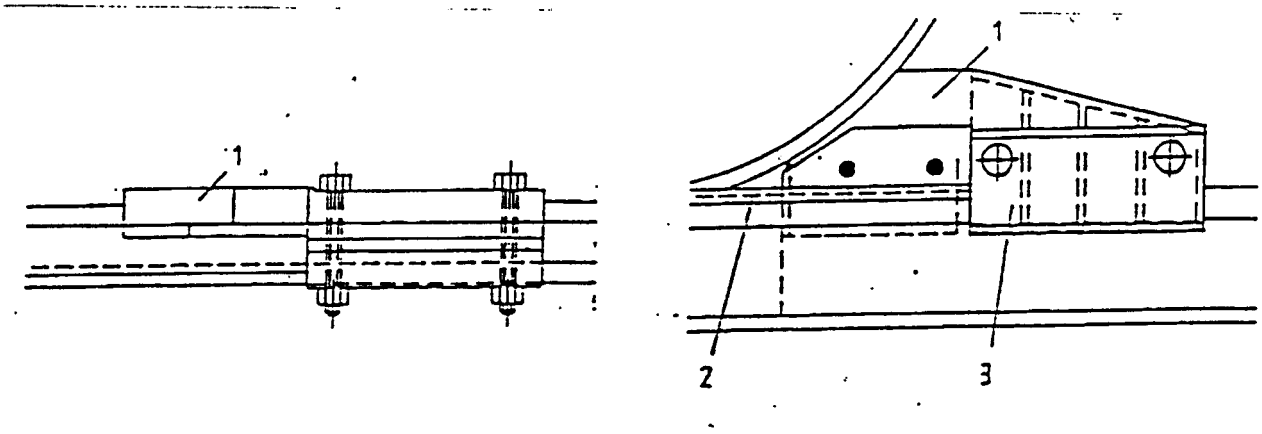


รูปที่ 6-11 ตัวหยุดรถไฟ

6.1.8 **ตัวพักล้อรถไฟ** (Wheel Stop)

ตัวพักล้อรถไฟมีให้รถไฟเกิดการเคลื่อนตัว

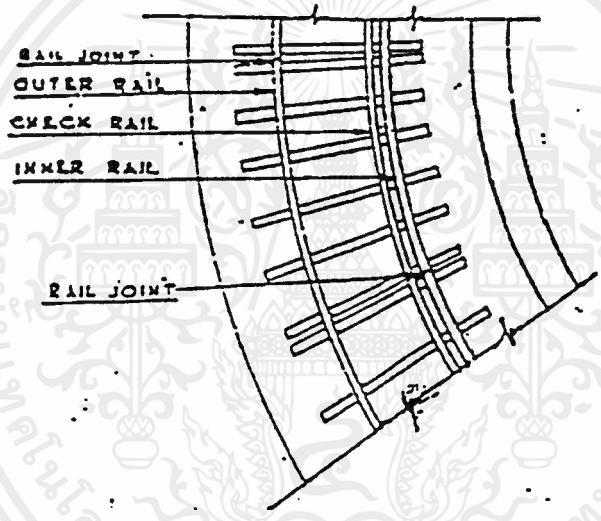
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-12 ตัวพักล้อรถไฟ

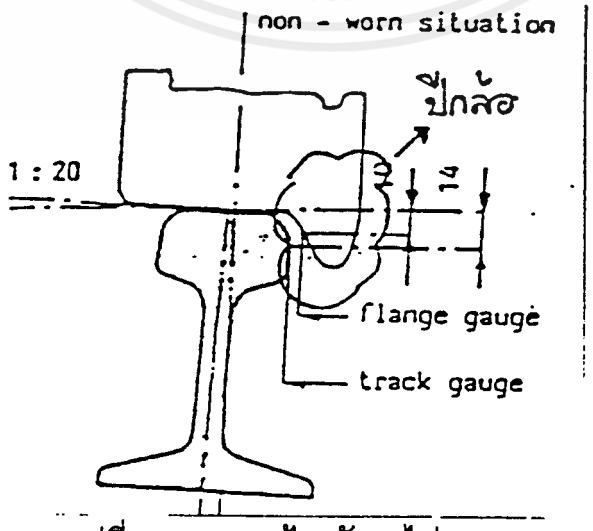
6.1.9 การป้องกันรถไฟตกราง

1. ในทางโค้ง ตัวสับราง จะใส่รางกันตก



รูปที่ 6-13a การป้องกันรถไฟตกราง

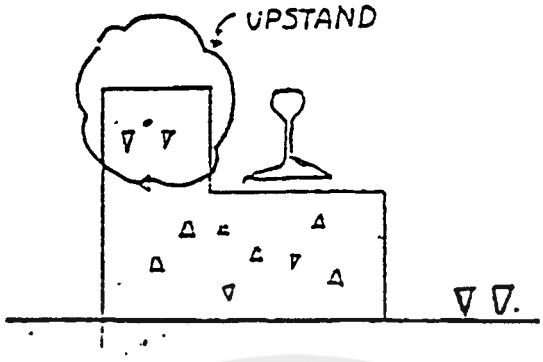
2. ที่ล้อของรถไฟจะมีปีกยื่นมาเพื่อกันตก



รูปที่ 6-13b การป้องกันรถไฟตกราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ส่วนที่ยื่นขึ้นมาของที่รองรับรางคอนกรีต



รูปที่ 6-13c การป้องกันรถไฟตกราง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 ขั้นตอนในการติดตั้งรางรถไฟ

1. ติดตั้งส่วนที่รองรับราง (Plinth)

- วางแนวของ Insulated Bolt ที่ใช้ยึด Plinth (Insulated Bolt จะหุ้มด้วยฉนวนอย่างดีเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าจากสนามแม่เหล็กและกันการผุกร่อน)
- กระเทาะพื้นผิวของทางวิ่งให้เป็นรอยขรุขระ
- หาตำแหน่งและติดตั้งชุดแบบในการหล่อ Plinth
- ติดตั้งเหล็กเสริม
- ติด Anchor Bolts และ วางแผ่นรองรางชั่วคราวแล้วปรับระดับให้ได้ตาม Cant และ ความกว้างของราง
- เทคอนกรีตหล่อ Plinth และหล่อลูกปูนเพื่อนำไปทดสอบ (ตัว Plinth จะมีการป้องกันการผุกร่อนที่เกิดจากสนามแม่เหล็กโดยใช้ Plastic Clip ในการผูกเหล็กเพื่อป้องกันการเป็น Loop ของกระแสไฟฟ้า
- เลื่อนแบบหล่อคอนกรีตไปยังตำแหน่งที่จะหล่อต่อไป
- หลังจากบ่มคอนกรีต แล้วก็รอการติดตั้งราง

2. ติดตั้งราง

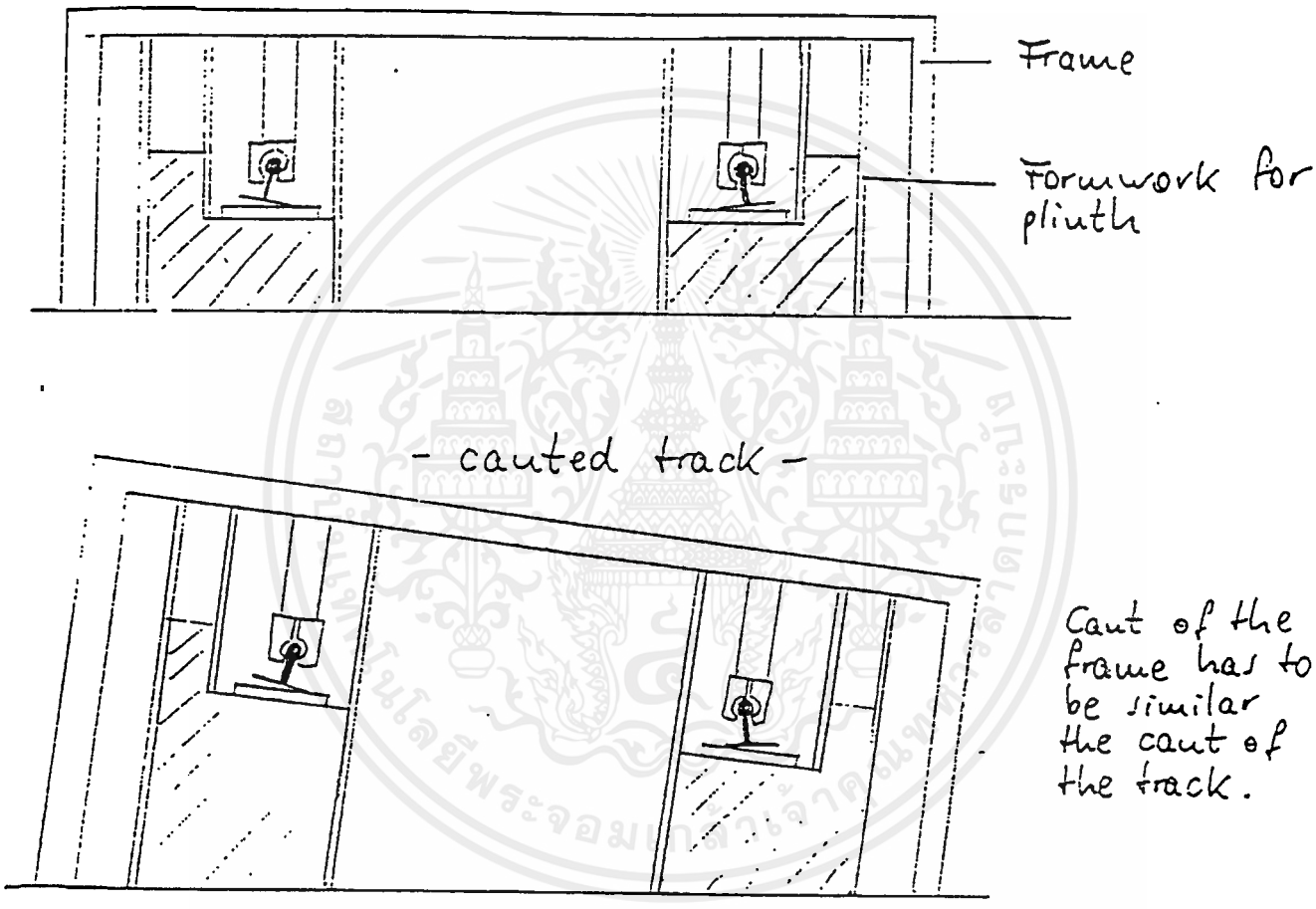
- เคลื่อนย้ายแผ่นรองและอุปกรณ์ยึดราง
- วาง Pad ,Elastic Pad และ Baseplate บน Anchor bolts
- ปรับระดับของแผ่นรองรับต่างๆ แล้ว Grout ปูนด้านล่างของ Pad
- ติด Insulating Bush ,Helical Spring ,Collard Washer และ Hexagon Nut แล้วขัน Nut
- ยกรางขึ้นมาโดยใช้ Crane และคานยก
- เชื่อมรางให้ได้ความยาวตามที่ต้องการซึ่งจะขึ้นอยู่กับรัศมีและความยาวสำหรับการดึง
- ตรวจสอบรอยเชื่อมโดยวิธี Geometrical และ Ultrasonic
- ยกรางที่เชื่อมแล้วไปวางบน Baseplate
- วาง T-head bolt ,Insulator ,Tension Clamp และ Washer บน Baseplate แล้วยึดเข้ากับราง
- ดึงรางให้ได้ระยะยืด(Elongation Length) ตามที่ต้องการ
- เชื่อมราง แล้วตรวจสอบรอยเชื่อม

3. ติดตั้งประแจ (ตัวสับราง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การเตรียม Shutter สำหรับทางยก Cant

- เคลื่อนย้าย Formwork เข้าตำแหน่งใหม่
- ตั้งแบบตามตำแหน่งที่ต้องการ
- ปรับตำแหน่งรางอ้างอิง (รางฝั่งต่ำ) ,ตรวจสอบการเอียงของราง (พิจารณาระยะ Cant)
- ปรับระดับยกรางสูง (Cant) ,ตรวจสอบการเอียงของราง
- ปรับความกว้างของรางให้ถูกต้อง โดยที่รางต้องเอียงอย่างถูกต้องแล้ว

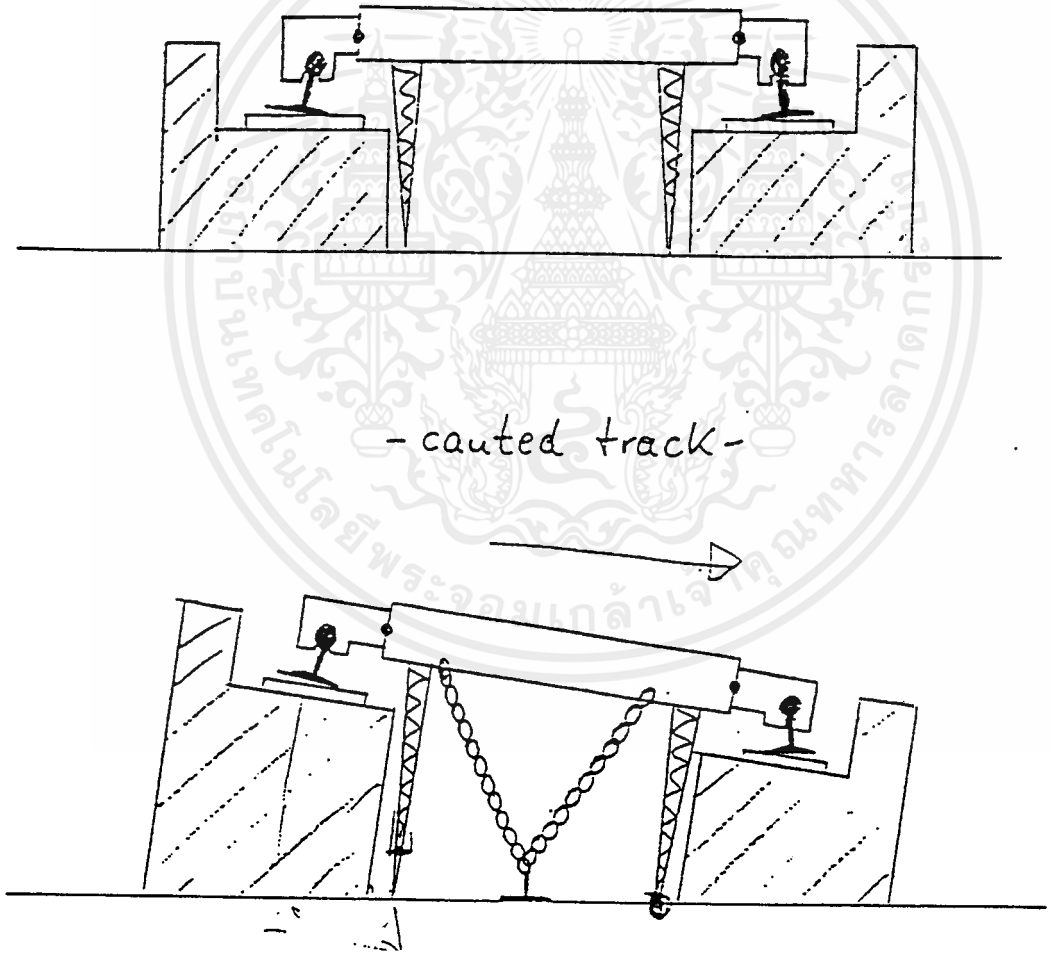


รูปที่ 6-14 การเตรียม Shutter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

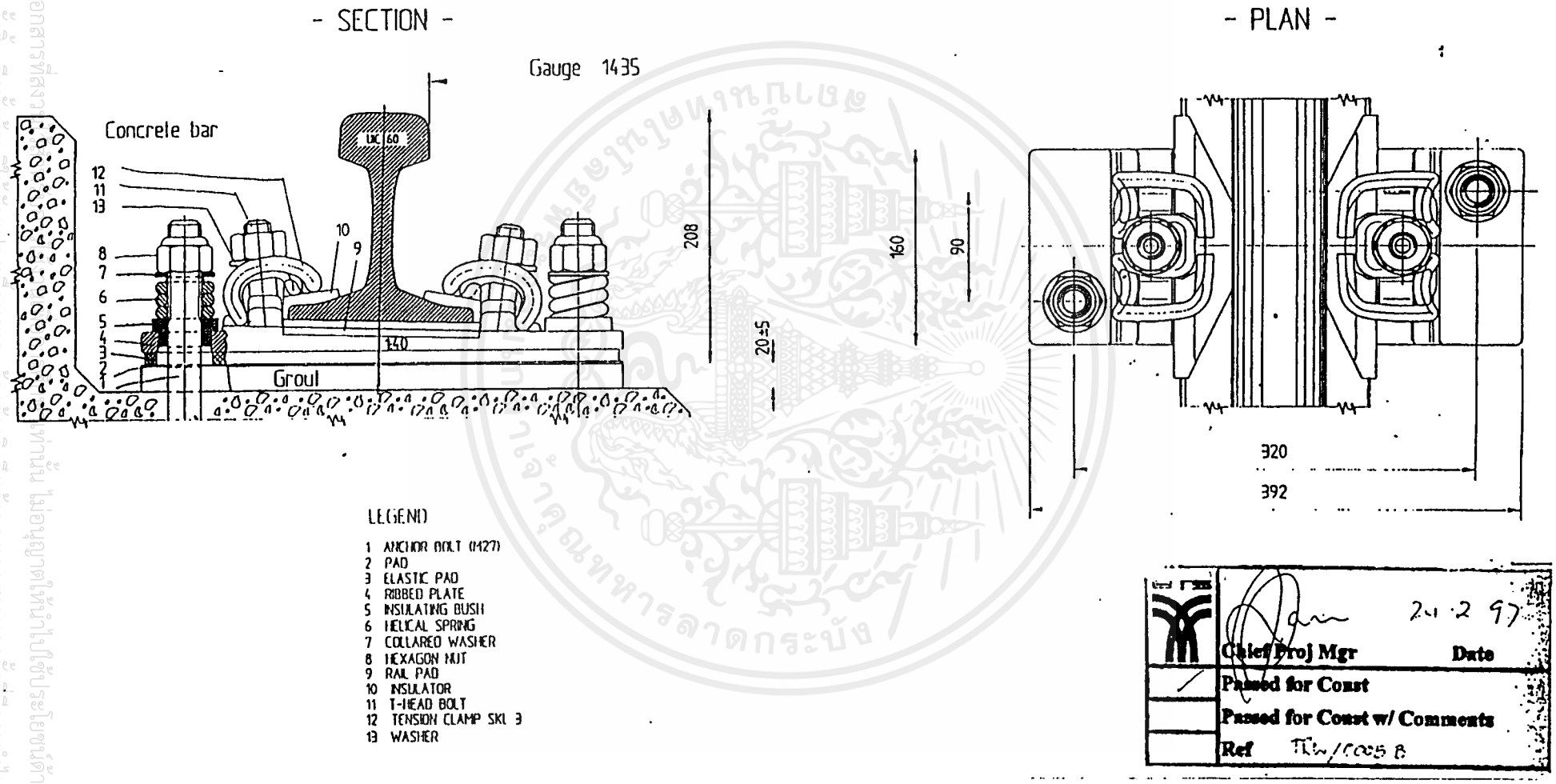
6.4 การเตรียม Gauge Bar สำหรับทางยก Cant

- ตั้งแบบที่ตำแหน่งที่ต้องการ แล้วติดตั้งเหล็กที่ใช้ยึด Gauge Bar ไว้ที่พื้นระหว่าง Plinth ทั้งสองข้าง
- ติดตั้ง Guage Bar และรางชั่วคราว
- เตรียมรางแบบที่ไม่มีการยก Cant ,ตรวจสอบและปรับความเอียงของราง ,ป้องกันการเอียงของรางที่อยู่ต่ำกว่า
- ยก Guage Bar ให้ได้ตามระยะ Cant แล้วยึด Guage Bar ด้วยโซ่
- ปรับตำแหน่งด้านข้างและด้านบนของรางอ้างอิง
- ปรับค่ายกราง (Cant) โดยยกรางที่อยู่บน ขึ้น-ลง
- ปรับตั้งความกว้างของรางให้ถูกต้อง (รางที่เอียงถูกต้อง)

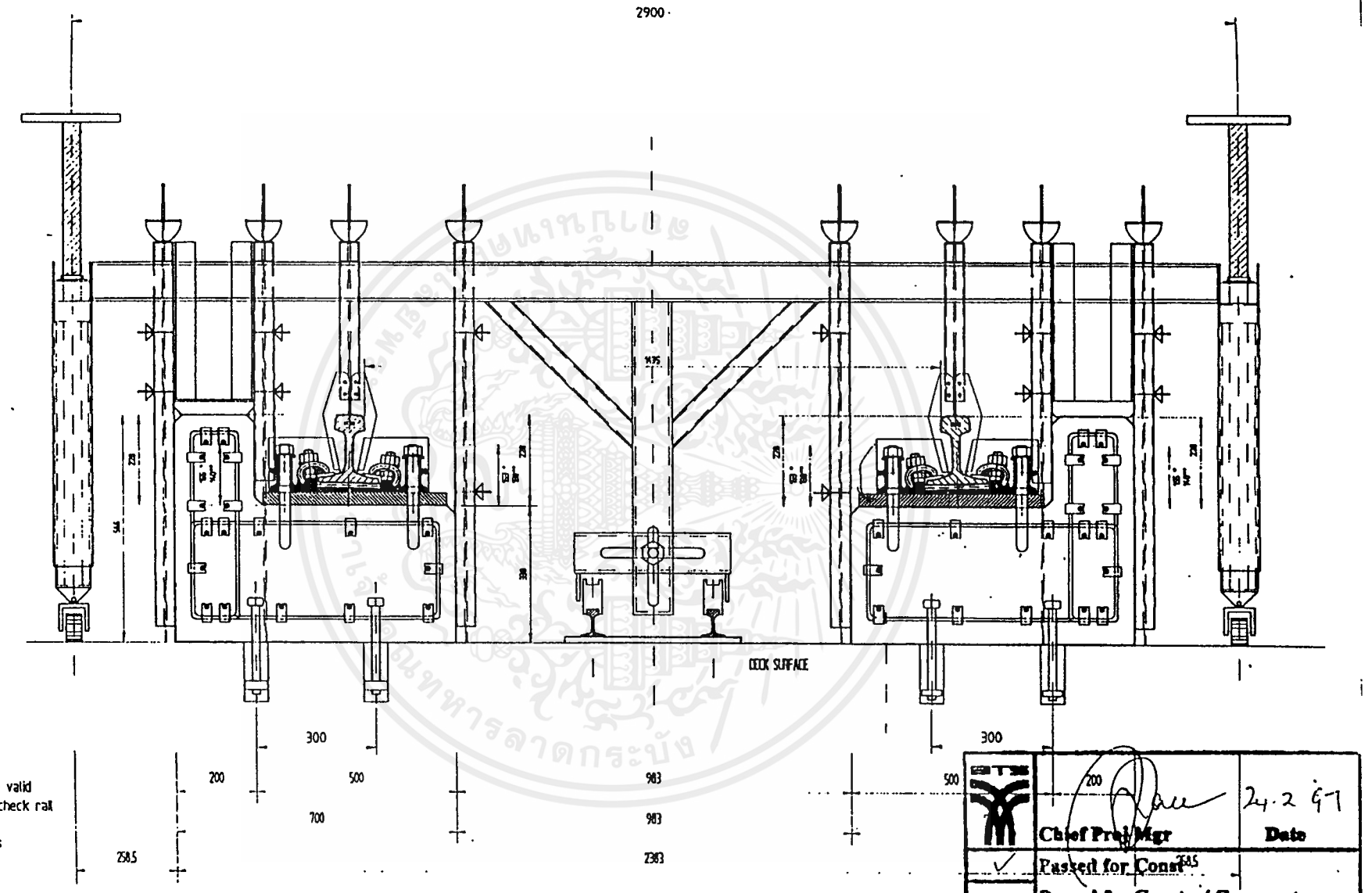


รูปที่ 6-15 การเตรียม Guage Bar

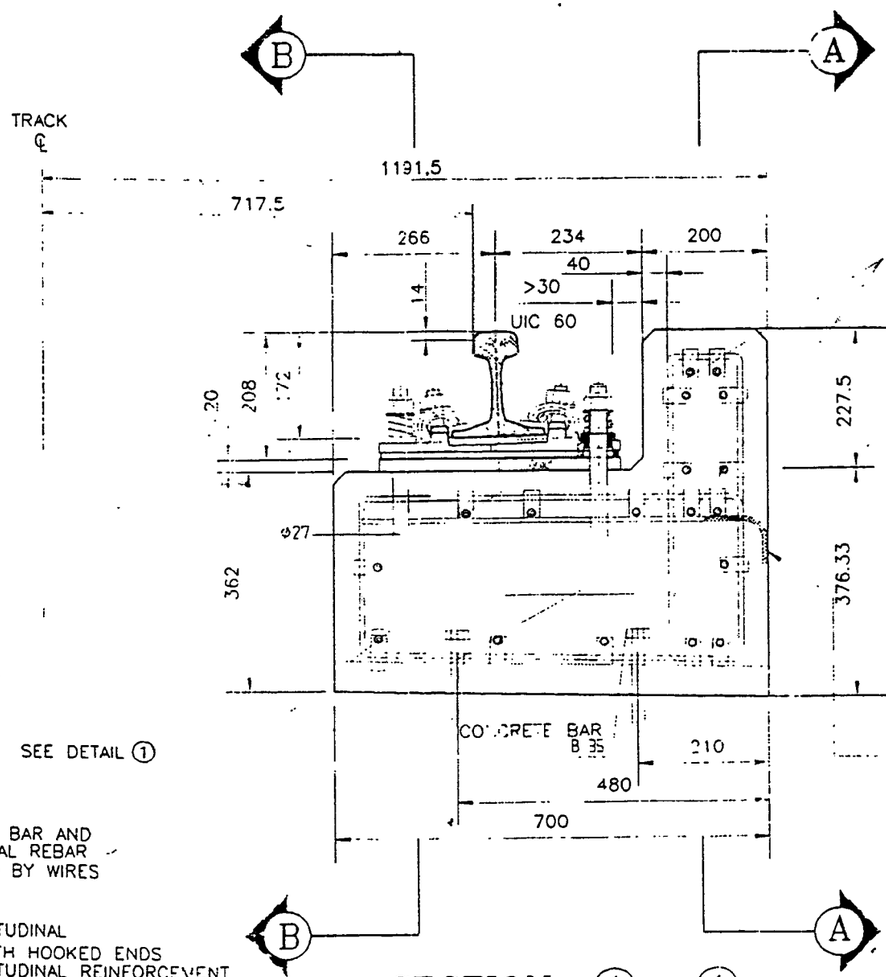
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6-16 แสดงส่วนประกอบของราง

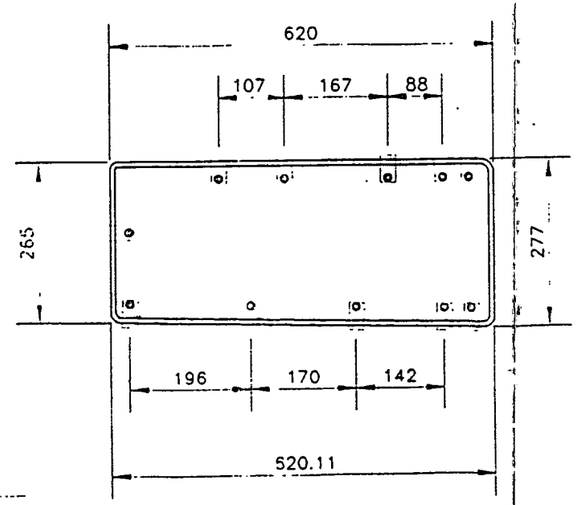


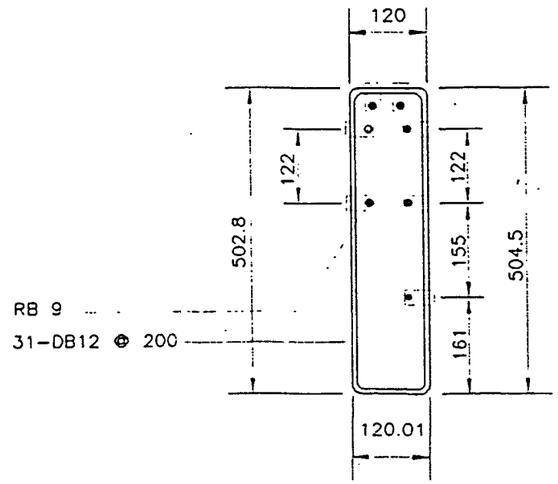
รูปที่ 6-16 แสดงรายละเอียดของ Shutter



SECTION ① – ①

SCALE 1 : 10

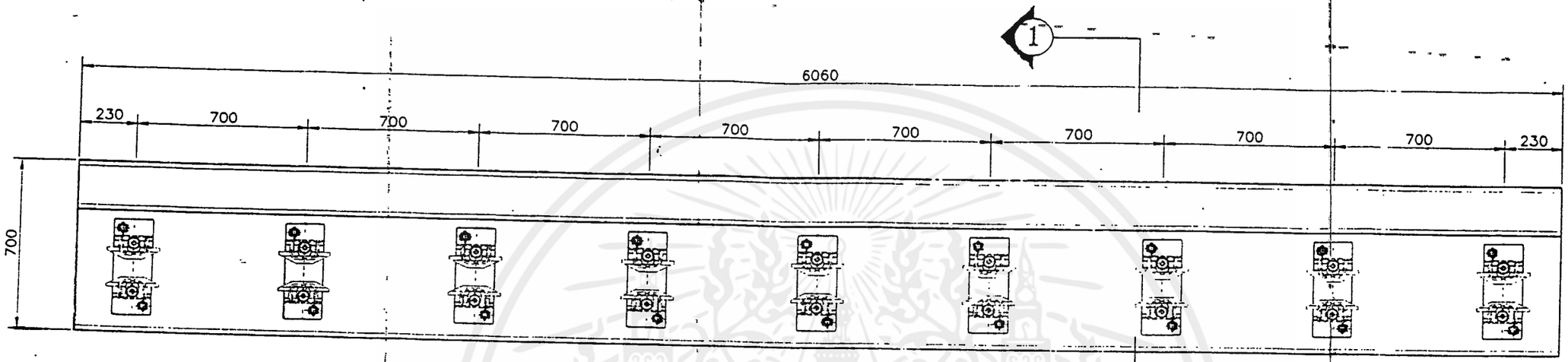




REBAR DETAILS

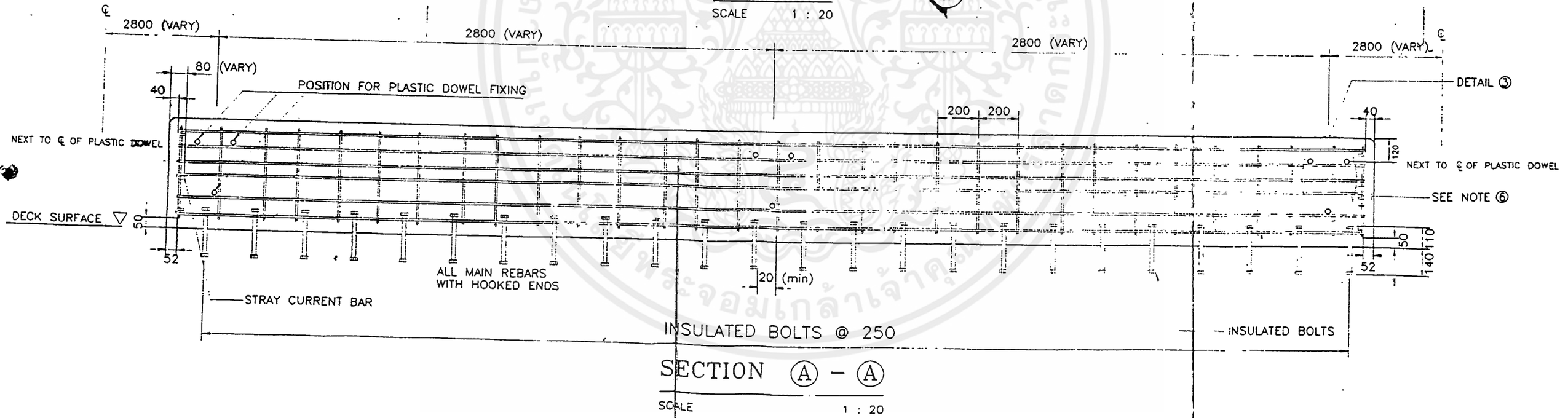
SCALE 1 : 10

รูปที่ 6-17a แสดงรายละเอียดอื่นๆ ของรางรถไฟ



PLAN

SCALE 1 : 20

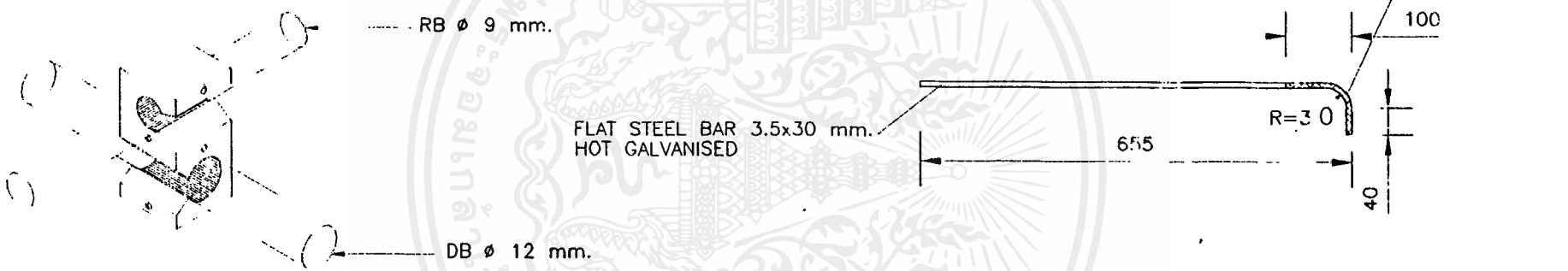


SECTION Ⓐ – Ⓐ

SCALE 1 : 20

รูปที่ 6-17b แสดงรายละเอียดอื่น ๆ ของรางรถไฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DETAIL ① PLASTIC CLIP

SCALE NTS

DETAIL ② STRAY CURRENT BARS

SCALE 1 : 10

รูปที่ 6-17c แสดงรายละเอียดอื่นๆ ของรางรถไฟ

บทที่ 7
อุปกรณ์กันเสียง (Noise Barrior)

7.1 ลักษณะของ Noise Barrior

มีลักษณะเป็นแผ่นคอนกรีตใยแก้ว (Glassfibre-Reinforced Concrete:G.R.C.) น้ำหนักของแผ่นประมาณ 180 kg/ชิ้นมาตรฐาน มีส่วนผสมของปูน ,ทราย , น้ำ ,ใยแก้ว ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้น้ำหนักเบา และแผ่นคอนกรีตบางขึ้น สามารถรับน้ำหนักได้ดี แผ่น Parapet นี้ จะผลิตที่โรงงานที่วิหารแดง จังหวัดสระบุรี

7.2 อุปกรณ์และส่วนประกอบ

1. Bracket เป็นตัวรองรับ H-Column ติดตั้งโดยมีระยะห่างกัน 2,800 mm
2. H-Column มีขนาด 100x100x2 kg/column ระยะห่างกัน 2,800 mm
3. G.R.C. Beading พร้อม Galvanized Steel Framing มีความยาวประมาณ 3,000 mm มีน้ำหนักประมาณ 76 kg ต่อชุด
4. G.R.C. Cover Plate มีความยาวประมาณ 2,800 mm น้ำหนักประมาณ 60 kg ต่อชุด
5. G.R.C. Panel พร้อม Galvanized Steel Framing มีขนาดประมาณ 1200x2800 mm มีน้ำหนักประมาณ 234 kg ต่อชุด
6. GALV. Steel Pipe พร้อม Piping Clamp Fixing มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 inch หนา 2.5 mm
7. P.C. Cable Trough มีขนาด 600x530x500 mm มีน้ำหนักประมาณ 148 kg ต่อชุด
8. Cable Box Bracket
9. กระเช้าสำหรับติดตั้ง Noise Barrior

7.3 ขั้นตอนการขนส่งและการติดตั้ง

1. ขนส่งชิ้นส่วนของแผ่น Parapet จากวิหารแดงมายัง Span ที่จะติดตั้ง
2. ลำเลียงแผ่น Parapet ขึ้นไปบน Viaduct โดยใช้ Hydraulic Crane เป็นตัวยก ซึ่งจะยกวางใกล้ตำแหน่งหัวเสาจุดละ 2 Span
3. ทำการ Survey หาระดับที่จะติดตั้งตัว Bracket และ Cable Block Bracket
4. ติดตั้ง Bracket
5. ติดตั้งเสา (H-Column)
6. ติดตั้ง Beading โดยให้ขอบบนเสมอกับผิวบนของ Bracket โดยใช้ Bolt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ติด Cover Plate โดยใช้ Screw

8. ติด Parapet โดย Off Set ระดับขอบบนด้านในทางไว้ที่เสา ยึดด้วย Bolt

9. ติด Pipe Rail โดยใช้ Clamp รัด

10. ติดตั้ง Cable Through โดยวัด Off Set จากระยะที่ให้ไว้บนพื้นทาง และ Check ระดับที่มุมทั้ง 2 ข้างของ Cable Through ไม่มีฝาปิด

Cable Through เรียงจากปลาย 2 ข้างเข้ามา ตรงกลาง ชิ้นพิเศษตรงกลาง Span จะหล่อในที่ ชิ้นริมด้านหนึ่งจะเป็นชิ้นขนาด 1.00 m วัดจากขอบเข้ามาให้รอยต่อแบ่งครึ่งที่ 0.25 m อยู่ตำแหน่ง Center ของ Pier

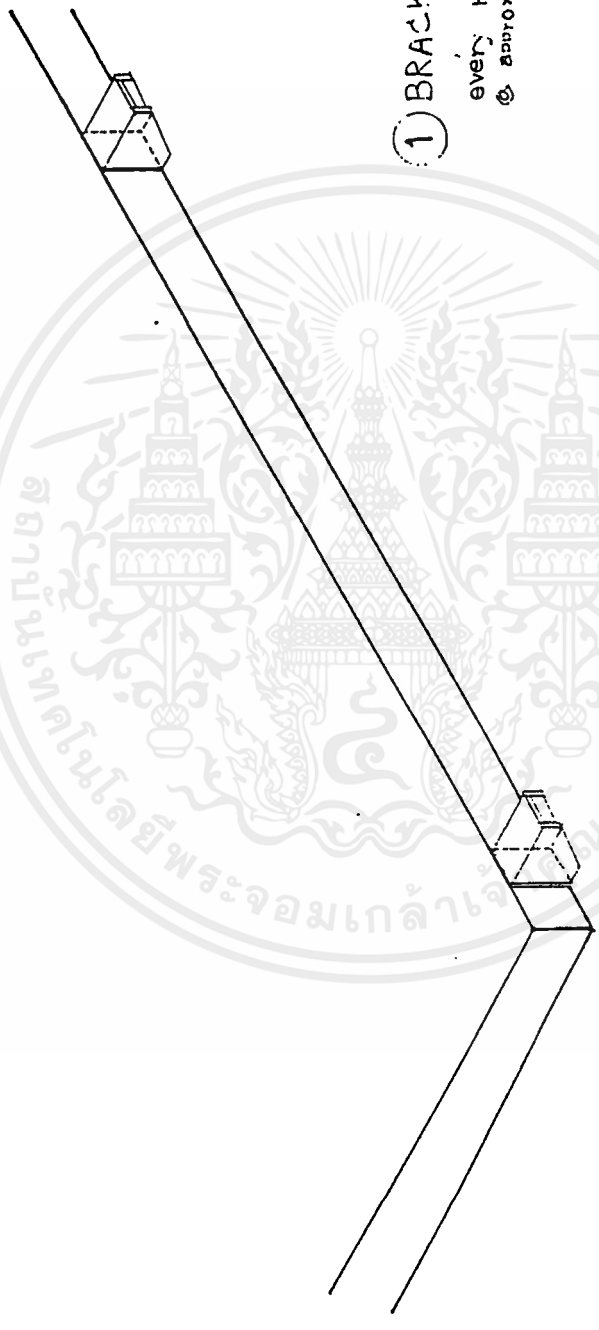
7.4 ปัญหาที่มักจะเกิดขึ้นในการติดตั้ง

1. ตำแหน่งของ Concrete Insert ที่ฝังในปีก Viaduct Segment คลาดเคลื่อนจากแบบตามแนวตั้ง เกินระยะรูที่ยอมให้ แก้ไขได้โดย Check ตำแหน่งของ Concrete Insert หน้างานเพื่อหาตำแหน่งที่จะปรับแก้

2. เส้นผ่าศูนย์กลางของ Bolt สวมเข้า Concrete Insert เป็นคนละขนาดกับ เส้นผ่าศูนย์กลางรูที่เจาะไว้ที่ Column Bracket แก้ไขได้โดยการ Check ขนาดของ Bolt แต่ละตัวที่ใช้กับ Column Bracket นั้น

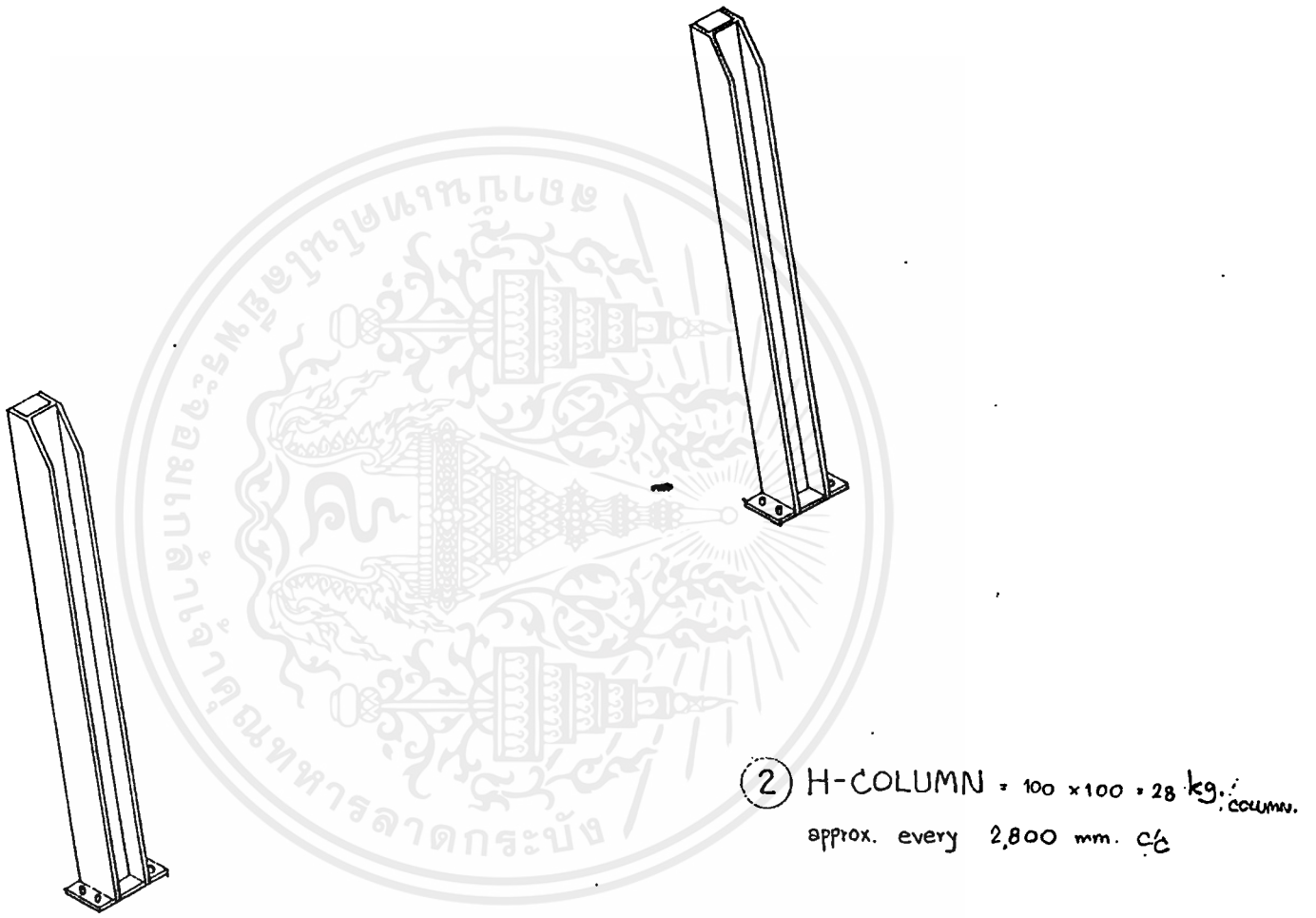
3. ขอบด้านข้างของ Segment และ Column Bracket เมื่อยึดเข้ากันแล้วระดับ Top ของ Column Bracket จะต้องได้ระดับ การปรับ Shim ต้องไม่สูงมาก เพราะจะทำให้ตำแหน่งรูเยื้องกันใส่ Parapet ไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

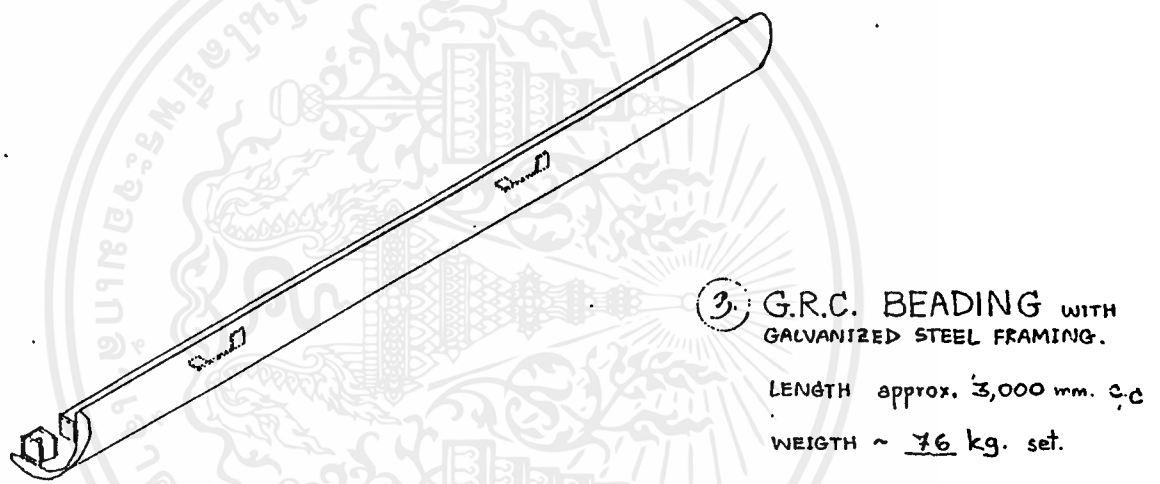


รูปที่ 7-1 Bracket

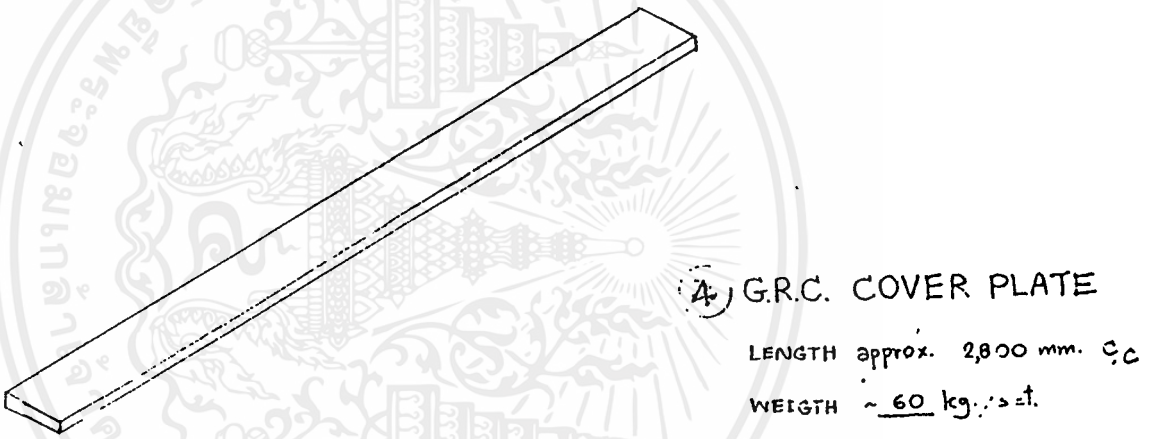
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



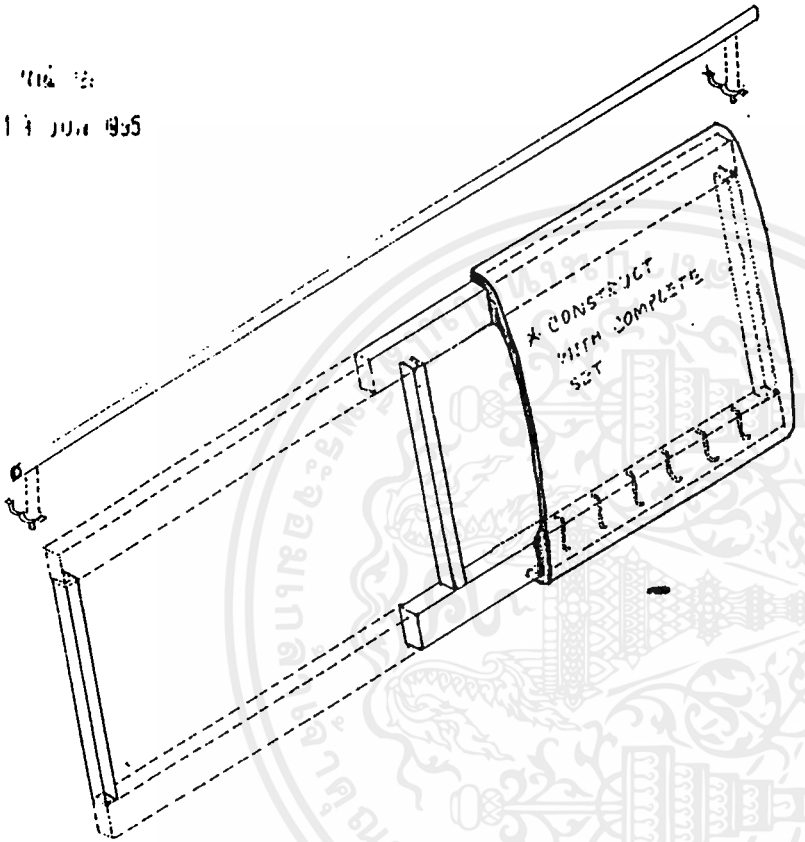
รูปที่ 7-2 H-Column



รูปที่ 7-3 G.R.C. Beading with Galvanized Steel Framing



รูปที่ 7-4 G.R.C. Cover Plate



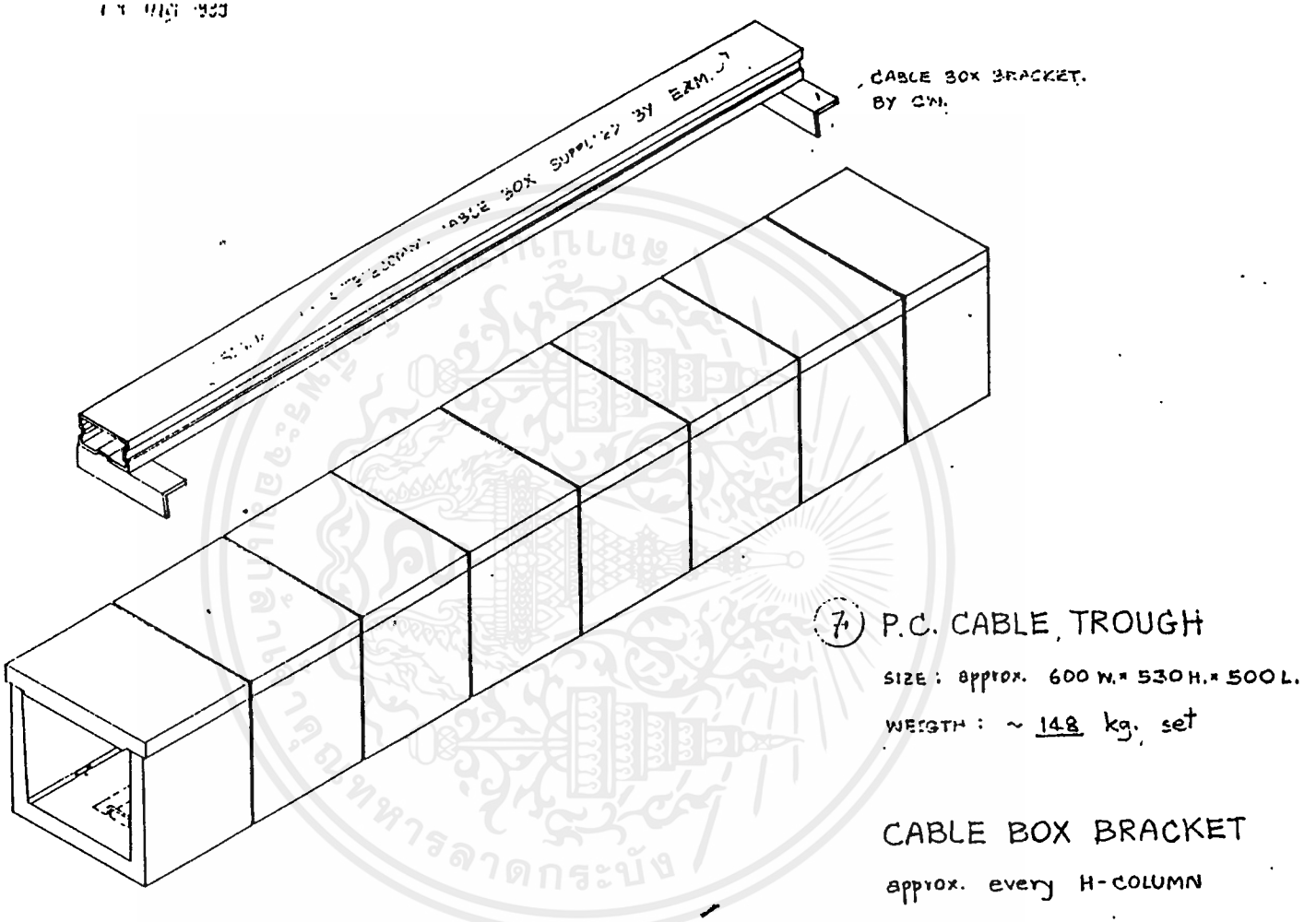
(5) G.R.C. PANEL WITH GALVANIZED STEEL FRAMING

SIZE: approx. 1,200 H. x 2,500 L.

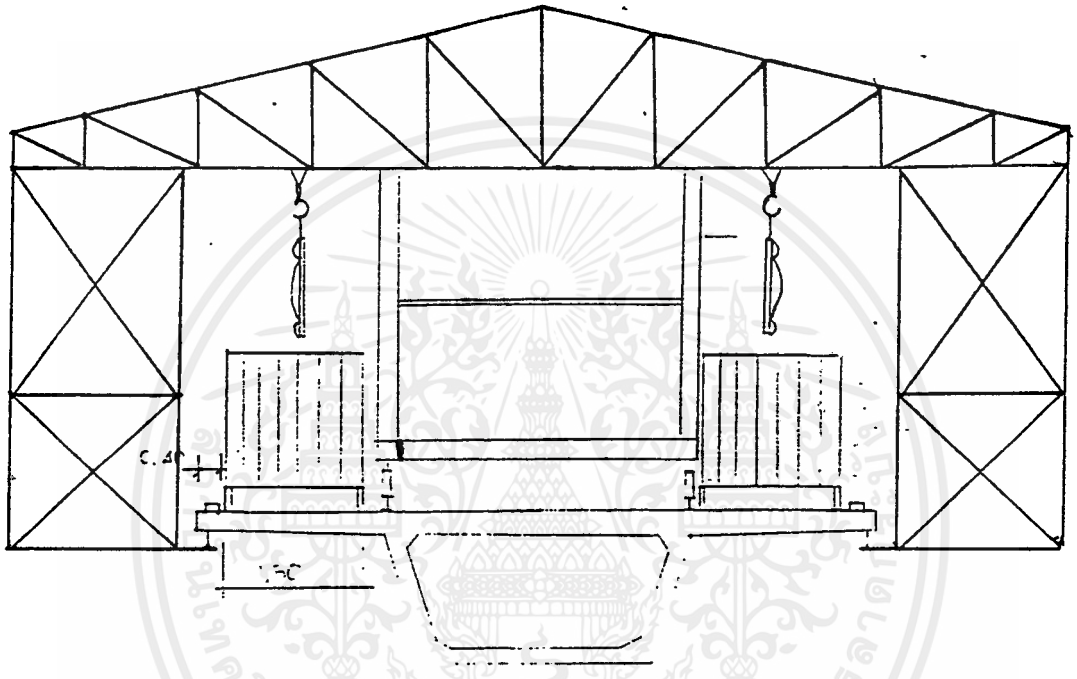
WEIGTH: ~ 234 kg./set.

รูปที่ 7-5 G.R.C. Panel Cover Plate with Galvanized Steel Framing

และ Galvanized Steel Pipe with Piping Clamp Fixing

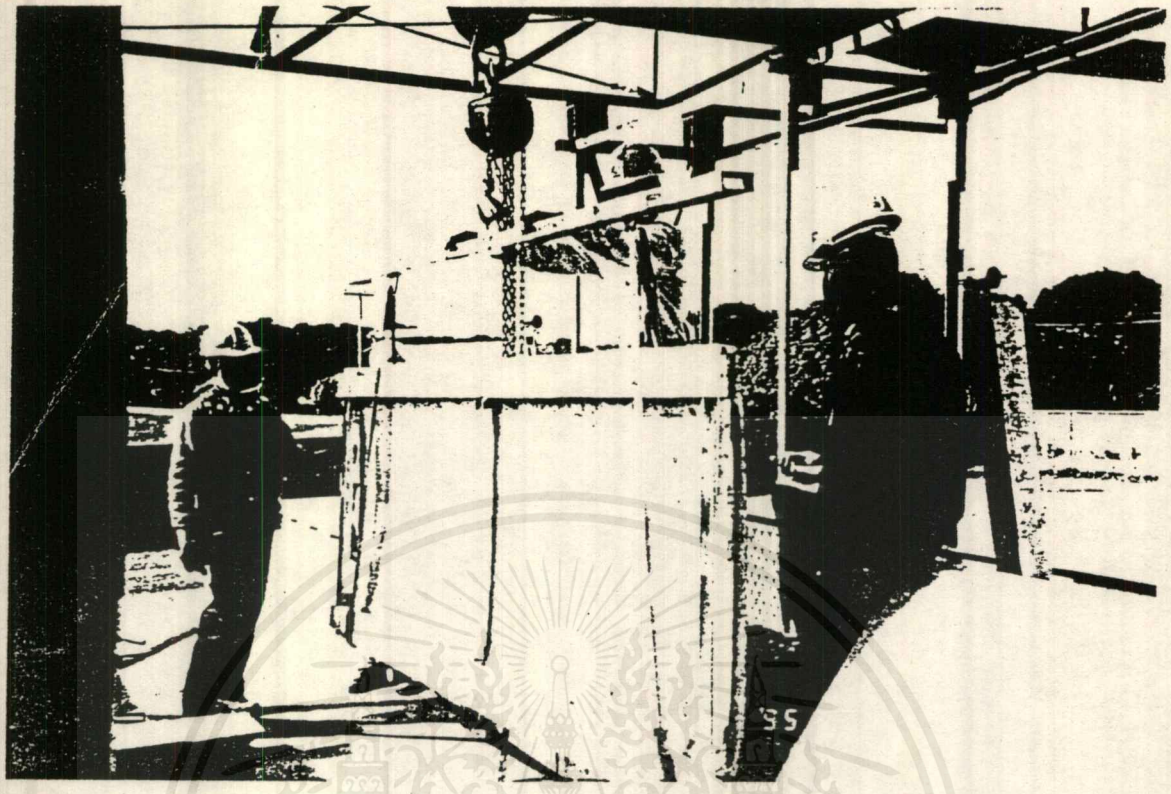


รูปที่ 7-6 P.C. Cable Trough **และ** Cable Box Bracket

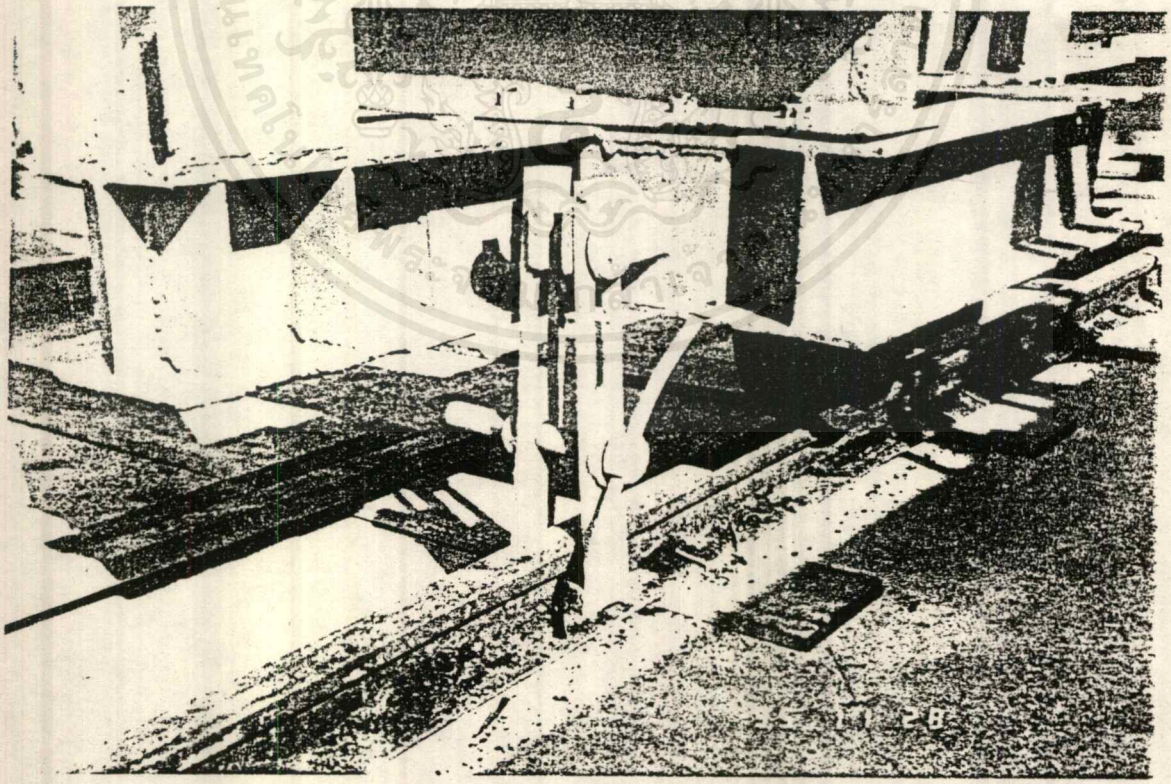


รูปที่ 7-7 กระเช้าที่ใช้ติดตั้ง Noise Barrior

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

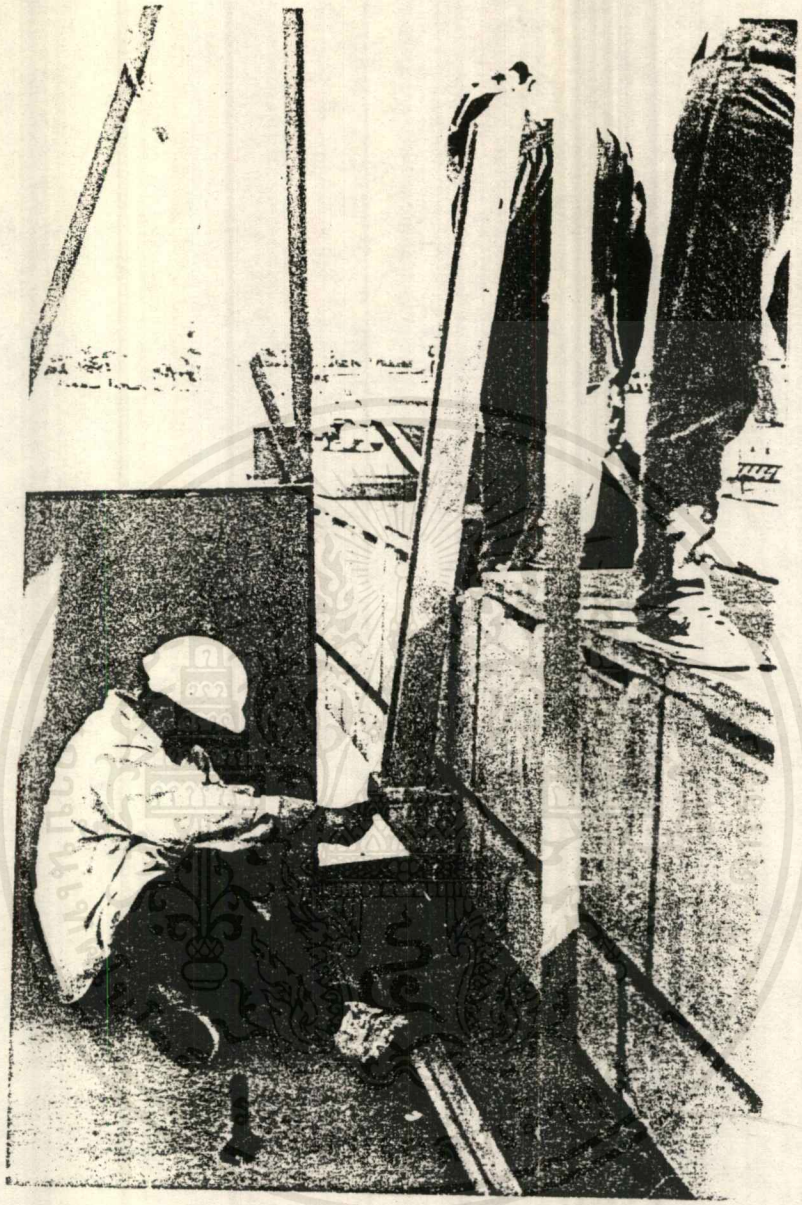


รูปที่ 7-8 ใช้โซ่คล้องกับแผ่น Parapet



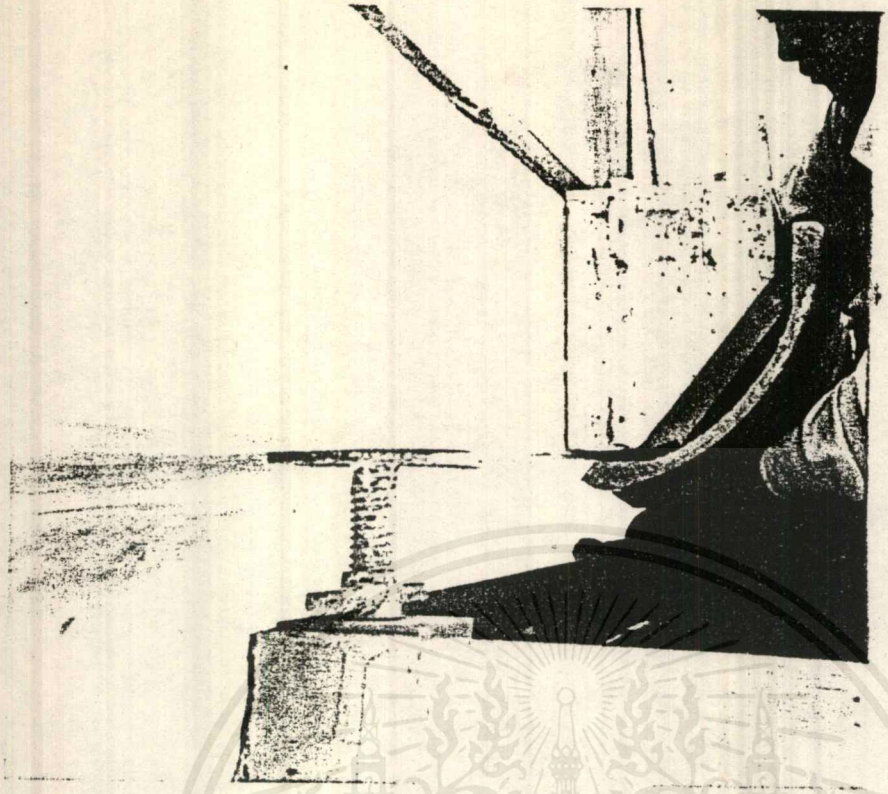
รูปที่ 7-9 Brake Frame

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

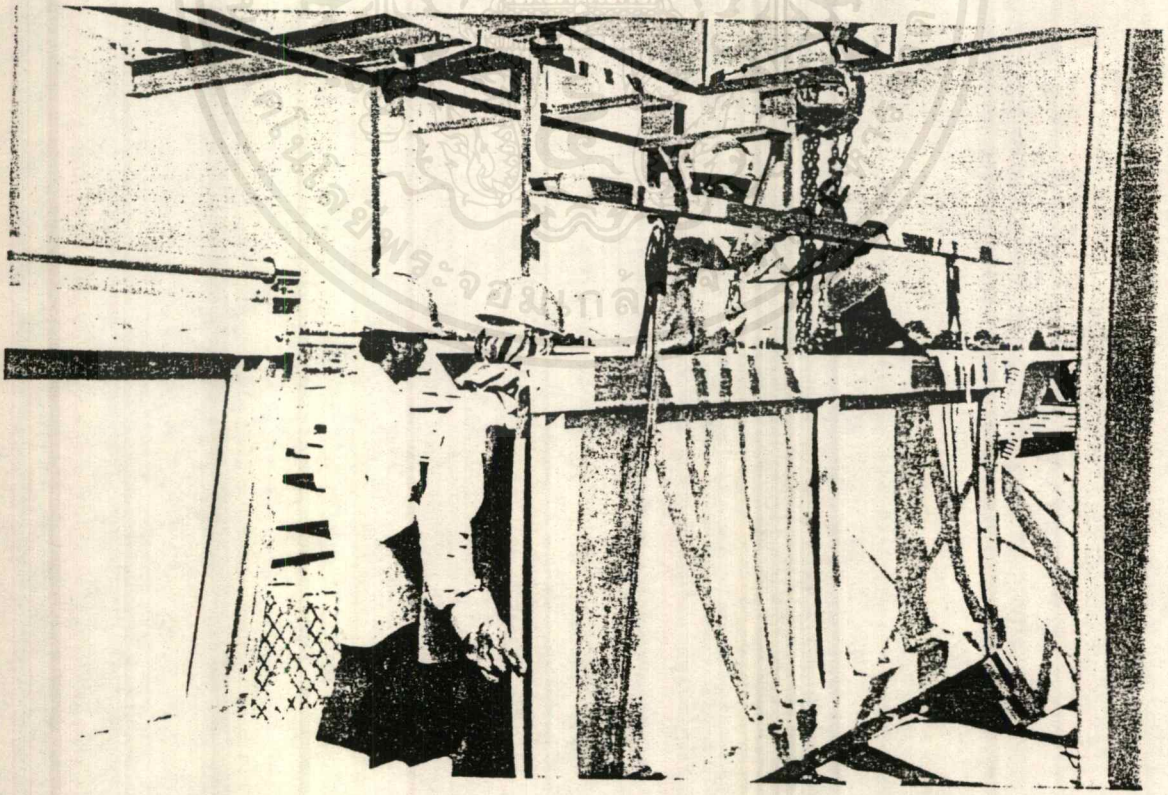


รูปที่ 7-10 การติดตั้ง Bracket และ Column

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

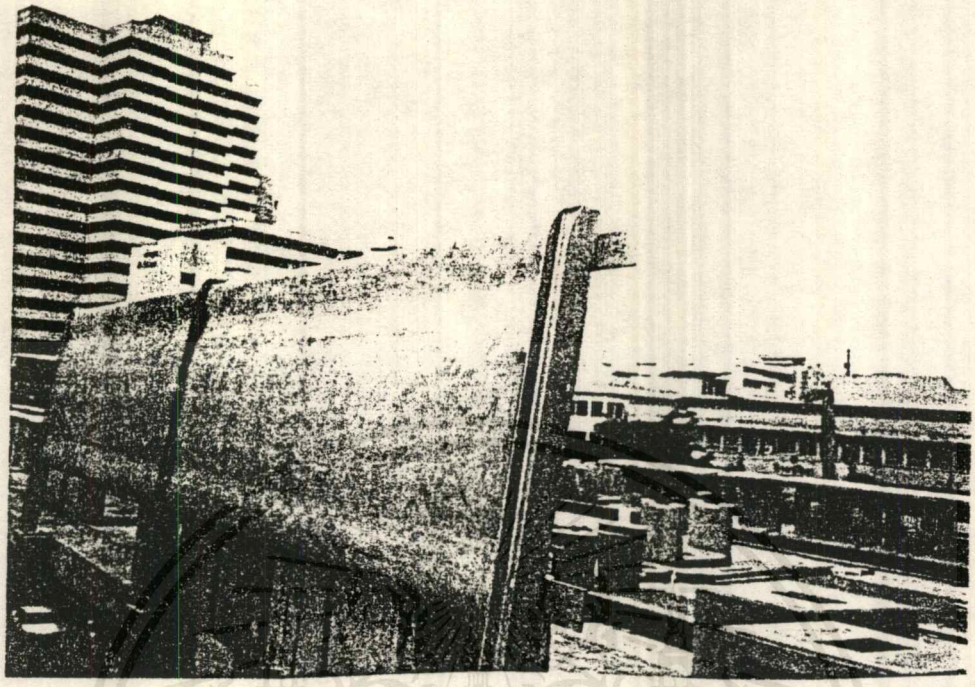


รูปที่ 7-11 การติดตั้ง Beading

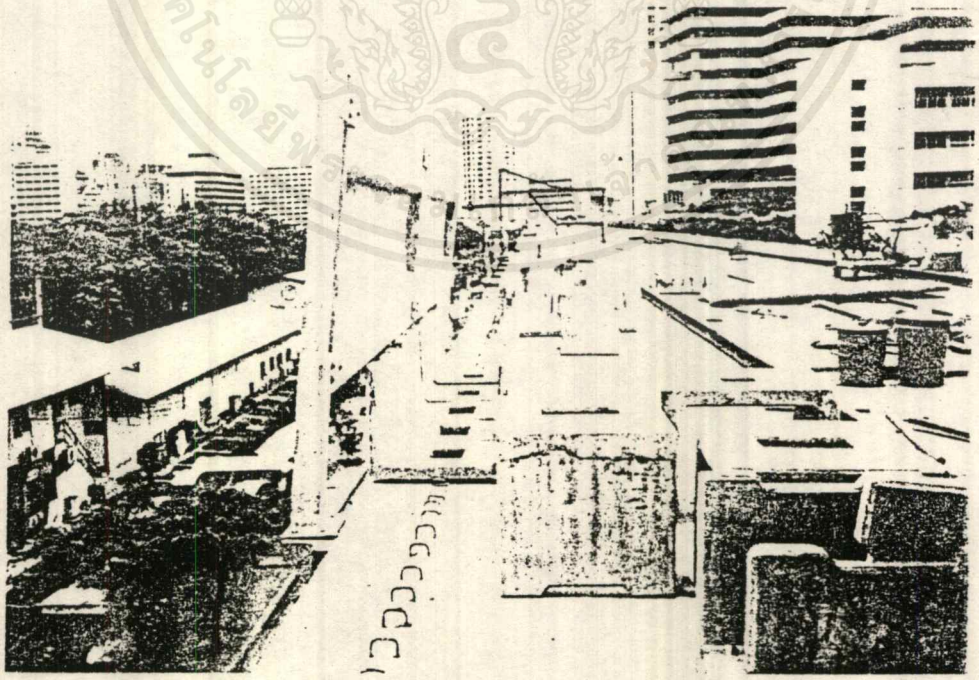


รูปที่ 7-12 ยกแผ่น Parapet ขึ้นติดตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

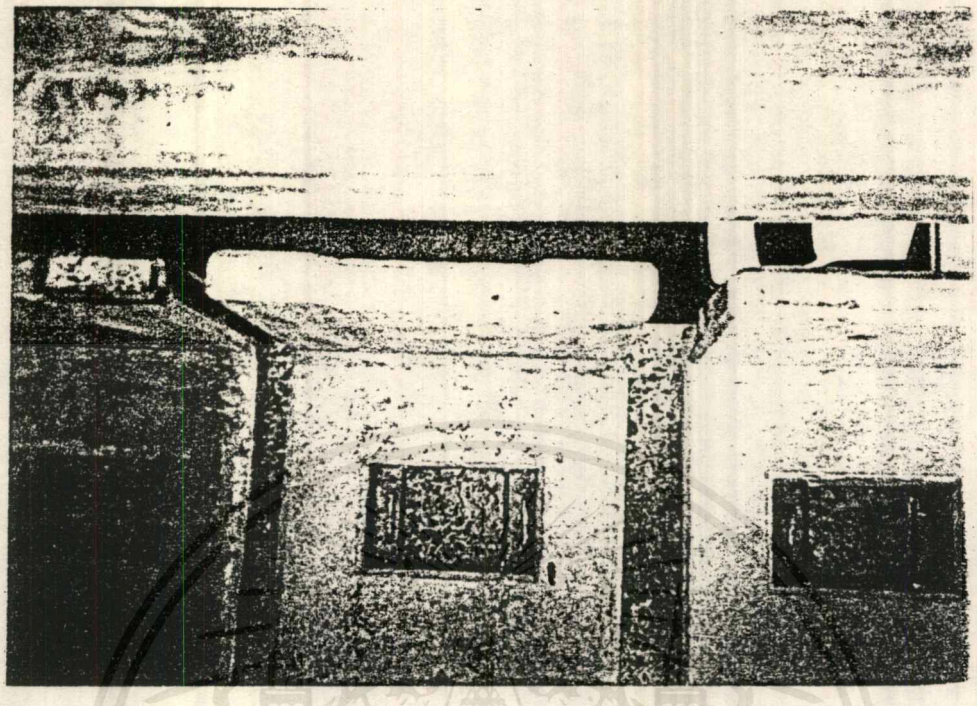


รูปที่ 7-13 Noise Barrior ที่ติดตั้งเสร็จแล้ว

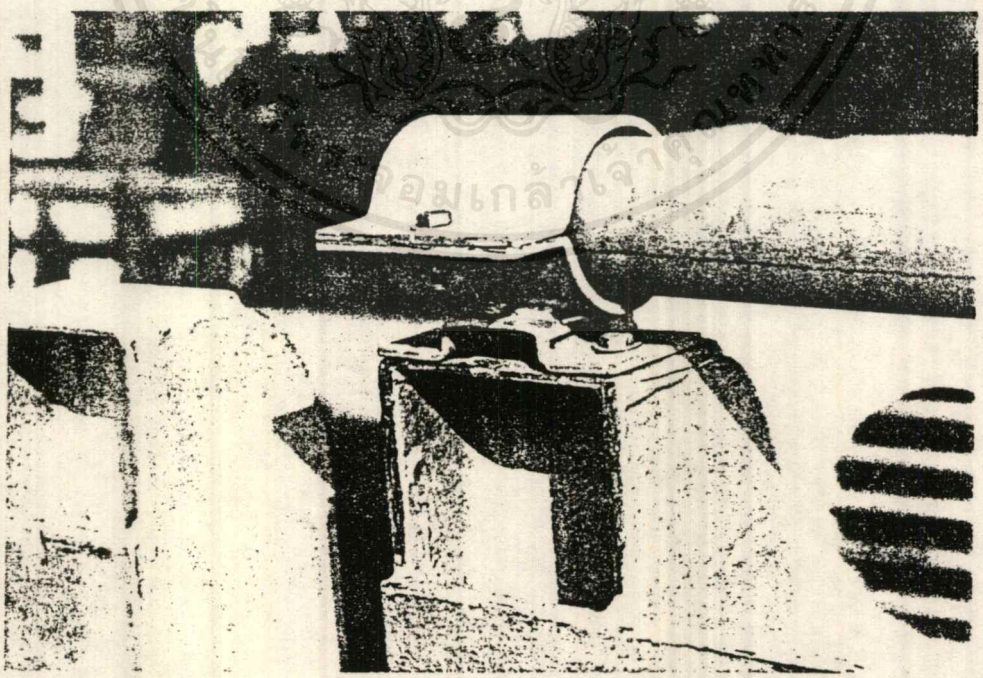


รูปที่ 7-14 วาง Cable Through

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7-15 วาง Cable Through



รูปที่ 7-16 ติดตั้ง Pipe Rail โดยใช้ Clamp รัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
สถานีรับ-ส่งผู้โดยสาร

สถานีรับ-ส่งผู้โดยสารของโครงการรถไฟฟ้าบีทีเอสจะมีระยะห่างของแต่ละสถานีประมาณ 1 km ตลอดเส้นทางการวิ่ง โดยจะมีทั้งสถานีทั่วไปและสถานีร่วม ในส่วนของสถานีร่วมนั้นจะอยู่ที่สยามสแควร์

ในแต่ละสถานีจะแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นขายตั๋วและชั้นชานชาลา ที่ชั้นล่างสุด (พื้นถนน) จะมีห้องสำหรับปั๊มน้ำขึ้นไปสู่สถานีและห้องสำหรับซ่อมแซมงานระบบ เช่น ระบบไฟฟ้าและระบบประปา เป็นต้น ชั้นถัดขึ้นมาจะเป็นชั้นขายตั๋ว ซึ่งจะมีประตูปิดกันคนขึ้นในช่วงปิดบริการ การขายตั๋วจะมีทั้งระบบอัตโนมัติและใช้คนขาย พื้นทั้งหมดของสถานีจะปูด้วยหินแกรนิต รวมถึงพื้นบันไดด้วย ตัวบันไดเป็นโครงเหล็ก มุงหลังคาด้วยสังกะสี จะพ่นด้วยเซรามิคโคตติ้ง เพื่อกันเสียงและกันความร้อน

ขั้นตอนในการก่อสร้างสถานี

- ขั้นตอนในการทำ Bored Pile ,Pile Cap และ Pier จะเหมือนกับการก่อสร้างเพื่อรองรับทางวิ่งในส่วนปกติ แต่จะแตกต่างกันที่จะมีขนาดใหญ่กว่าและ Pier จะหล่อไปถึงระดับที่จะหล่อ Concourse Crossbeam เท่านั้น และยังต้องมีการทำเสาเข็มขนาดเล็กที่ทางเดินเท้าเพื่อรองรับบันไดทางขึ้น
- ติดตั้งนั่งร้านเพื่อรองรับแบบหล่อ Crossbeam ด้านข้างทั้ง 2 ข้าง เรียกว่า Box Girder
- ผูกเหล็กเสริมของ Crossbeam ตามแบบ
- ทำการปรับระดับบ่าของ Crossbeam ที่จะรองรับ I-Girder โดย Survey หาระดับของบ่า Crossbeam แล้วทำการหล่อปูนปรับระดับ จากนั้นก็ใช้แผ่นยางวางทับ เพื่อใช้เป็น Support ในการรองรับ I-Girder
- เทคอนกรีตทำ Crossbeam เมื่อได้ระยะเวลาที่ต้องการแล้วก็ถอดแบบ
- ติดตั้งแบบหล่อหัว Pier ,ผูกเหล็ก แล้วเทคอนกรีต ซึ่งหัว Pier จะมีลักษณะเหมือนหัวเสาของเส้นทางทั่วๆไป
- เมื่อได้อายุก็ทำการถอดแบบแล้วติดตั้ง Viaduct Segment ตามขั้นตอนที่ได้กล่าวในบทที่ 5
- ลำเลียง I-Girder ที่หล่อสำเร็จมาจากโรงงานที่วิหารแดง จังหวัดสระบุรี แล้วนำมายกขึ้นพาดบนบ่าของ Crossbeam โดยใช้อุปกรณ์ในการยก ซึ่งติดตั้งบน Crossbeam ทั้ง 2 ข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์การยก I-Girder จะประกอบไปด้วย Lifting Jack ไว้สำหรับยก I-Girder ขึ้นในแนวดิ่ง และ Sliding Jack สำหรับการเคลื่อนตัวในแนวราบ

- ใช้ Sliding Jack เลื่อน I-Girder ไปวางยังตำแหน่งที่ต้องการโดยการวาง I-Girder นั้นจะต้องวางให้น้ำหนัก Balance กันทั้ง 2 ด้านของเสา เพื่อป้องกันการแตกหักของ Crossbeam เนื่องจากรับน้ำหนักด้านเดียวมากเกินไป

- ทำการวางพื้นสำเร็จรูปบน I-Girder จากนั้นก็วางเหล็ก แล้วเท Topping ทับ

- หล่อ Crossbeam ชั้นบนโดยใช้นั่งร้านเป็นตัวรองรับแบบ จากนั้นก็ติดตั้งแบบหล่อ ผูกเหล็ก เทคอนกรีต แล้วบ่มจนได้อายุตามที่กำหนด

- ปรับระดับและติดตั้ง Support ที่รองรับ I-Girder

- ยกอุปกรณ์การยก I-Girder ไปไว้บนทางวิ่งบริเวณหัวเสาช่วง Span นอกสถานีเพื่อสามารถยก I-Girder ขึ้นได้โดยที่ไม่ไปติดกับ I-Girder ชั้นล่าง ก่อนติดตั้งอุปกรณ์การยก I-Girder จะติดตั้งรางชั่วคราวรองรับเพื่อไว้สำหรับเคลื่อน I-Girder เพื่อนำไปติดตั้งยังตำแหน่งบน Crossbeam ที่ต้องการ

- ยก I-Girder ขึ้นไปบนทางวิ่ง โดยใช้ Lifting Jack จากนั้นใช้ Sliding Jack เคลื่อน I-Girder เข้าไปที่ตรงกลางทางวิ่ง แล้วค่อยๆ วาง I-Girder ลงบนอุปกรณ์ในการเลื่อน (Bogie) ที่วางอยู่บนรางชั่วคราว

- เลื่อน I-Girder ไปในแนวขนานกับทางวิ่งไปยังตำแหน่ง Span ที่จะวาง

- วาง Temporary Shim ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อนเหล็กวางในแนวขนานกับทางวิ่ง บน Crossbeam แล้ววางรางชั่วคราวพาดบน Temp. Shim ในแนวเดียวกับ Crossbeam

- เลื่อน I-Girder ในแนวของ Crossbeam มายังตำแหน่งที่จะวาง

- ใช้ Lowering Jack ยก I-Girder ขึ้น เพื่อถอดรางชั่วคราวและ Temp. Shim ช่วงที่วาง I-Girder ออกแล้วจึงวาง I-Girder ลงบน Support ของ Crossbeam โดยการวาง I-Girder นั้นจะต้องวางให้น้ำหนัก Balance กันทั้ง 2 ด้าน

- วางพื้นสำเร็จรูป วางเหล็ก และเท Topping

- ทำ Column รองรับบันได

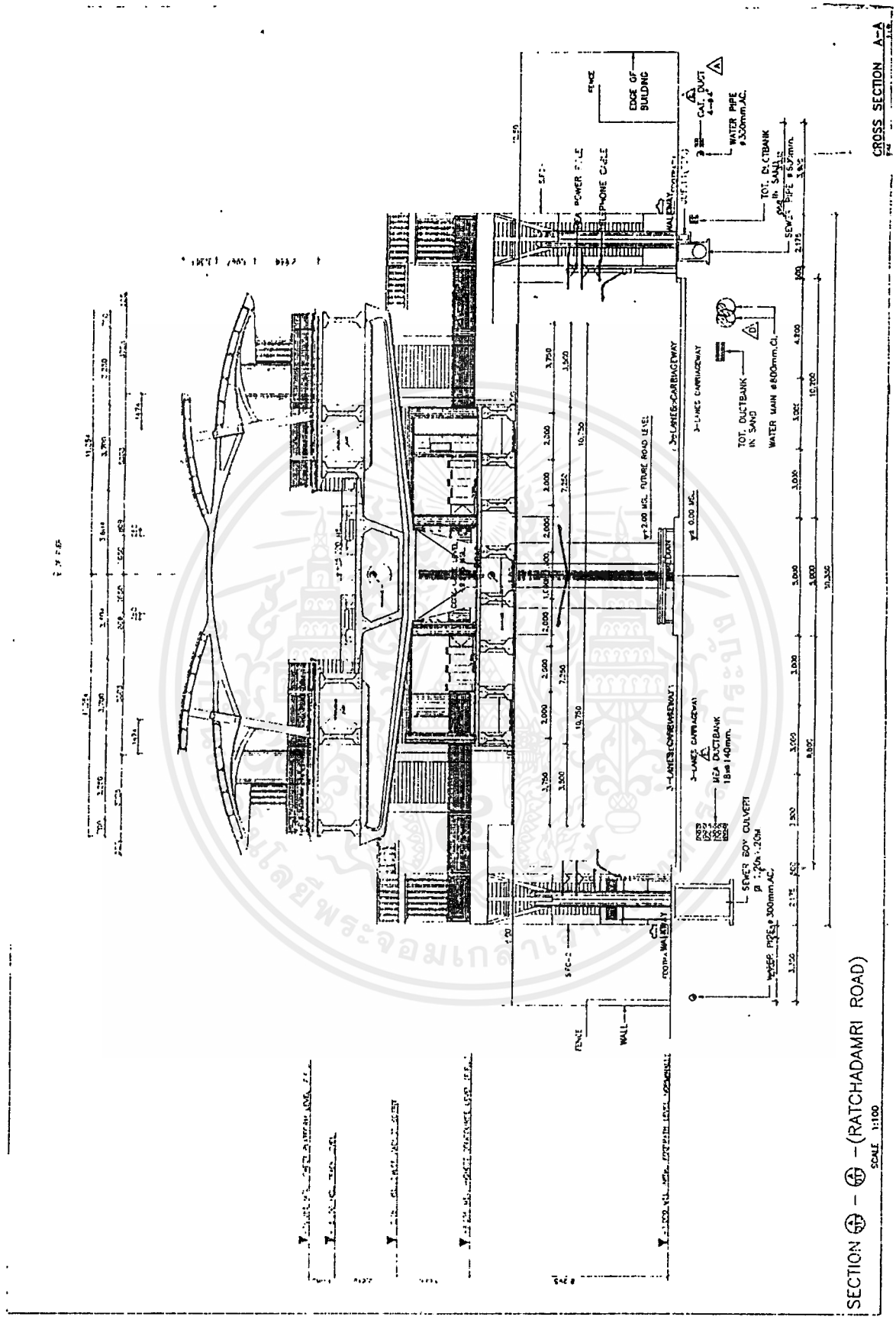
- เคลื่อนย้ายบันไดเหล็กซึ่งประกอบมาแล้วจากโรงงานที่วิหารแดง นำมาติดตั้งบนหัวเสาที่ทำไว้ ทั้งชั้นบนและชั้นล่าง โดยใช้ Winch เป็นตัวยกเพื่อติดตั้ง

- ติดตั้งโครงหลังคาเหล็ก

- ก่อสร้างห้องต่างๆ โดยใช้อิฐมวลเบาเป็นตัวกั้นห้อง

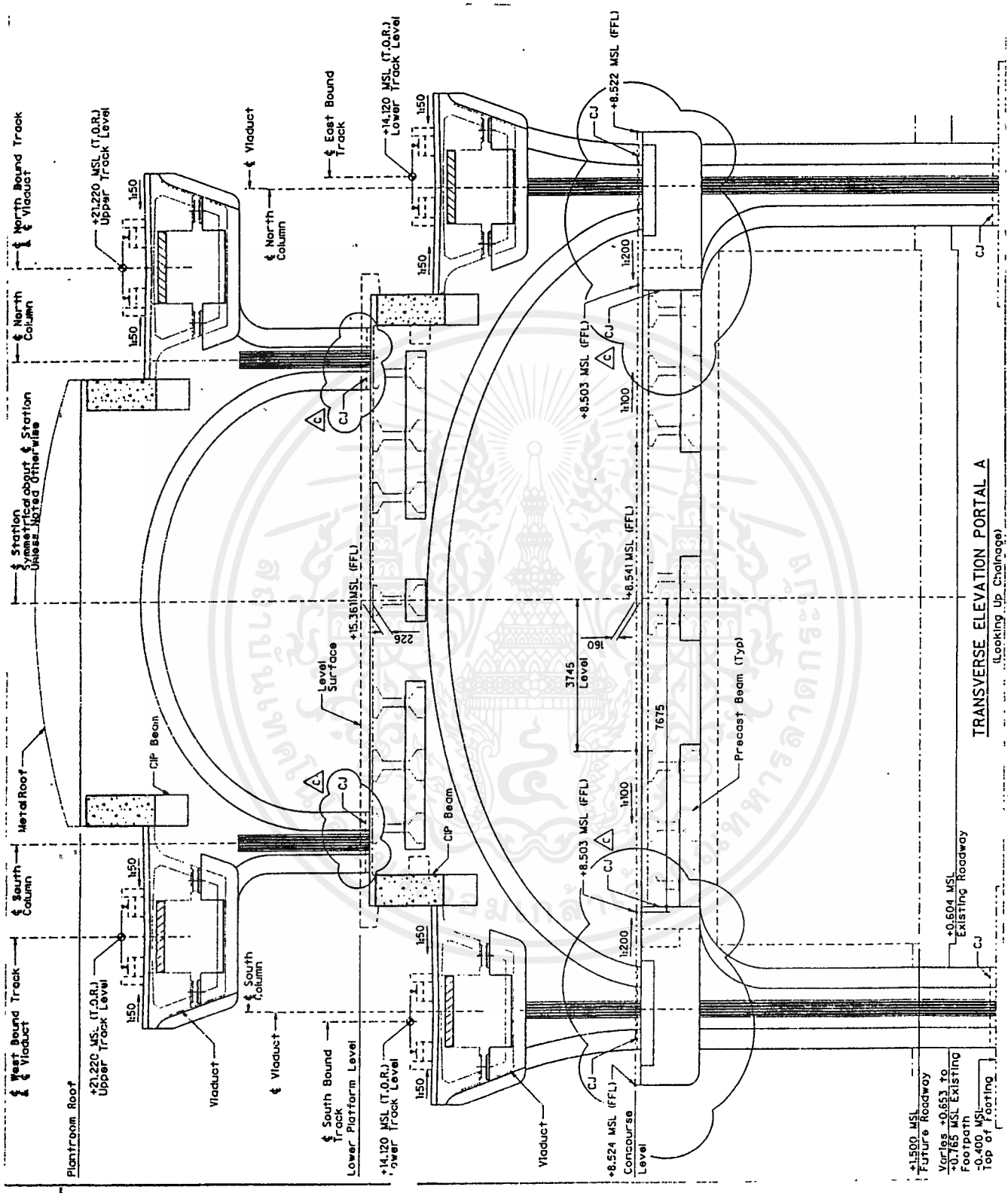
- ทำการตกแต่ง เช่น ฉาบปูน ,ปูพื้นแกรนิต ,ทาสี และอื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



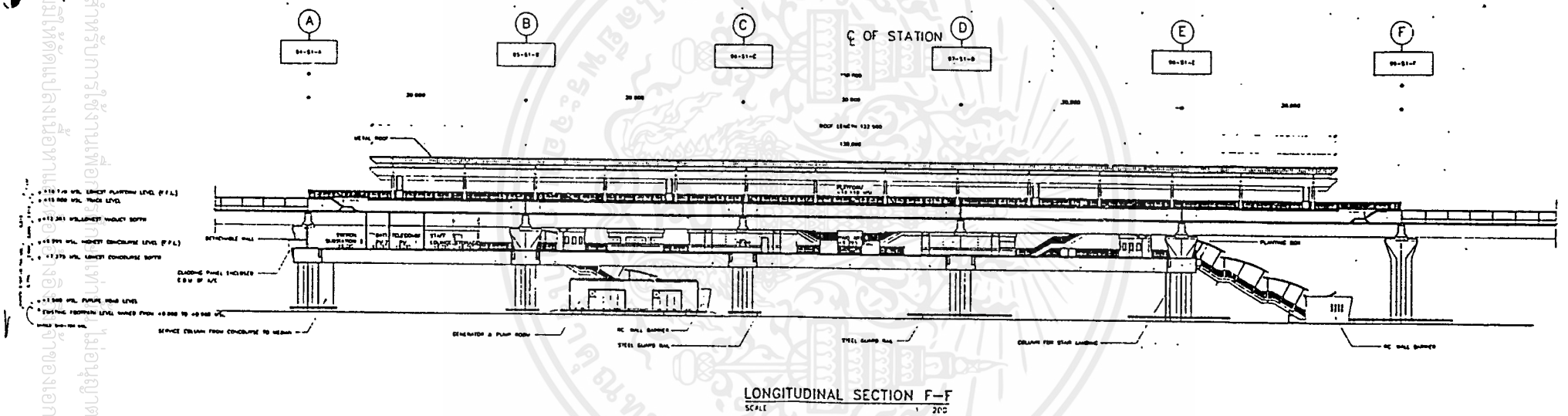
รูปที่ 8-1 รูปตัดโครงสร้างของสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

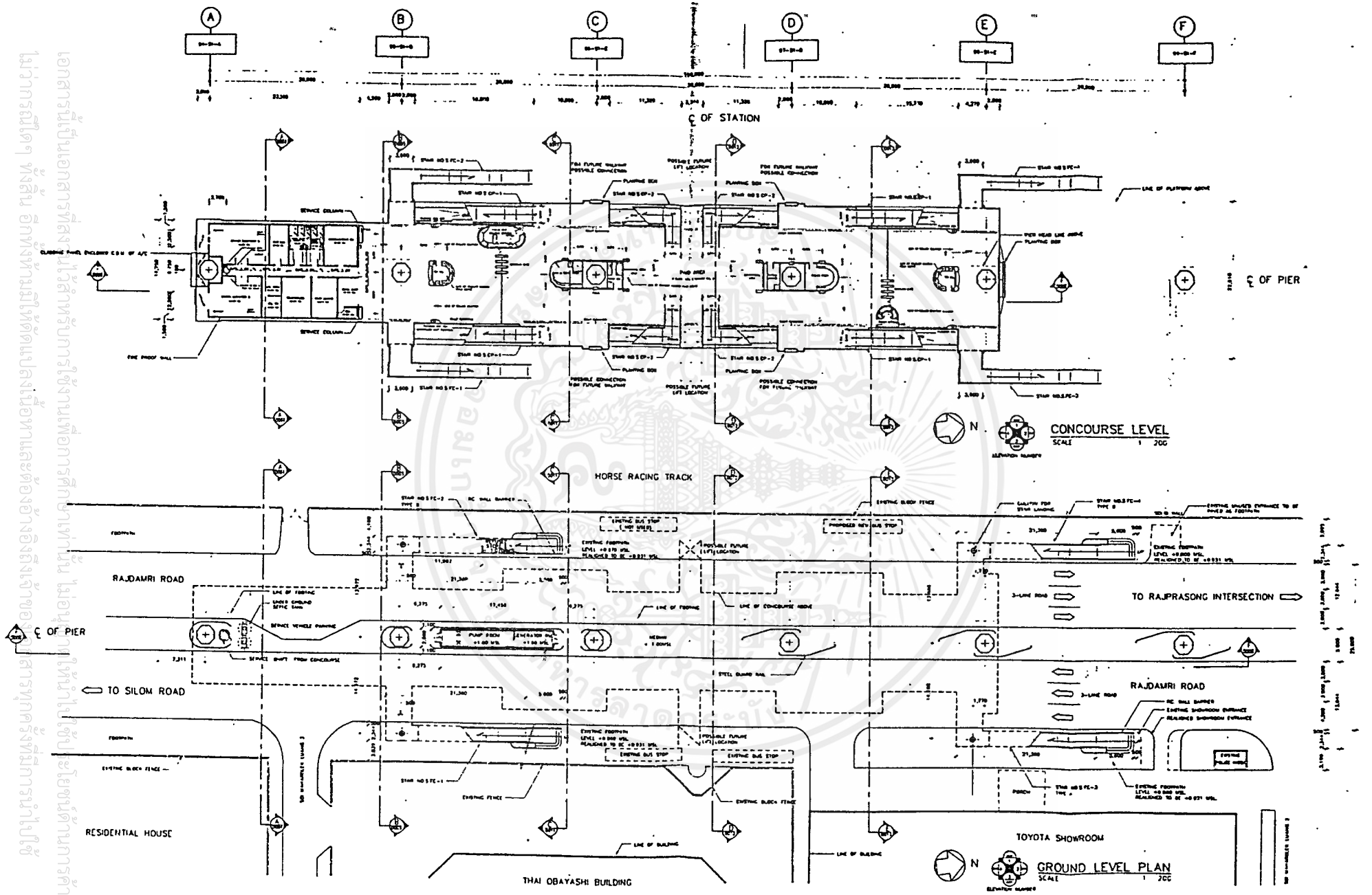


รูปที่ 8-2 รูปตัดโครงสร้างของสถานีร่วม

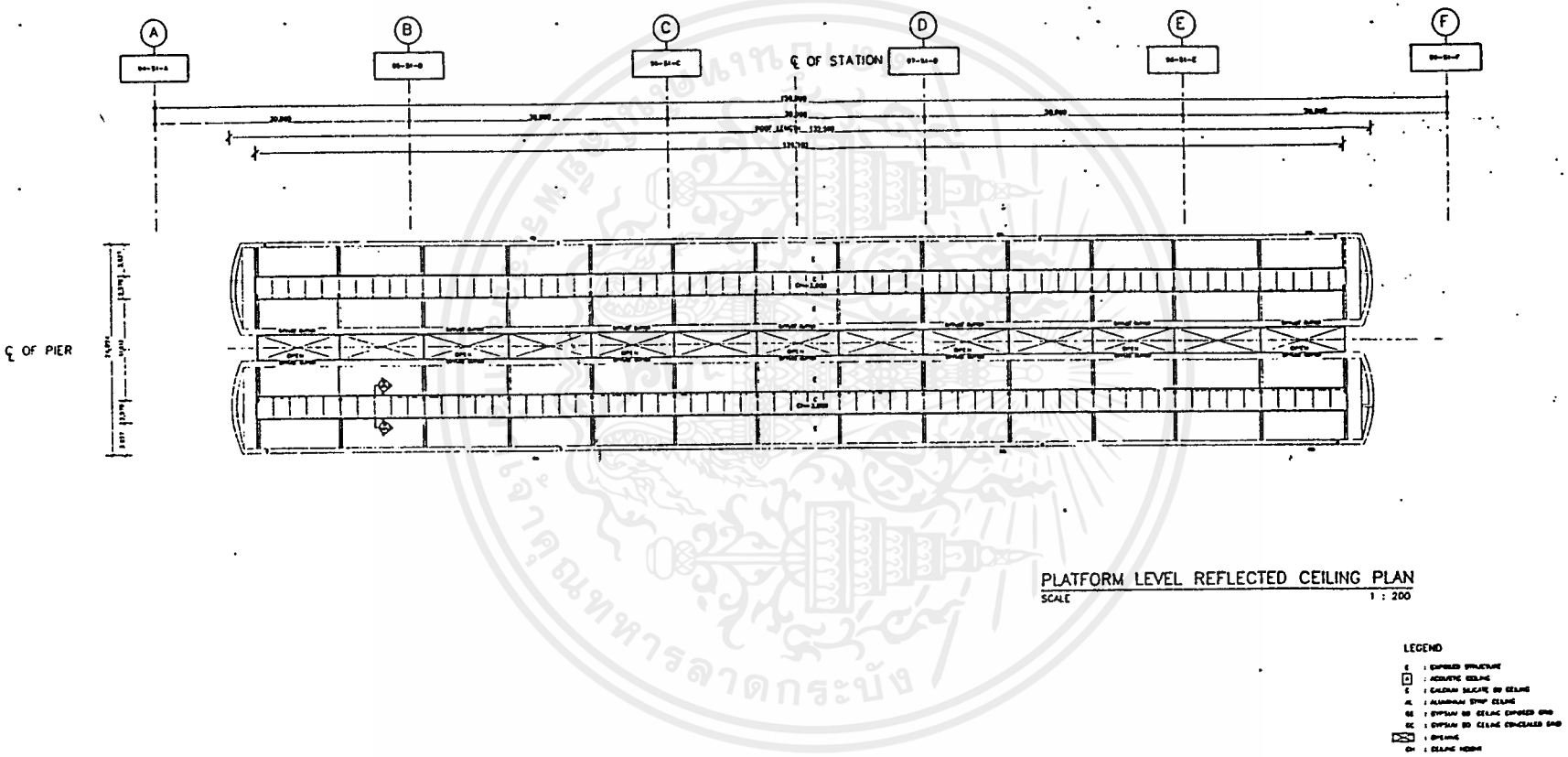
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



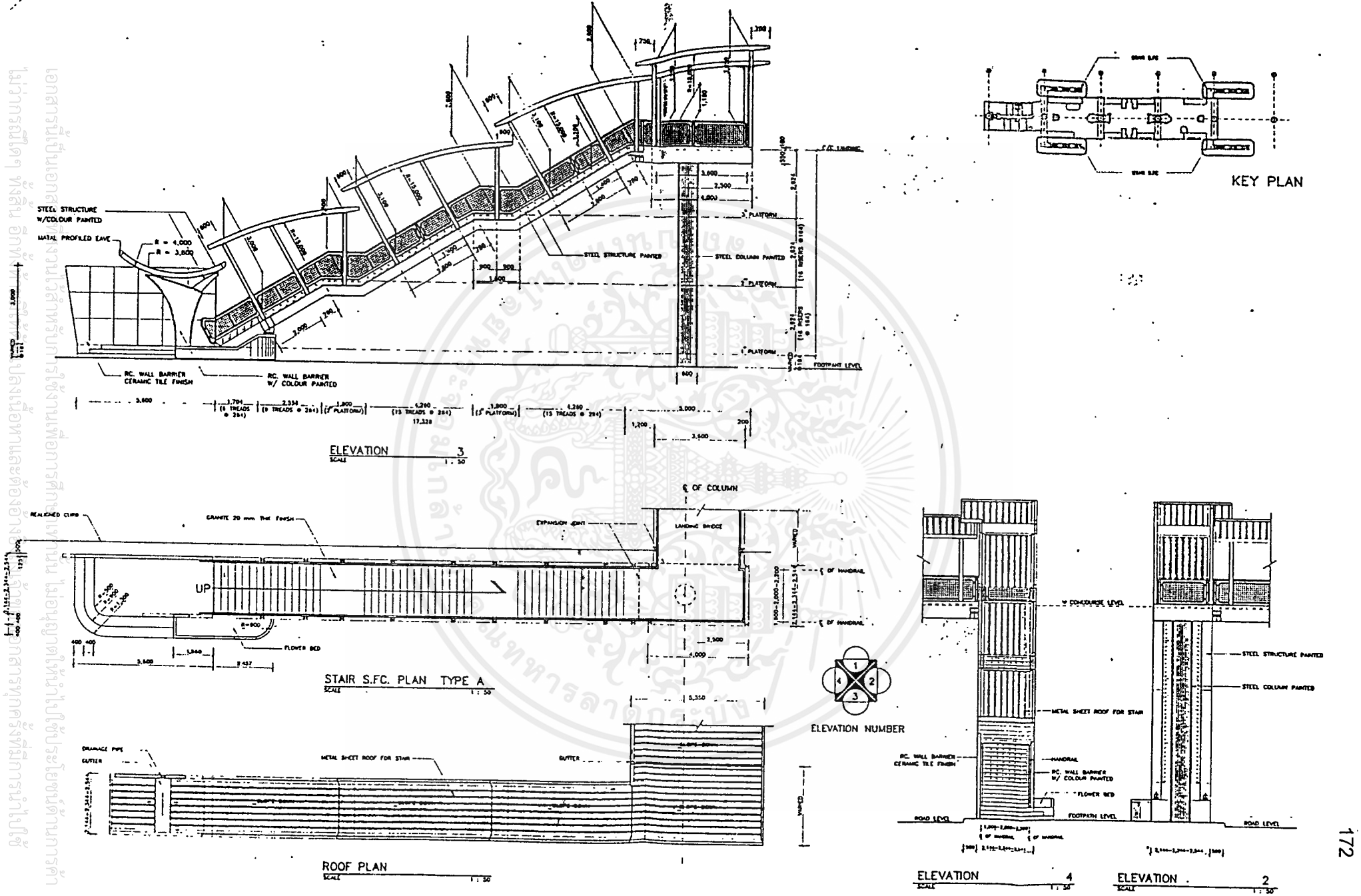
รูปที่ 8-3 รูปตัดด้านข้างของสถานี



รูปที่ 8-4 Plan ชั้นล่างและชั้น Concourse



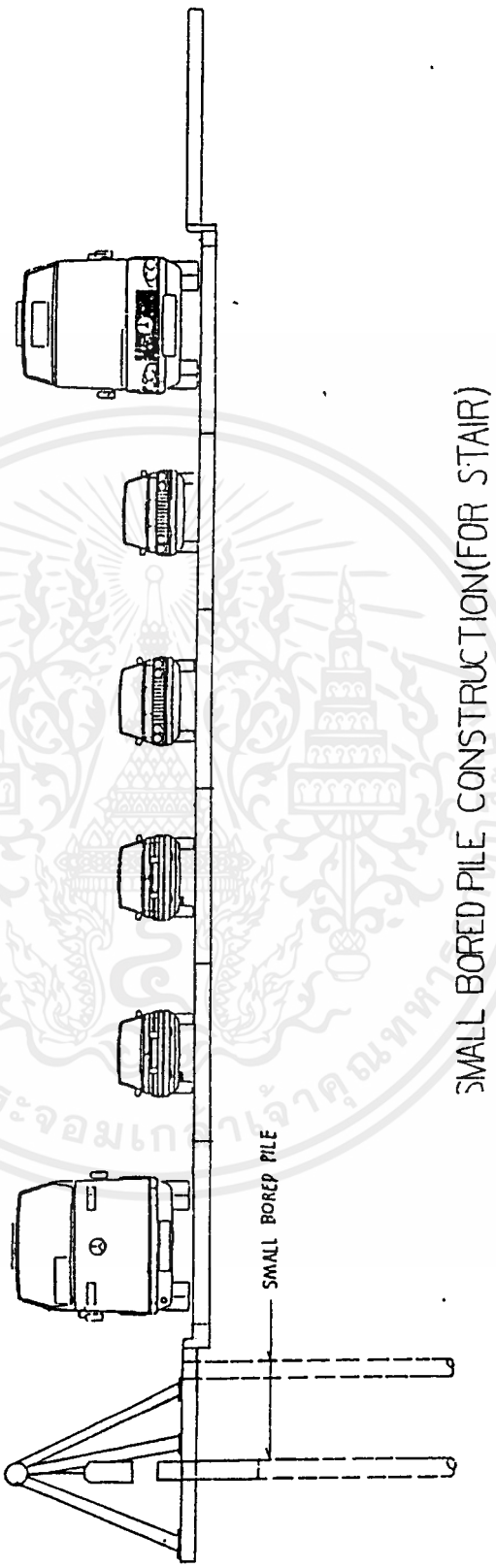
รูปที่ 8-5 Plan ชั้นชานชาลา



รูปที่ 8-6 รายละเอียดโครงสร้างบันได

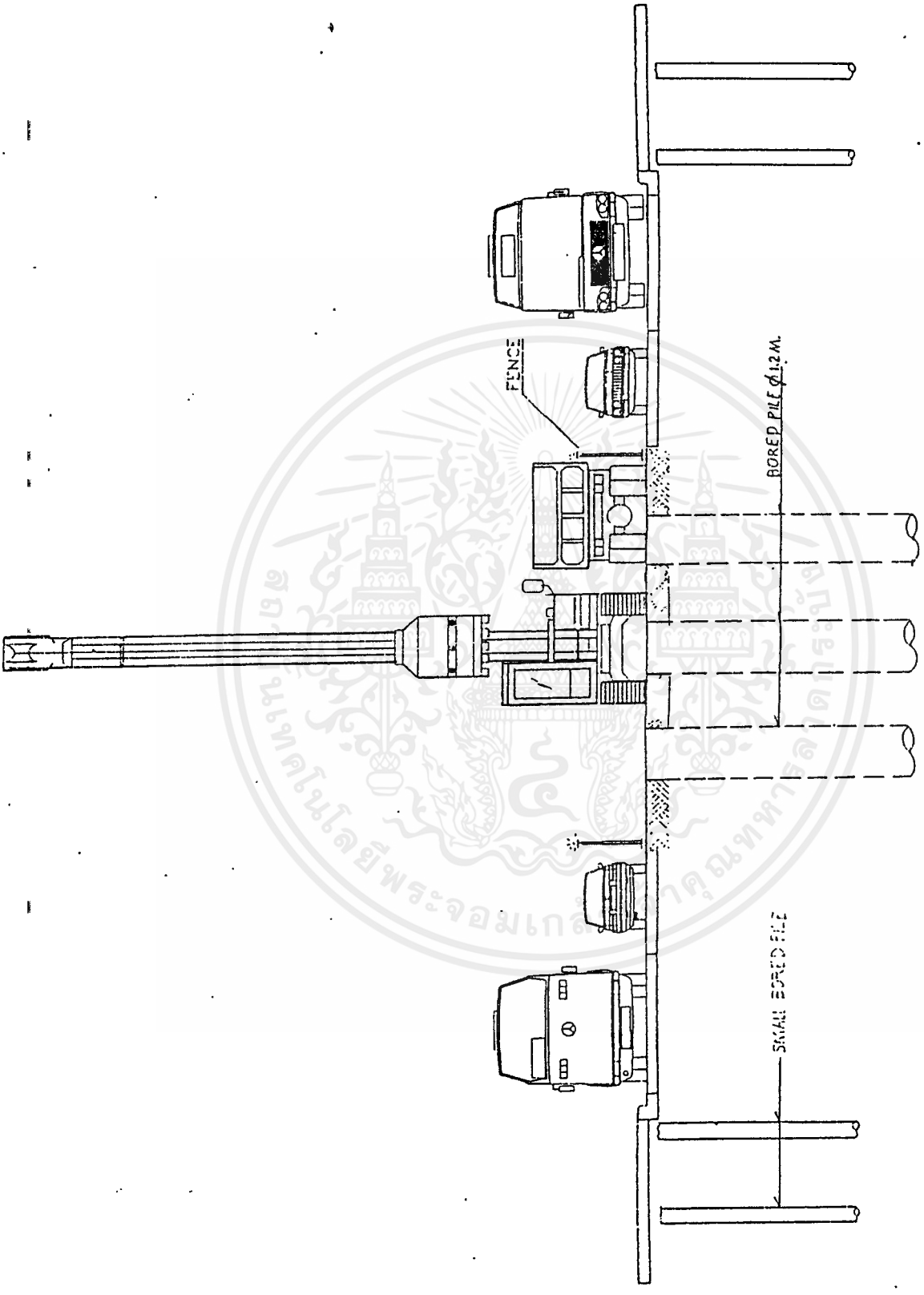
การก่อสร้างสถานี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-7 ทำเสาเข็มรองรับบันได

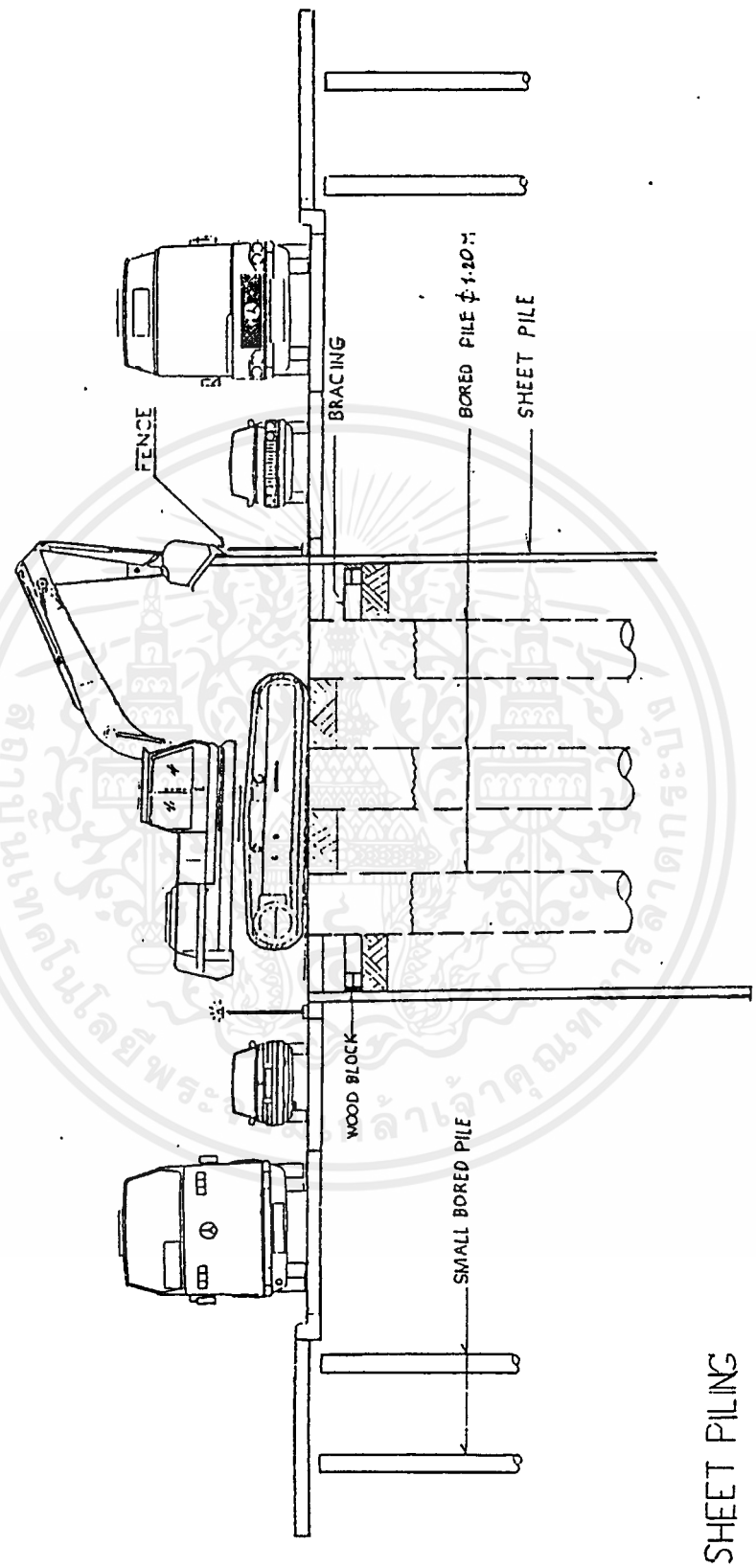
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



BORED PILE CONSTRUCTION

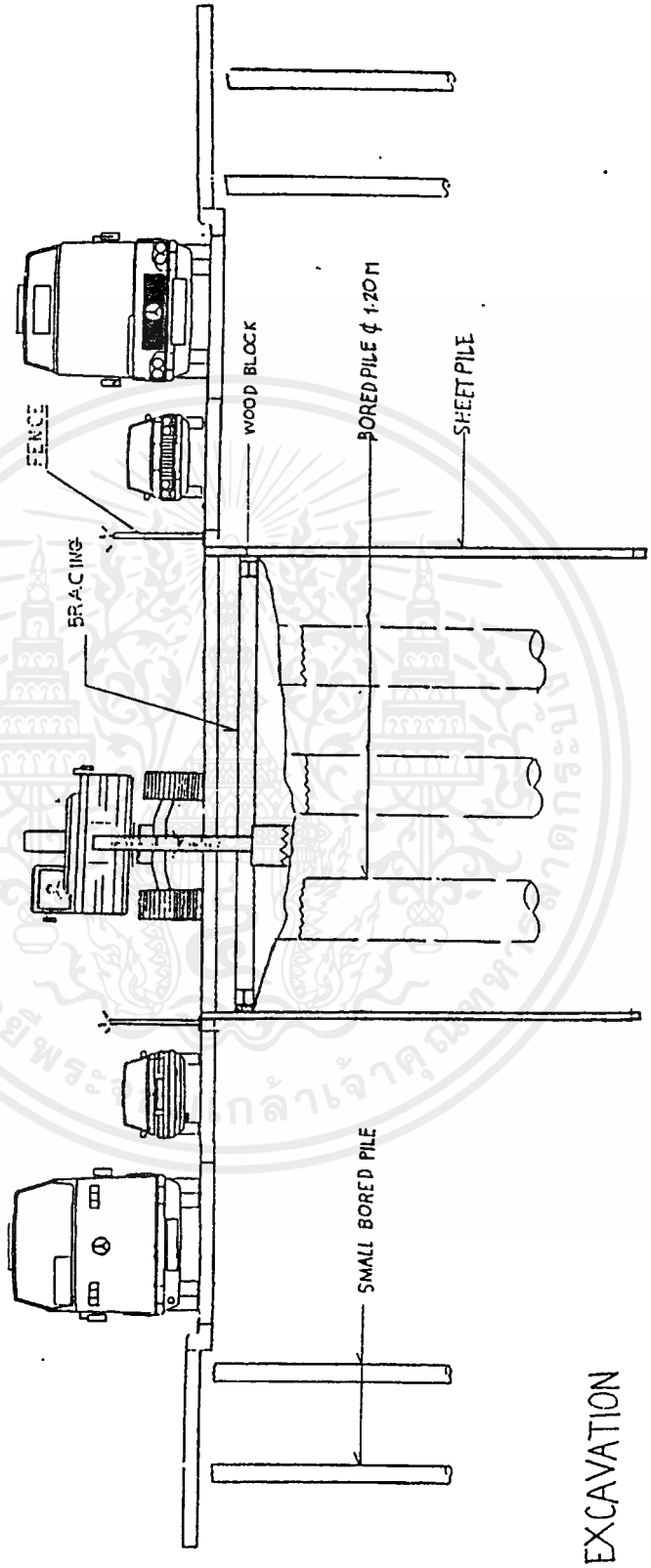
รูปที่ 8-8 หล่อเสาเข็มรองรับโครงสร้างหลัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



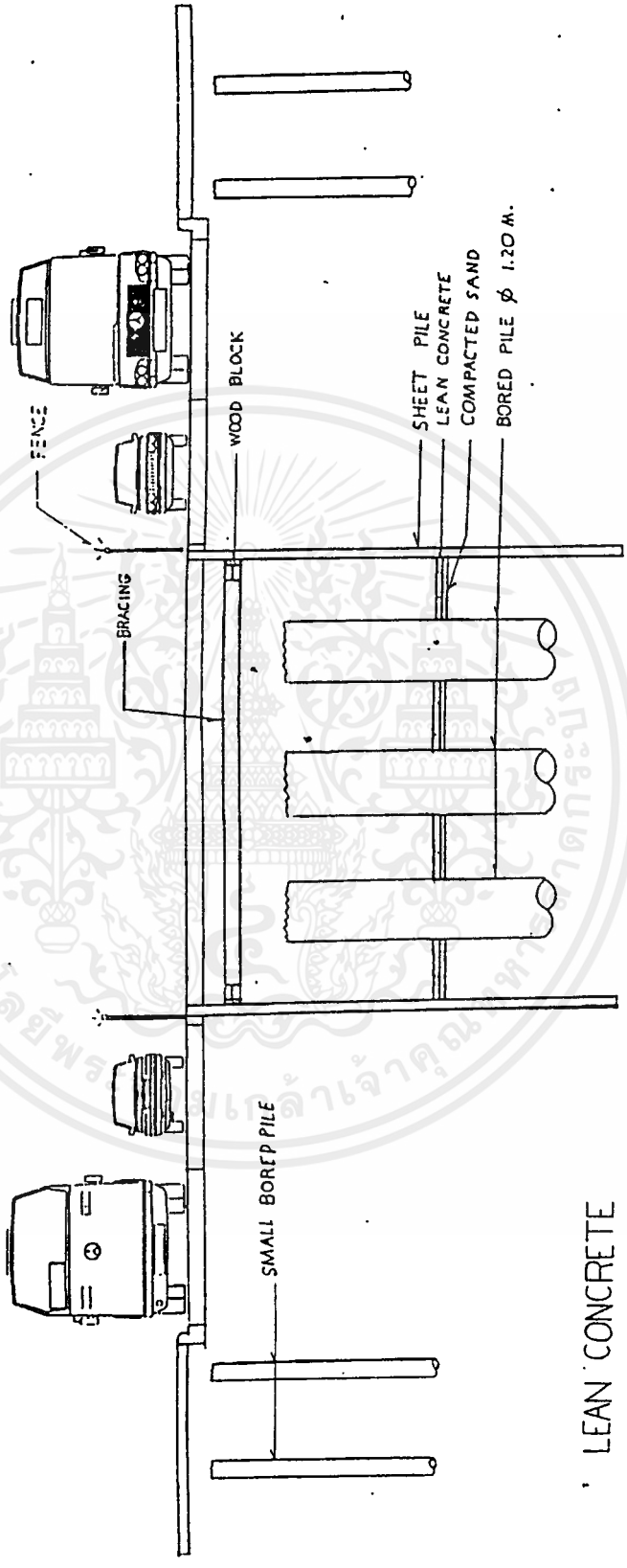
รูปที่ 8-9 ตอก Sheet Pile

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



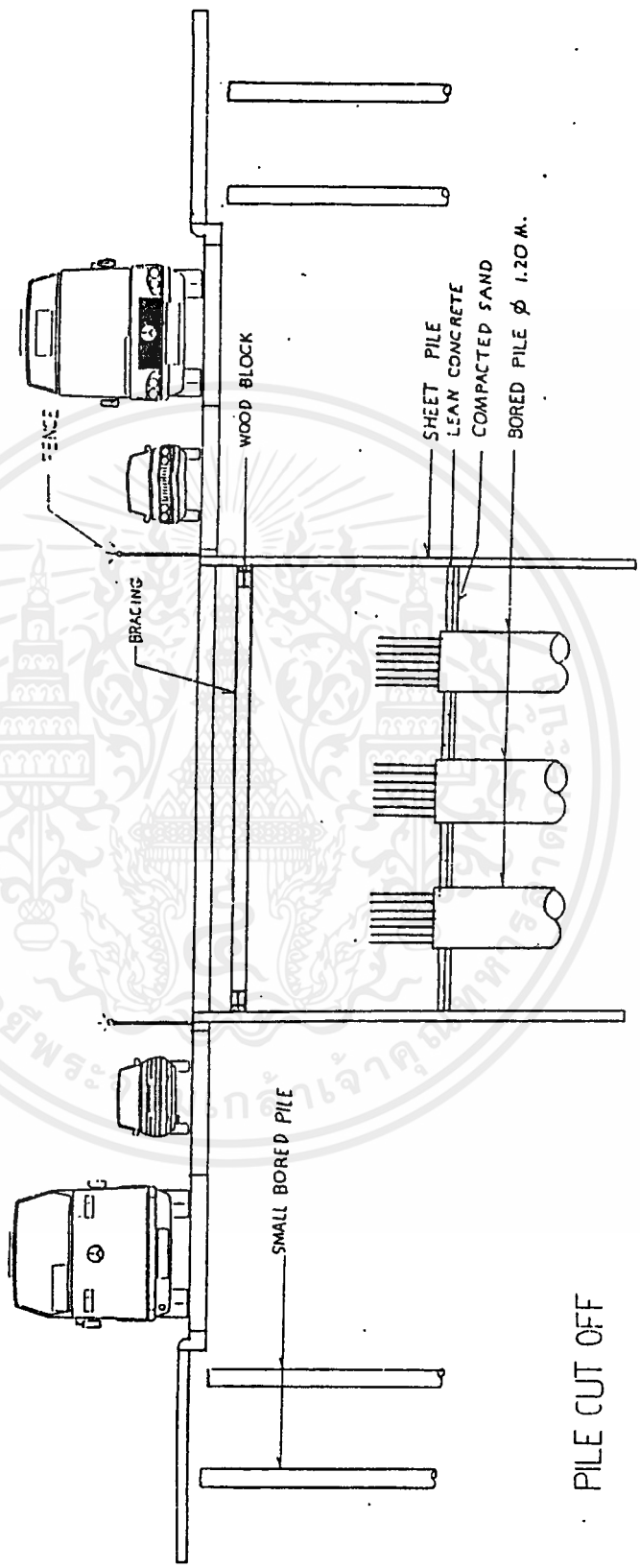
รูปที่ 8-10 เปิดหน้าดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



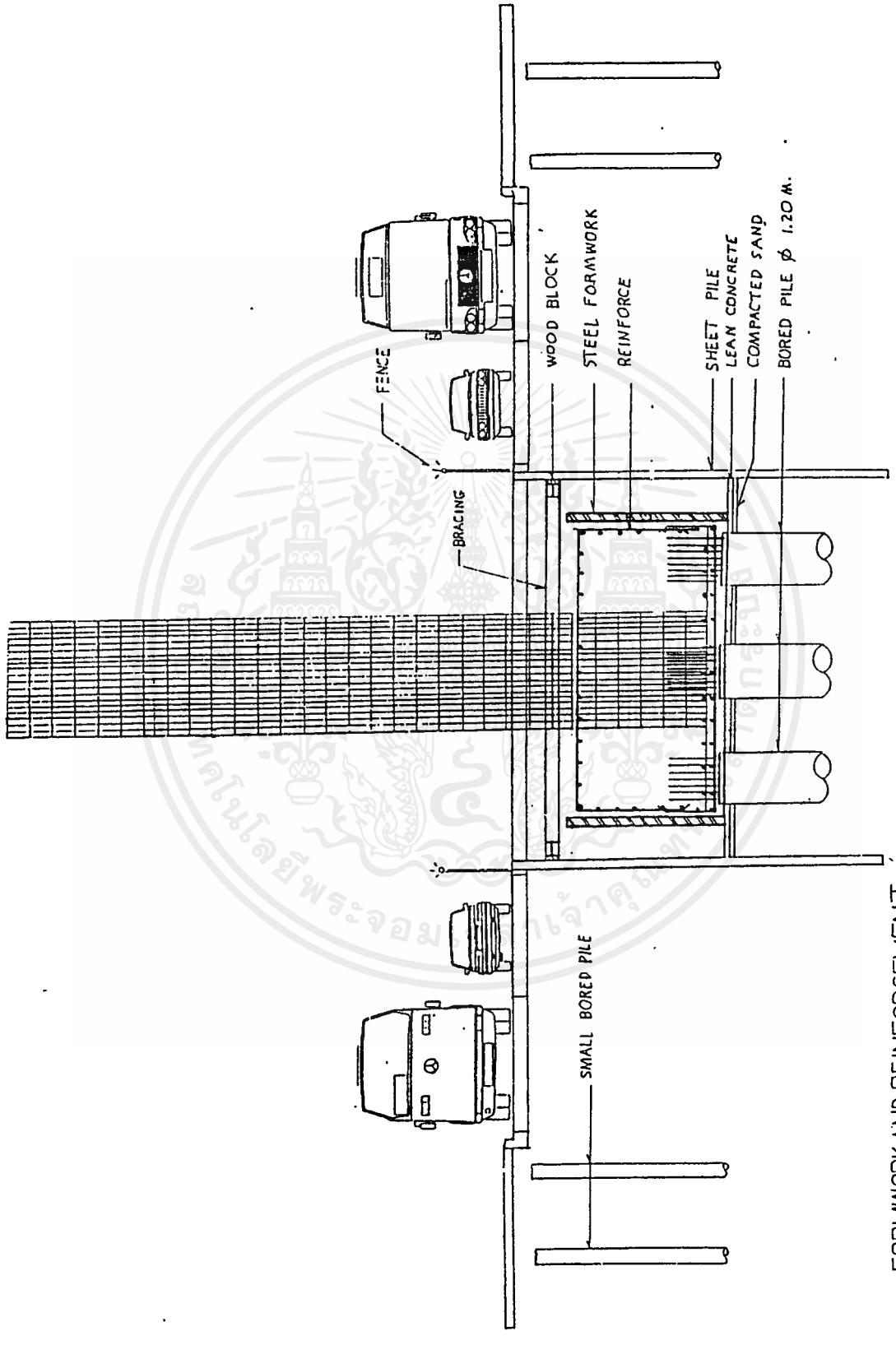
รูปที่ 8-11 ก Lean Concrete

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



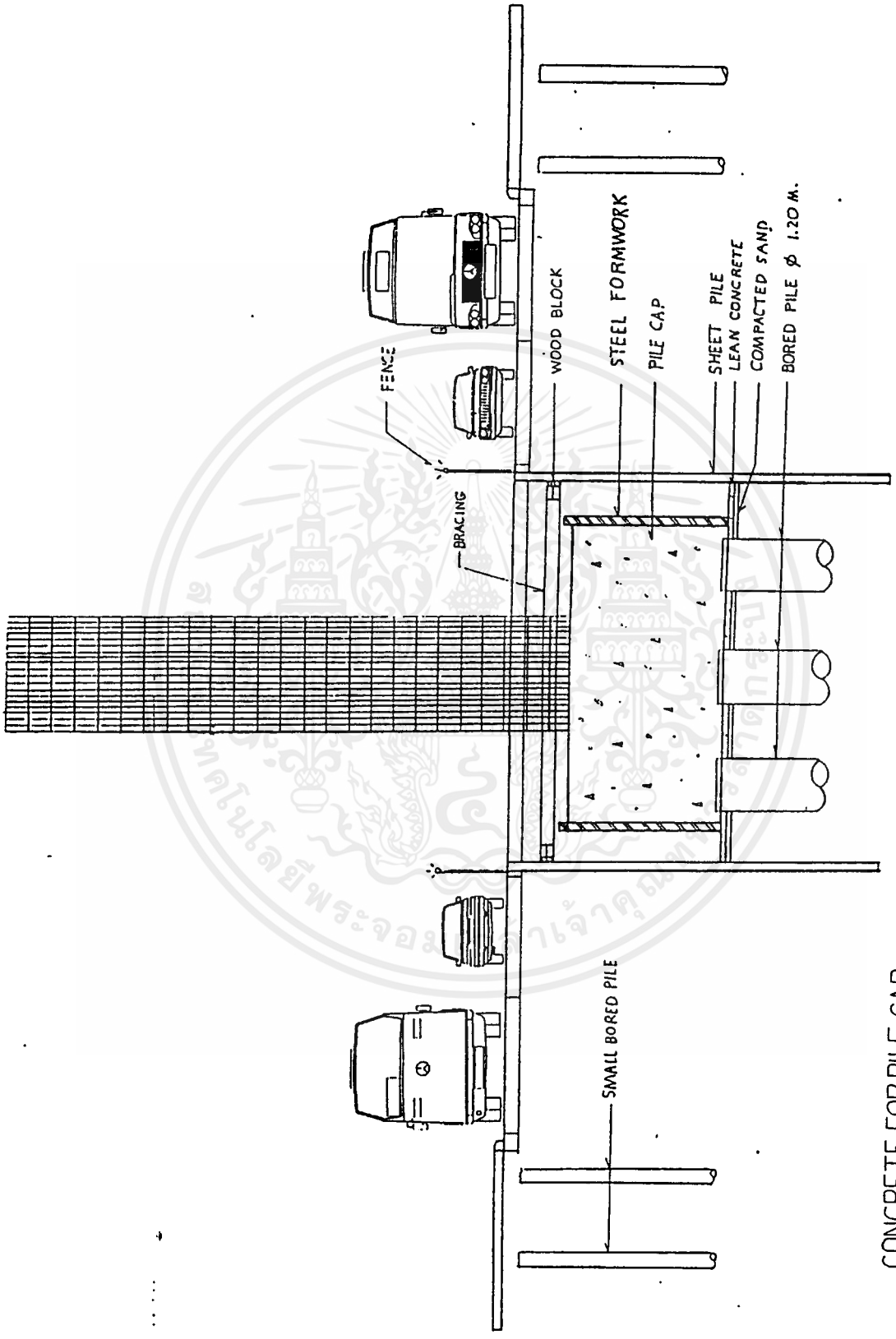
รูปที่ 8-12 ตัดหัวเข็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



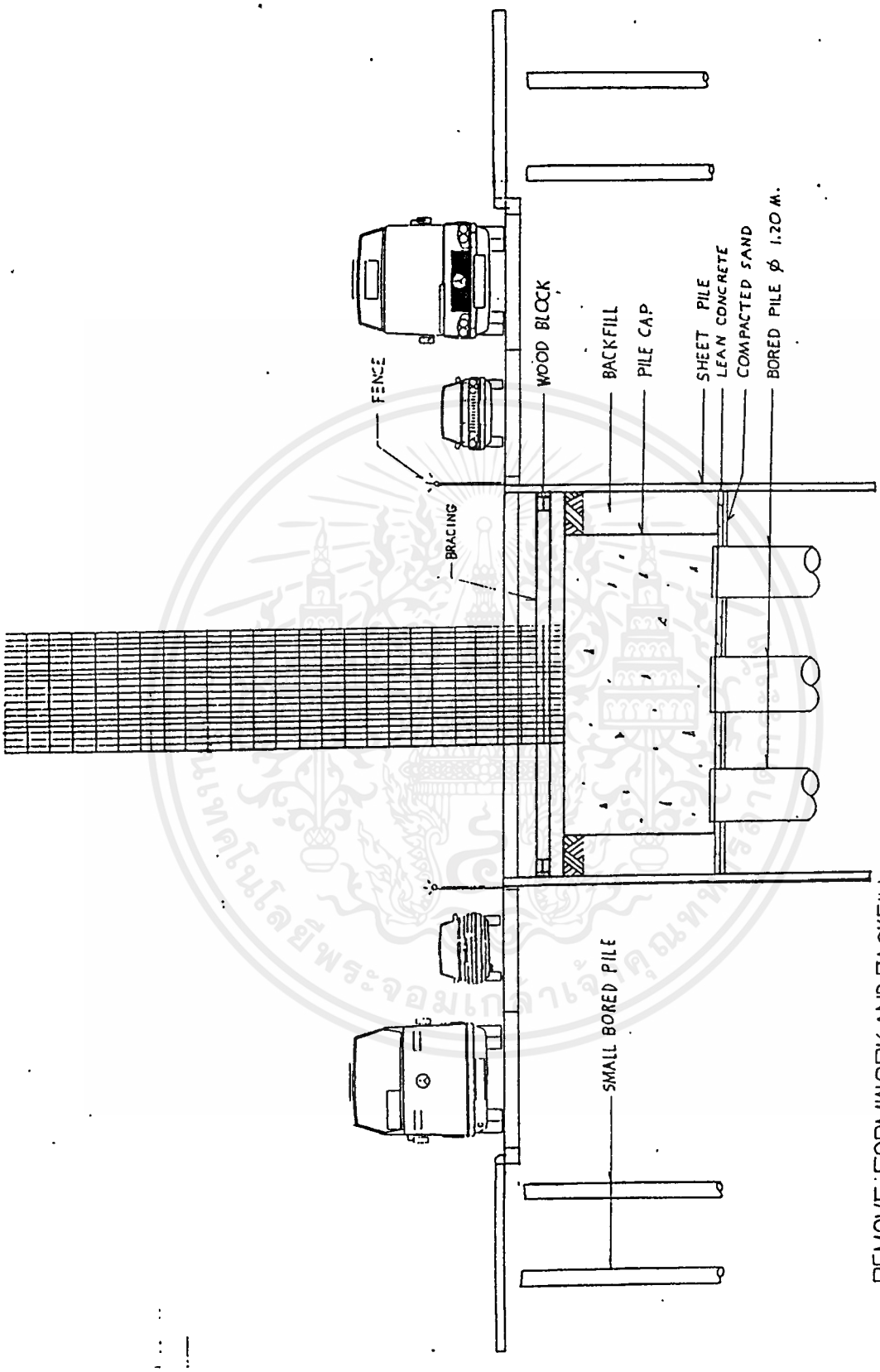
รูปที่ 8-13 เข้าแบบและผูกเหล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



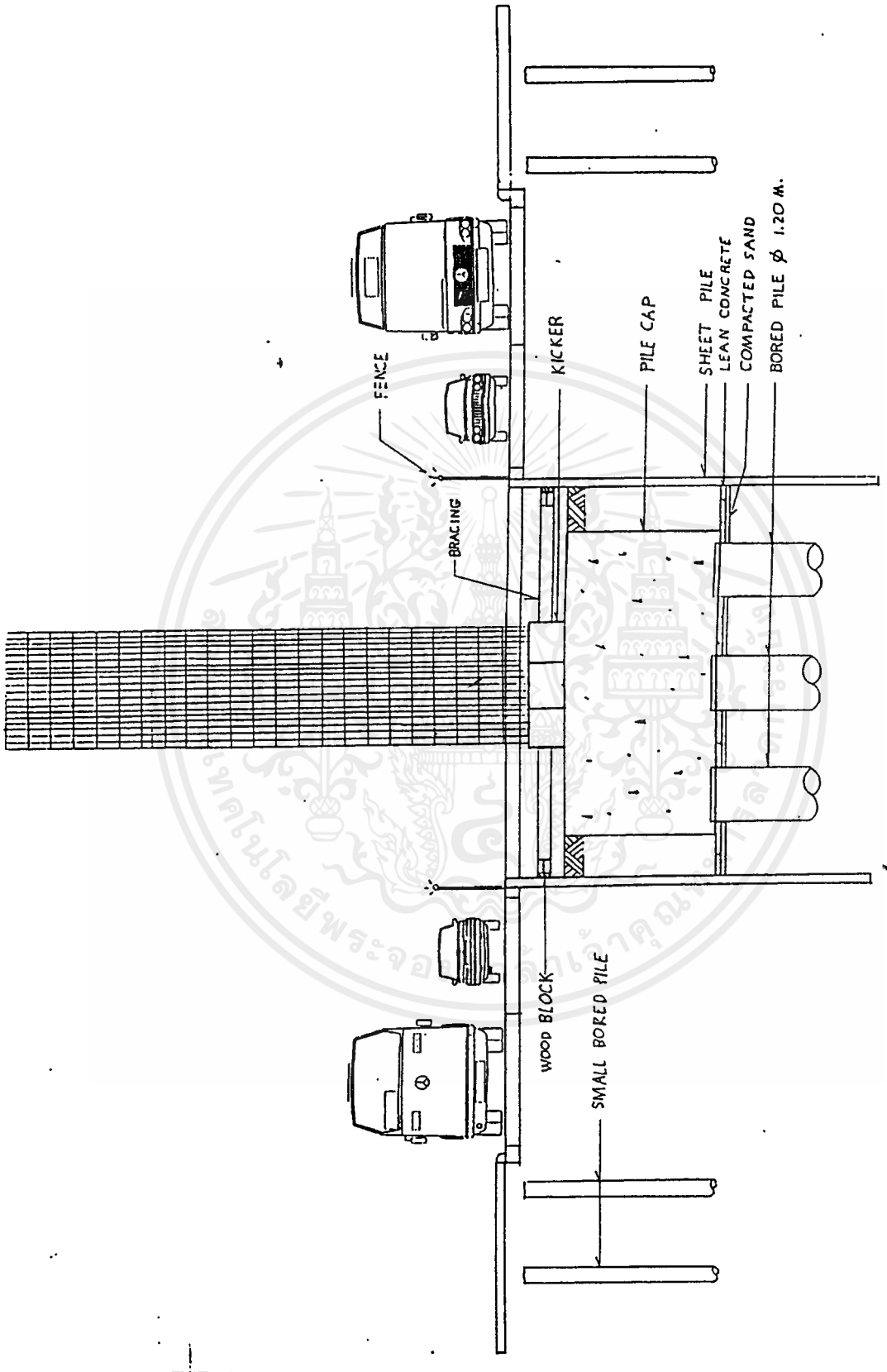
รูปที่ 8-14 หล่อคอนกรีต Pile Cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



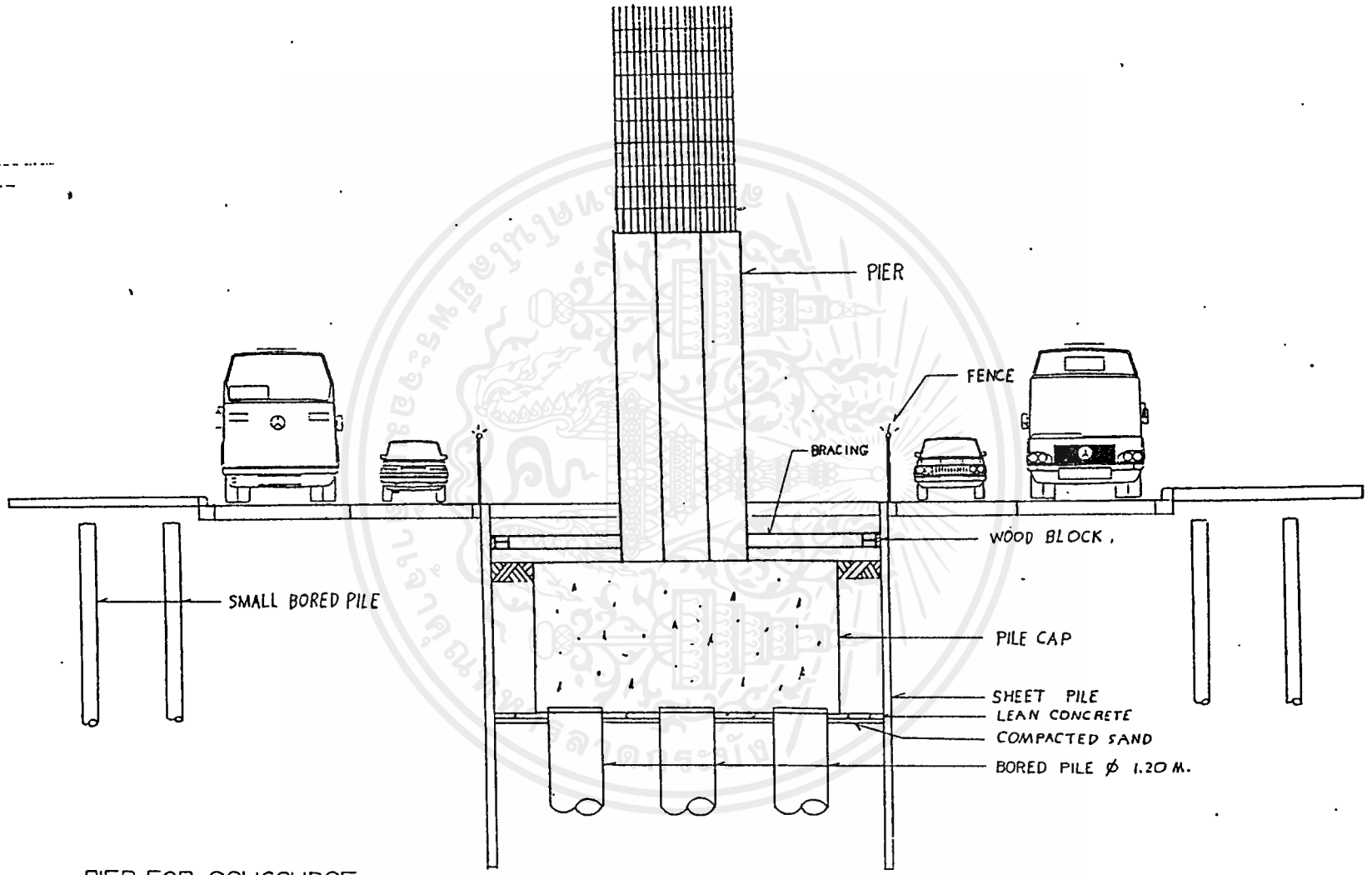
รูปที่ 8-15 ถอดแบบและถมดินรอบ Pile Cap

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

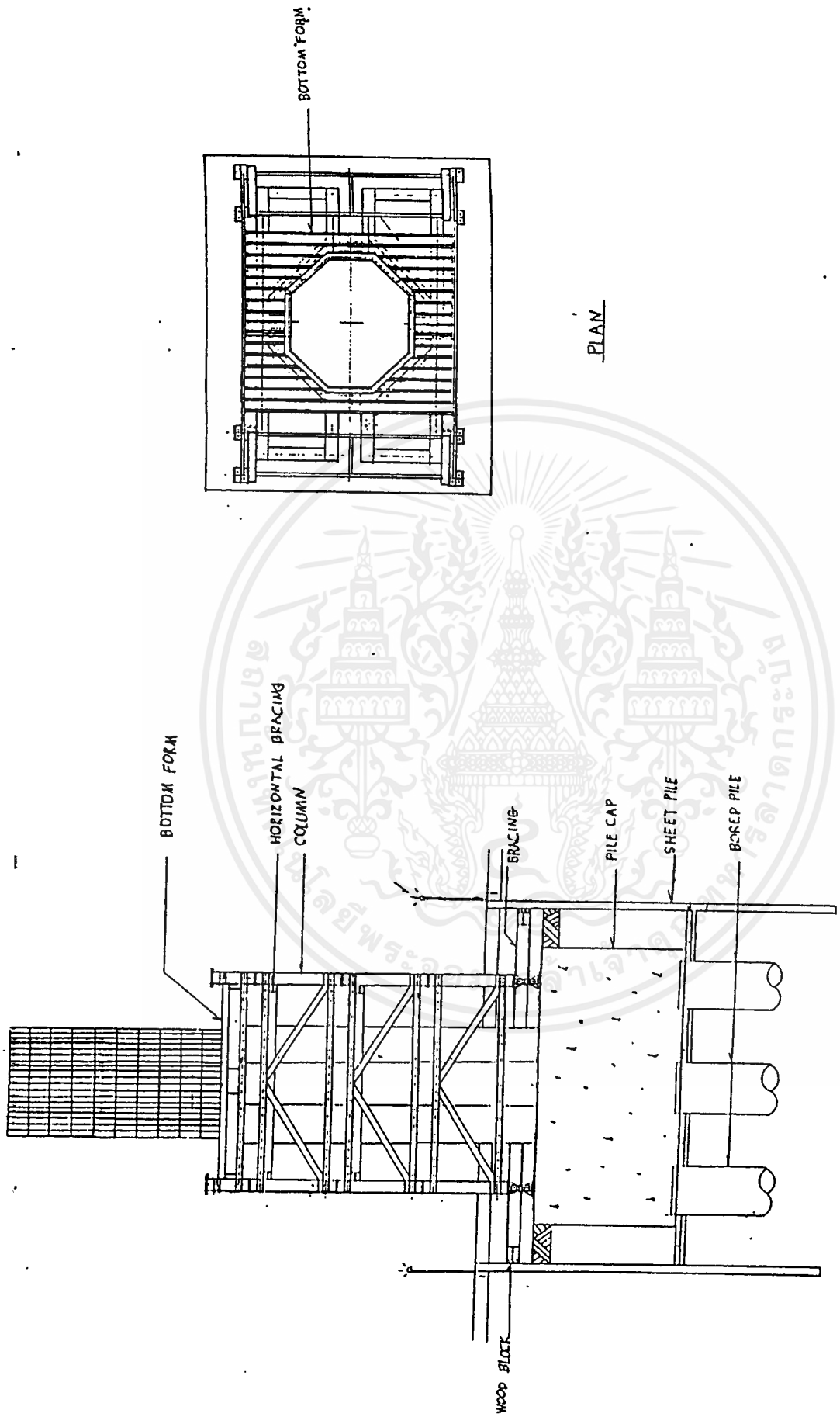


รูปที่ 8-16 หล่อ Kicker

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

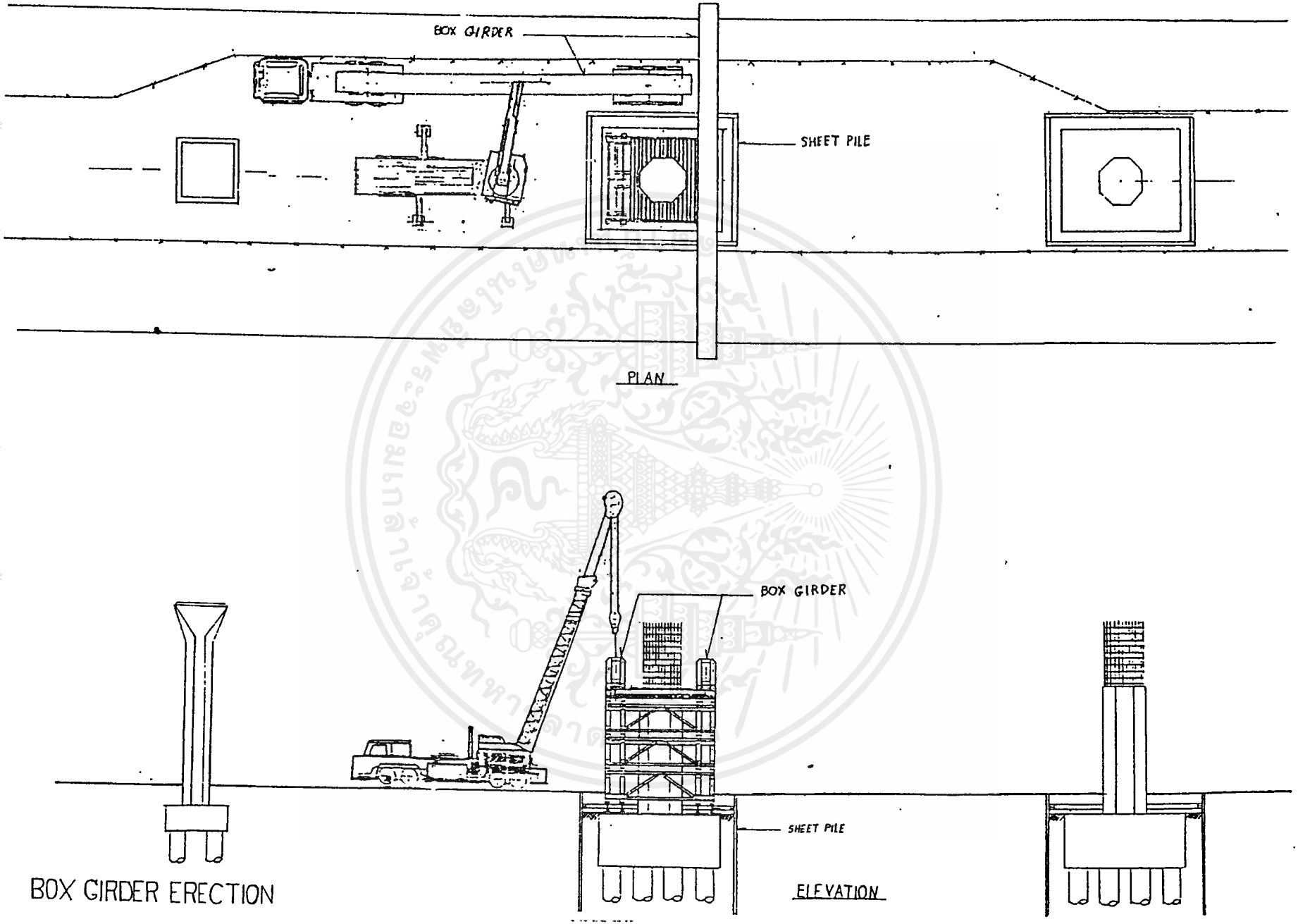


รูปที่ 8-17 หล่อเสาสำหรับรองรับชั้น Concourse

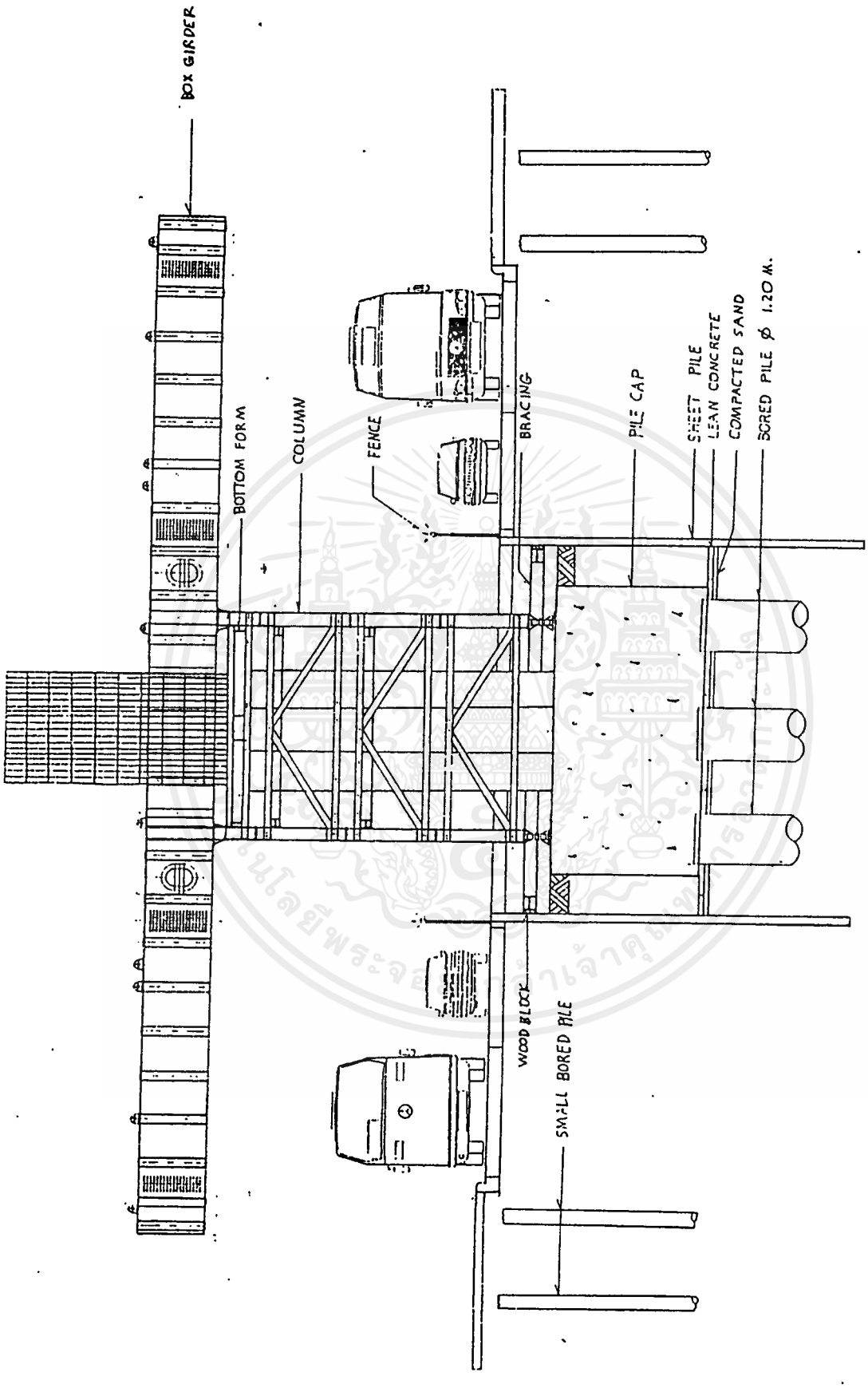


รูปที่ 8-18 ติดตั้งนั่งร้านและแบบหล่อท้องคาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



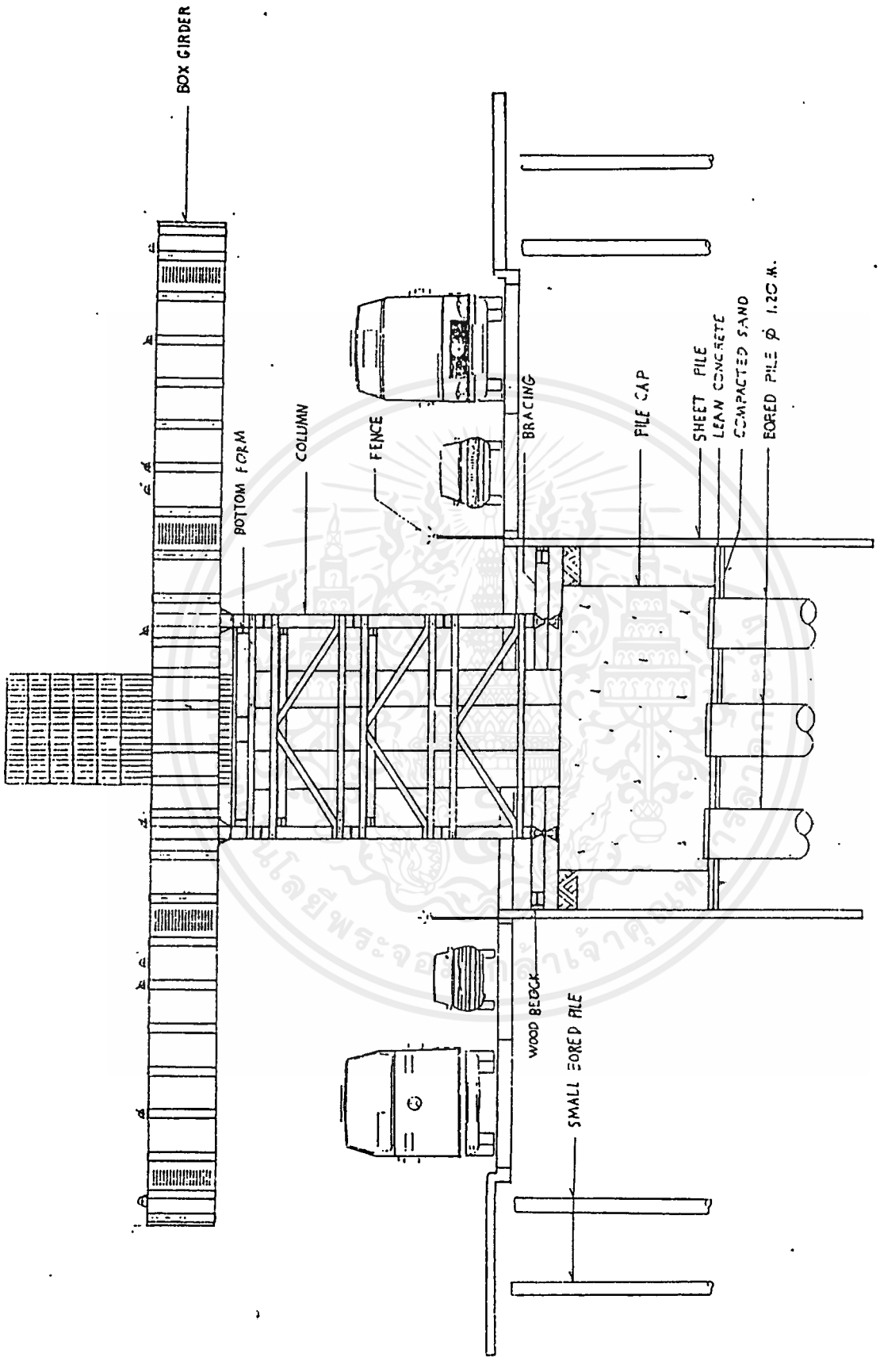
รูปที่ 8-19 ติดตั้งแบบหล่อด้านข้าง (Box Girder)



BOX GIRDER No.1

รูปที่ 8-20 Box Girder No.1

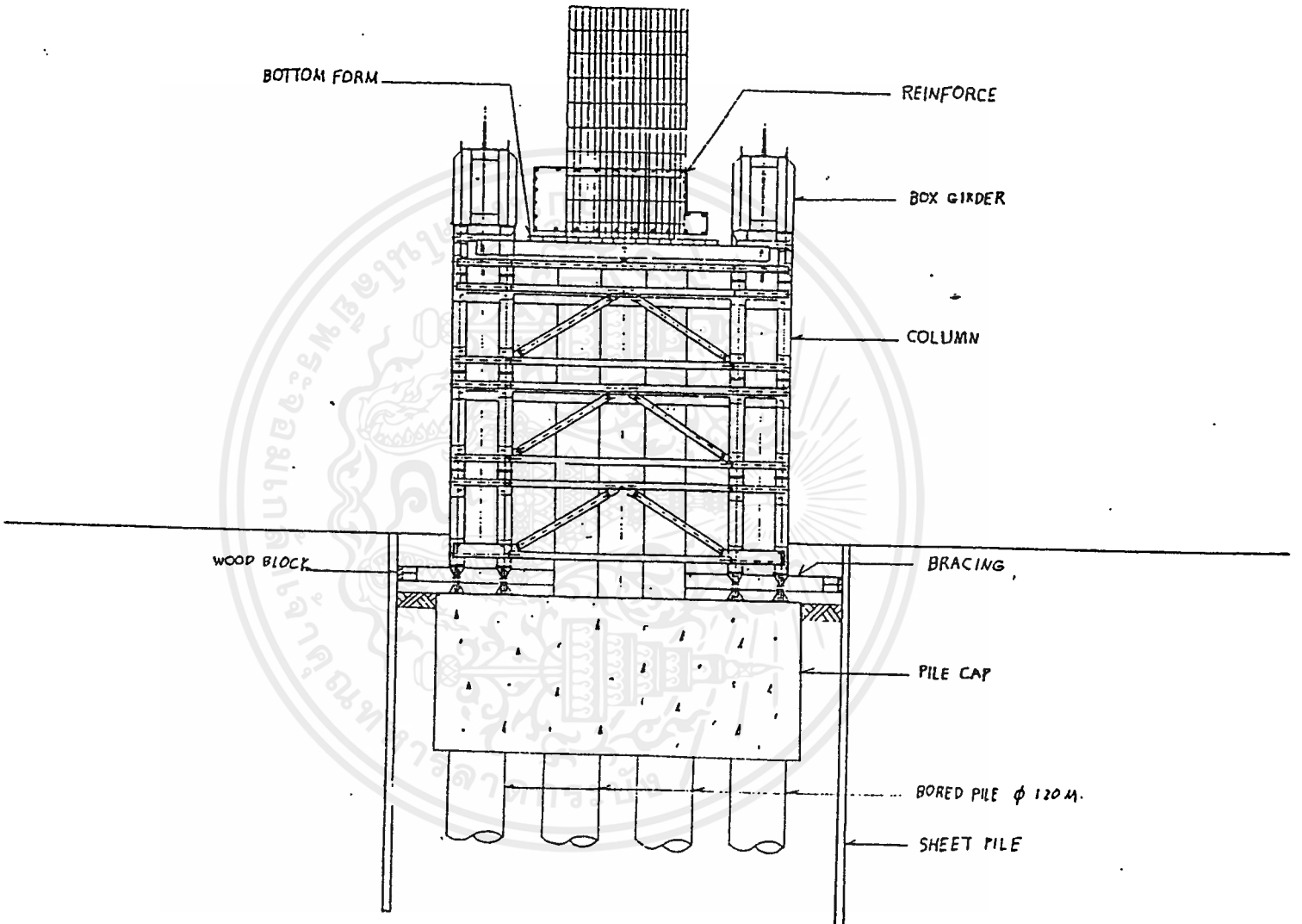
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



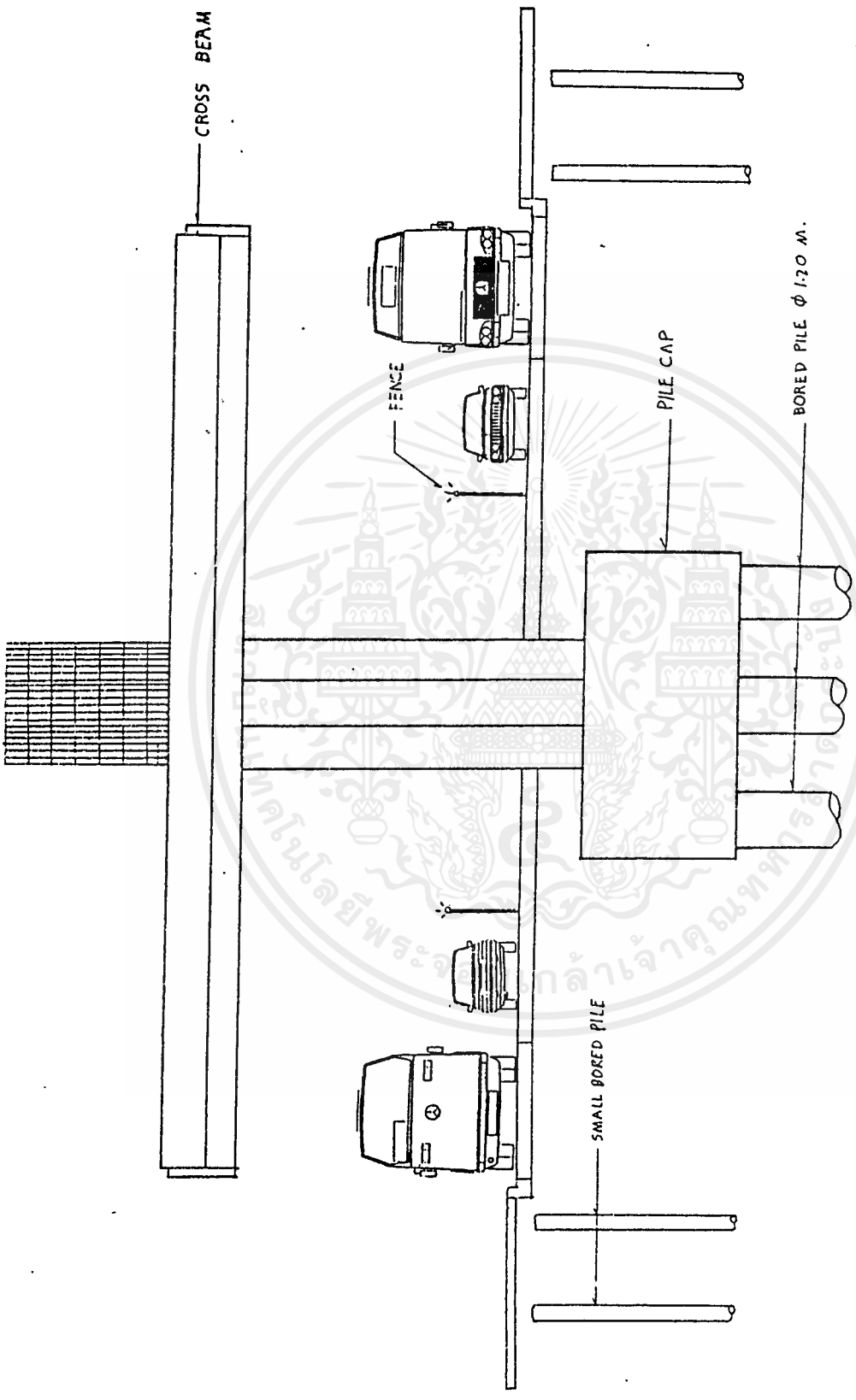
BOX GIRDER No. 2

รูปที่ 8-21 Box Girder No.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

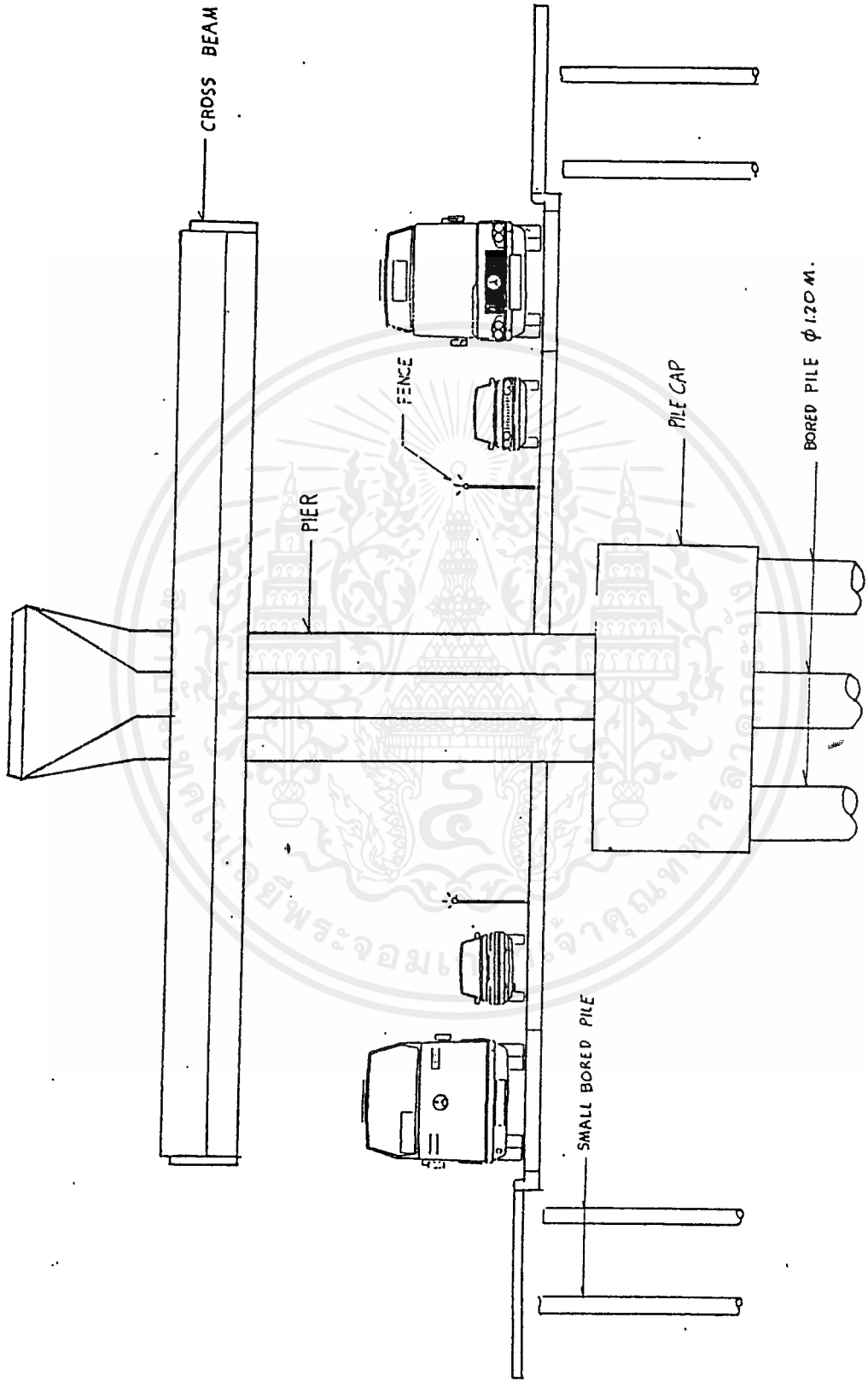


รูปที่ 8-22 **ผูกเหล็กเสริม** Cross Beam



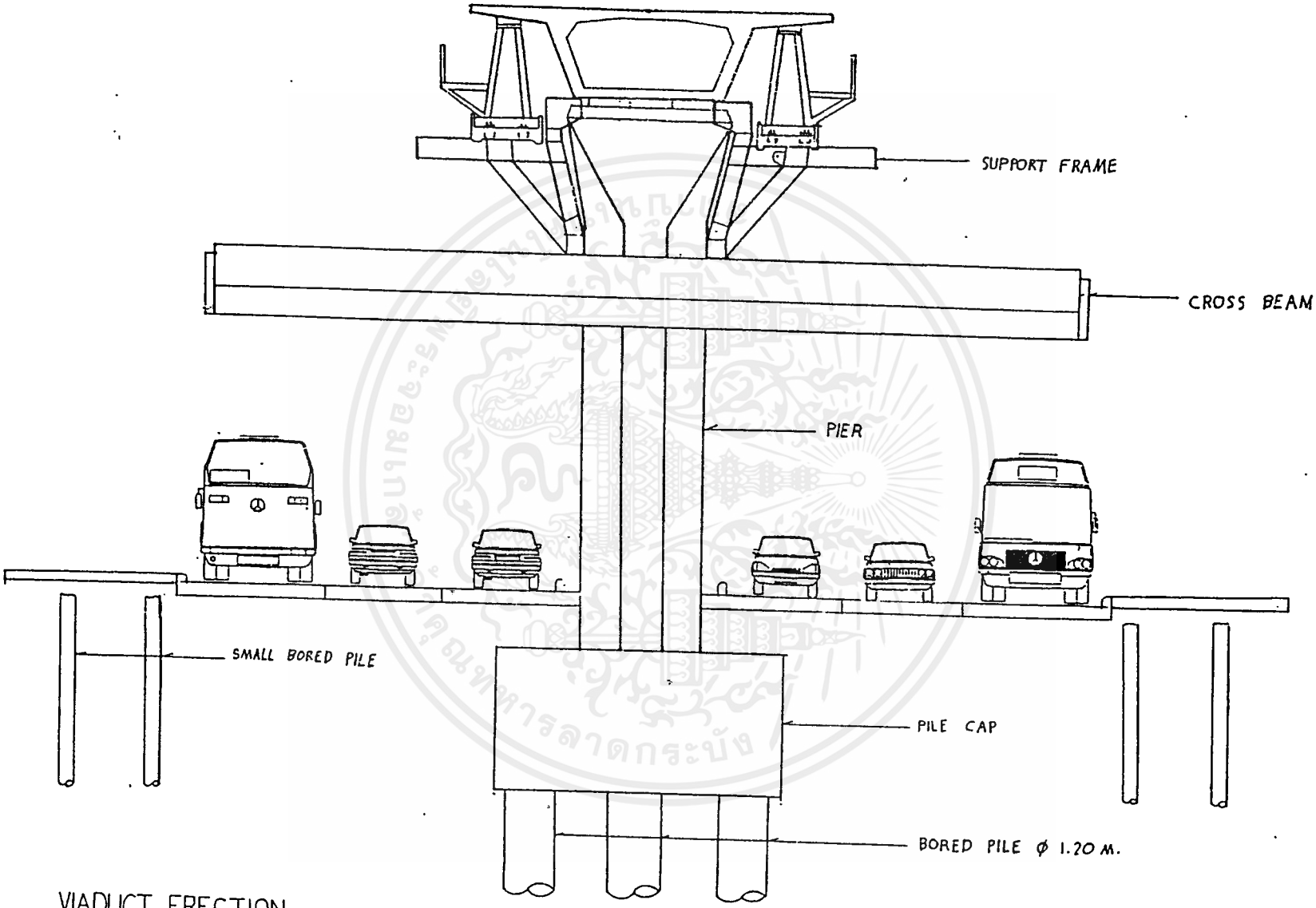
รูปที่ 8-23 หล่อ Cross Beam เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

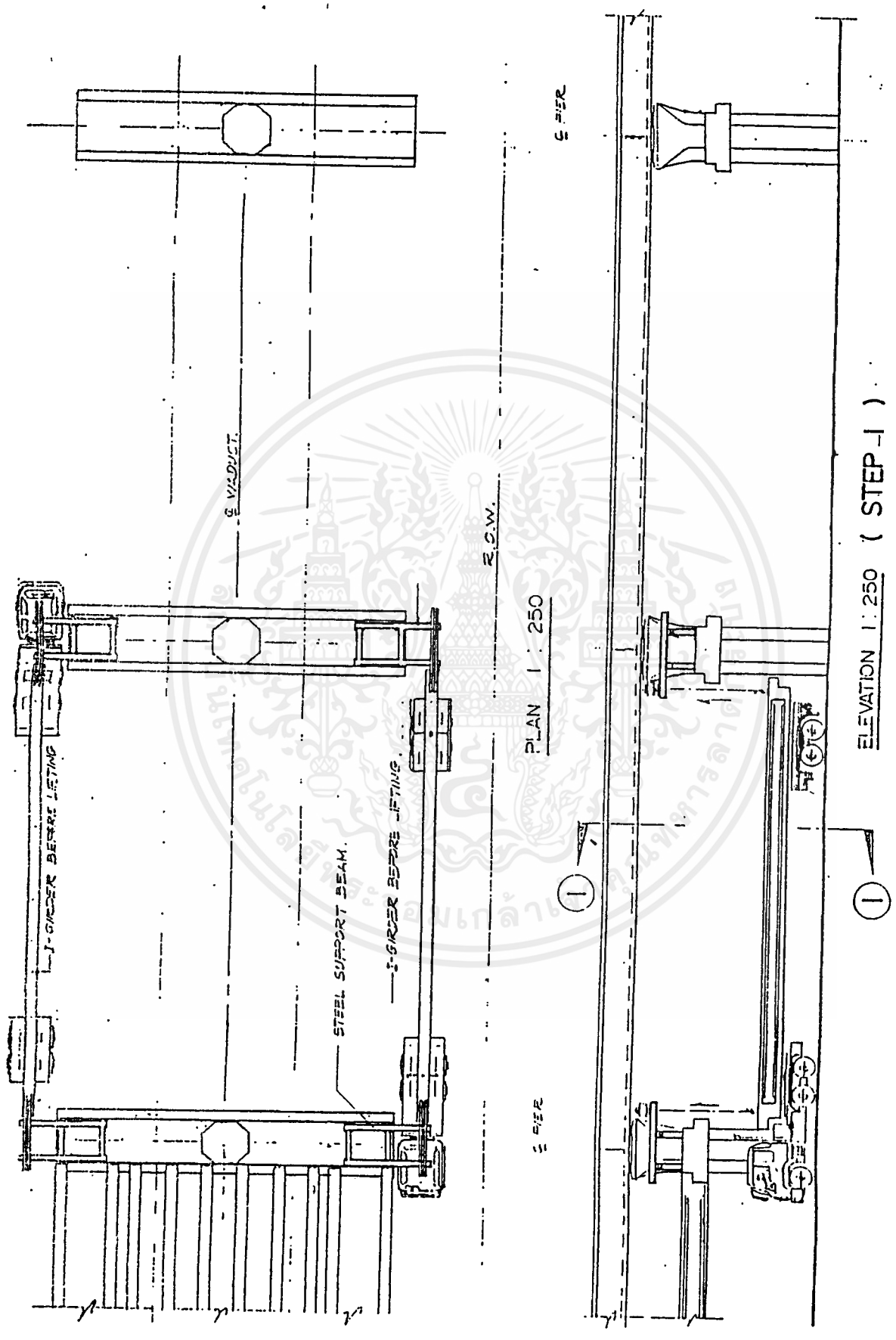


รูปที่ 8-24 หล่อหัว Pier ส่วนที่เหลือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

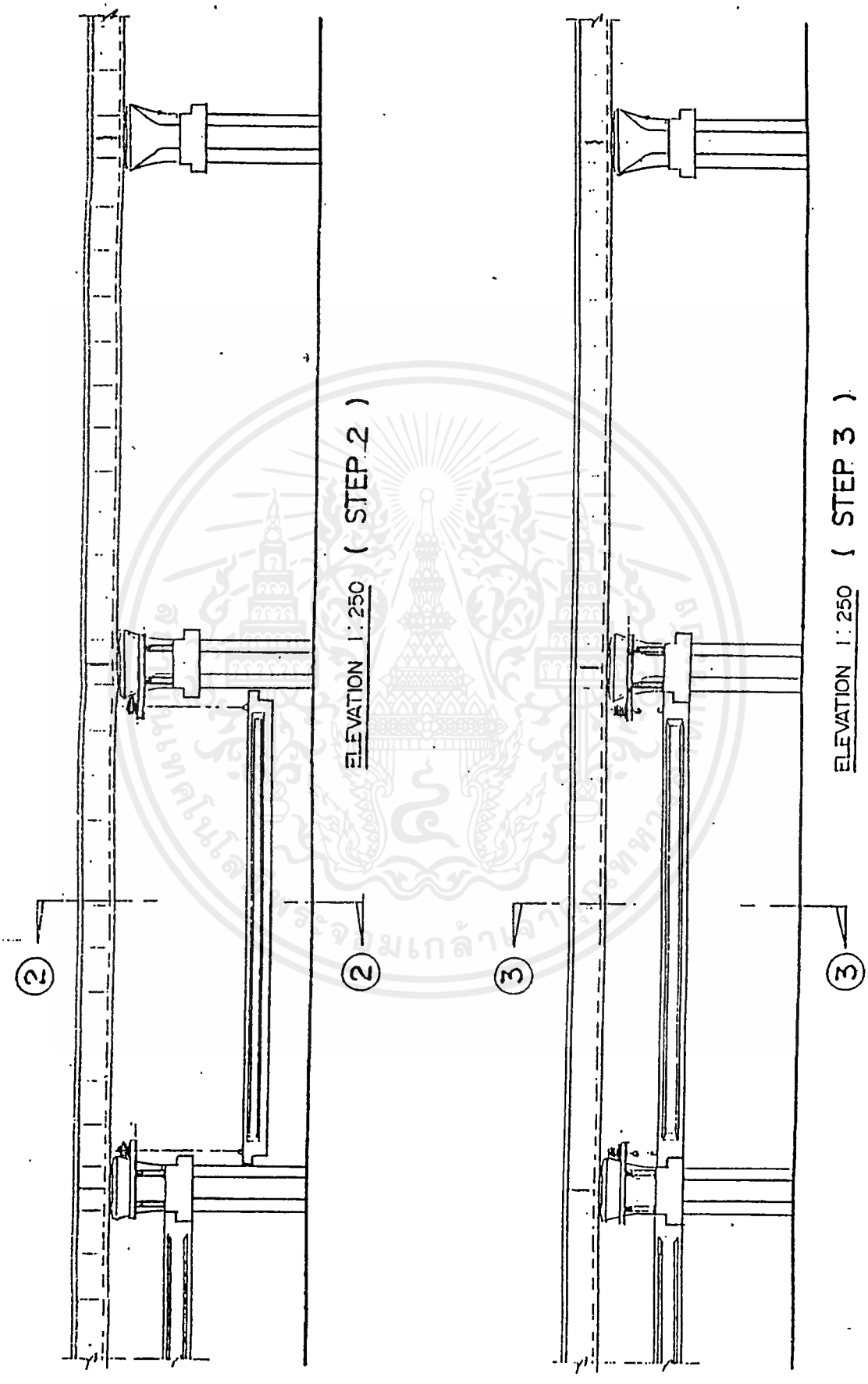


รูปที่ 8-25 ติดตั้งทางวิ่ง



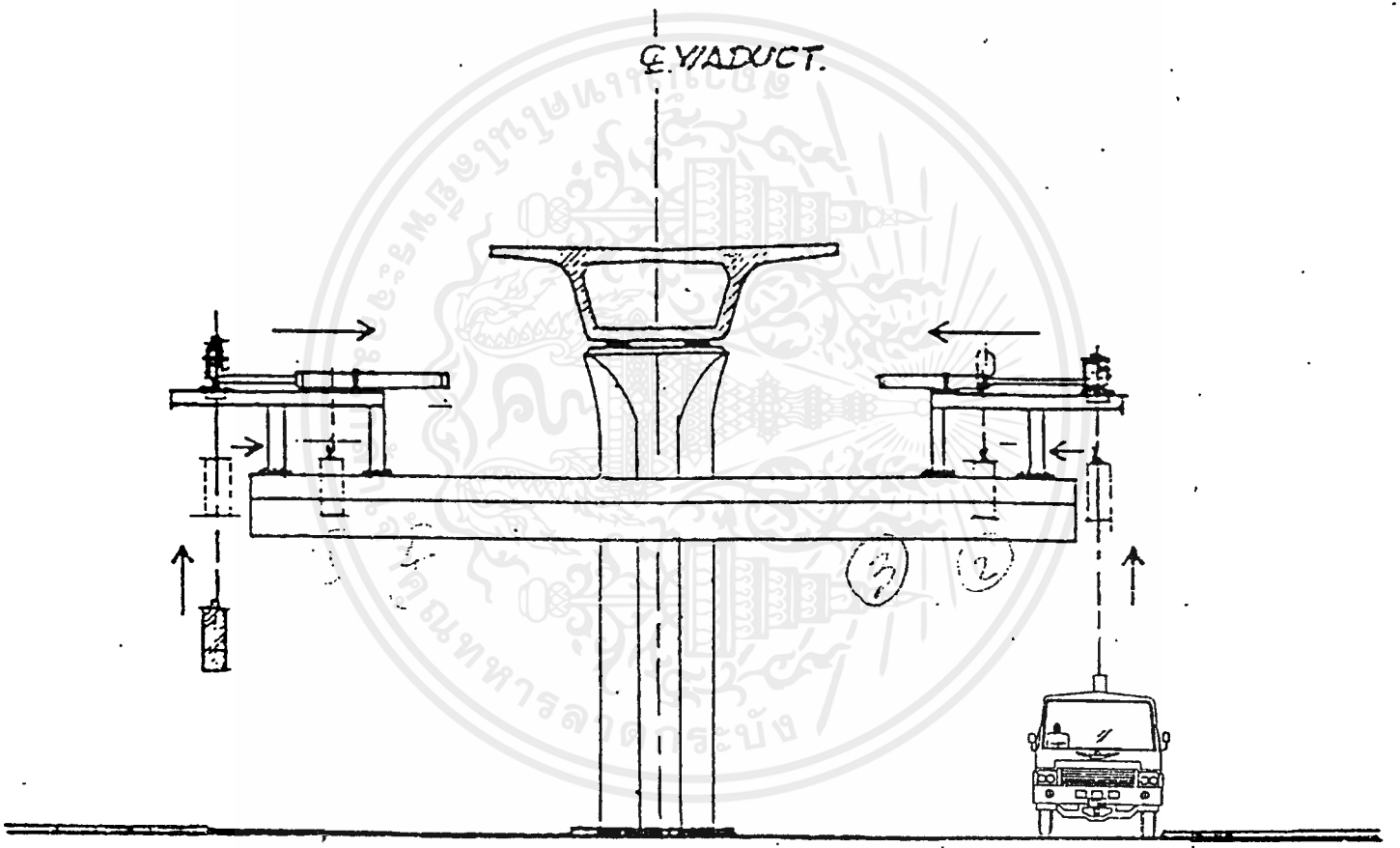
รูปที่ 8-26 ขน I-Girder มายังหน้างานและยกขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

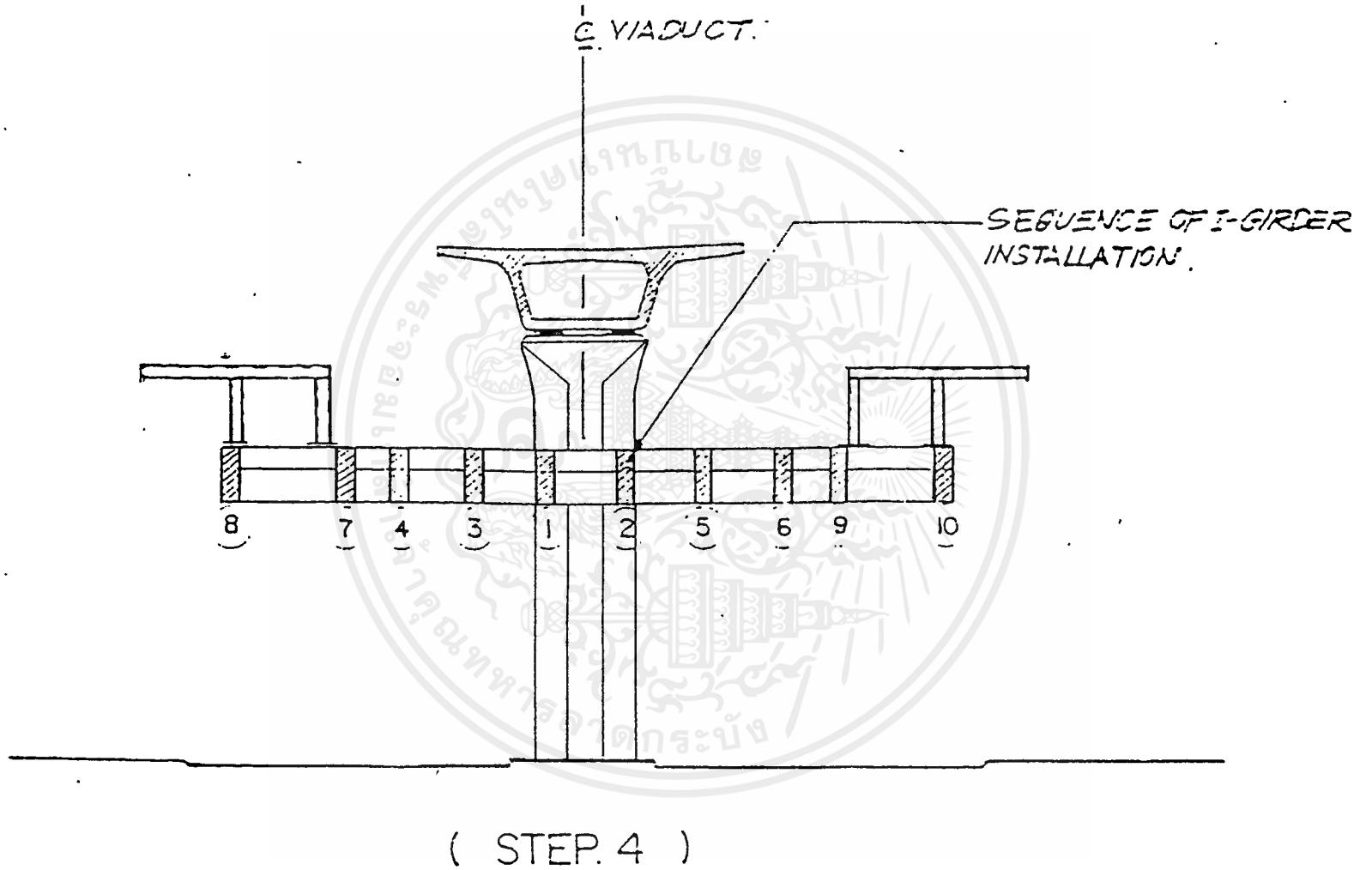


รูปที่ 8-27 ยก I-Girder **ขึ้นโดยใช้** Lifting Jack **และ เลื่อนไปยังตำแหน่งที่จะติดตั้งโดย** Sliding Jack

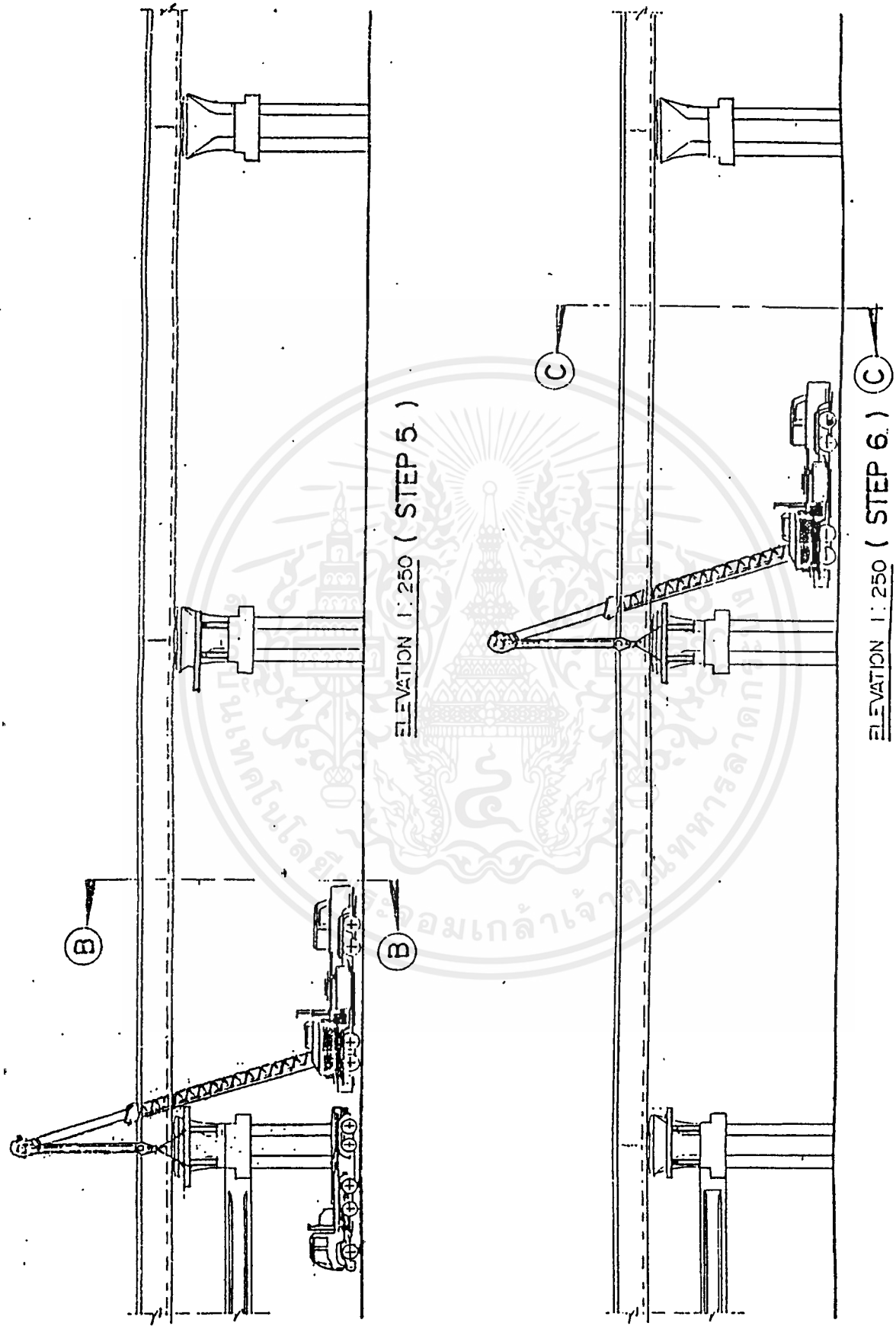
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-28 ยก I-Girder ขึ้นโดยใช้ Lifting Jack และ เลื่อนไปยังตำแหน่งที่จะติดตั้งโดย Sliding Jack

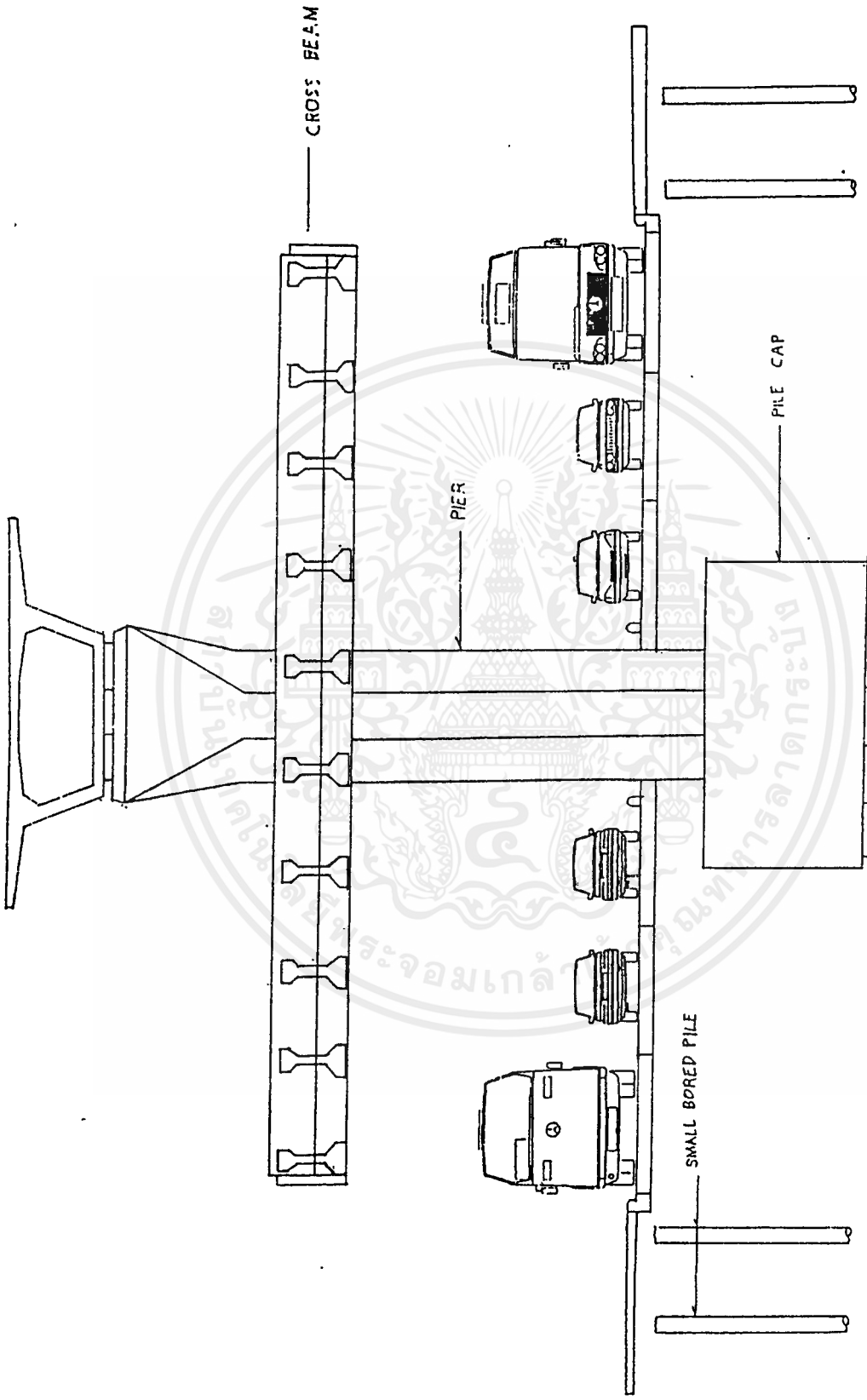


รูปที่ 8-29 ลำดับในการวาง I-Girder



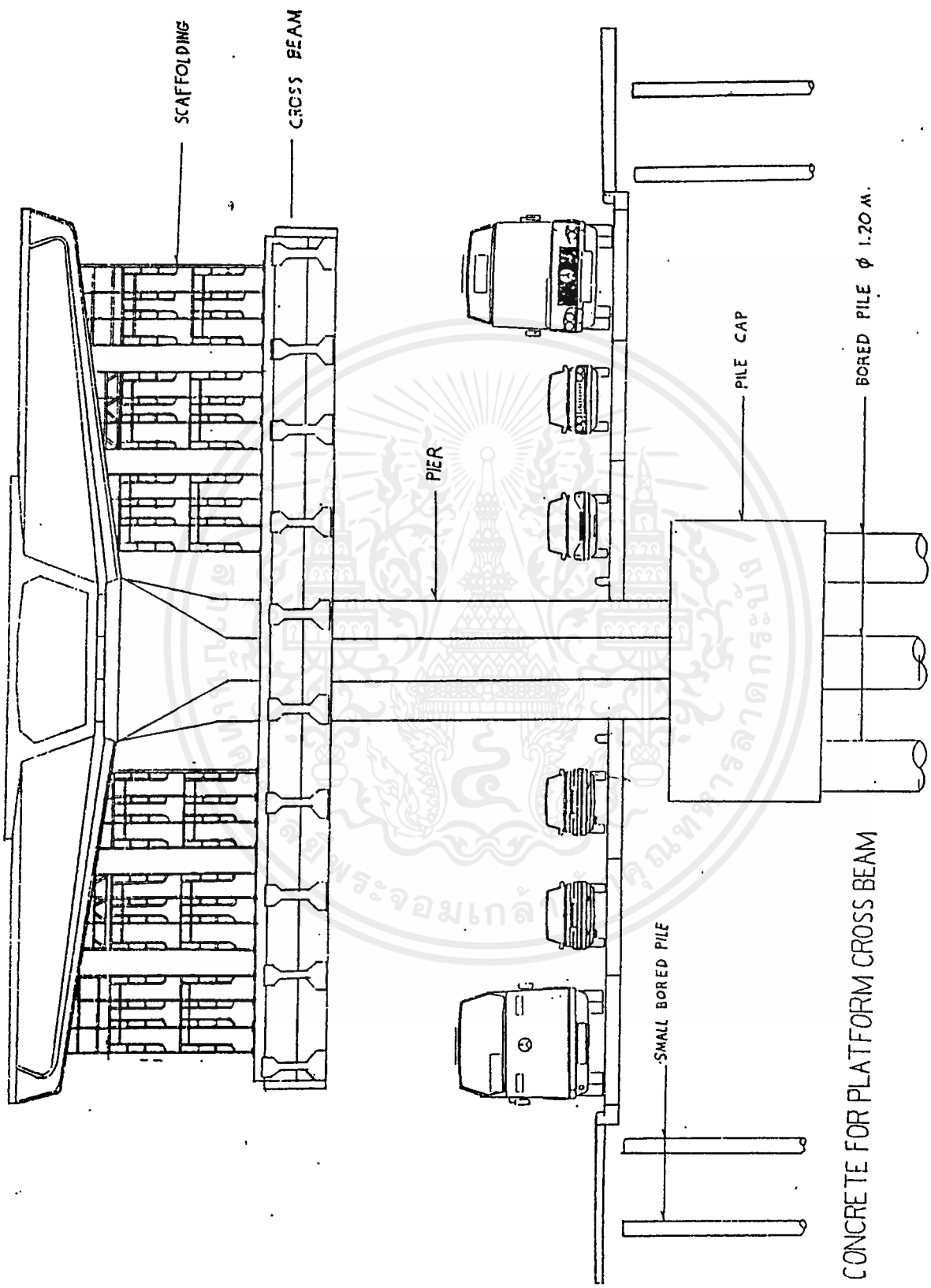
รูปที่ 8-30 ย้ายอุปกรณ์ที่ใช้ยก I-Girder ไปยัง Span ถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



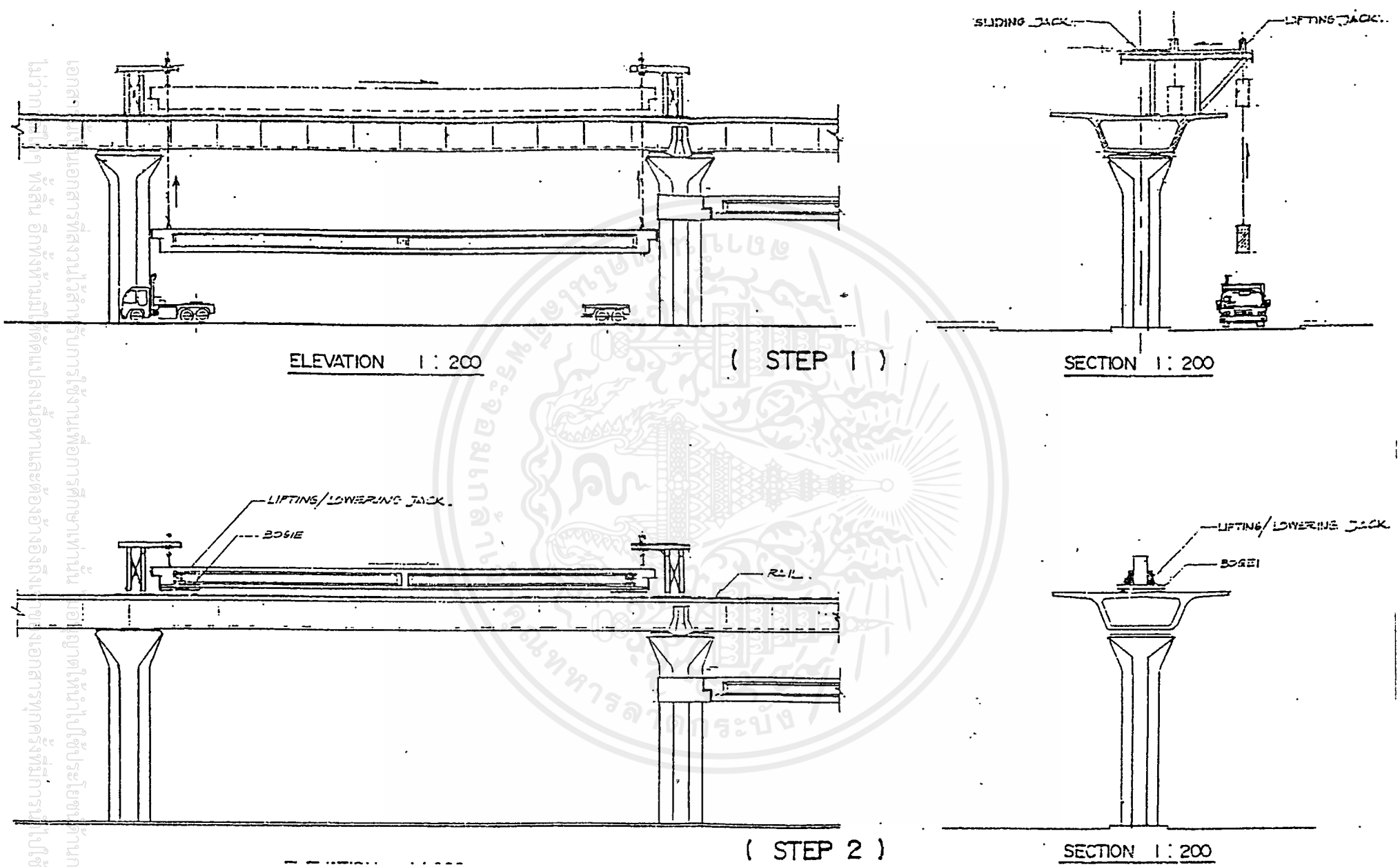
รูปที่ 8-31 ติดตั้ง I-Girder ชั้น Concourse เสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

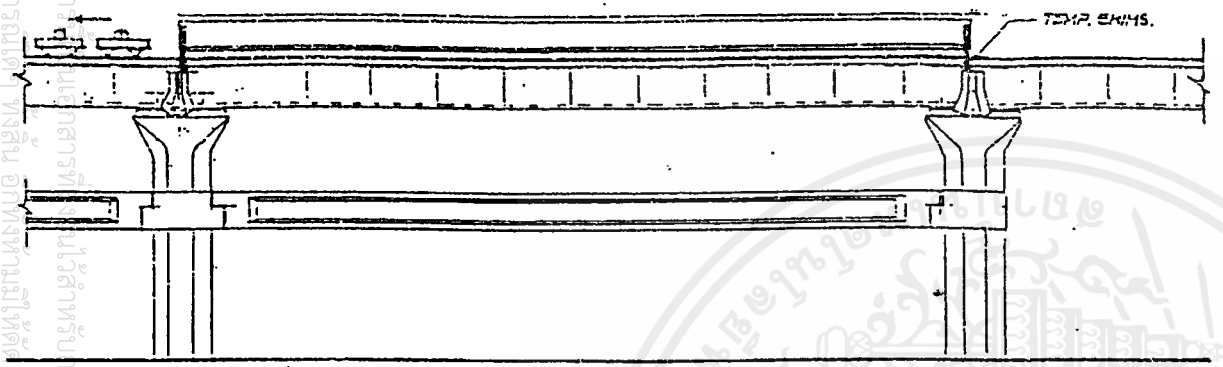


รูปที่ 8-32 ติดตั้งนั่งร้านและหล่อ Crossbeam ชั้นชานชาลา

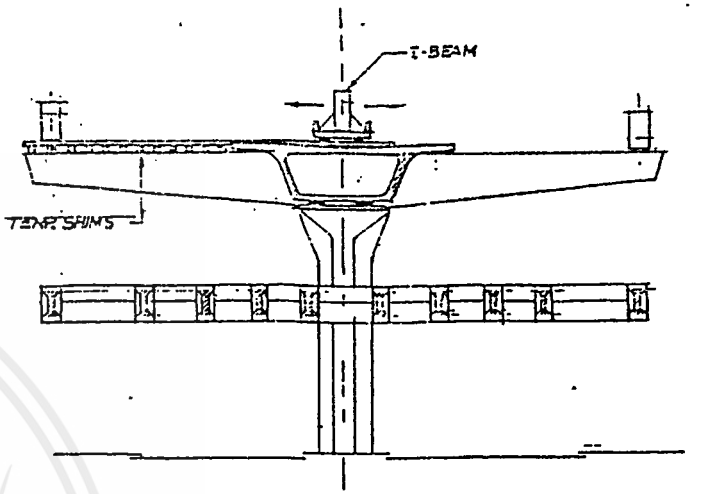
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-33 ใช้ Lifting Jack ยก I-Girder ขึ้นแล้วเลื่อนไปวางบน Bogie โดย Sliding Jack แล้วเลื่อน Bogie ไปยัง Span ที่จะติดตั้ง

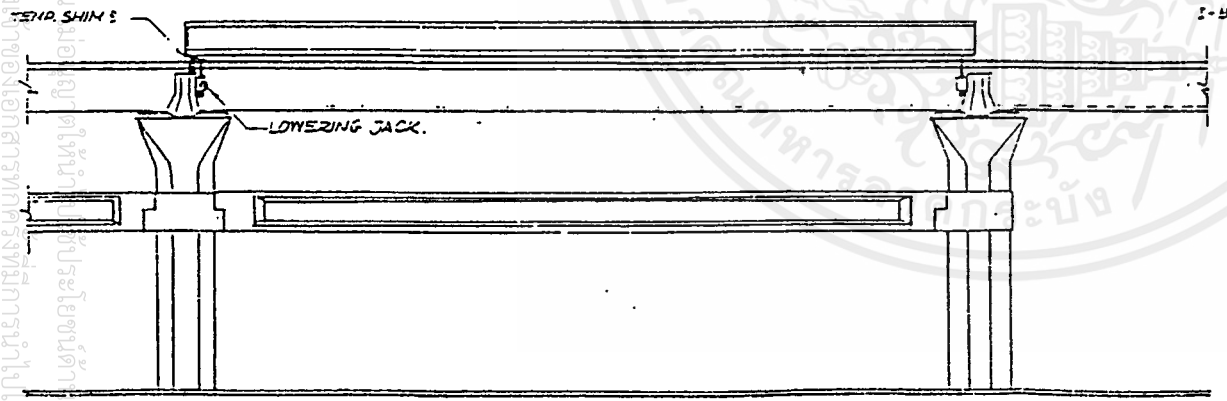


ELEVATION 1 : 200

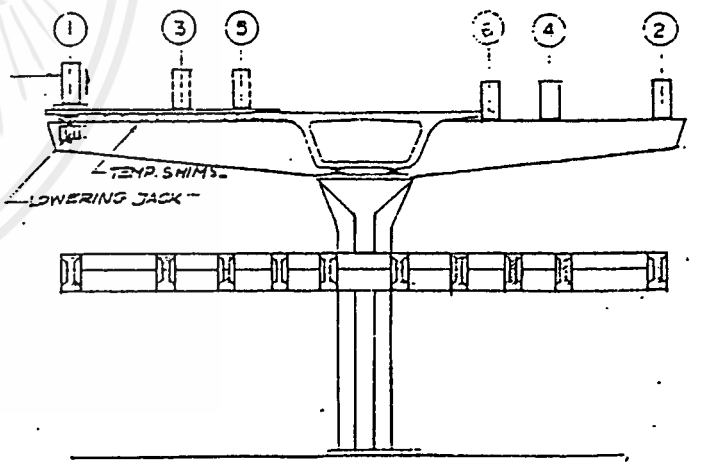


SECTION 1 : 200

(STEP 3)



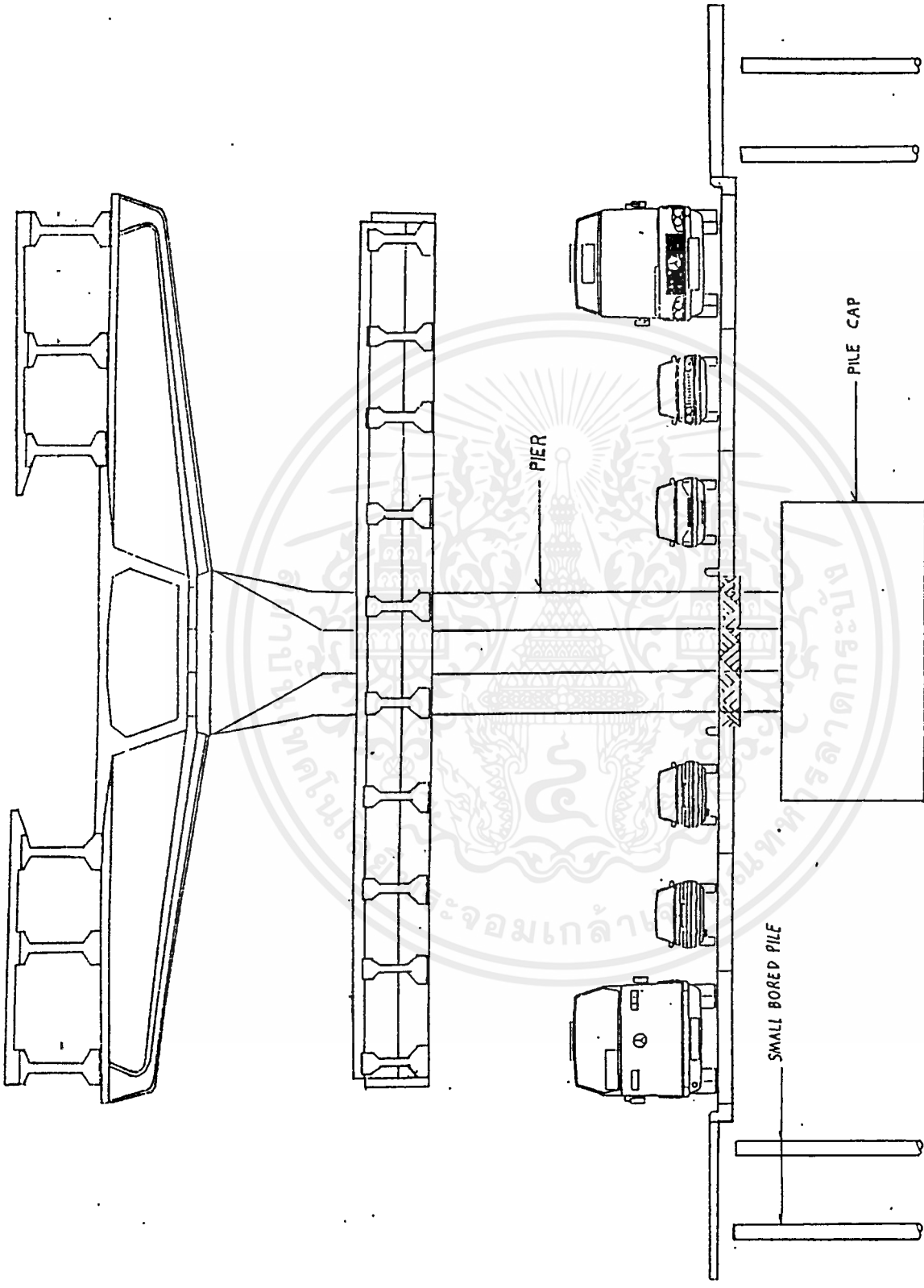
ELEVATION 1 : 200



SECTION 1 : 200

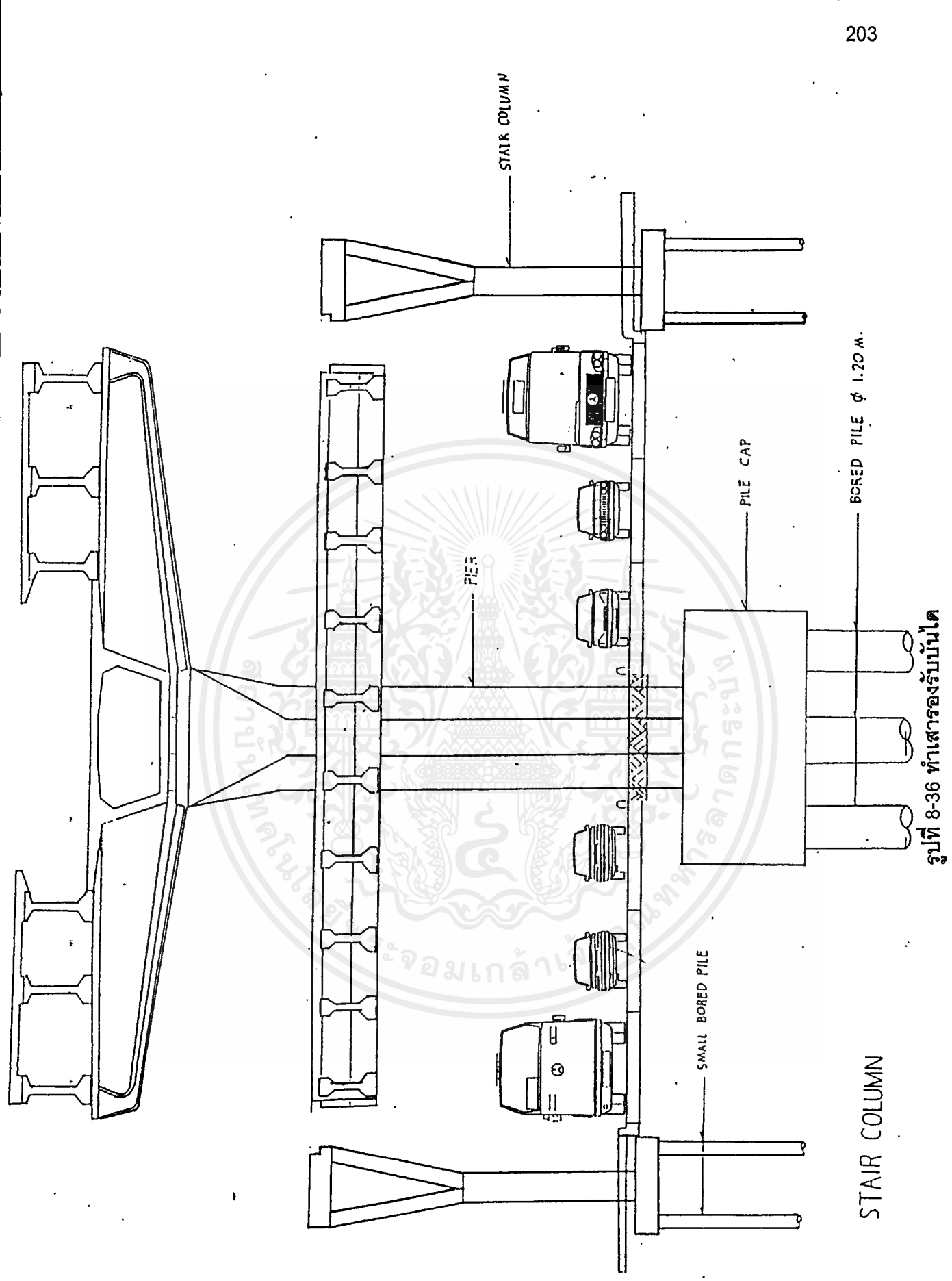
(STEP 4)

รูปที่ 8-34 เมื่อถึงยัง Span ที่ต้องการแล้วใช้ Bogie เลื่อนไปยังด้านข้างแล้ววาง I-Girder ตามลำดับ



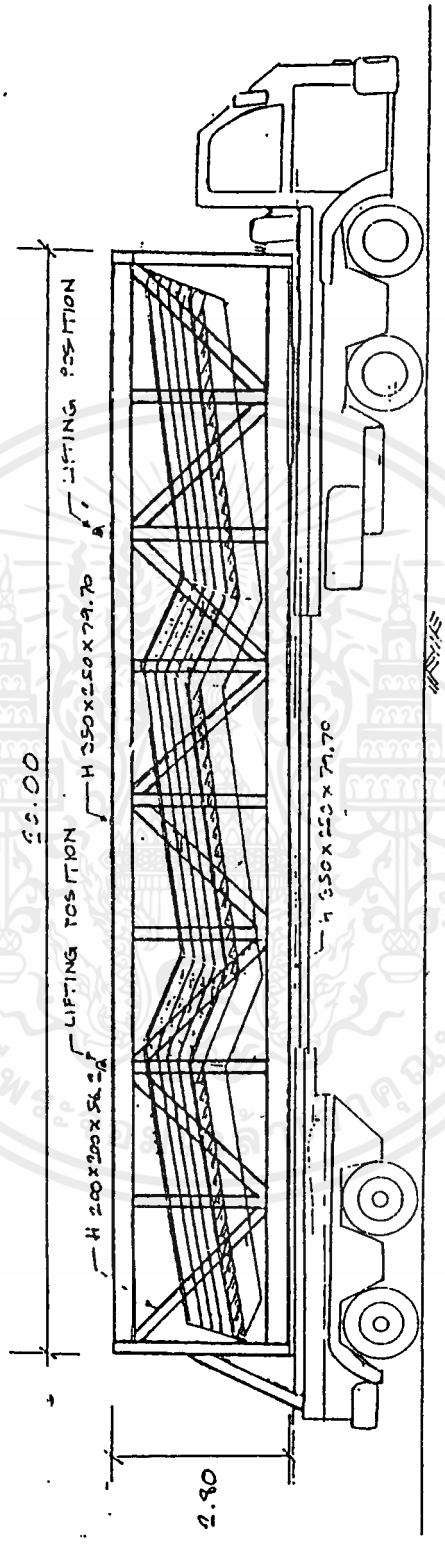
รูปที่ 8-35 ติดตั้ง I-Girder ชั้นชานชาลาเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-36 ทำเสาตอม่อรับบันได

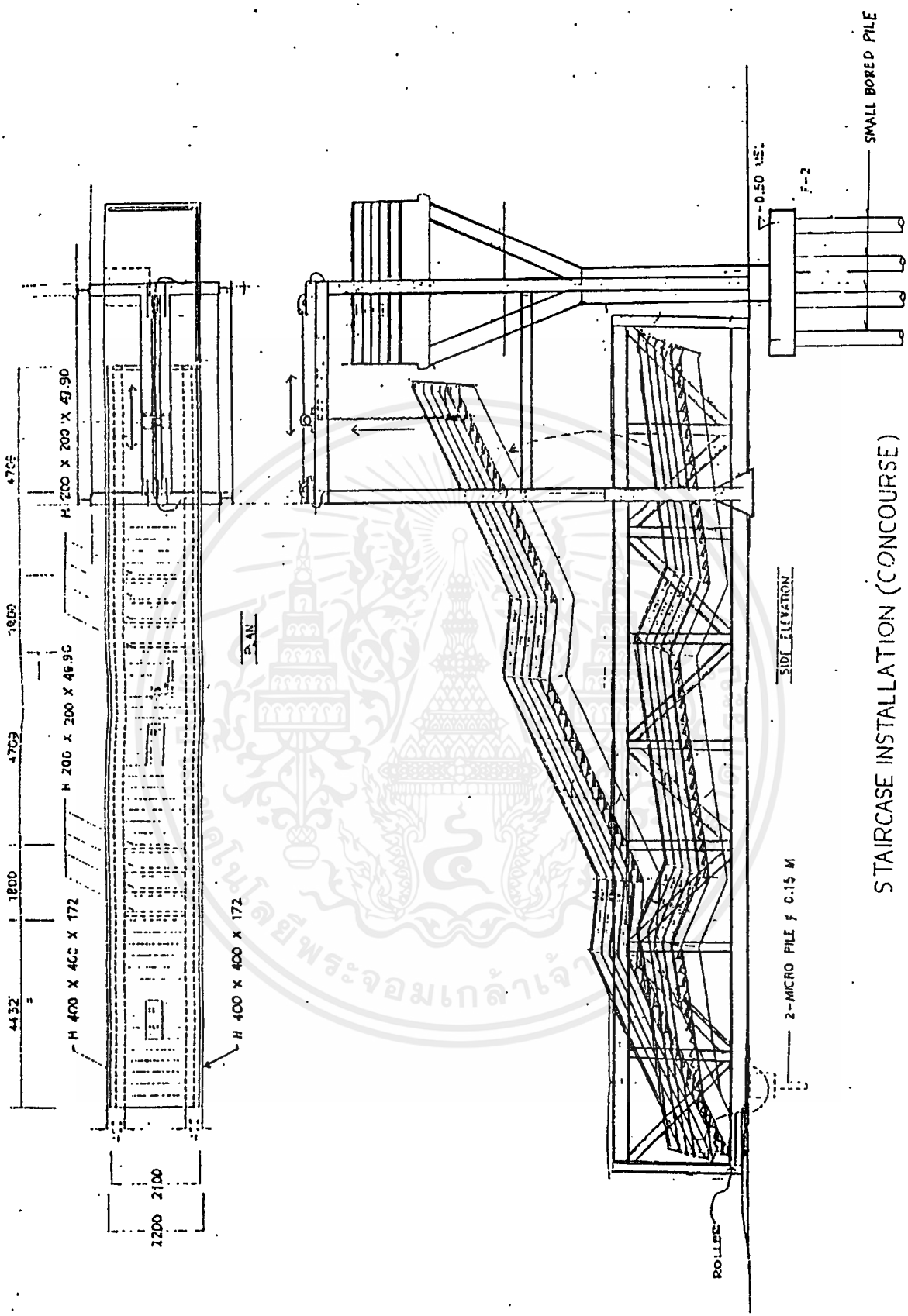
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



.STAIRCASE TRANSPORTATION

รูปที่ 8-37 ขนย้ายบันได

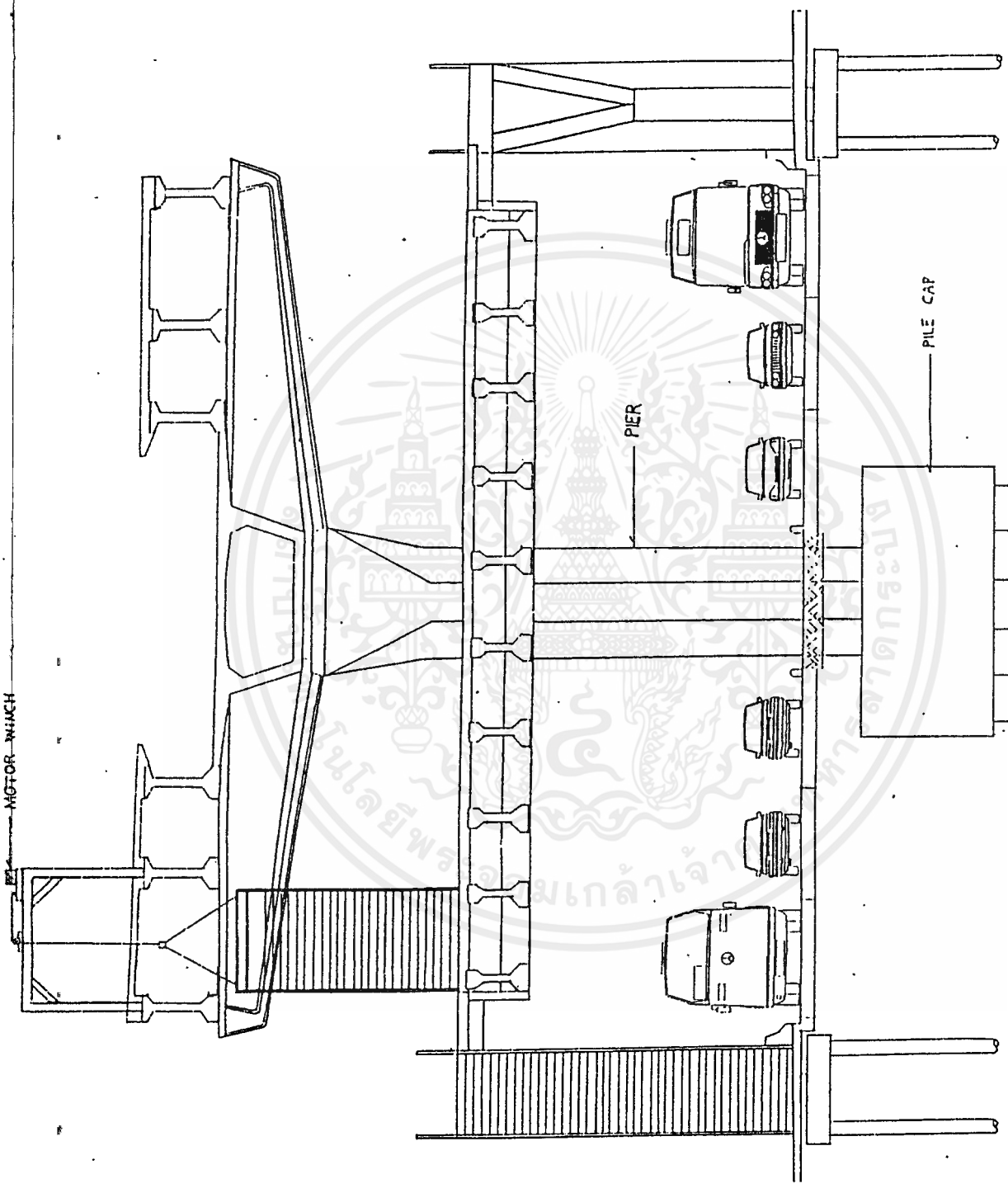
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



STAIRCASE INSTALLATION (CONCOURSE)

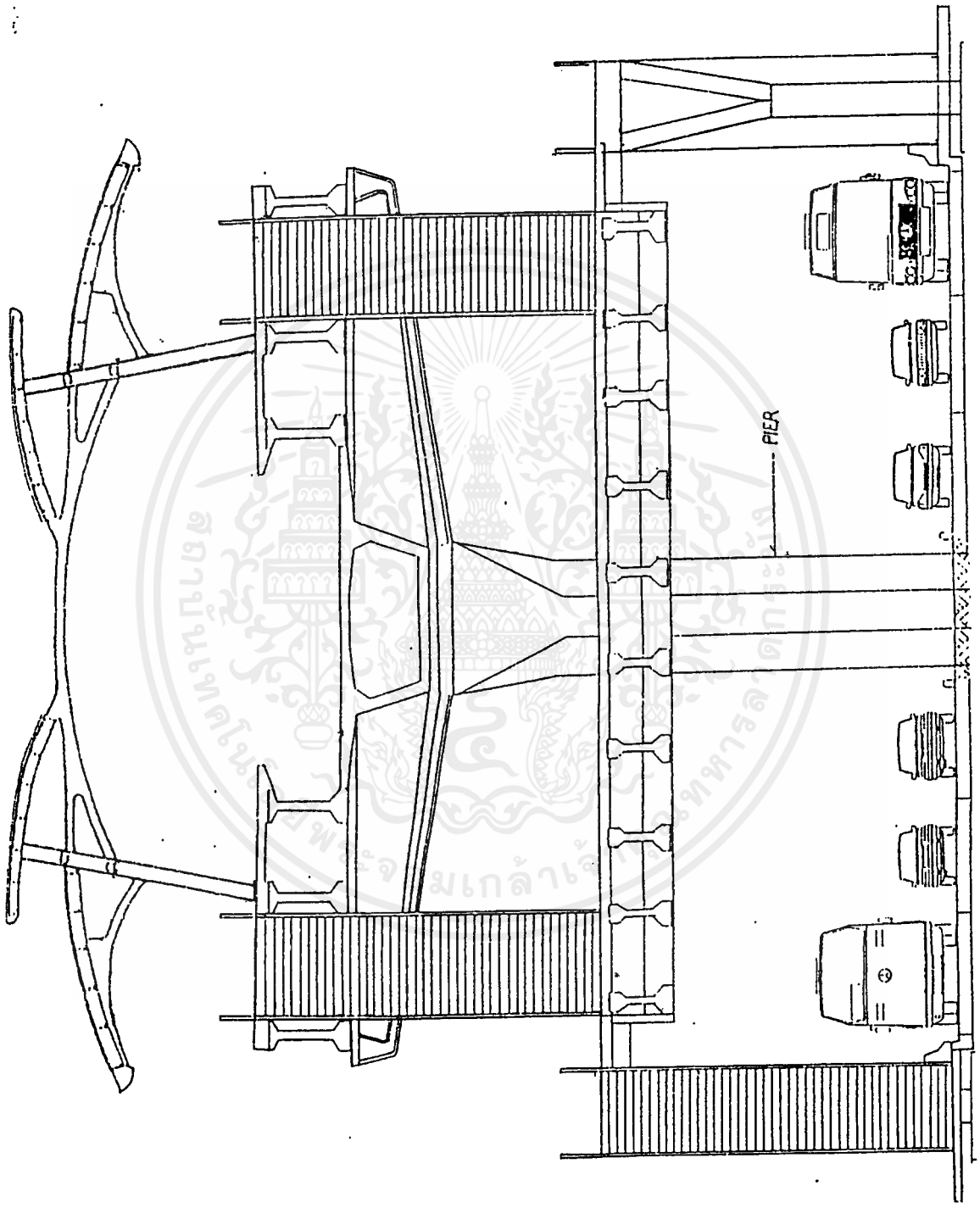
รูปที่ 8-38 ติดตั้งบันได

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-40 ติดตั้งบันไดชั้นบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8-41 ติดตั้งหลังคา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
ผลกระทบที่เกิดจากโครงการรถไฟฟ้า BTS

BTSC ได้ทำการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้ออยู่ 2 ครั้ง ครั้งแรกเป็นการศึกษาในขณะที่จะก่อสร้างโรงเก็บรถที่สวนลุมพินี โดยหน่วยงานที่ปรึกษาทางด้านสิ่งแวดล้อมจากประเทศฮ่องกง บริษัท AXIS Consultants และได้นำรายงานฉบับนี้เสนอให้กับรัฐบาลในปี 2536 จากนั้นจึงได้มีการเปลี่ยนแปลงที่ตั้งของโรงเก็บรถไปไว้ที่หมอชิต และได้ทำการศึกษาผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมครั้งที่ 2 โดยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ แล้วเสนอให้กับรัฐบาลและอนุมัติเมื่อกลางปี 2538

9.1 ผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางเสียง

9.1.1 เสียงขณะก่อสร้าง

เสียงขณะการก่อสร้างโครงสร้างสถานีรถไฟฟ้า เส้นทางรถไฟฟ้า สะพาน โรงเก็บรถไฟฟ้า จะมีระดับเสียงไม่สม่ำเสมอเป็นช่วงเวลา คือมีระดับเสียง ดัง-ค่อยเป็นช่วงเวลาตามปริมาณของงาน ช่วงเวลาที่มีเสียงดังมากคือระหว่างที่มีกิจกรรมมาก ซึ่งจะเป็นระยะเวลาสั้นๆ แต่จะเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอใน 1-2 ชม. เสียงจากการสั่นสะเทือนขณะเทคอนกรีตจะทำให้เกิดผลกระทบทางด้านเสียงอย่างรุนแรงต่อผู้ที่อยู่ใกล้กับกิจกรรมก่อสร้างนั้น เสียงจากการสั่นสะเทือนจะเป็นเสียงดังกระแทกสั้นๆ ซึ่งจะเป็นสาเหตุของการรบกวนต่อการนอนของผู้ที่อยู่อาศัยภายใน 20 m

9.1.2 เสียงขณะดำเนินการ

เสียงจากการดำเนินการโครงการรถไฟฟ้าธนายงมาจากแหล่งเสียง ดังต่อไปนี้

1. เสียงจากการปฏิบัติการของรถไฟฟ้า ระดับเสียงจะไม่เกินระดับมาตรฐาน

2. เสียงก้องใต้สถานีจากการจราจรบนถนน เสียงก้องบริเวณใต้สถานีจะสร้างผลกระทบมาก เนื่องจากบริเวณสถานีรถไฟฟ้านั้นมีความละเอียดอ่อนต่อผลกระทบทางเสียงมาก

3. เสียงจากการทำงานของระบบระบายอากาศ ความดังของเสียงที่เกิดขึ้นจากระบบระบายอากาศด้วยวิธีการผลักดัน จะน้อยกว่าระดับเสียงที่มีอยู่เดิม

4. เสียงจากโรงเก็บรถไฟฟ้าจะมีผลกระทบเป็นครั้งคราว อาจจะมีเสียงที่เกิดจากการกระทบกันของโลหะ ซึ่งเป็นกิจกรรมภายในโรงรถไฟฟ้า

5. เสียงที่เกิดจากการซ่อมบำรุงรางรถไฟจะเกิดขึ้นในเวลากลางคืน เนื่องจากการซ่อมบำรุงรางรถไฟจะกระทำในช่วงเวลากลางคืนเพื่อหลีกเลี่ยงความยุ่งยากต่อประชากรส่วนใหญ่

6. เสียงจากการสะสม ผลของการสะสมของแหล่งเสียงจะมีผลร้ายแรงหากเกิดขึ้นอยู่ในบริเวณที่ตั้งที่มีความละเอียดอ่อนต่อผลกระทบทางเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.2 <u>มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางเสียง</u>

1. ในการก่อสร้างจะใช้ชิ้นส่วนหล่อสำเร็จให้มากที่สุด ใช้รั้วผนังกั้นเสียงจากแหล่งก่อสร้าง ใช้เครื่องจักรสำหรับการก่อสร้างที่มีเสียงเงียบในที่ที่สามารถทำได้

2. ใช้เสาเข็มเจาะมากกว่าเสาเข็มตอก และการเลือกใช้เครื่องเจาะชนิดที่กำเนิดเสียงน้อย ซึ่งจะทำให้เสียงสั่นสะเทือนซึ่งเกิดจากการก่อสร้างเสาเข็มนั้นมีน้อย

3. เสียงที่เกิดจากการปฏิบัติการของรถไฟฟ้านั้น หากระบบได้ถูกออกแบบเพื่อให้เกิดการส่งถ่ายกระจายเสียงน้อย ซึ่งสามารถทำได้โดยการแยกการสั่นสะเทือนของรางออกจากโครงสร้าง ตัวสะพาน และการใช้กำแพงกั้นเสียง (ราวกั้น) และวิธีการเก็บเสียง (หากเหมาะสม)

4. เสียงก้องใต้สถานี จะมีการออกแบบรายละเอียดเพื่อให้มีการบรรเทาผลของเสียงก้องใต้สถานีใน 12 สถานีจากจำนวนสถานีที่มีทั้งหมด 21 สถานี

5. เสียงจากการทำงานของระบบระบายอากาศ จะมีการออกแบบช่องดูดอากาศและห้องพัดลมอย่างระมัดระวัง เพื่อให้เกิดเสียงนั้นๆ น้อยที่สุด

6. เสียงจากโรงเก็บรถไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากการกระทบกันของโลหะ จะถูกควบคุมและจัดไว้ ณ ที่ในก็ตามหากสามารถจัดได้ เพื่อหลีกเลี่ยงช่วงที่ละเอียดอ่อนต่อผลกระทบทางเสียง

7. เสียงที่เกิดจากการสะสม จะควบคุมได้ เช่น ใช้ฉนวนกันเสียงสะท้อนใต้โครงสร้างของชั้นที่อยู่เหนือถนน (Concourse)

9.3 <u>ผลการศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอากาศ</u>

9.3.1 **ระหว่างการก่อสร้าง**

มลพิษซึ่งเกี่ยวข้องมากที่สุด คือ ฝุ่น ซึ่งเกิดจากงานที่เกี่ยวข้องกับดินและไอเสียที่ออกมาจากเครื่องยนต์ ซึ่งก่อให้เกิดความรำคาญต่อสิ่งที่ละเอียดอ่อน (คน) ที่อยู่ในบริเวณตามความยาวเส้นทางและโดยเฉพาะสถานี ผลกระทบเฉพาะจุดจะเกิดขึ้นเป็นระยะเวลาสั้นๆ คุณภาพอากาศจะเลวลง

9.3.2 **ระหว่างการดำเนินการ**

การทำงานของรถไฟฟ้าไม่ทำให้คุณภาพอากาศเลวลง แต่ความเข้มข้นของฝุ่นละอองและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงระยะเวลาการก่อสร้างดังนั้นคุณภาพอากาศโดยรวมจะดีกว่าในระหว่างการก่อสร้าง อย่างไรก็ตามคุณภาพอากาศภายใต้โครงสร้างสถานี จะมีความเข้มข้นฝุ่นละอองและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ที่มีปริมาณสูง ซึ่งจะทำให้คุณภาพอากาศในบริเวณนี้เลวลง

ในบริเวณเส้นทางรถไฟฟ้าในช่วงการจราจรคับคั่งและสภาพลมสงบ ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ มีปริมาณสูงถึง 20-30 mg/m^3 ส่วนในบริเวณขนานกับโครงการดอนเมือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โทลล์เวย์ ถนนวิภาวดีรังสิต ในช่วงการจราจรคับคั่งและสภาพลมสงบ ปริมาณความเข้มข้นก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เฉลี่ยใน 1 ชม. มีค่า 20-40 mg/m^3

9.4 <u>มาตรการลดผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางอากาศ</u>

1. ในขั้นตอนการออกแบบระบบจะมีการเพิ่มระยะร่นในบริเวณสถานี ซึ่งจะทำให้การแผ่กระจายอากาศเสียทำได้สะดวก และมีการออกแบบระบบระบายอากาศบริเวณสถานีให้เหมาะสม

2. ในระหว่างการก่อสร้างจะมีการดูแลรักษาความสะอาด และใช้วิธีการในการปฏิบัติที่ลดการเกิดขึ้นของฝุ่น เช่น ใช้น้ำฉีดพรมบริเวณที่ก่อสร้างและเส้นทางที่รถยนต์ ส่วนในบริเวณที่ละเอียดอ่อนต่อผลกระทบก็จะต้องมีการรับประกันและคุ้มครองเป็นพิเศษ

9.5 <u>ผลกระทบสิ่งแวดล้อมทางมลทัศน์</u>

ทัศนียภาพหลังจากมีโครงการรถไฟฟ้าธนายง

- ผลกระทบทั่วไป

รถไฟฟ้าธนายง จะกลายไปเป็นสิ่งที่มีลักษณะต่อการมองเห็น ซึ่งจะเป็นสิ่งแทรกที่เด่นขึ้นมาจากภาพของท้องถนนและภาพเส้นทางรถไฟที่มีอยู่เดิมซึ่งจะทำให้ทัศนียภาพที่มีอยู่เดิมลดความสวยงามลง

ทัศนียภาพที่จะเกิดขึ้นจะเป็นลักษณะของพื้นที่ถูกบดบังจากแสงอาทิตย์ และการบดบังสายตา (ทัศนวิสัย) โดยโครงสร้างของระบบรถไฟฟ้า และความขัดแย้งระหว่างสิ่งก่อสร้างที่มีอยู่เดิมกับโครงสร้างของระบบรถไฟฟ้า

- ผลกระทบเฉพาะแห่ง ซึ่งมีผลต่อการมองเห็นที่เด่นชัดสำคัญ

พื้นที่ที่ได้รับผลกระทบต่อการมองเห็นที่สำคัญคือในบริเวณอนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สวนลุมพินี อุทยานเบญจสิริ อนุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว โรงแรมใหญ่ที่อยู่บนถนนราชดำเนิน ศูนย์กลางทางศาสนา (วัดต่างๆ) สะพานส่วนที่มีระดับสูงกว่าส่วนอื่น (เช่น สะพานลอยพระราม 4) วังสระปทุม และจุดตัดกับเส้นทางรถไฟฟ้ามหานครที่ถนนอโศก ถนนพหลโยธิน ถนนสีลม และถนนราชดำริ ในบริเวณเหล่านี้จะต้องมีการตัดต้นไม้ที่มีอยู่เดิมทิ้ง ผลกระทบต่อการมองเห็นในสถานที่ที่มีความสำคัญที่สุดคือ อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สวนลุมพินี และวังสระปทุม

9.6 <u>มาตรการลดผลกระทบทางมลทัศน์</u>

1. การให้ความสนใจต่อกิจกรรมในการก่อสร้าง การจัดผังของสถานีก่อสร้าง และการตกแต่งสถานที่ให้มากที่สุดเท่าที่จะช่วยลดผลกระทบต่อการมองเห็นได้ สิ่งประกอบที่สำคัญที่สุดคือการออกแบบโครงสร้างแต่ละส่วนให้มีความสวยงาม และลดผลกระทบทางมลทัศน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การออกแบบสถานีให้เกิดลักษณะสวยงาม และมีความสอดคล้องกับพื้นที่บริเวณข้างเคียง ซึ่งช่วยทำให้เกิดผลดีต่อลักษณะพื้นที่บริเวณข้างเคียงตลอดแนวเส้นทาง และเกิดผลดีต่อภาพที่เห็นของถนนในเมืองให้มากเท่าที่จะเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามโอกาสในการบรรเทาผลกระทบถูกจำกัดด้วย ข้อจำกัดในการออกแบบและขนาดของระบบ

3. พื้นที่ที่สำคัญ คือ อนุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ สวนลุมพินี ศูนย์กลางทางศาสนา และถนนราชดำริ จะให้ความสนใจในการจัดภูมิประเทศ การออกแบบสถานี และภูมิสถาปัตย์ เพื่อบรรเทาผลกระทบต่อการมองเห็น

9.7 ผลดี - ผลเสียในด้านสิ่งแวดล้อม

ผลดีทางด้านสิ่งแวดล้อม

1.ลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการคมนาคมขนส่งซึ่งมีผลต่อไปยังการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติเพื่อนำมาผลิตเป็นเชื้อเพลิง

2. ลดความเครียดที่เกิดจากการเดินทางบนท้องถนนและปัญหาการจราจรติดขัด

3. บรรยากาศการลงทุนภายในพื้นที่กรุงเทพมหานครดีขึ้น

ผลเสียทางด้านสิ่งแวดล้อม

1. มลทัศน์ (Visual Pollution) ความสวยงามของเมืองจะลดลง คุณค่าของมลทัศน์ยังขึ้นอยู่กับความรู้สึกของแต่ละบุคคลที่จะให้ความสำคัญ ซึ่งจะทำให้การประเมินผลกระทบในด้านมลทัศน์นี้ทำได้ยาก

2. สิ่งมีชีวิตและต้นไม้ในบริเวณใต้ร่มเงาของโครงสร้างของโครงข่ายฯ จะลดการเจริญเติบโตและเกิดบริเวณอับแสงขึ้น ซึ่งเกิดจากการบดบังแสงอาทิตย์โดยโครงสร้างดังกล่าว

3. อากาศบริเวณใต้โครงสร้างรถไฟฟ้ามีความเป็นพิษมากขึ้น เนื่องจากการระบายอากาศเสียจากรถยนต์บนท้องถนนทำได้น้อยลง

4. การดำเนินธุรกิจของพื้นที่สองข้างเส้นทางรถไฟฟ้าจะซบเซาลง ราคาที่ดินในบริเวณดังกล่าวจะต่ำลง

9.8 ผลดี - ผลเสียในด้านจิตวิทยา

ผลดีทางด้านจิตวิทยา

สภาพการจราจรบนท้องถนนจะดีขึ้น ทำให้ความเครียดจากปัญหาการจราจรน้อยลง ประชาชนในกรุงเทพมหานครจะมีสุขภาพจิตที่ดีขึ้น คุณภาพชีวิตจะดีขึ้น ประสิทธิผลของการทำงานจะสูงขึ้น เนื่องจากการที่สามารถเดินทางไปยังจุดมุ่งหมายไปปลายทางได้ภายในเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลเสียทางด้านจิตวิทยา

1. บุคคลที่เสียประโยชน์ที่เคยได้รับไปจากการมีโครงข่ายฯ จะเกิดความไม่พอใจ อาจมีปฏิกิริยาตอบโต้กับผู้รับผิดชอบโครงการ บุคคลเหล่านี้ได้แก่ผู้เวนคืนที่ดินและอสังหาริมทรัพย์ เจ้าของที่ดินในบริเวณที่ผลประโยชน์จากที่ดินน้อยลง และธุรกิจที่ได้รับความกระทบกระเทือน

2. ในขณะก่อสร้างสภาพการจราจรบนท้องถนนจะติดขัดมากทำให้เกิดความตึงเครียดต่อผู้ใช้ถนน ความตึงเครียดนี้จะเกิดขึ้นเป็นระยะเวลายาวนาน โดยที่ผลประโยชน์ที่จะเกิดจากโครงข่ายฯ นั้นยังไม่ได้รับในปัจจุบัน แต่จะต้องประสบกับปัญหาความติดขัดของการจราจรเป็นระยะเวลานาน เมื่อสะสมความเครียดไว้นานเข้าจะเกิดการทนไม่ได้ ซึ่งจะทำให้กลายไปเป็นผลที่รุนแรงต่อสภาพจิตใจ

3. ผู้ใช้รถไฟฟ้าต้องมีการปรับตัว ปรับพฤติกรรมให้เข้ากับการตรงต่อเวลา การใช้บริการรถไฟฟ้า และระบบความปลอดภัยของรถไฟฟ้า บุคคลที่สามารถปรับตัวได้เร็วก็สามารถใช้บริการแล้วเกิดประโยชน์จากคุณสมบัติของรถไฟฟ้า แต่สำหรับบุคคลที่ปรับตัวไม่ได้หรือปรับตัวได้ช้าก็จะเกิดความตึงเครียดเกิดขึ้น

4. ในกรณีเส้นทางรถไฟฟ้าที่เป็นเส้นทางยกระดับ พื้นที่ในบริเวณที่อยู่ภายใต้โครงสร้างของโครงข่ายฯ จะเกิดความสกปรก ซึ่งเป็นสภาพที่ไม่น่าดู รบกวนสายตาและจิตใจของผู้ที่พบเห็น ทำให้สภาพสิ่งแวดล้อมของเมืองลดความสวยงามลง

5. ค่าโดยสารที่แพงจะทำให้เกิดความกระทบกระเทือนต่อผู้มีรายได้น้อย รถไฟฟ้าจะเป็นสิ่งจำเป็นในการเดินทางสำหรับผู้ที่ต้องใช้เส้นทางดังกล่าว หากค่าโดยสารมีราคาแพงผู้โดยสารที่มีรายได้น้อยมีความจำเป็นจะต้องใช้บริการ แต่ไม่สามารถจะจ่ายค่าโดยสารดังกล่าวได้จะเกิดการเรียกร้องให้มีการช่วยเหลือโดยการเพิ่มรายได้เพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถใช้โครงข่ายฯ ได้ ซึ่งอาจจะทำให้เกิดปัญหาของสังคมต่อไป

9.9 ผลดี - ผลเสียในด้านการเมือง

1. หากพรรคการเมืองใดสามารถผลักดันให้โครงข่ายเกิดขึ้นได้ พรรคการเมืองนั้นจะได้รับความนิยมจากประชาชนในกรุงเทพมหานครในการเลือกตั้งสมาชิกสภาผู้แทนราษฎร ดังนั้นพรรคการเมืองดังกล่าวจะได้จำนวนสมาชิกสภาผู้แทนราษฎรมากขึ้น พรรคการเมืองดังกล่าวจะกลายเป็นพรรคการเมืองที่มีขนาดใหญ่ขึ้น มีอำนาจต่อรองภายในรัฐบาลมากขึ้น

2. โครงข่ายฯ จะช่วยให้การจราจรในกรุงเทพสะดวกขึ้น ผู้คนจะย้ายเข้ามาอยู่อาศัยในกรุงเทพมากขึ้น ทำให้เกิดปัญหาสังคมอันเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่มีมากขึ้น ปัญหาอาชญากรรม ปัญหาการกระจุกตัวของผู้ใช้แรงงาน ปัญหาความปลอดภัยในชีวิตและทรัพย์สิน ปัญหาความไม่พอเพียงของระบบโครงสร้างพื้นฐานและระบบสาธารณูปโภค ปัญหาเหล่านี้จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลายไปเป็นปัญหาทางการเมืองที่มีความรุนแรง จำเป็นต้องมีการทุ่มเททรัพยากรจำนวนมากเพื่อเข้ามาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น จำนวนทรัพยากรที่จะใช้ในการพัฒนาด้านอื่นๆ ของประเทศจะมีจำนวนน้อยลง

3. ค่าโดยสารของโครงข่ายฯ หากมีราคาแพงจะทำให้ผู้มีรายได้น้อยประสบปัญหาในด้านค่าครองชีพ ซึ่งก็จะทำให้เขาเหล่านั้นเรียกร้องความช่วยเหลือจากรัฐบาล จึงเป็นปัญหาที่รัฐบาลต้องแก้ไข และหากโครงการทั้ง 3 ของโครงข่ายฯไม่มีการประสานการให้บริการกันแล้ว ราคาค่าโดยสารโครงข่ายฯ ทั้งหมดจะมีราคาสูงขึ้นอีก

9.10 ผลดี-ผลเสียในด้านสังคมวิทยา

ผลดีทางด้านสังคมวิทยา

ค่านิยมในสังคมต่อความเป็นสาธารณะในเรื่องการจราจรมีมากขึ้น พฤติกรรมในความต้องการใช้รถยนต์ส่วนตัวจะลดลง วงจรอุบาทว์ที่เกิดจากการแก้ไขปัญหาการจราจรส่วนตัวที่ทำให้เกิดปัญหาการจราจรต่อสังคมจะน้อยลง ความรู้สึกรับผิดชอบต่อสังคมมีมากขึ้น ตัวอย่างเช่น การใช้รถยนต์ส่วนตัวเพื่อทำให้ตนเองและครอบครัว สามารถเดินทางไปยังจุดมุ่งหมายได้โดยสะดวก แต่กลับไปสร้างปัญหาการจราจรติดขัดให้กับสังคมส่วนรวมน้อยลง

ผลเสียทางด้านสังคมวิทยา

1. ภูมิทัศน์และสิ่งแวดล้อมของเมือง ที่จะเปลี่ยนแปลงไปในขณะก่อสร้างและดำเนินการของโครงข่ายจะลดความสวยงามลง ชีวิตของผู้คนที่อยู่อาศัยอยู่ในเมืองซึ่งสภาพแวดล้อมทุกสิ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานในการใช้ประโยชน์ทรัพยากรทุกสิ่งให้คุ้มค่าที่สุด และเน้นความสะดวกสบาย ทำให้เกิดความกดดัน ความตึงเครียด และความบีบคั้นในเรื่องของเวลาซึ่งมีมากอยู่แล้ว

2. สภาวะแวดล้อมของชีวิตในเมืองจะมีเสียงดังเป็นจังหวะ เสียงเร่งและเสียงหนักดังขึ้นอยู่ตลอดเวลา ไม่มีสีเขียวของต้นไม้ ทัศนียภาพเต็มไปด้วยโครงสร้างคอนกรีตขนาดใหญ่ต่างๆ ความแข็งกระด้างของอาคาร การไม่มีช่องว่างของสายตาและสถานที่พักผ่อน ทำให้สุขภาพจิตของคนในเมืองจะได้รับความลำบาก และโดยเฉพาะอย่างยิ่งชีวิตครอบครัวและผู้สูงอายุจะได้รับความลำบากมาก ผลในที่สุดก็คือความรุนแรงในสังคมจะมีมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันความรุนแรงในสังคมมีมากอยู่แล้ว โครงข่ายจะเพิ่มความรุนแรงเข้าไปอีก

9.11 ผลดี - ผลเสียทางด้านเทคโนโลยี

ผลดีทางด้านเทคโนโลยี

ทรัพยากรบุคคลภายในประเทศจะมีความรู้ ความสามารถ และความเชี่ยวชาญในการขุดเจาะอุโมงค์ใต้ดิน การดำเนินการระบบรถไฟฟ้าและการซ่อมบำรุงรถไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.12 <u>ผลดี - ผลเสียในด้านกฎหมาย</u>

1. เนื่องจากโครงข่ายประกอบด้วยโครงการจำนวน 3 โครงการ แต่ละโครงการได้ทำสัญญาในเวลาที่แตกต่างกันและภายใต้การไม่มีการวางแผนระบบทั้งระบบ ทำให้บางส่วนของสัญญามีความขัดแย้งซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงต้องมีการพิจารณาแก้ไขข้อขัดแย้ง ซึ่งก็จะทำให้เกิดการได้ประโยชน์และการเสียประโยชน์ของแต่ละฝ่าย การพิจารณาการชดเชยผลประโยชน์ให้กับฝ่ายที่เสียประโยชน์จากการแก้ไขสัญญานั้น ฝ่ายที่เสียประโยชน์ควรจะได้รับการชดเชยผลประโยชน์ที่เหมาะสมและเป็นธรรม

2. การพิจารณากรรมสิทธิ์ในที่ดิน และอสังหาริมทรัพย์ของเจ้าของที่ดิน และอสังหาริมทรัพย์ที่ถูกเวนคืน ถูกรอนสิทธิ์ หรือถูกจำกัดสิทธิบางประการจากการสร้างระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชน เมื่อที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์เป็นของหน่วยงานภาครัฐ ผลที่จะเกิดขึ้นก็คือการพิจารณาสิทธิในที่ดินและอสังหาริมทรัพย์ของหน่วยงานภาครัฐเดิมที่มีอยู่เดิม กับสิทธิใหม่ของโครงข่ายจะทำการประสานประโยชน์กันได้อย่างไร เมื่อที่ดินหรืออสังหาริมทรัพย์นั้นเป็นของเอกชน ที่ดินที่ถูกเวนคืนนั้น โครงข่ายจะนำไปใช้ประโยชน์ได้เท่าที่จำเป็นและพอสมควรกับเหตุเท่านั้น ส่วนที่เหลือ(ทั้งเหนือพื้นดิน ระดับดินและใต้ระดับพื้นดิน) ยังคงเป็นกรรมสิทธิ์ของเอกชนเจ้าของที่ดินเดิมอยู่ ผลที่จะเกิดขึ้นคือการพิจารณาแดนกรรมสิทธิ์ที่แต่ละฝ่ายควรจะได้รับ ซึ่งก็จะต้องทำการพิจารณาเป็นกรณีๆ เท่านั้น หลักการที่ใช้ในการพิจารณาคือ แดนกรรมสิทธิ์ของฝ่ายหนึ่งต้องไม่กระทบต่อสิทธิในที่ดินของอีกฝ่ายหนึ่ง

3. การปรับปรุงหรือแก้ไขกฎหมายจราจรให้สอดคล้องกับระบบรถไฟฟ้าขนส่งมวลชนที่เกิดขึ้นใหม่ ซึ่งอาจจะกระทำได้โดยการขยายคำจำกัดความของกฎหมายจราจรที่มีอยู่ไปให้ครอบคลุมถึงระบบรถไฟฟ้า หรือโดยศึกษาเปรียบเทียบกับ กฎหมาย ของต่างประเทศที่มีระบบรถไฟฟ้าใช้งานอยู่แล้ว (การศึกษาโดยวิธีกฎหมายเปรียบเทียบ)

9.13 <u>ผลดี - ผลเสียในด้านเศรษฐศาสตร์</u>

1. เมื่อเส้นทางรถไฟฟ้าบางส่วนต้องเปลี่ยนเป็นเส้นทางใต้ดิน ซึ่งทำให้การลงทุนในการสร้างโครงข่ายมีมูลค่าสูงขึ้น เงินลงทุนที่เพิ่มมากขึ้นนี้ รัฐบาลจะจัดสรรมาได้จากแหล่งใดและโดยวิธีใด หากเงินลงทุนที่เพิ่มขึ้นนั้นมาจากประชาชนส่วนรวมภายในกรุงเทพมหานคร สิ่งที่ต้องพิจารณาก็คือเมื่อเส้นทางโครงข่ายเกิดขึ้น การใช้ที่ดินบริเวณเส้นทางและสถานีรถไฟฟ้าจะมีความเปลี่ยนแปลงไปในลักษณะที่มีผลประโยชน์จากที่ดินสูงขึ้น จะเป็นการยุติธรรมหรือไม่ที่จะนำเงินจากประชาชนส่วนรวมเพื่อทำให้เจ้าของที่ดินในบริเวณดังกล่าวได้รับผลประโยชน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สภาพเศรษฐกิจภายในประเทศในช่วงการก่อสร้างโครงข่าย จะมีการนำเข้าสินค้าจากต่างประเทศประเภทวัตถุดิบ เครื่องจักร และอุปกรณ์ในการก่อสร้าง ทำให้ธุรกิจบางสาขาจะได้รับการกระตุ้น

3. เมื่อโครงข่ายก่อสร้างเสร็จ ปัญหาการจราจรติดขัดในกรุงเทพฯจะมีความรุนแรงน้อยลงเป็นระยะเวลาหนึ่ง (ประมาณ 2-3 ปี) ในช่วงเวลานี้การคมนาคมขนส่งภายในกรุงเทพมหานครดีขึ้น คุณภาพชีวิตของชาวกรุงเทพจะดีขึ้น ประสิทธิผลในการทำงานของชาวกรุงเทพจะดีขึ้น ทำให้ผู้ลงทุนทั้งภายในและภายนอกประเทศสนใจลงทุนในกรุงเทพมากขึ้นกว่า ที่จะลงทุนในต่างจังหวัด จึงเสมือนกับเป็นการลดการขยายการลงทุนออกไปสู่ภูมิภาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10
บทสรุปของโครงงานพิเศษ

โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร (รถไฟฟ้าบีทีเอส) เป็นโครงการที่รัฐให้สัมปทานแก่เอกชน เพื่อสร้างและประกอบการระบบขนส่งมวลชน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาการจราจรในกรุงเทพมหานครและลดการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งกลุ่มธนายงได้ว่าจ้างให้บริษัท อิตาเลียน-ไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน) เป็นผู้รับเหมาในงาน Civil และ Architecture และบริษัท Siemens เป็นผู้รับเหมางาน Electro-Mechanical ซึ่งการรับเหมาการก่อสร้างจะเป็นแบบ Turnkey

ขั้นตอนในการก่อสร้างในส่วนของโครงสร้างหลักก็จะมี งานก่อสร้างเสาเข็ม ฐานราก เสารองรับโครงสร้างทางวิ่ง งานติดตั้งโครงสร้างทางวิ่งและโครงสร้างสถานี ซึ่งในการก่อสร้างแต่ละโครงสร้างจะต้องมีการออกแบบและตรวจสอบอย่างดีจากบริษัทผู้ชำนาญโดยเฉพาะ ในงานก่อสร้างเสาเข็ม ฐานราก และเสารองรับโครงสร้างทางจะมีผลกระทบต่อการจราจรมากที่สุด แต่จะต้องใช้เวลาในการก่อสร้างขั้นตอนนี้ให้สั้นที่สุด หลังจากนั้นการก่อสร้างจะกระทำด้านบนโดยมีผลกระทบต่อการจราจรน้อยลง ซึ่งในระหว่างการก่อสร้างจะมีการจัดการจราจรเพื่อลดการจราจรติดขัดเนื่องจากการก่อสร้างด้วย ส่วนขั้นตอนในการก่อสร้างรองก็มี การติดตั้งราง การติดตั้งอุปกรณ์กั้นเสียง งานระบบและงานตกแต่งต่างๆ โดยเฉพาะที่สถานี

ในการก่อสร้างโครงสร้างของโครงการนี้จะมีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

- เสาเข็ม เป็นเสาเข็มเจาะ มีลักษณะการก่อสร้างแบบ Wet Process จำนวนและขนาดจะขึ้นอยู่กับการรับน้ำหนักและลักษณะพื้นที่การทำงาน

- เสาและฐานราก จะมีการออกแบบให้มีรูปแบบและลักษณะต่างๆ ขึ้นอยู่กับสภาพของพื้นที่การทำงาน การก่อสร้างจะเป็นแบบหล่อในที่

- ทางวิ่ง เป็นส่วนของโครงสร้างของทางยกระดับวางบนเสาเดี่ยว ซึ่งจะใช้ระบบการหล่อคอนกรีตสำเร็จเป็นชิ้นส่วนทางวิ่ง (Segmental Box Girder) แล้วนำมาต่อกันโดยวิธี Launching ซึ่งในการทำงานจะมีการติดตั้งอยู่ 2 แบบ คือ แบบ Under Slung Girder และ แบบ Overhead Truss เหตุผลที่ใช้ระบบการก่อสร้างแบบนี้ เพราะว่าจะสามารถทำงานได้รวดเร็ว เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าแบบหล่อในที่โดยเฉพาะฝุ่นละออง ควบคุมคุณภาพได้ดี และใช้พื้นที่ในการทำงานน้อย ทำให้ไม่ต้องปิดการจราจรหรือปิดเพียงบางส่วน

- รางรถไฟ จะติดตั้งโดยหล่อหมอนรองรางคอนกรีตก่อน เสร็จแล้วจึงติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ของรางรถไฟ ในการติดตั้งจะต้องมีการเซ็คระดับให้เท่ากัน การวางแนวเอียงของราง ความกว้างให้ได้ตามแบบที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- อุปกรณ์กั้นเสียง จะติดตั้งโดยการนำแผ่น Parapet ซึ่งเป็นแผ่นคอนกรีตใยแก้วหล่อสำเร็จจากโรงงาน ซึ่งมีขนาดบาง เบา นำมาติดตั้งกับชุดติดตั้งโดยต้องมีการเช็คระดับต่างๆให้ถูกต้อง

- สถานี จะถูกออกแบบให้หลบเลี่ยงสาธารณูปโภคใต้ดินและบนดิน ซึ่งตัวสถานีจะมี 2 ชั้น คือ ชั้นสำหรับจำหน่ายตั๋ว และชั้นชานชาลา การก่อสร้างจะมีทั้งแบบหล่อในที่และหล่อสำเร็จแล้วนำมาติดตั้ง ในส่วนของเสาเข็ม ตอม่อ และ Cross Beam ทั้ง 2 ชั้นจะใช้การหล่อในที่ ส่วนในส่วนของ I-Girder แผ่นพื้น โครงสร้างหลังคาและโครงสร้างบันได จะเป็นชิ้นส่วนสำเร็จจากโรงงานนำมาติดตั้งที่หน้างาน ลักษณะการทำงานก็เริ่มจาก หล่อเสาเข็มและตอม่อ จากนั้นจึงหล่อ Cross Beam ชั้นที่ 1 แล้วหล่อเสาส่วนที่เหลือ ยก I-Girder ขึ้นมาติดตั้งแล้วทำในส่วนของพื้นเสร็จแล้วก็จะทำในลักษณะคล้ายๆกันในชั้นชานชาลา ติดตั้งโครงหลังคาและบันได ขั้นตอนสุดท้ายคือการตกแต่งทางสถาปัตย์

เนื่องจากโครงการก่อสร้างรถไฟฟ้าบีทีเอสนี้ เป็นโครงการที่ก่อสร้างบนเกาะกลางถนน จึงทำให้ต้องมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่อยู่ข้างเคียงในลักษณะต่างๆ ทั้งขณะทำการก่อสร้างและหลังการก่อสร้าง ซึ่งจะต้องมีการศึกษาผลกระทบกันอย่างละเอียดเพื่อที่จะได้หามาตรการในการควบคุม ป้องกัน และแก้ไขปัญหาหรือผลกระทบที่เกิดขึ้นให้อยู่ในขีดที่ประชาชนรอบข้างจะสามารถรับได้ทั้งในขณะก่อสร้างและในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โรงงานผลิตของบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน)

ความเป็นมา

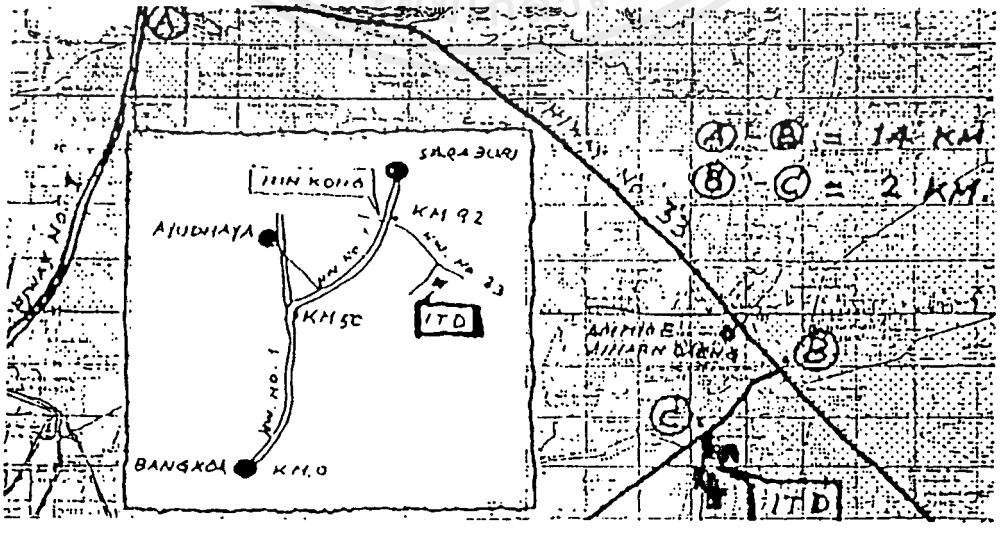
โรงงานผลิตของบริษัท อิตาเลียนไทย ดีเวลอปเมนต์ จำกัด (มหาชน) ก่อตั้งขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2536 ประกอบไปด้วยงานหลายด้านเพื่อที่จะรองรับโครงการก่อสร้างต่างๆ ของ บริษัท อิตาเลียนไทย เช่น โครงการทางรถไฟสาย คลอง 19-แก่งคอย ,โครงการระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพ (รถไฟฟ้าบีทีเอส) และ อื่นๆ

โรงงานจะประกอบไปด้วย

1. โรงงาน "A" ผลิตชิ้นส่วนทางวิ่งรถไฟฟ้า
2. โรงงาน "B" ผลิตคอนกรีตสำเร็จรูปทั่วไป
3. โรงงานเหล็ก ประกอบเหล็ก-4
4. โรงงานแผ่นหินแกรนิต
5. โรงงานแผ่นคอนกรีตเสริมใยแก้ว
6. โรงงานหมอนคอนกรีต
7. บริเวณที่พักอาศัย
8. เหมืองหินและโรงโม่ (12 km ไปทางเหนือ)
9. เรือนเพาะชำ

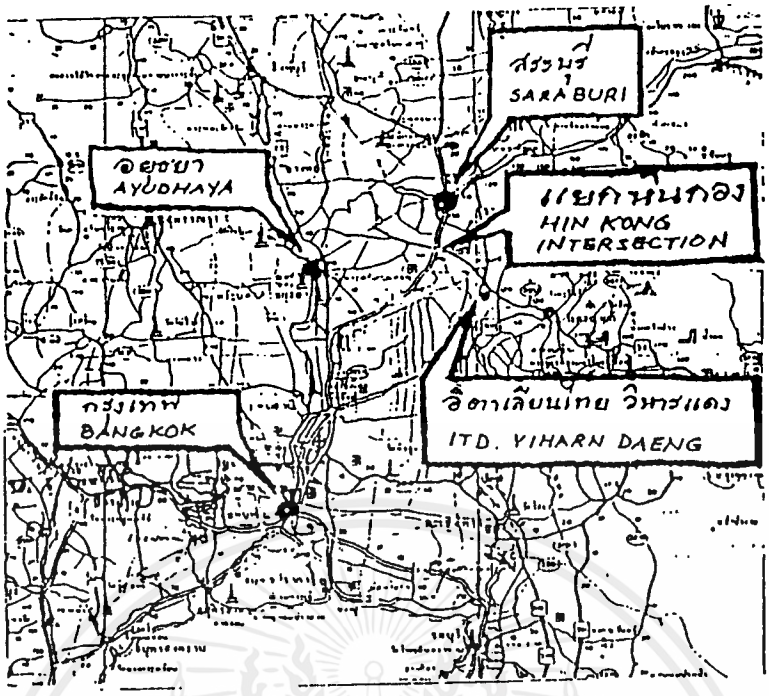
ที่ตั้งของโรงงาน

โรงงานผลิตของบริษัท ITD ตั้งอยู่ที่ อ.วิหารแดง จ.สระบุรี ห่างจากกรุงเทพมหานคร ประมาณ 100 km ดังแสดงในรูป

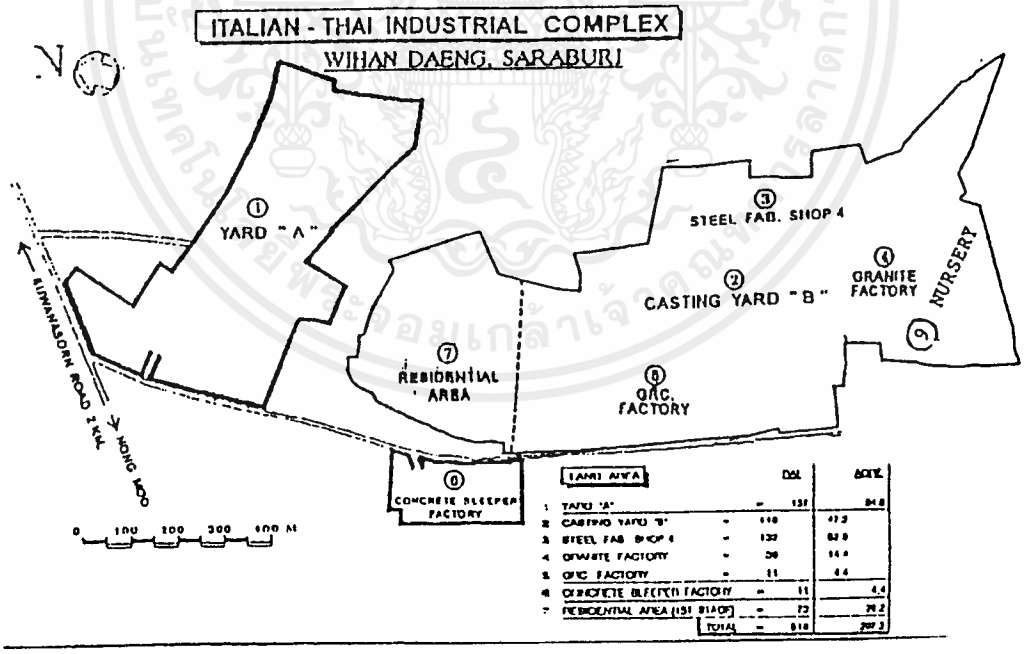


ที่ตั้งของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ที่ตั้งของโรงงาน



แผนผังของโรงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดในส่วนต่าง ๆ ของโรงงาน

1. โรงงาน "A"

โรงงานนี้เป็นส่วนของงานทางด้านโยธาของโครงการรถไฟฟ้า BTS ผลิตชิ้นส่วนทางวิ่งของรถไฟฟ้า สำหรับเส้นทางสายสีลม และสุขุมวิท รวมทั้งโครงการอื่นๆ

ทางโรงงานได้เริ่มผลิตชิ้นส่วนทางวิ่งชิ้นแรกเมื่อวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ.2538 โดยมีอัตราในการผลิตชิ้นส่วนสูงสุดดังนี้

- ชิ้นส่วนทางวิ่งแบบ Double Track = 380 ชิ้น/เดือน
- ชิ้นส่วนทางวิ่งแบบ Single Track = 310 ชิ้น/เดือน

2. โรงงาน "B"

โรงงานนี้เป็นส่วนของงานทางด้านโยธาของโครงการรถไฟฟ้า BTS อีกโรงหนึ่ง โดยจะผลิตคานและเสาเข็มของโครงการทั้ง 2 เส้นทาง รวมทั้งโครงการอื่นๆ

โดยจะมีอัตราในการผลิตสูงสุดดังนี้

- I-Girder สำหรับชั้นชานชาลา = 150 ชิ้น/เดือน
- I-Girder สำหรับชั้น Concourse = 150 ชิ้น/เดือน

3. โรงงานเหล็ก ประกอบเหล็ก 4

โรงงานนี้จะผลิตโครงสร้างและอุปกรณ์อื่นๆ ที่เป็นเหล็ก ของโครงการก่อสร้างของ ITD โดยมีอัตราในการผลิตสูงสุด 4,800 ตัน/เดือน

4. โรงงานแผ่นหินแกรนิต

โรงงานนี้จะผลิตแผ่นหินแกรนิตสำหรับโครงการก่อสร้างของ ITD โดยมีอัตราในการผลิตสูงสุด 10,000 m^2/วัน

5. โรงงานแผ่นคอนกรีตเสริมใยแก้ว (G.R.C.)

โรงงานนี้จะผลิตวัสดุที่ทำจากคอนกรีตเสริมใยแก้ว เช่น แผ่นกั้นเสียง (Noise Barrior) และวัสดุที่ใช้ตกแต่งอาคารในโครงการก่อสร้างของ ITD โดยมีอัตราในการผลิตสูงสุด 80 ชุด/วัน หรือ 360 m^2/วัน

6. โรงงานหมอนคอนกรีต

โรงงานนี้จะผลิตหมอนคอนกรีตเพื่อไว้ใช้ในโครงการก่อสร้างรางรถไฟของ ITD ทางโรงงานได้เริ่มผลิตหมอนคอนกรีตเมื่อเดือน เมษายน พ.ศ.2537 โดยมีอัตราการผลิตสูงสุด 720 ชิ้น/วัน

7. บริเวณที่พักอาศัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เหมืองหินและโรงโม่

เป็นเหมืองหิน Rhyolite ซึ่งเหมาะสำหรับงานหมอนรางรถไฟ เหมืองหินและโรงโม่นี้จะผลิตวัสดุสำหรับโครงการก่อสร้างที่กล่าวไว้ข้างต้น

โรงงานนี้ได้เริ่มผลิตเมื่อเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2536 โดยมีอัตราการผลิต 4,000 m^3/วัน

9. เรือนเพาะชำ

จะเป็นที่เพาะชำต้นไม้ต่างๆ เพื่อนำไปปลูกในบริเวณเกาะกลางถนน ใต้ทางวิ่งของโครงการรถไฟฟ้า BTS

ปริมาณของคอนกรีตหล่อสำเร็จที่ผลิตสำหรับโครงการรถไฟฟ้า BTS

1. โรงงาน "A"

ก) ปริมาณของชิ้นส่วนทางวิ่ง

- Double Track	=	7,442	ชิ้น
- Single Track	=	1,931	ชิ้น
รวม	=	9,373	ชิ้น

ข) วัสดุที่ใช้

- คอนกรีต	=	100,000	m^3
- เหล็กเสริม	=	14,000	ตัน
- ลวดอัดแรงตามขวาง	=	850	ตัน
- ลวดอัดแรงตามยาว	=	765	ตัน

ค) แบบหล่อ

- Double Track : - Typical	=	12	ชิ้น
- Pier	=	6	ชิ้น
รวม	=	18	ชิ้น
- Single Track : - Typical	=	10	ชิ้น
- Pier	=	1	ชิ้น
- Pier (Halving)	=	4	ชิ้น
รวม	=	15	ชิ้น
รวมทั้งหมด	=	33	ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ง) อัตราการผลิต

- Double Track	=	13	ชิ้น/วัน
- Single Track	=	11	ชิ้น/วัน
	รวม =	24	ชิ้น/วัน

2. โรงงาน "B"

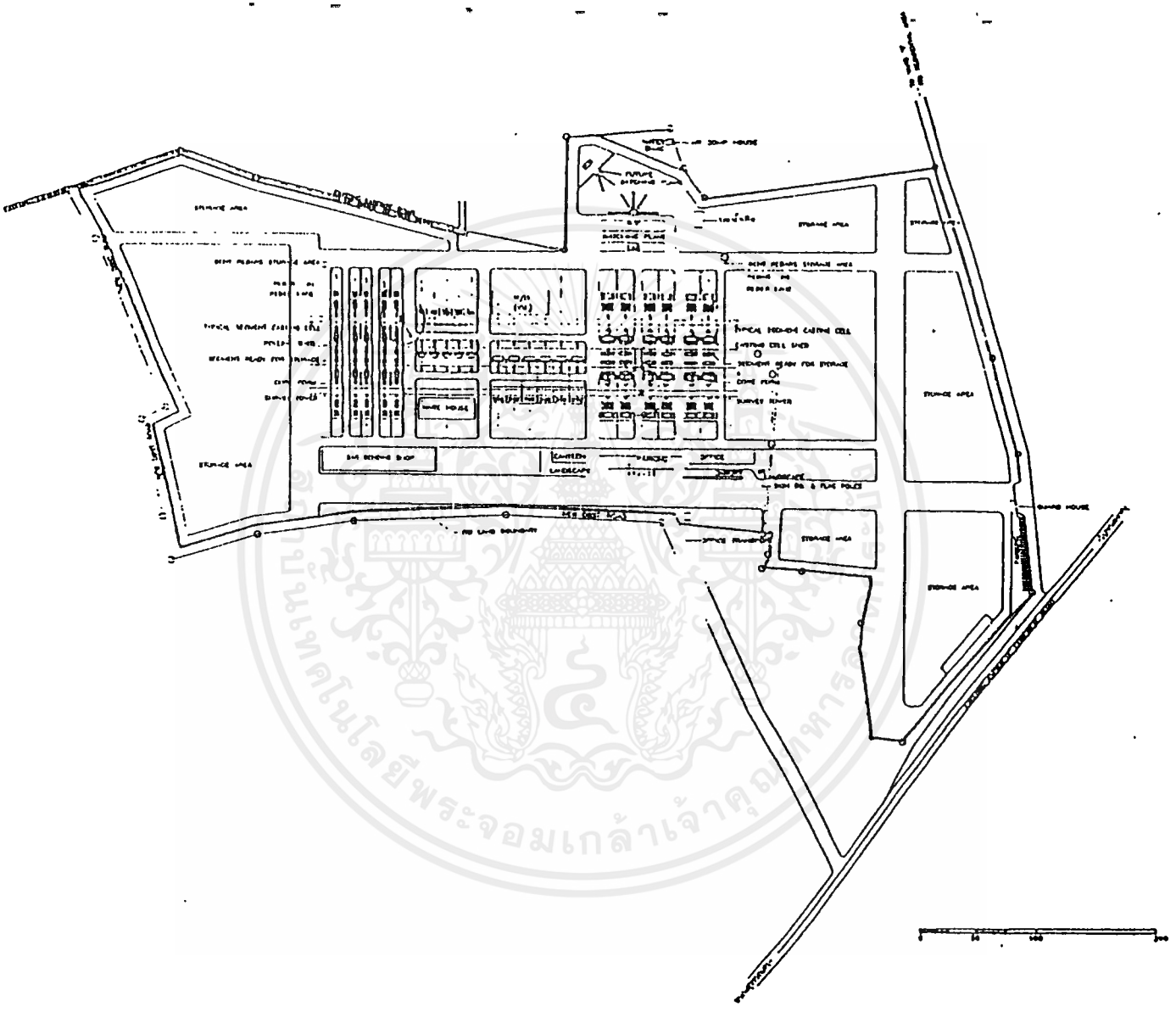
ก) ปริมาณของ I-Girder

- สำหรับชั้นชานชาลา	=	884	ชิ้น
- สำหรับชั้น Concourse	=	1,204	ชิ้น

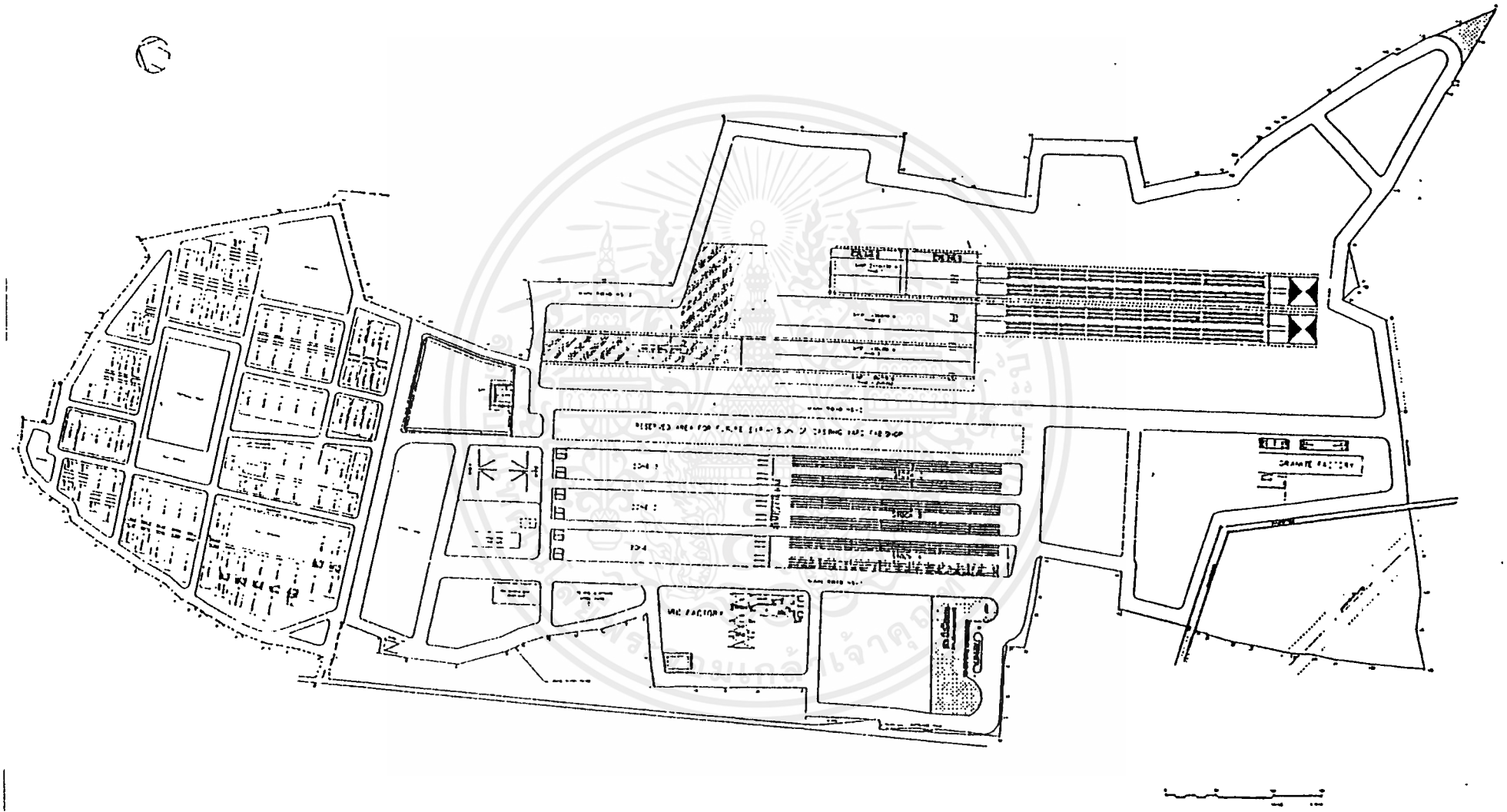
ข) อัตราการผลิต

- สำหรับชั้นชานชาลา	=	7	ชิ้น/วัน
- สำหรับชั้น Concourse	=	7	ชิ้น/วัน

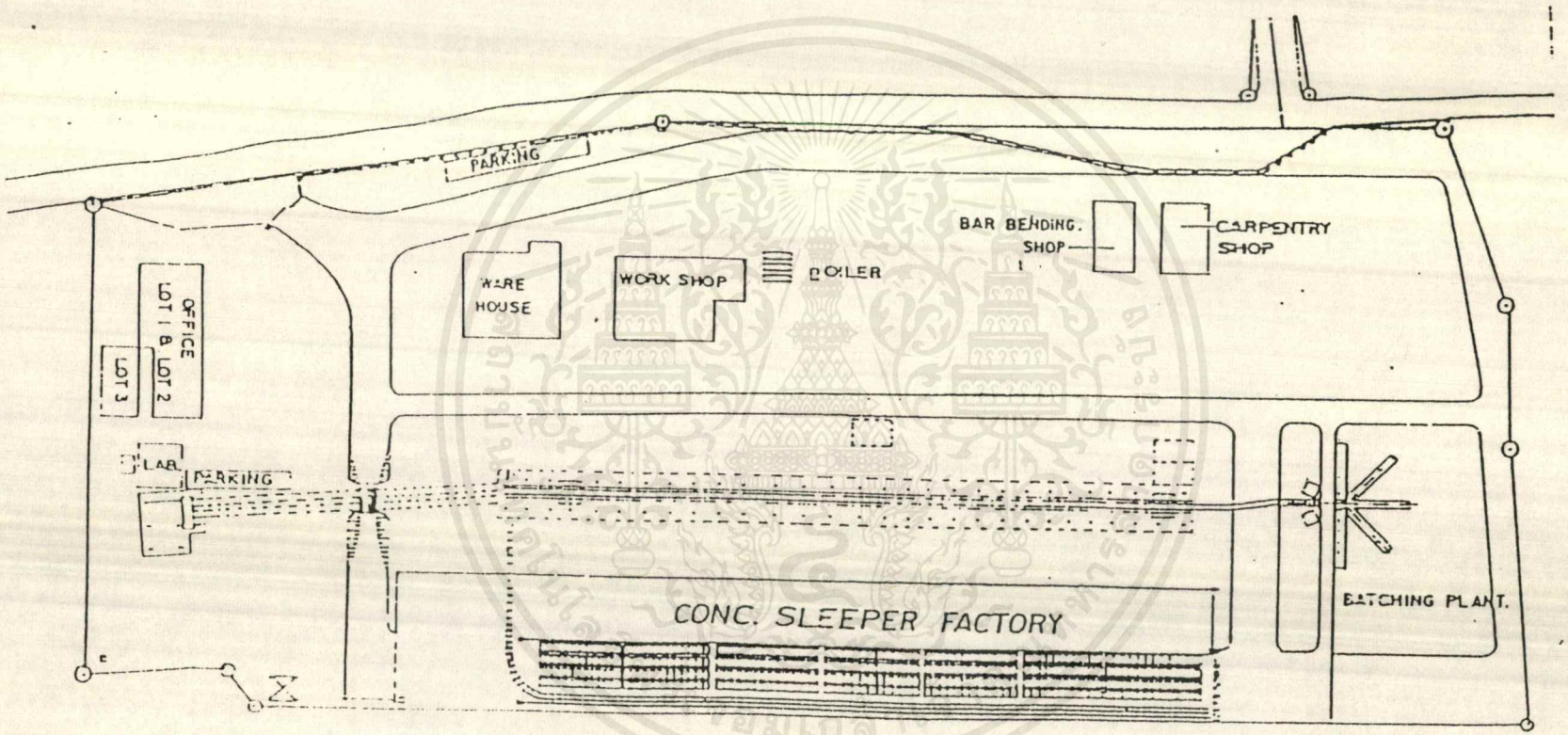
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



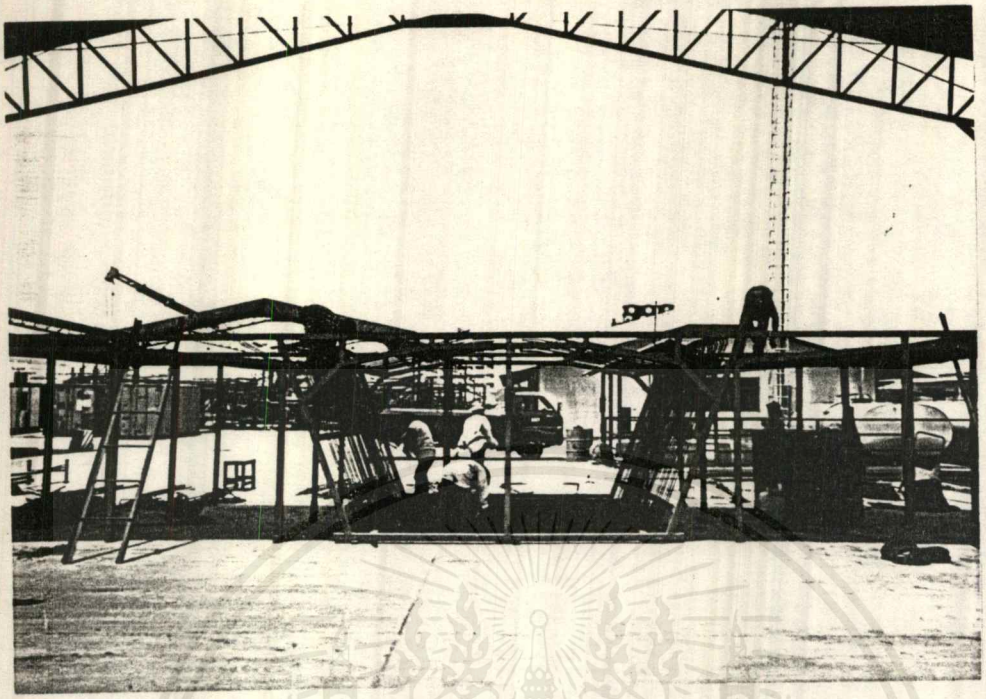
แผนผังโรงงาน “A”



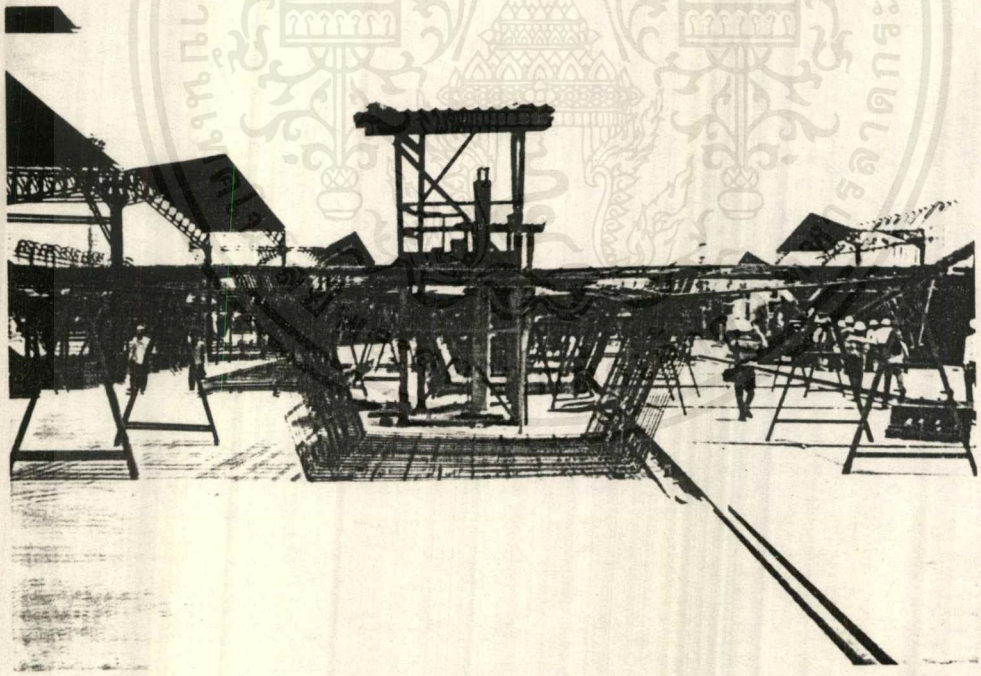
แผนผังโรงงาน “B” และที่อยู่อาศัย



แผนผังโรงงานหมอนคอนกรีต

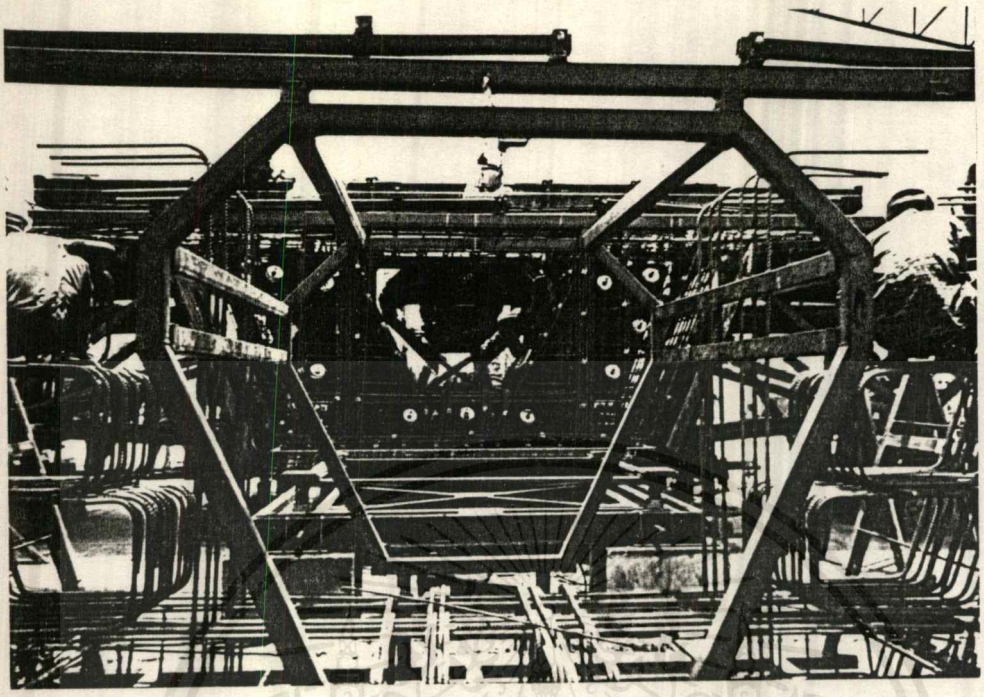


แบบผูกเหล็กเสริม

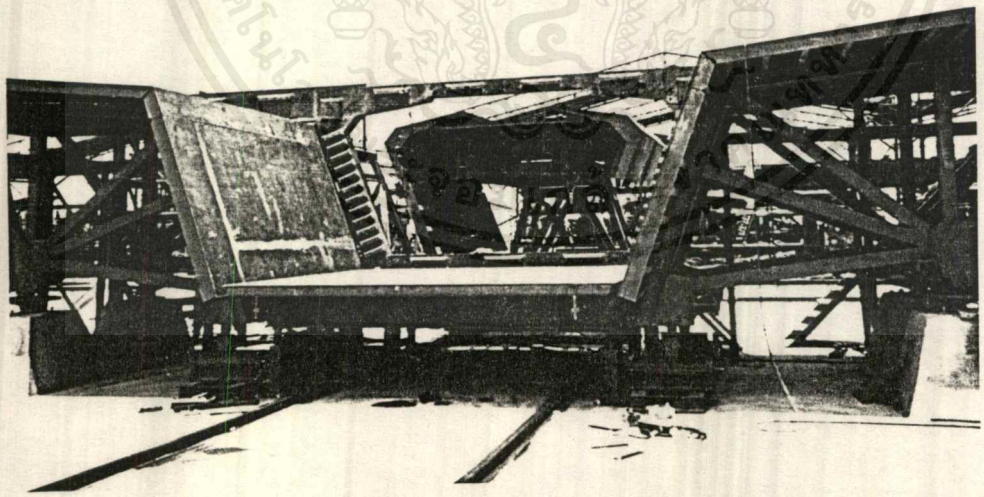


โครงเหล็กเสริมที่ผูกเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

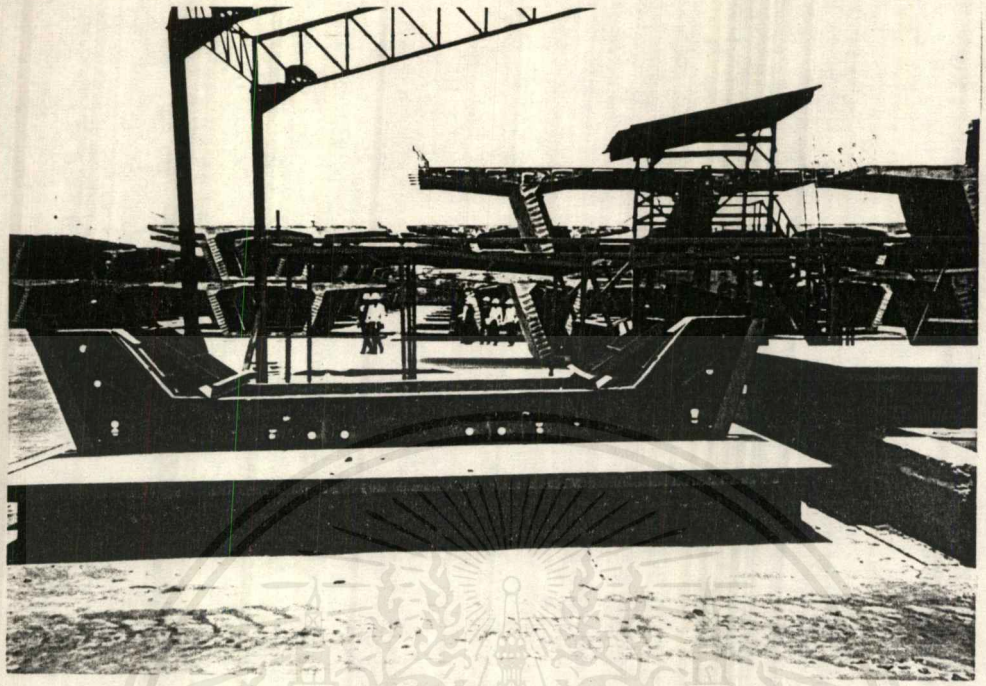


แบบผูกเหล็กเสริม

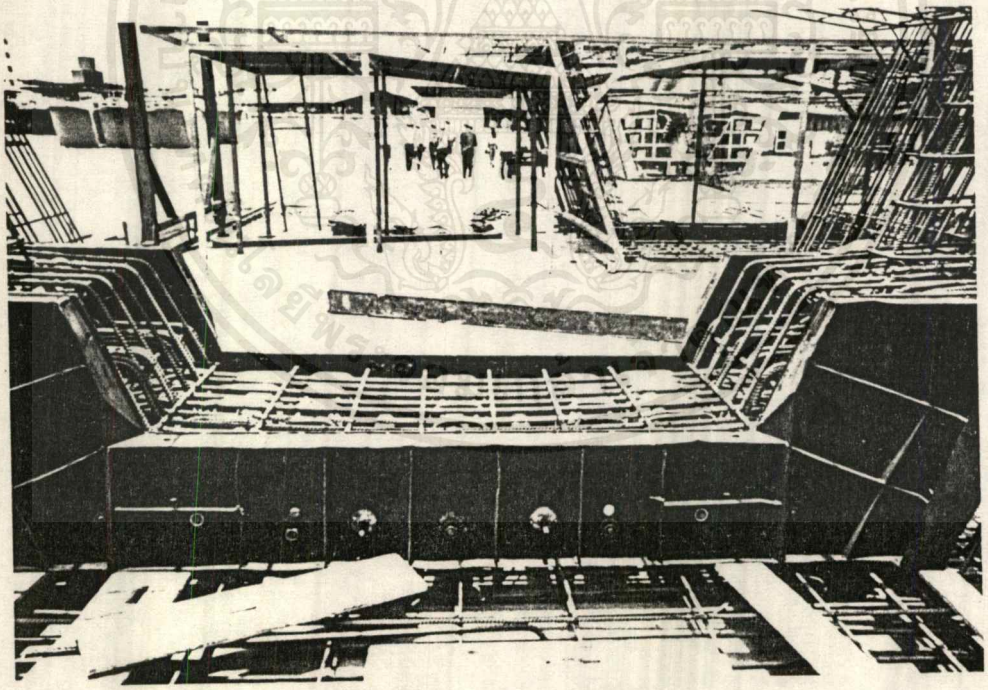


แบบหล่อ Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

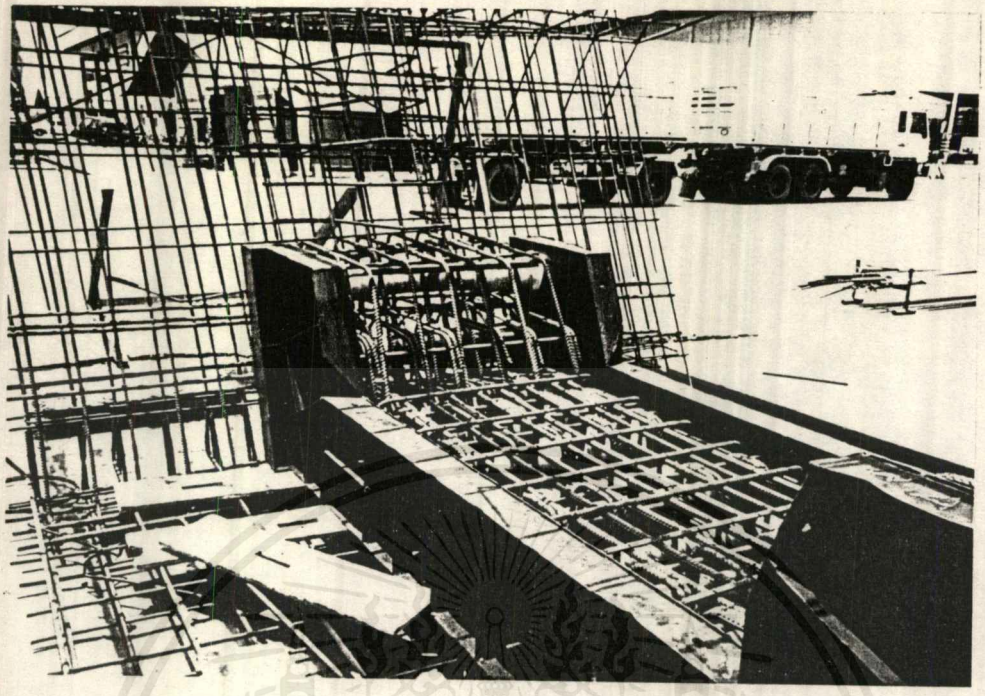


แบบหล่อตัวเปลี่ยนแนวลวด

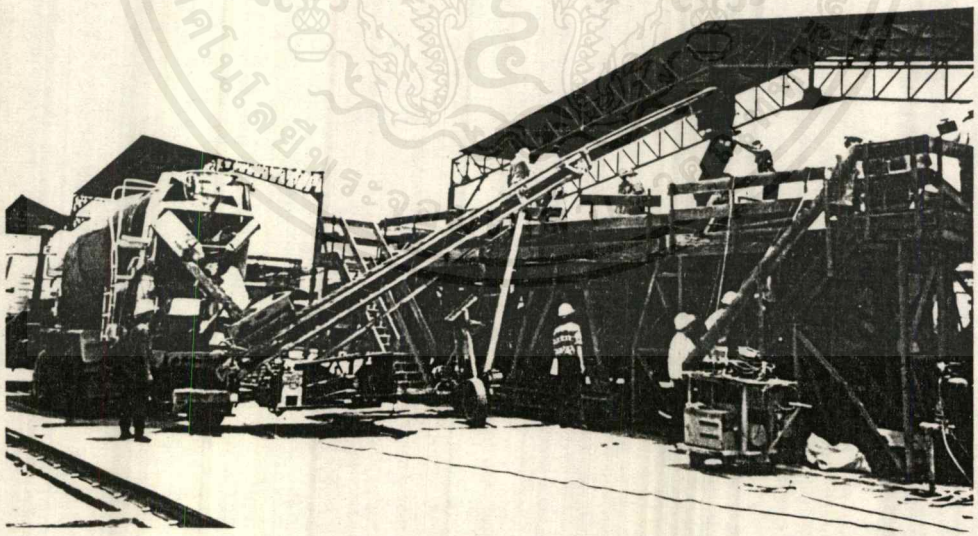


ผูกเหล็กตัวเปลี่ยนแนวลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

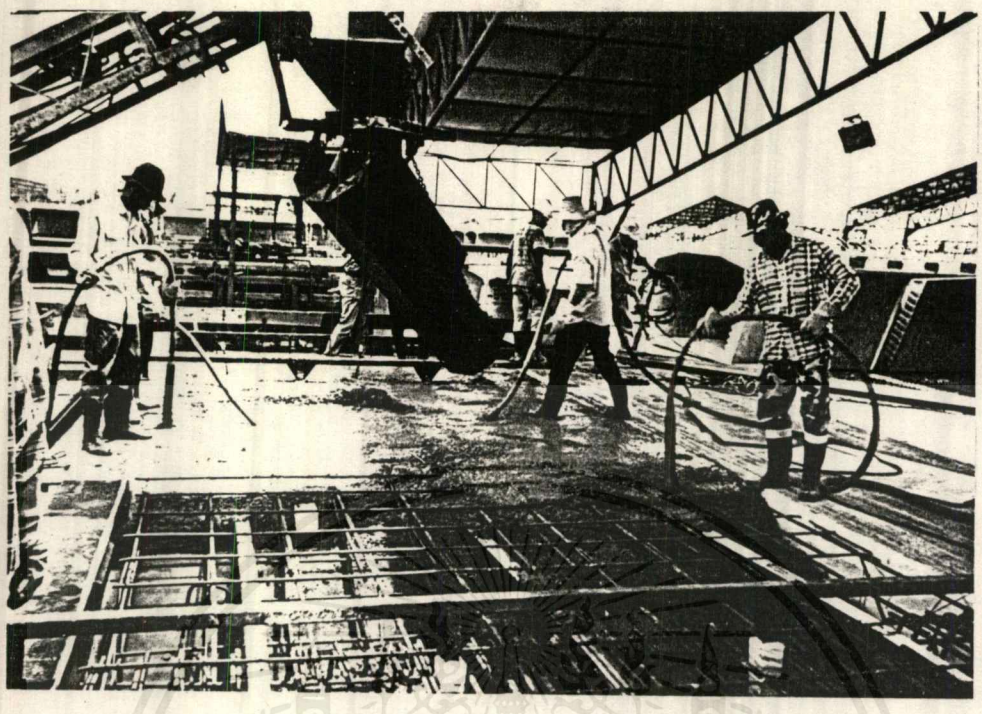


ผูกเหล็กตัวเปลี่ยนแนวลวด

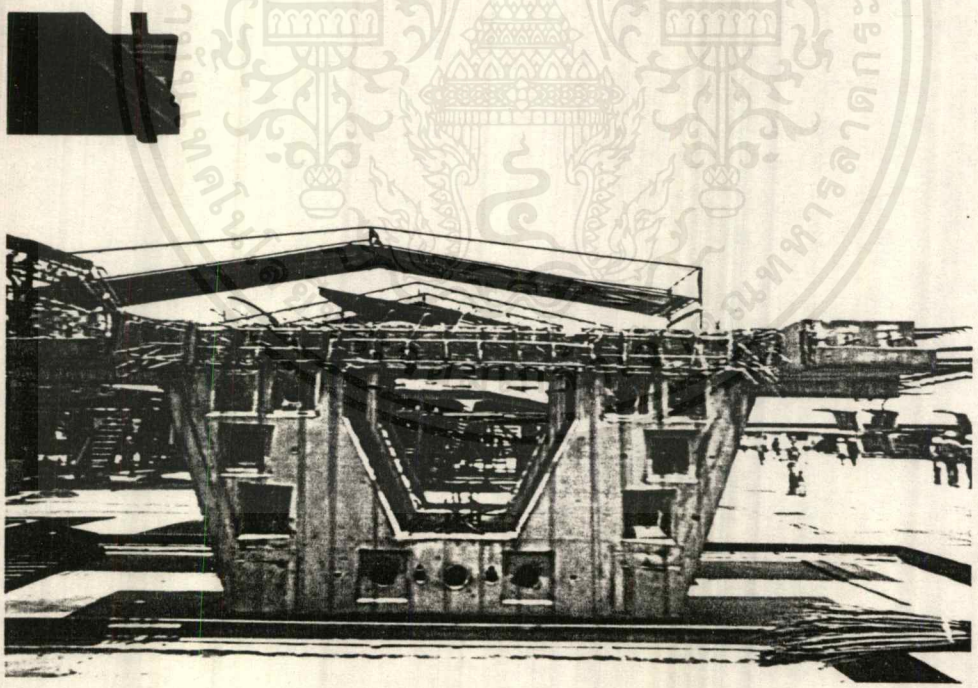


เทคอนกรีตหล่อ Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

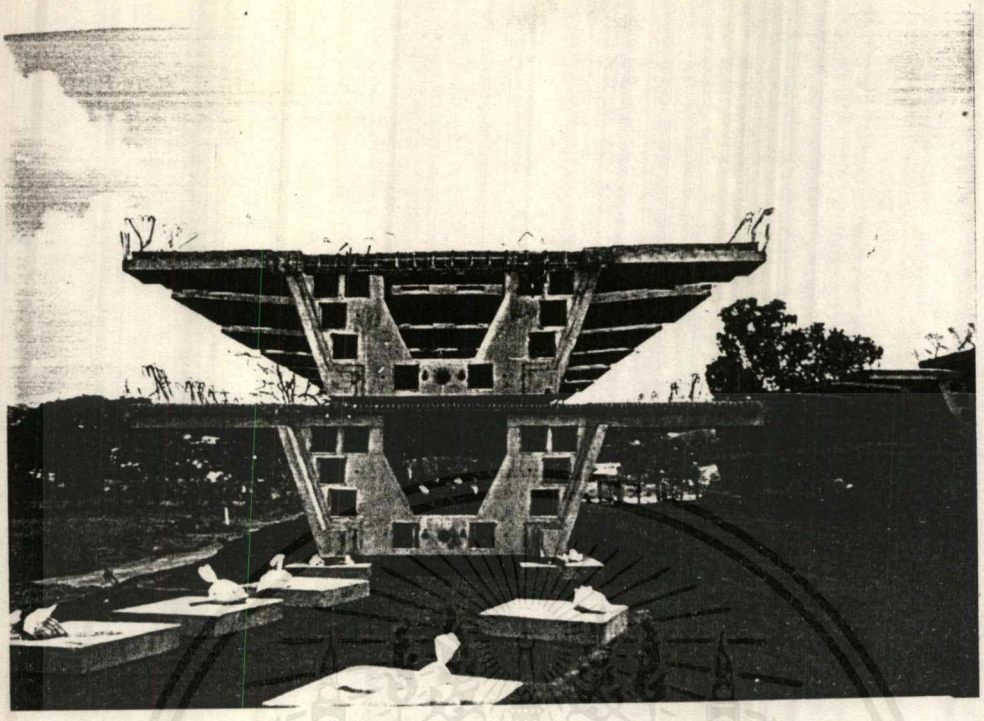


เทคอนกรีตหล่อ Segment

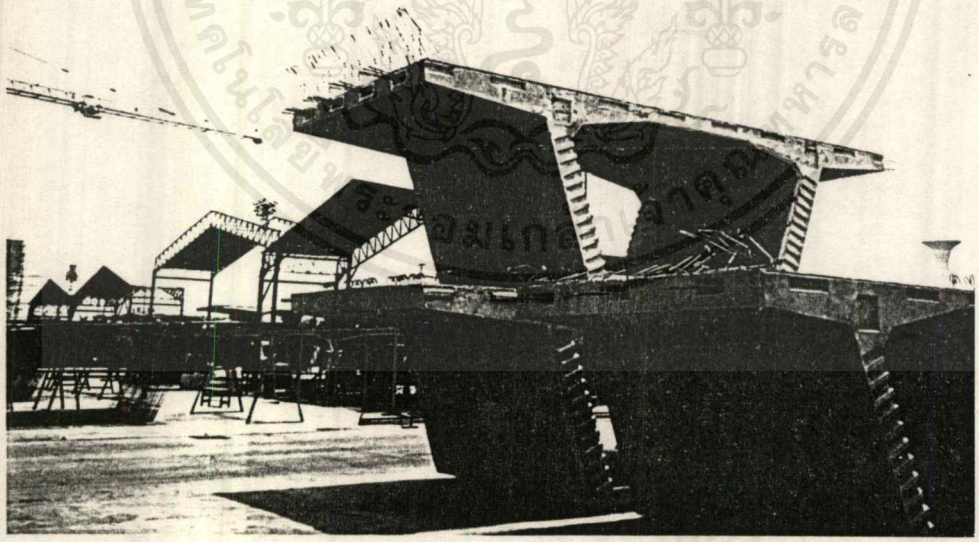


Segment ที่หล่อเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

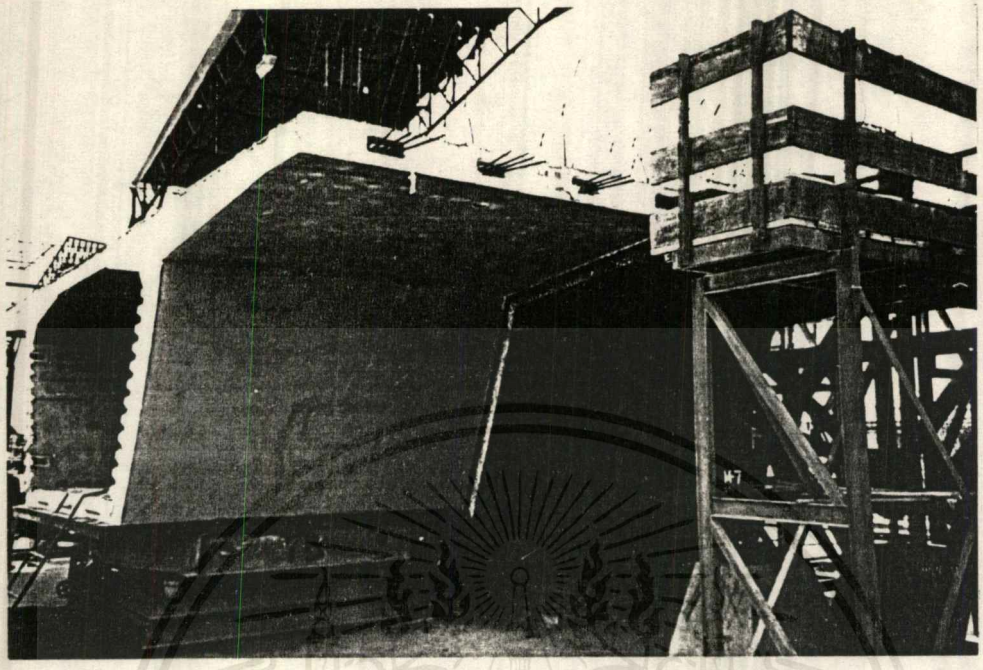


Pier Segment ที่หล่อเสร็จแล้ว

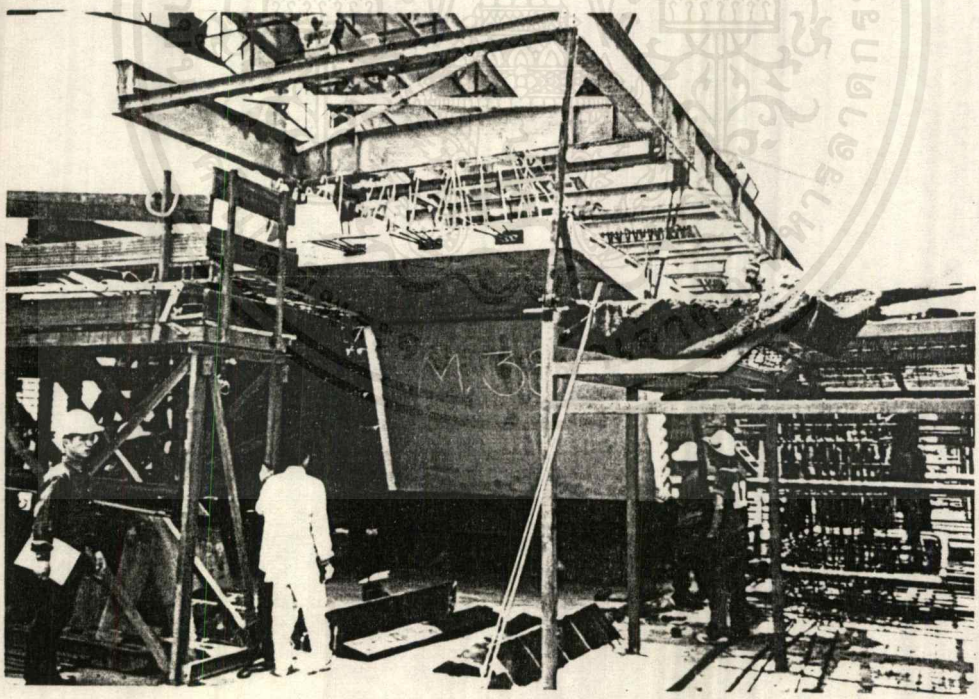


Typical Segment ที่หล่อเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

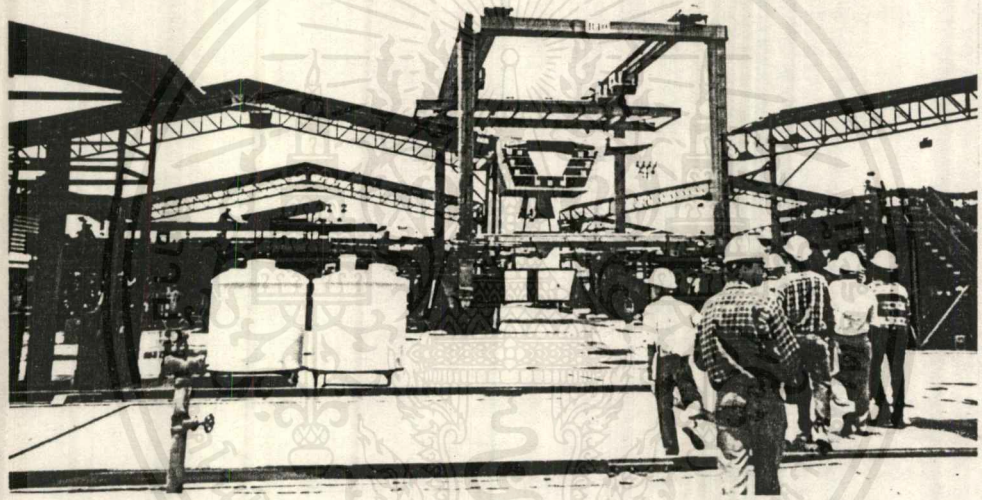


Segment ที่หล่อเสร็จแล้วใช้เป็น Match Cast Segment



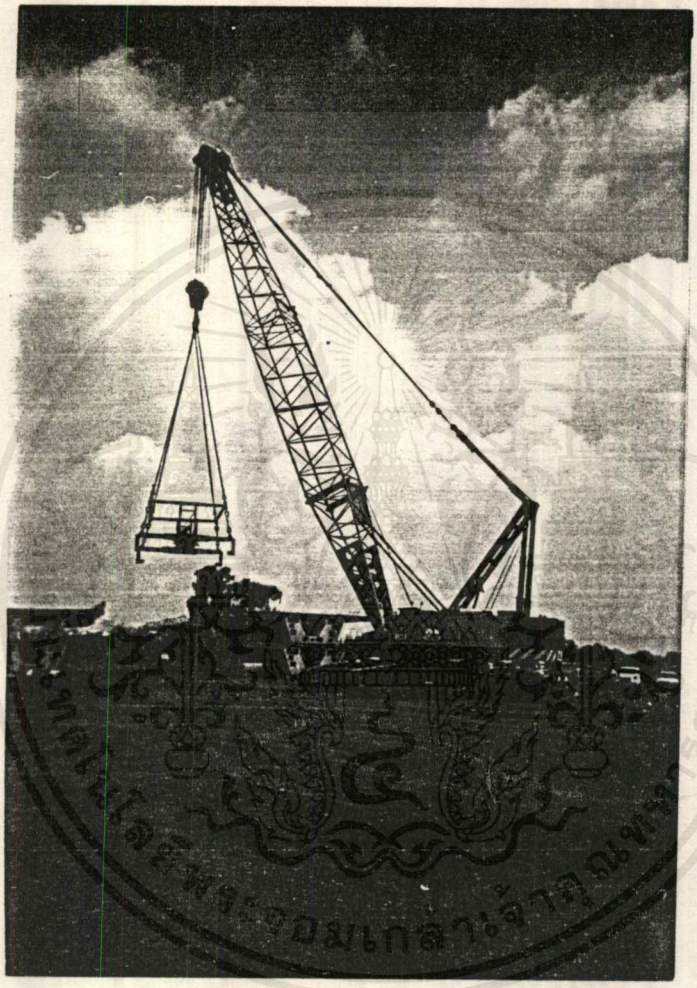
เตรียมยก Segment ที่หล่อเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



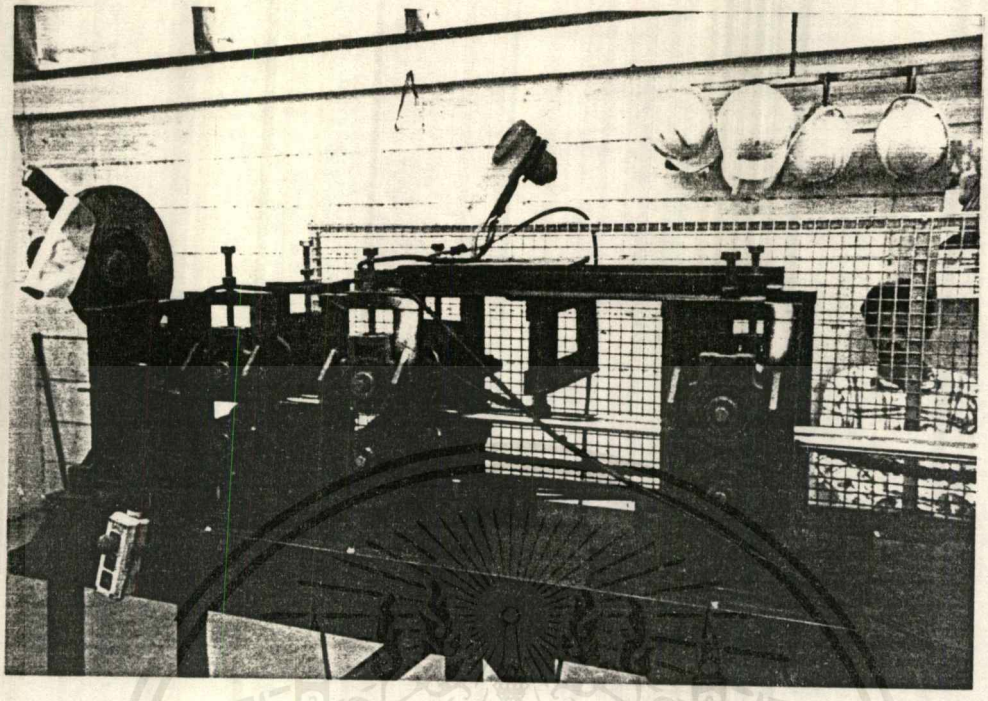
ยก Segment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

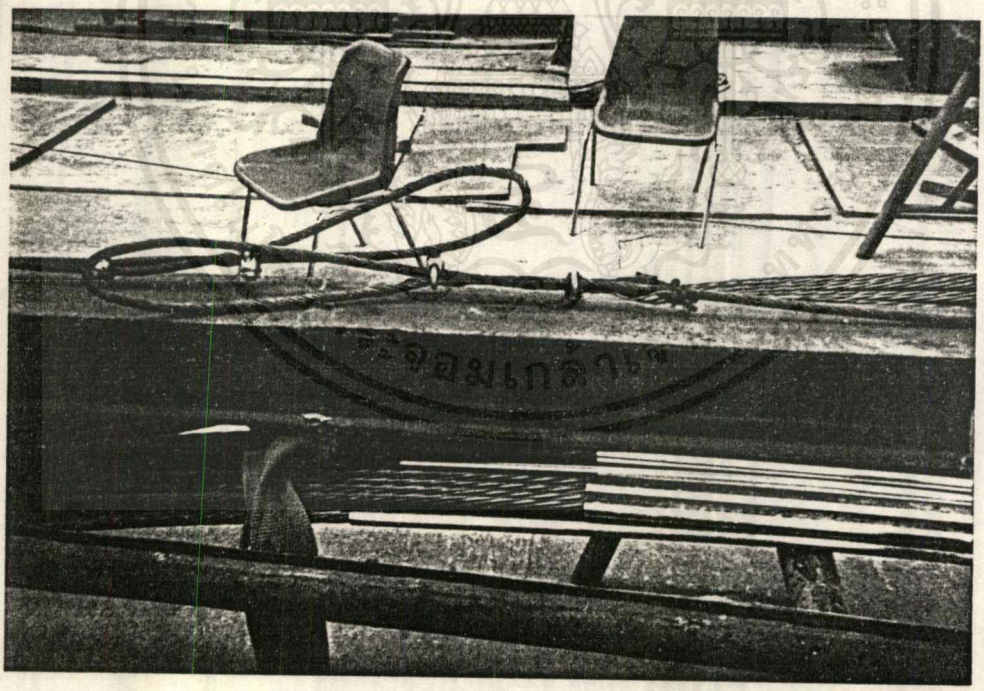


ขนย้าย Segment ที่หล่อเสร็จแล้วไปเก็บไว้ที่ Stock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การผลิตลวดอัดแรง

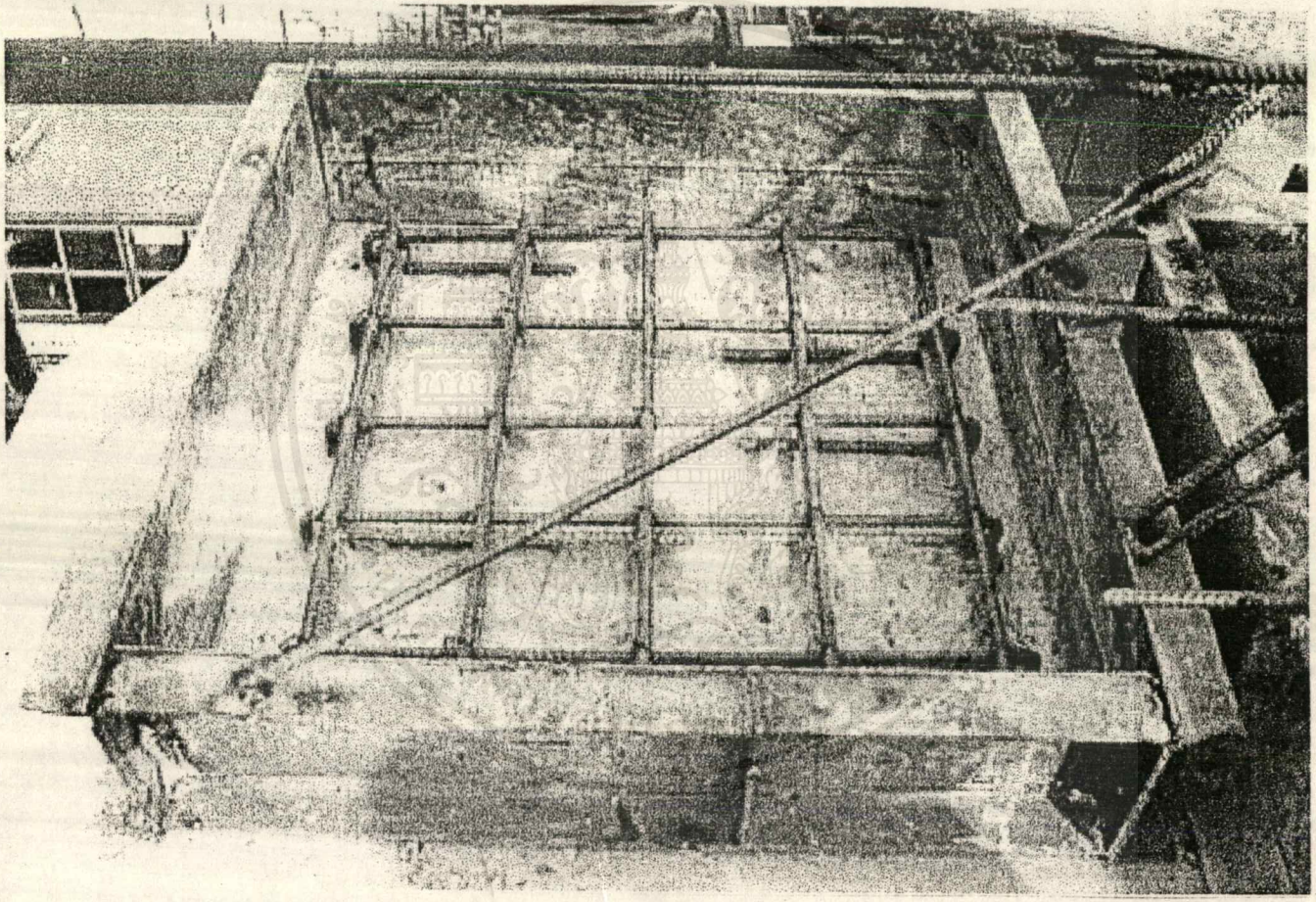


การผลิตลวดอัดแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

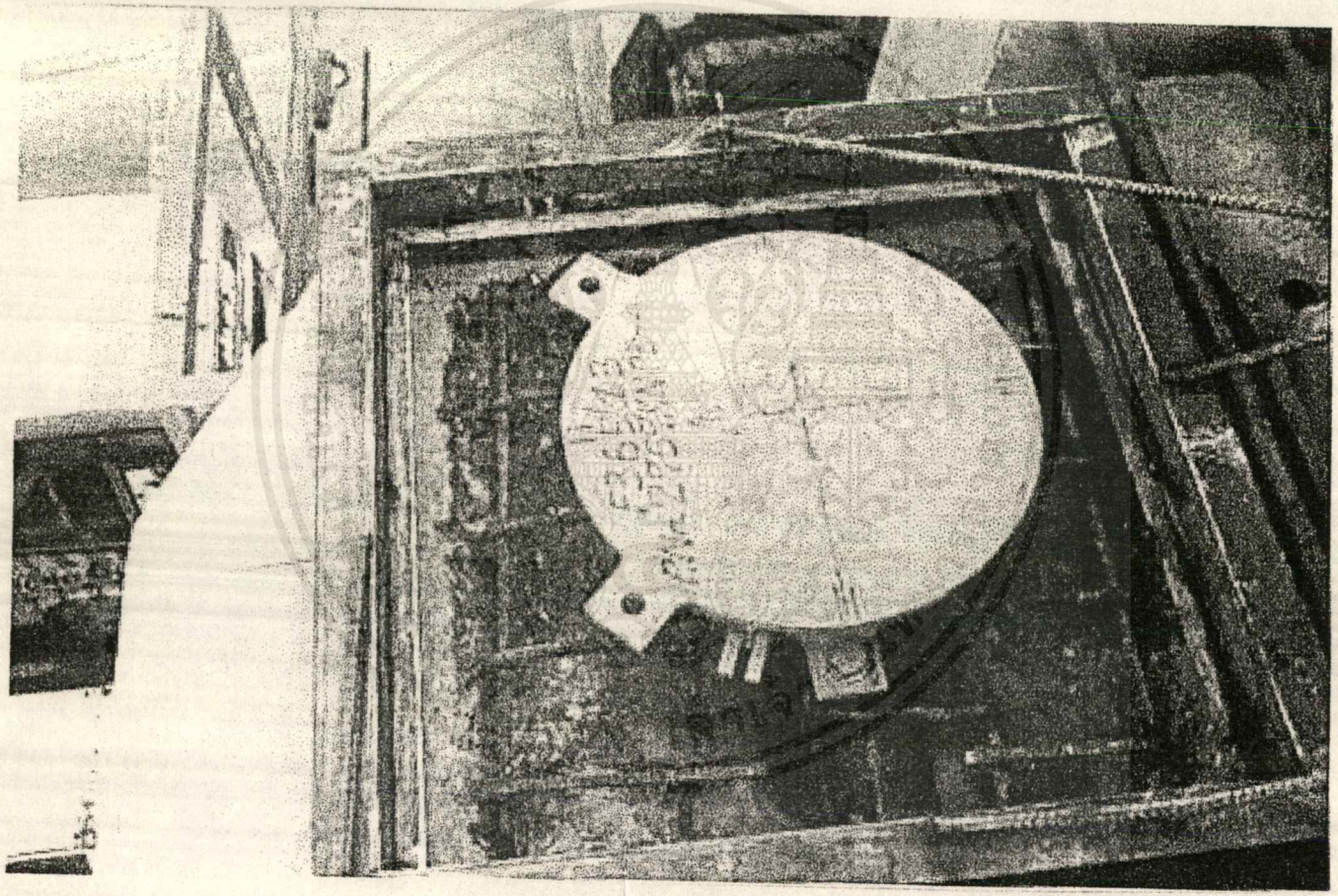
ภาคผนวก ข.
รูปถ่ายอุปกรณ์และการติดตั้งทางวิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

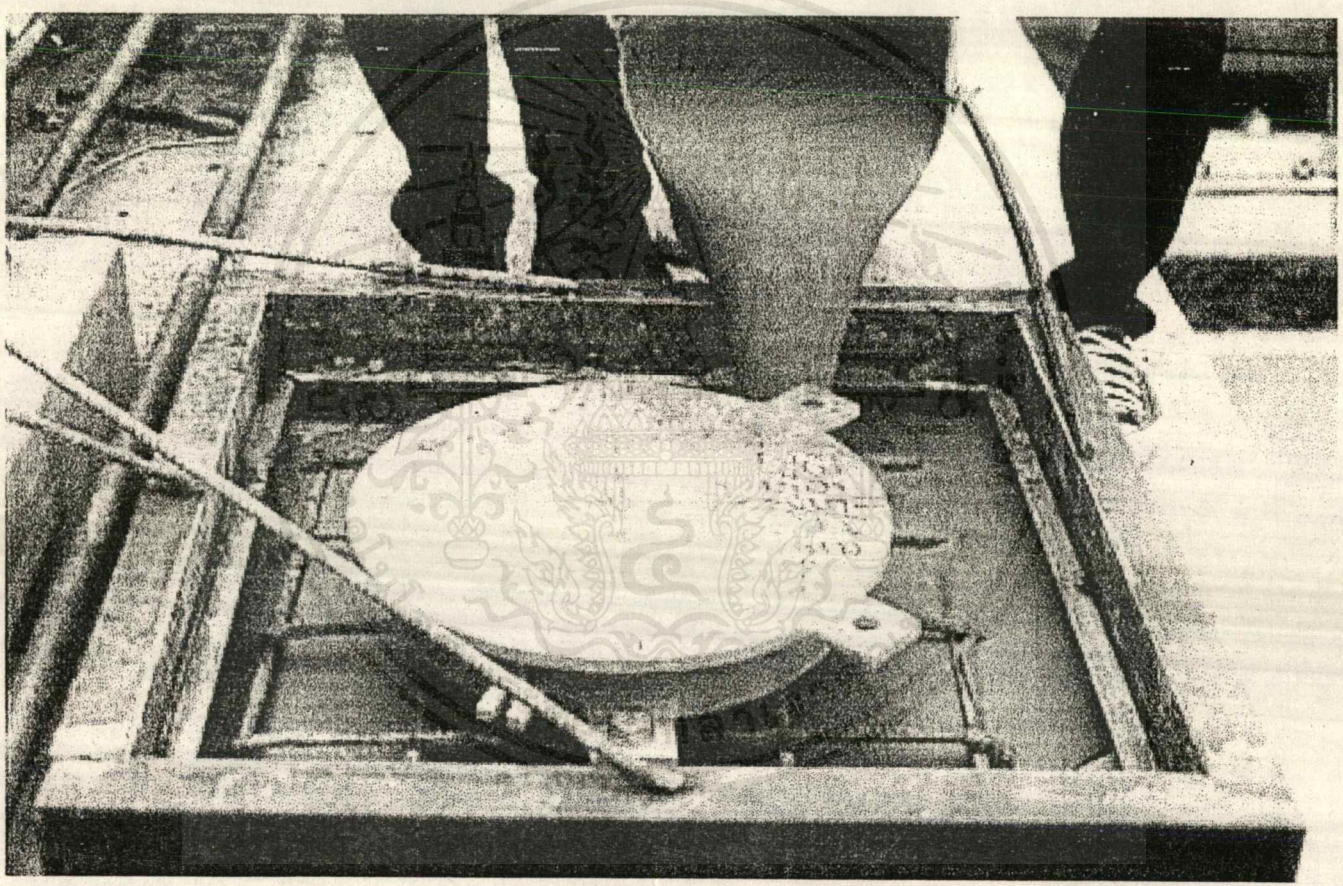


แบบหล่อ Bearing Plinth

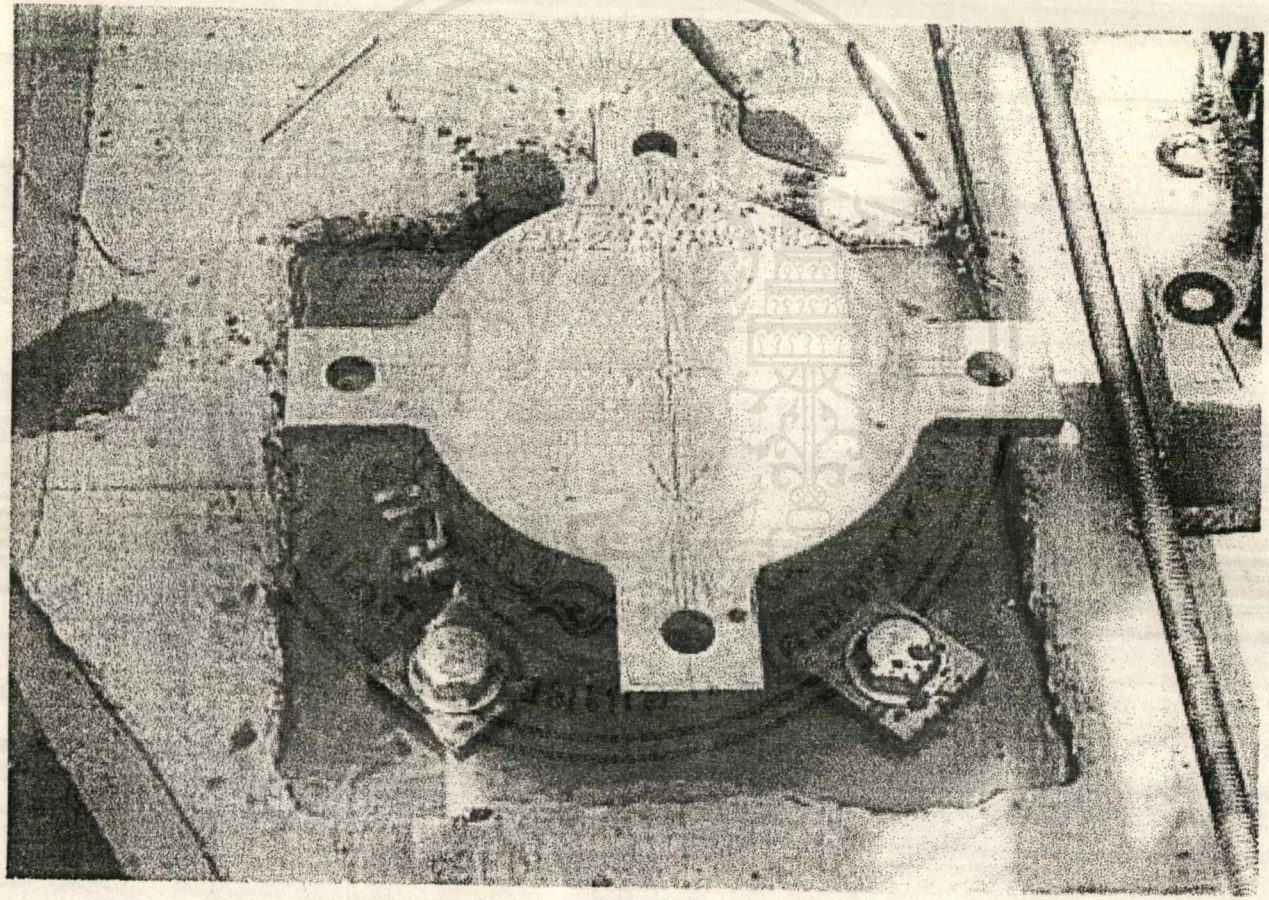
Bearing Plinth ที่เสร็จแล้ว



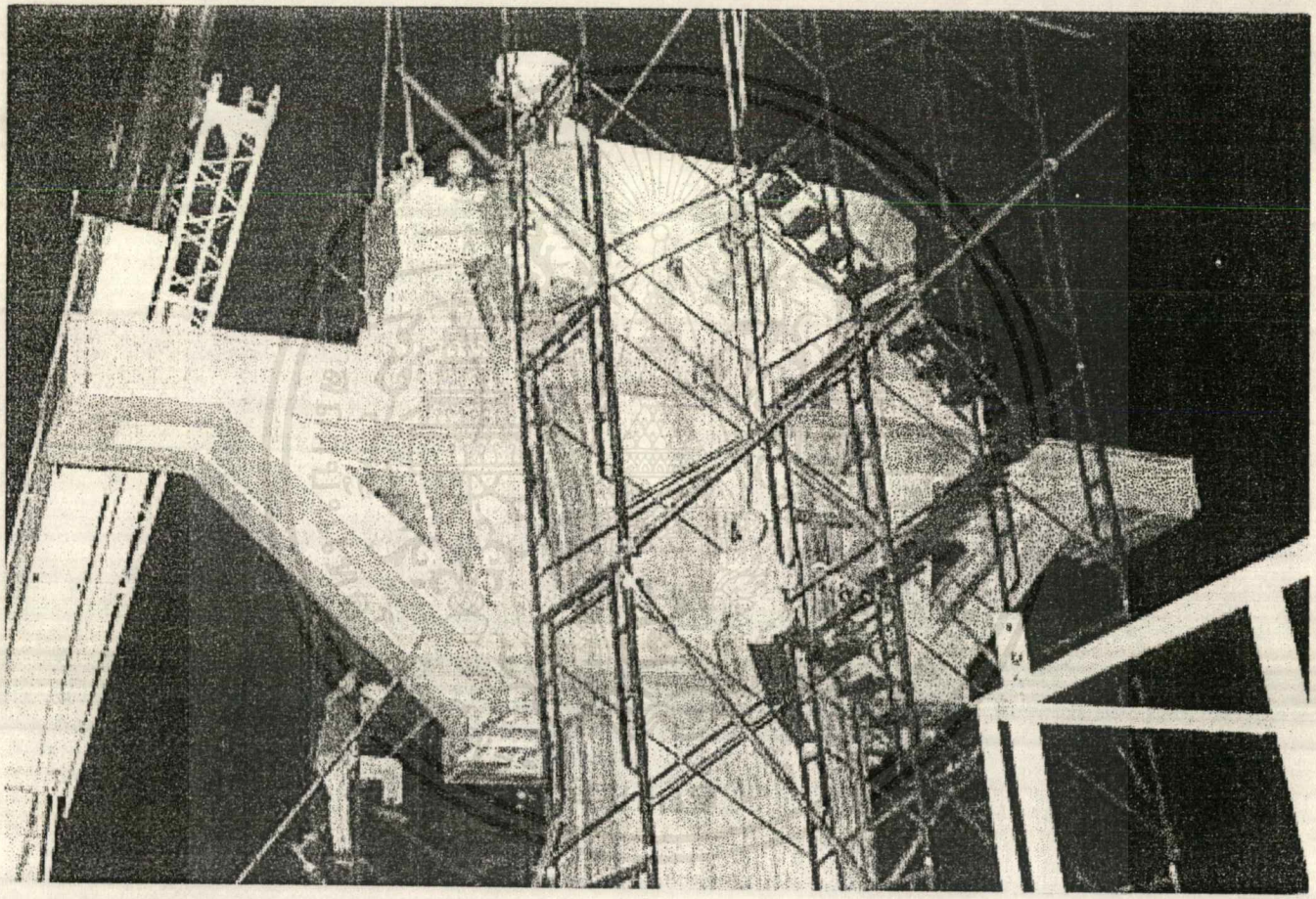
ติดตั้ง Pot Bearing



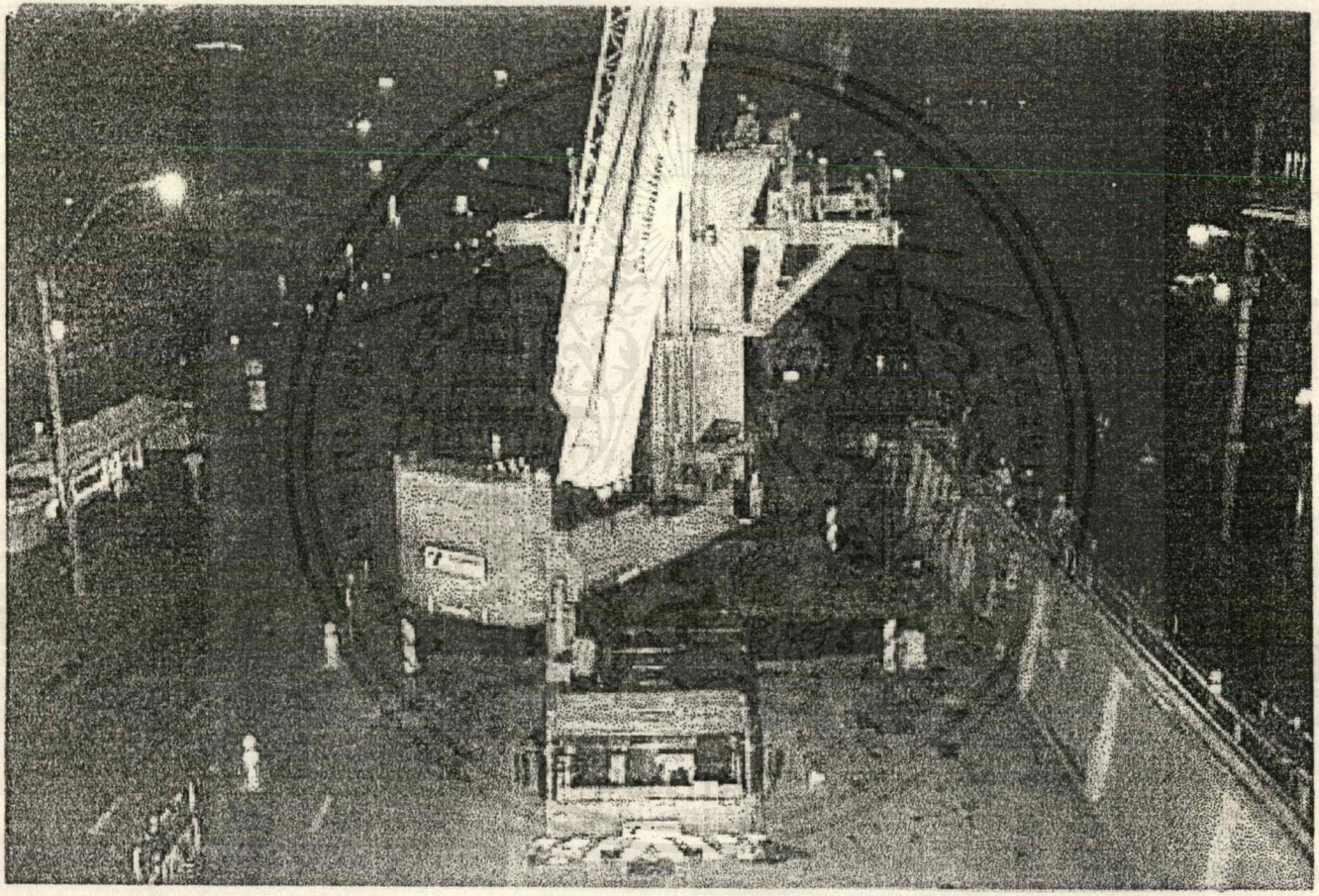
เทปูนรอบ Pot Bearing



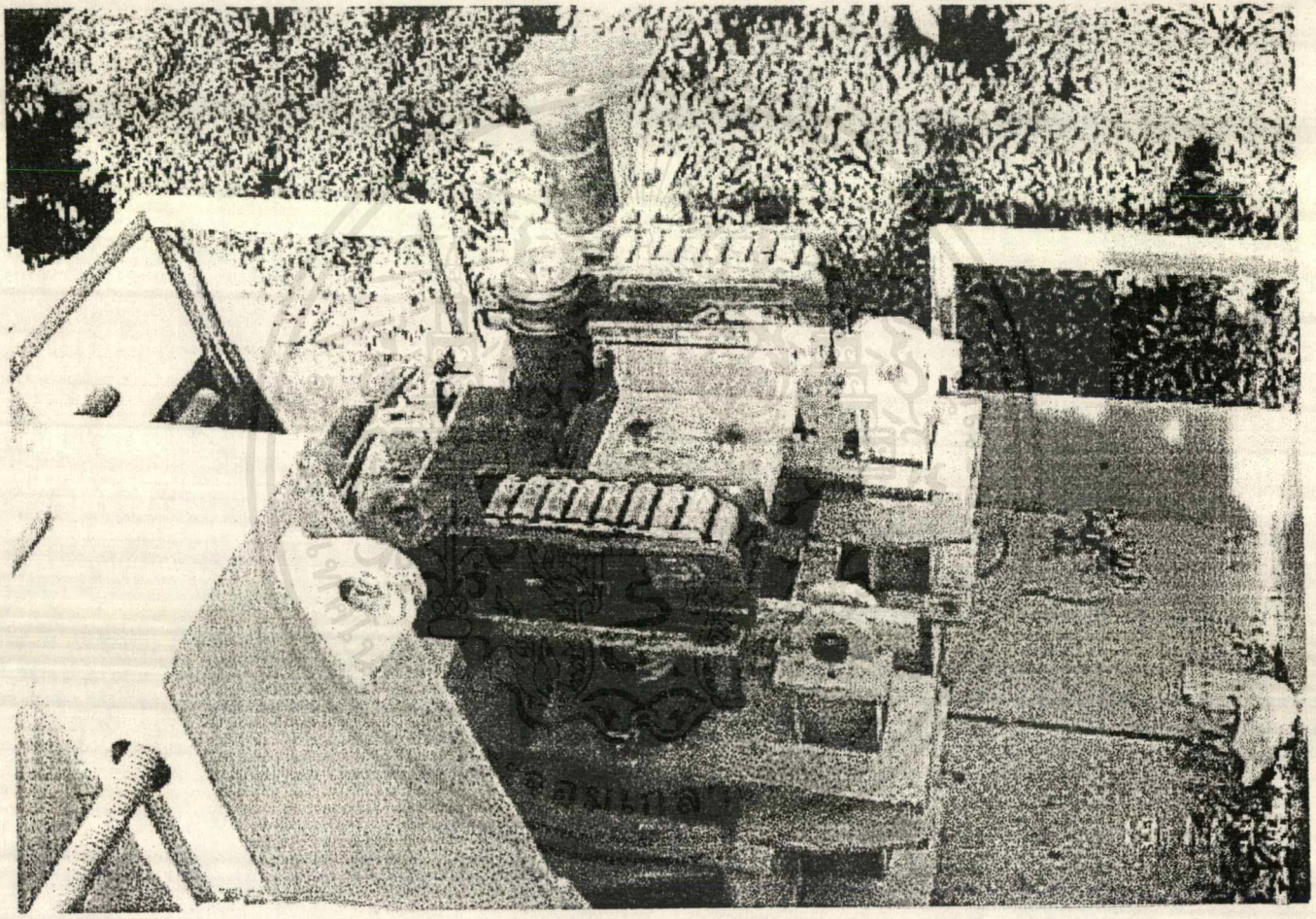
Pot Bearing ที่ Grout ปูนเสร็จแล้ว



ติดตั้ง Pier Bracket

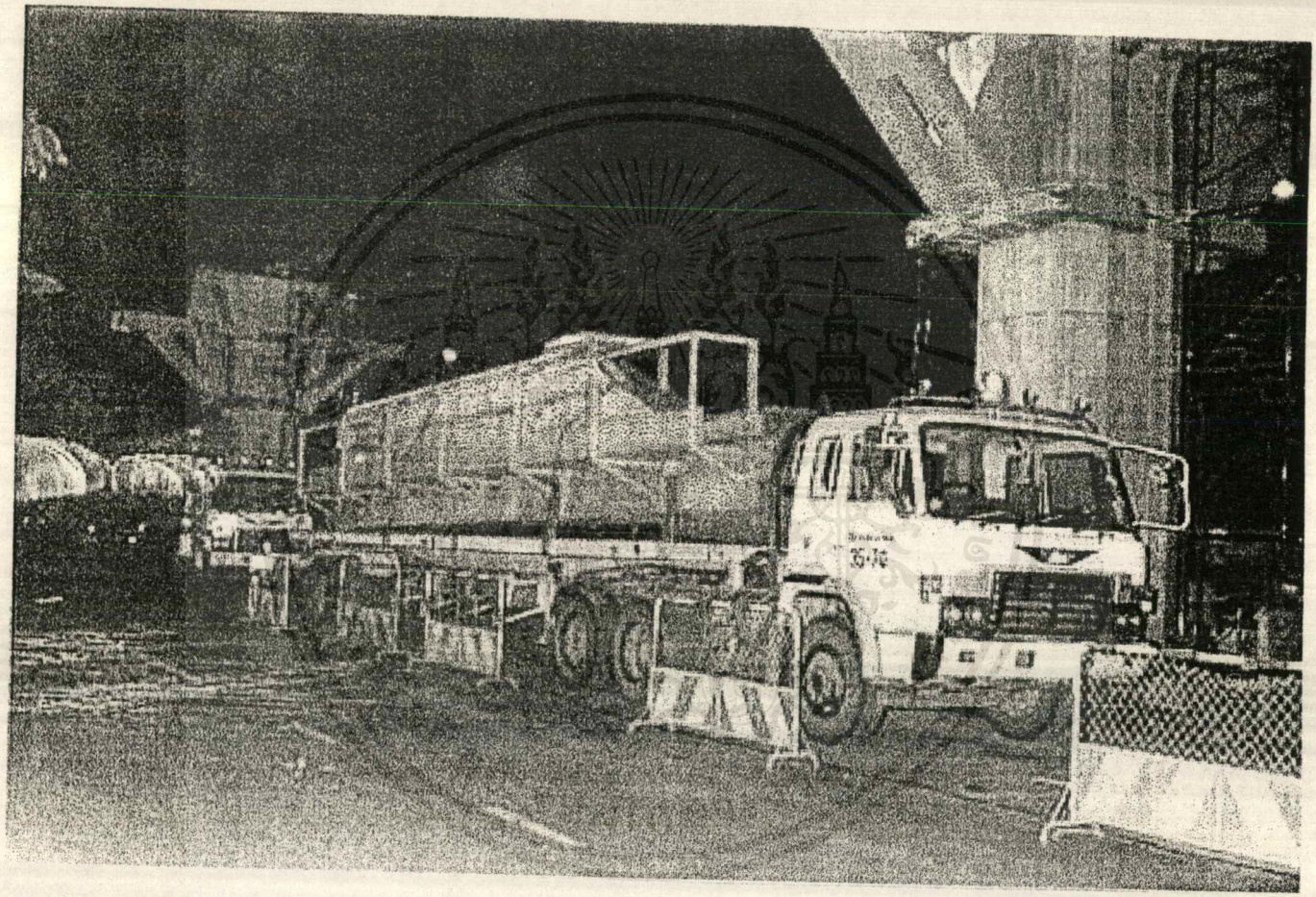


ยก Skid ขึ้นไปบน Pier Bracket



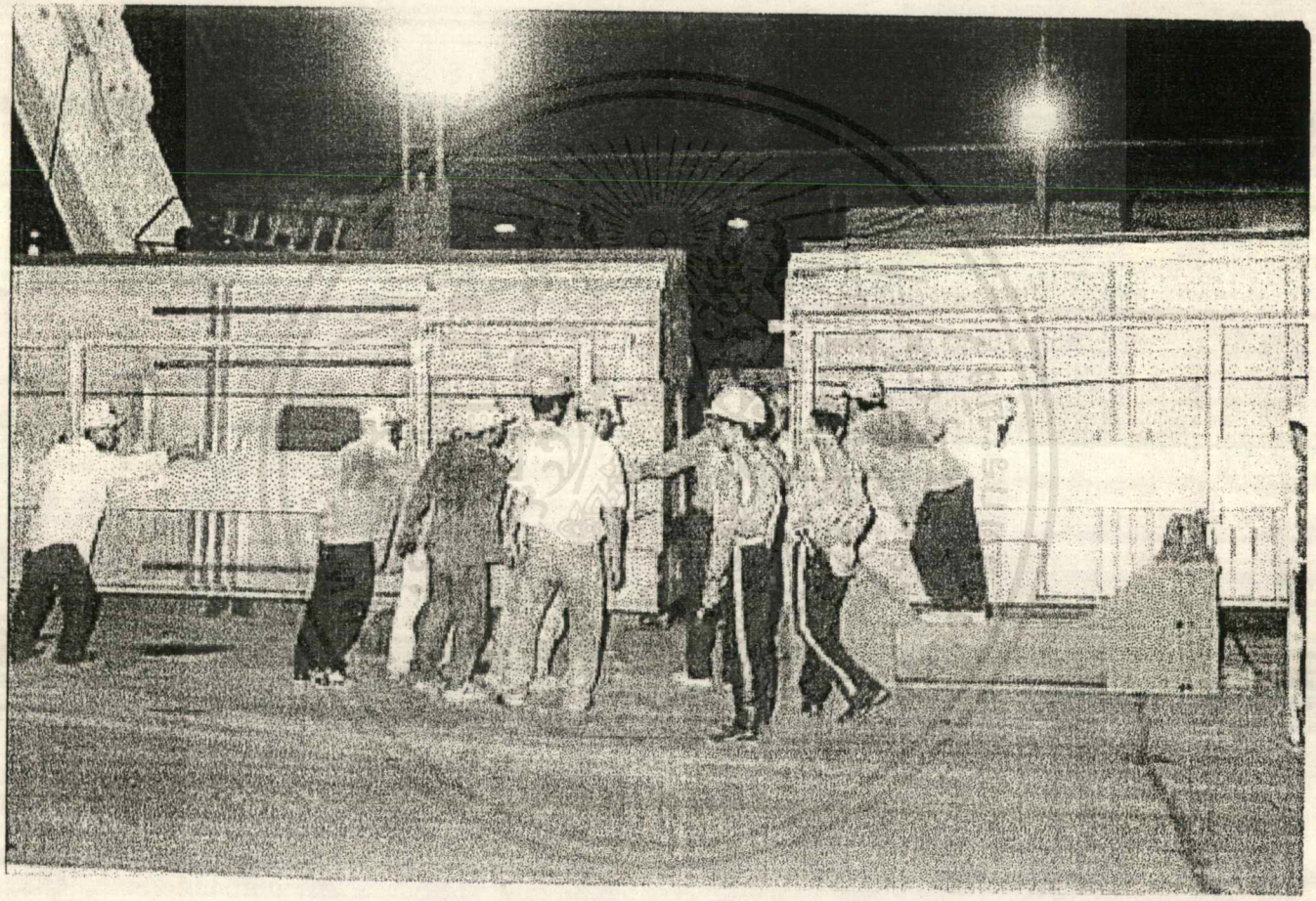
การประกอบอุปกรณ์บน Skid

การประกอบอุปกรณ์บน Skid

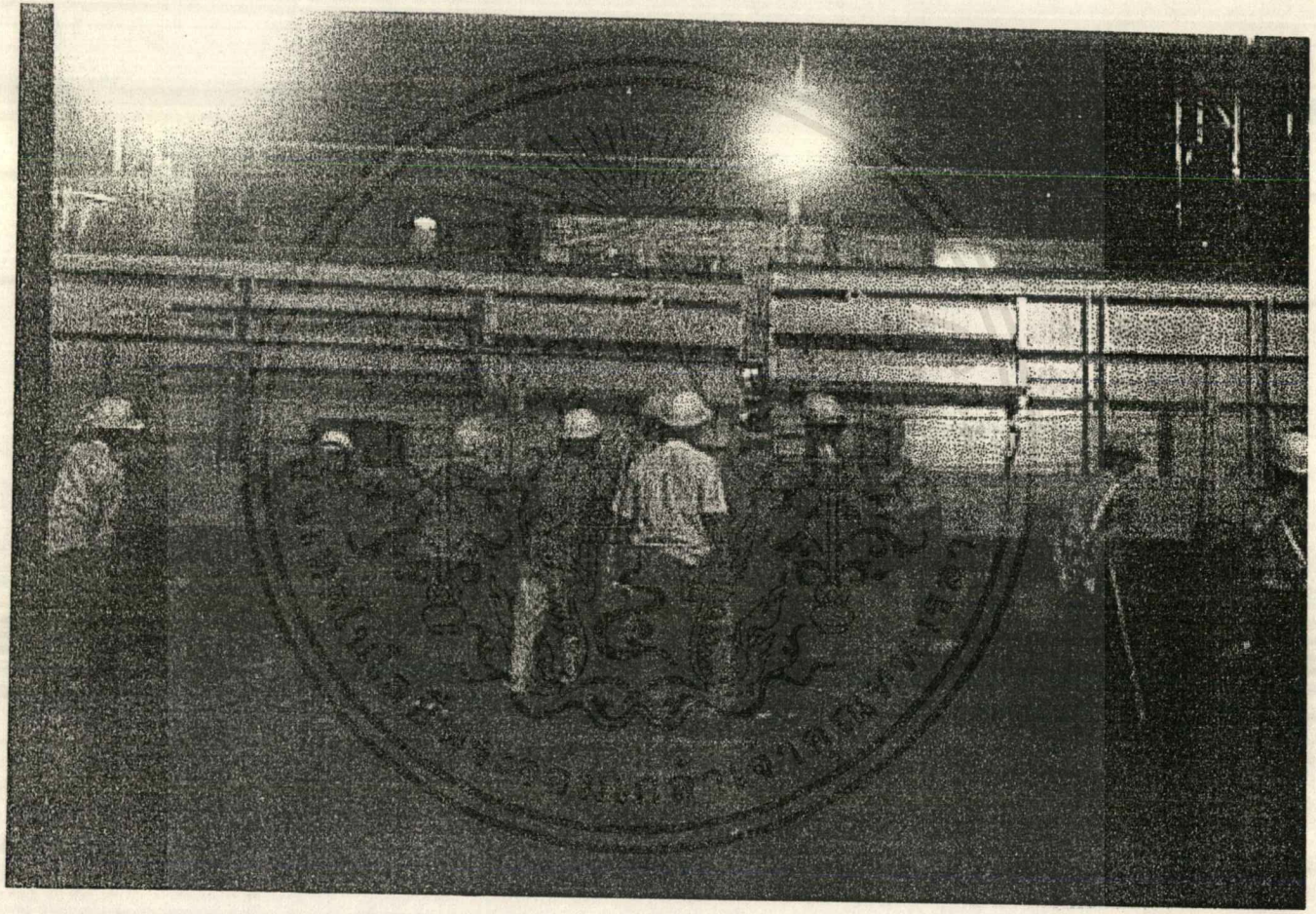


ลำเลียง Under Slung Girder มายัง Site

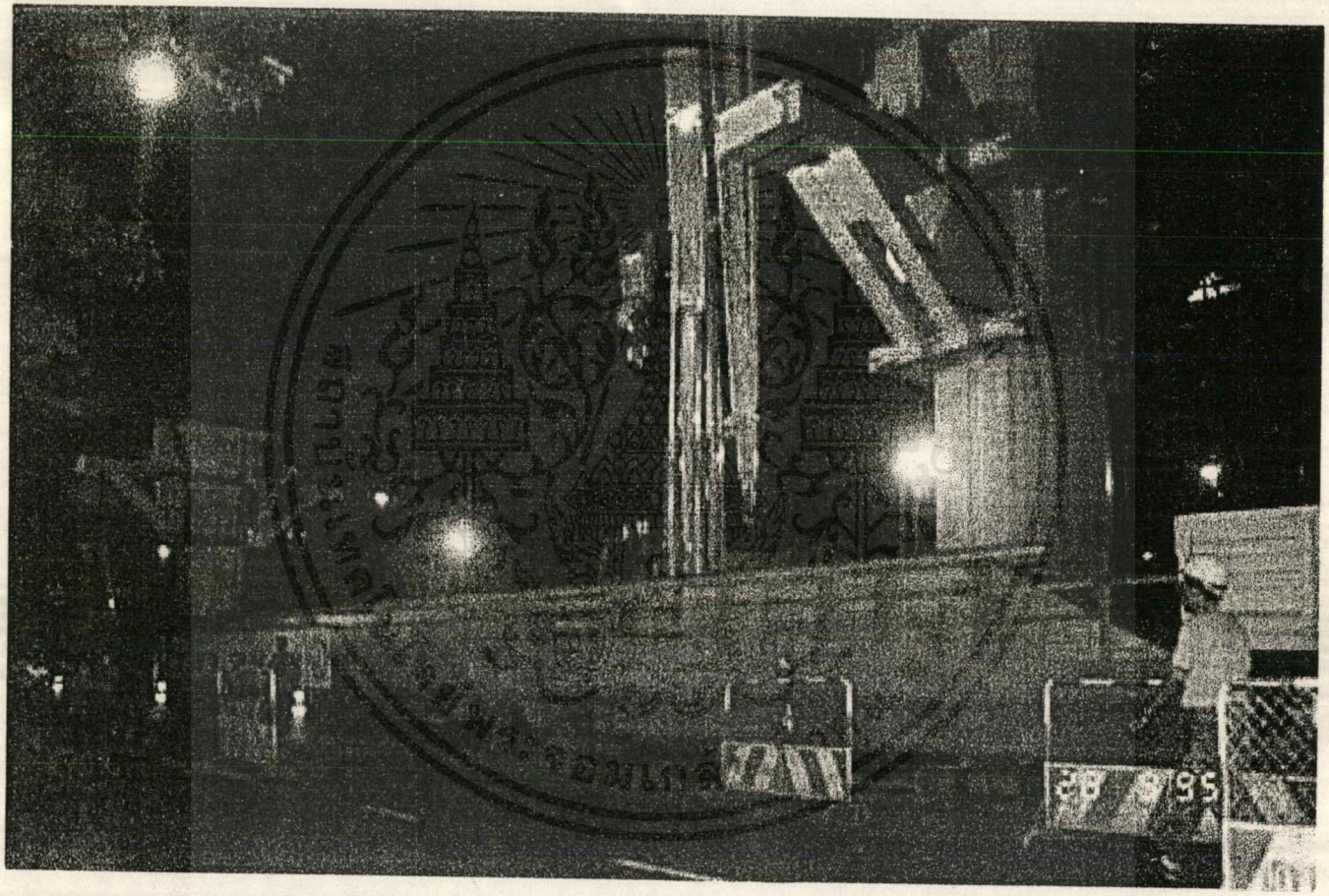
การประกอบ Under Slung Girder



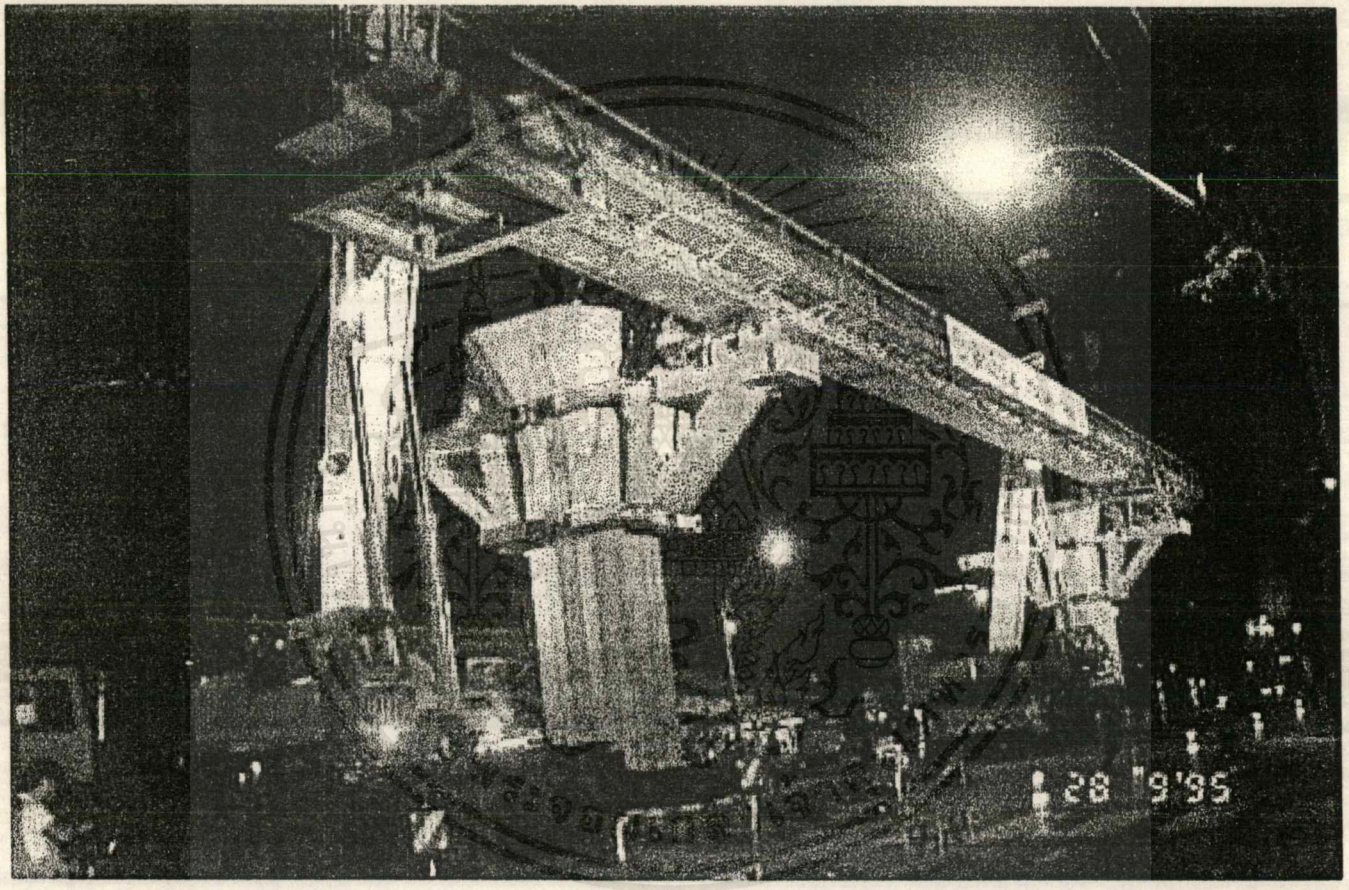
การประกอบ Under Slung Girder บนพื้นดิน



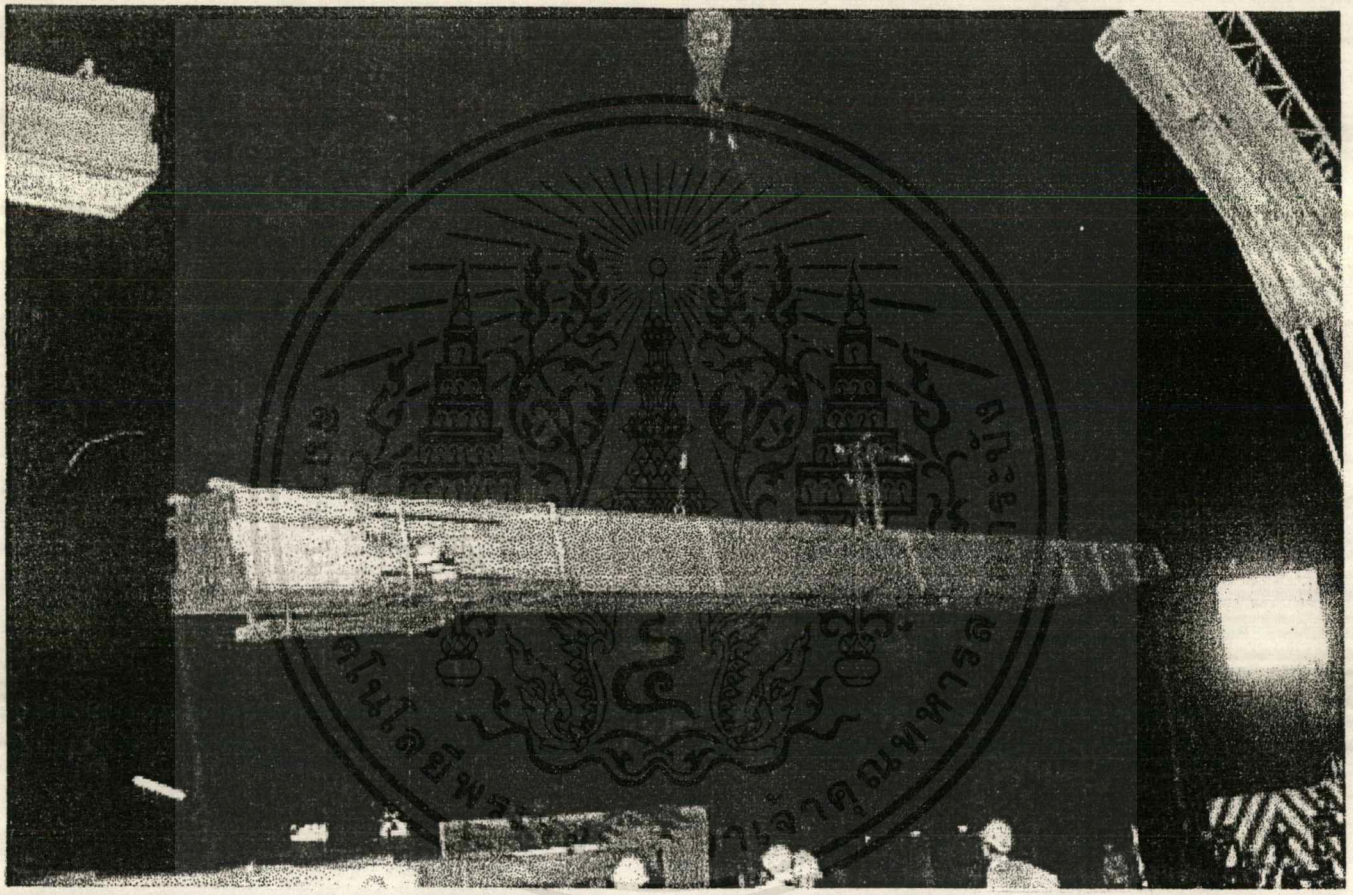
การประกอบ Under Slung Girder บนพื้นดิน



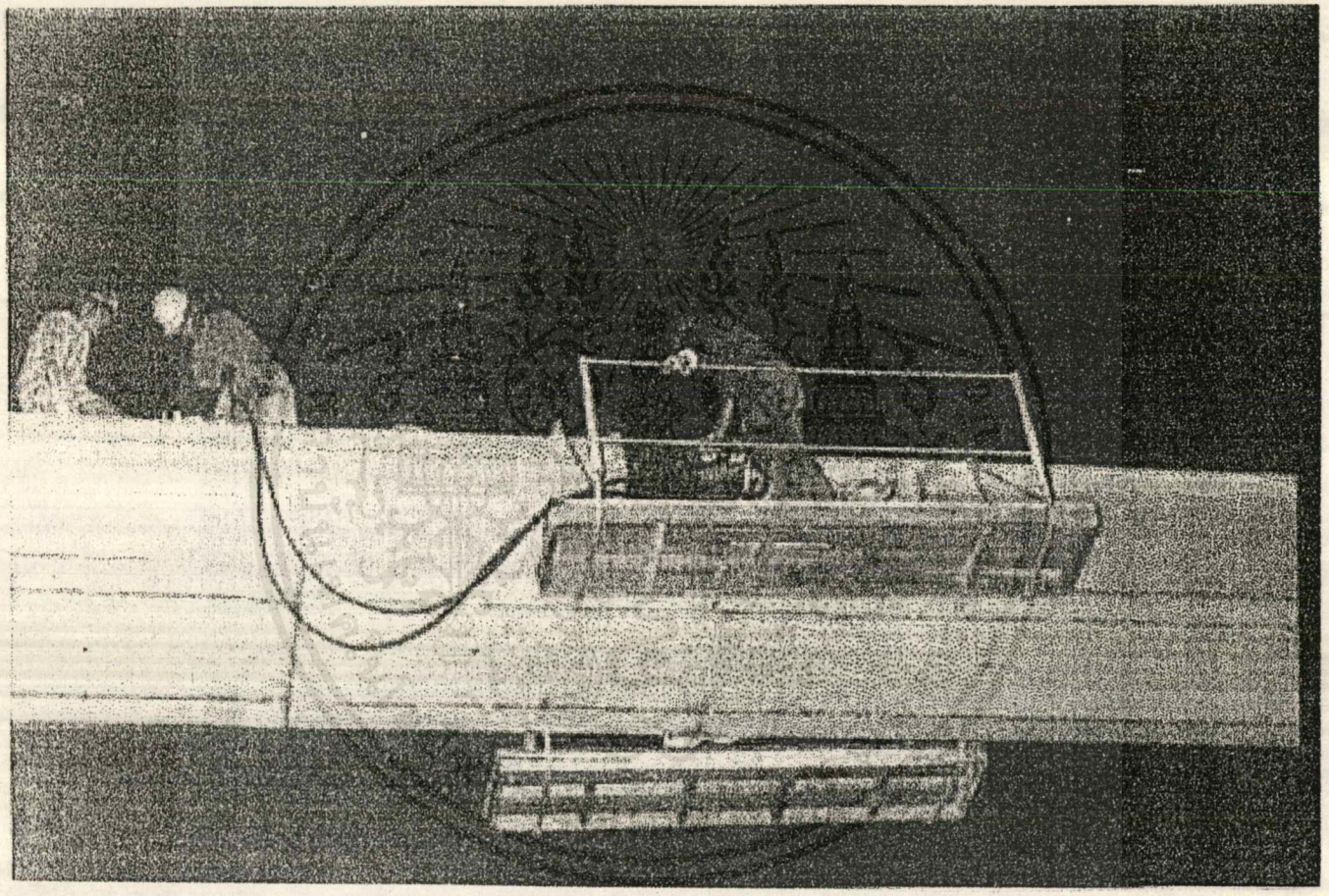
การยก Under Slung Girder



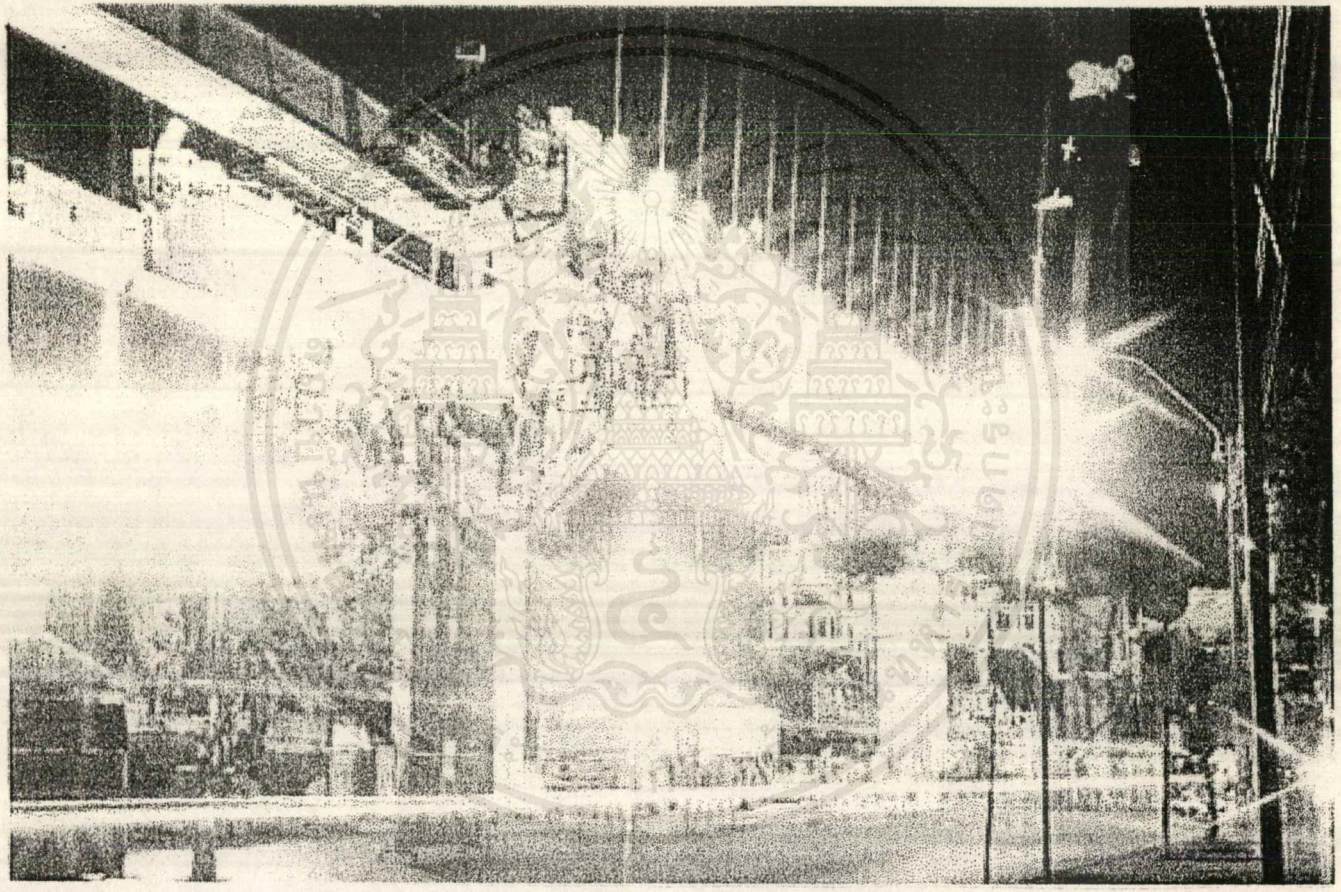
ยก Under Slung Girder ขึ้นไปบน Pier Bracket



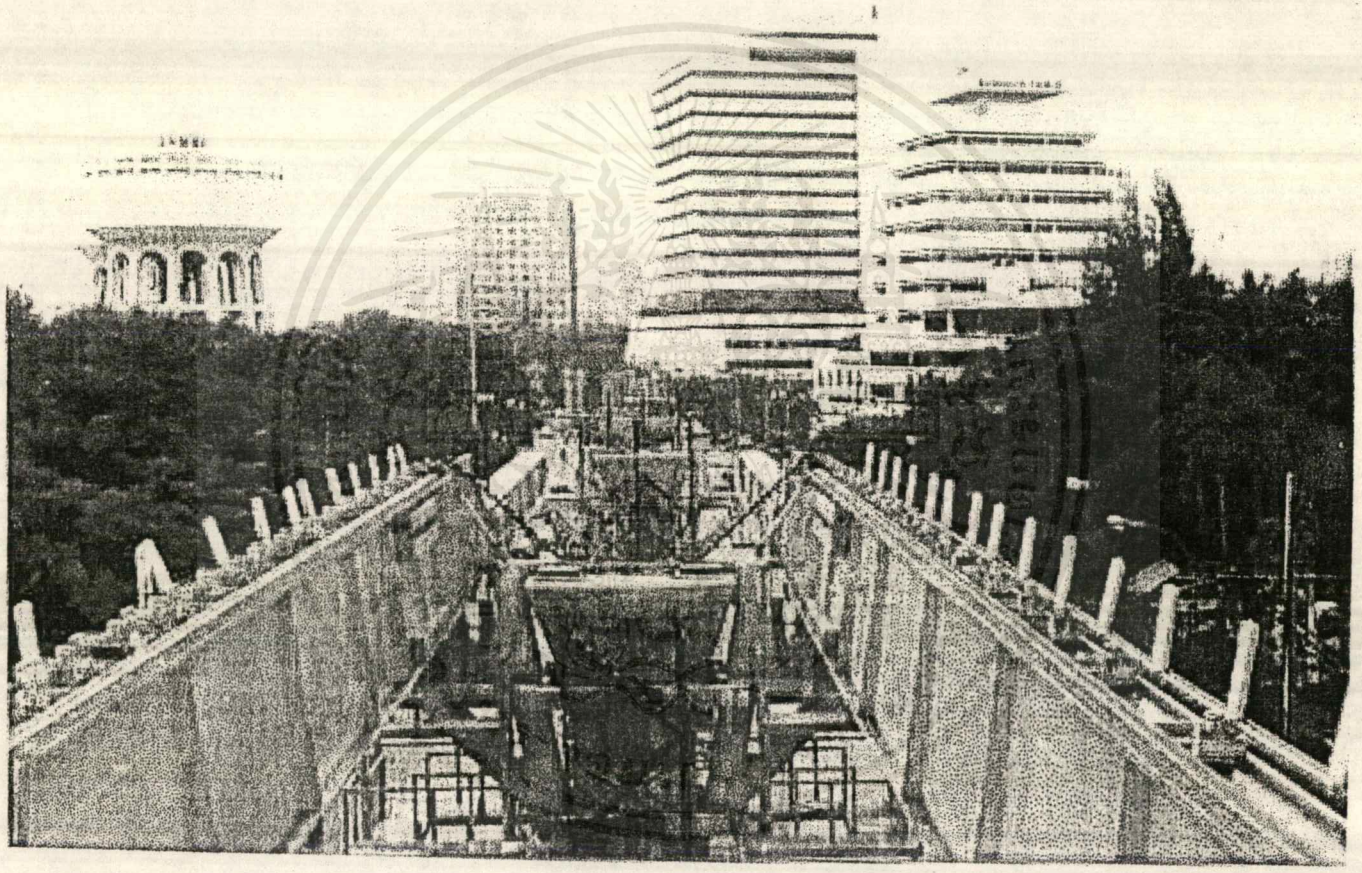
ยกส่วน Nose ของ Under Slung Girder



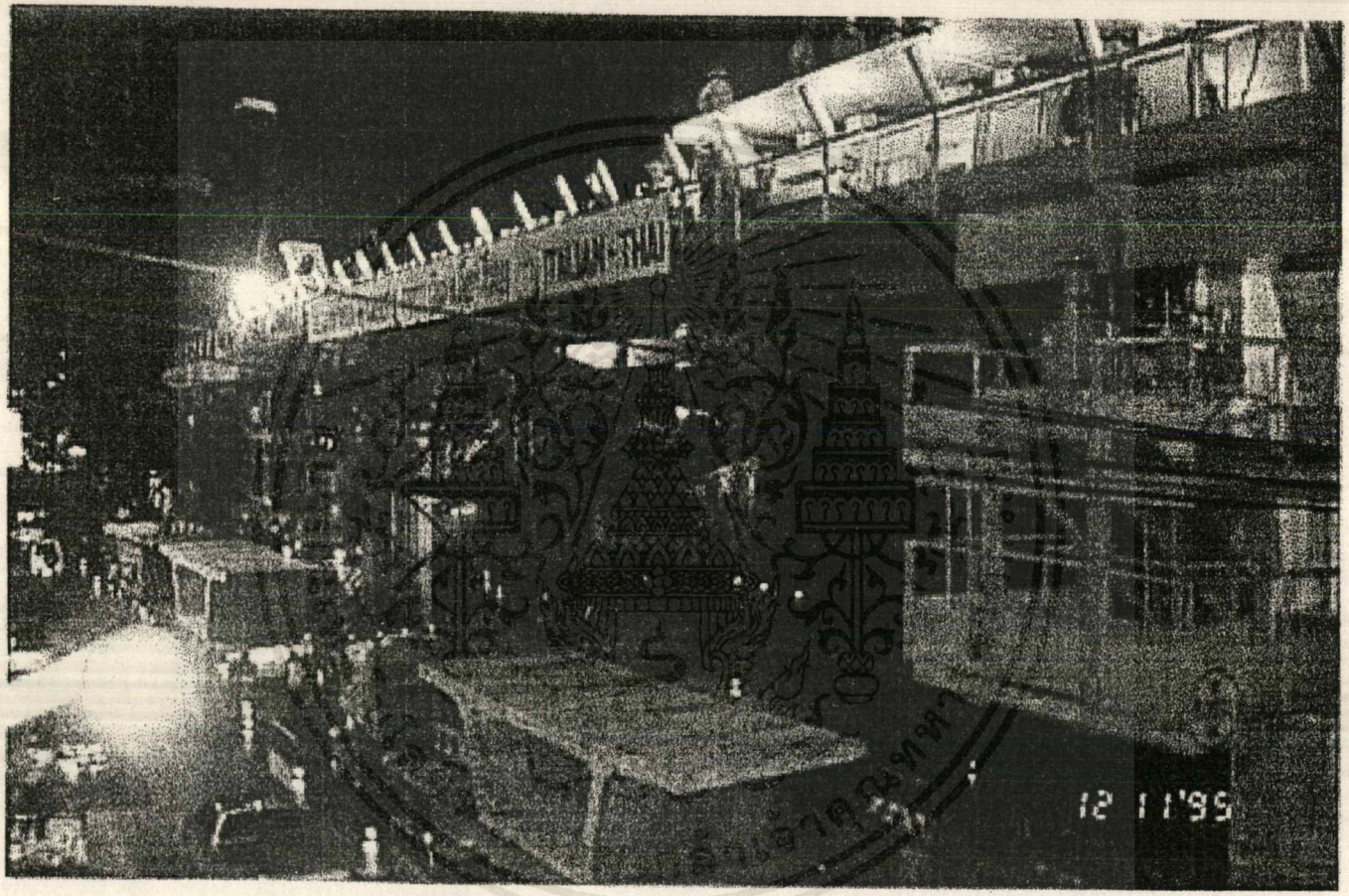
ประกอบส่วน Nose ของ Under Slung Girder



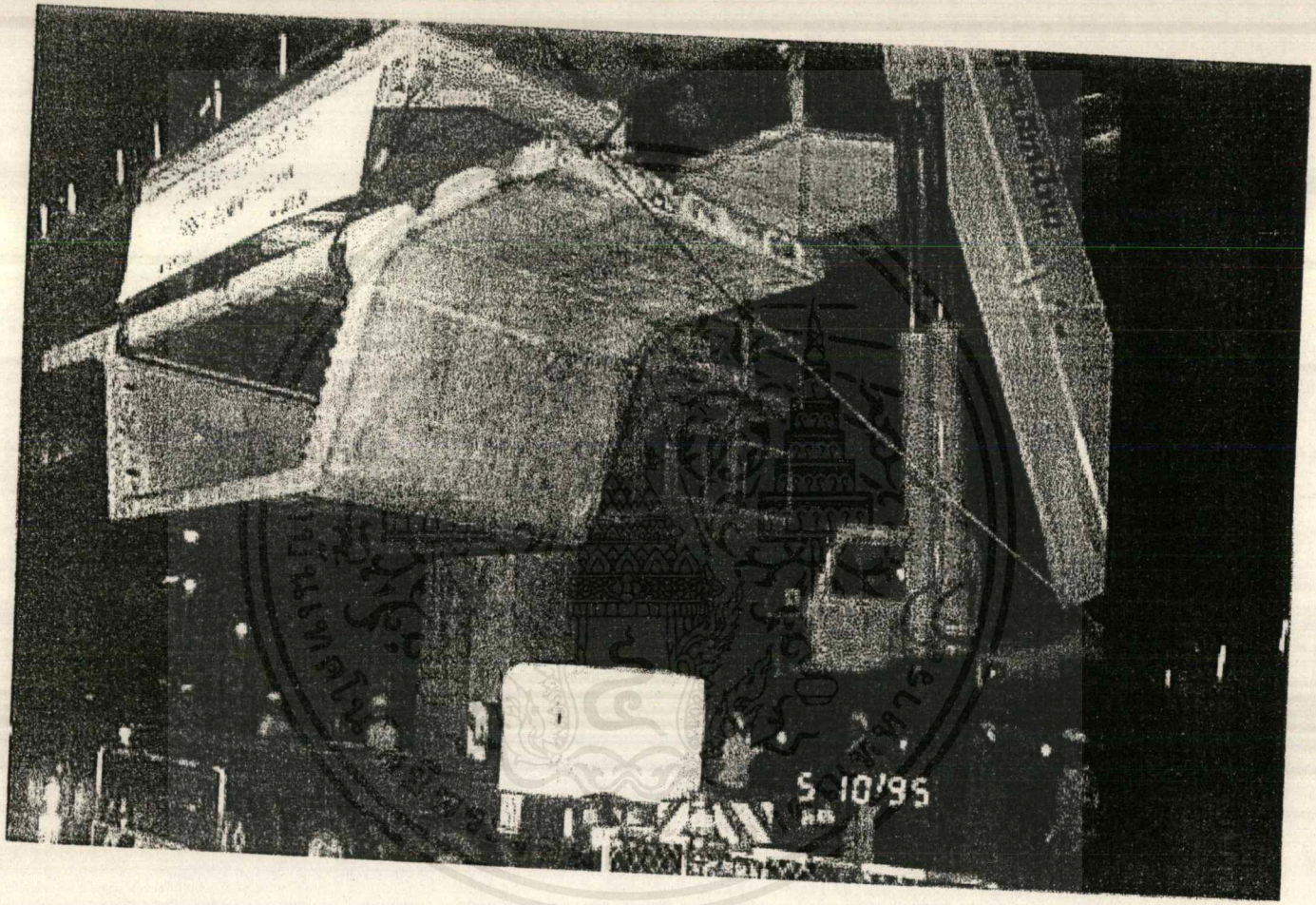
ติดตั้งอุปกรณ์บน Under Slung Girder



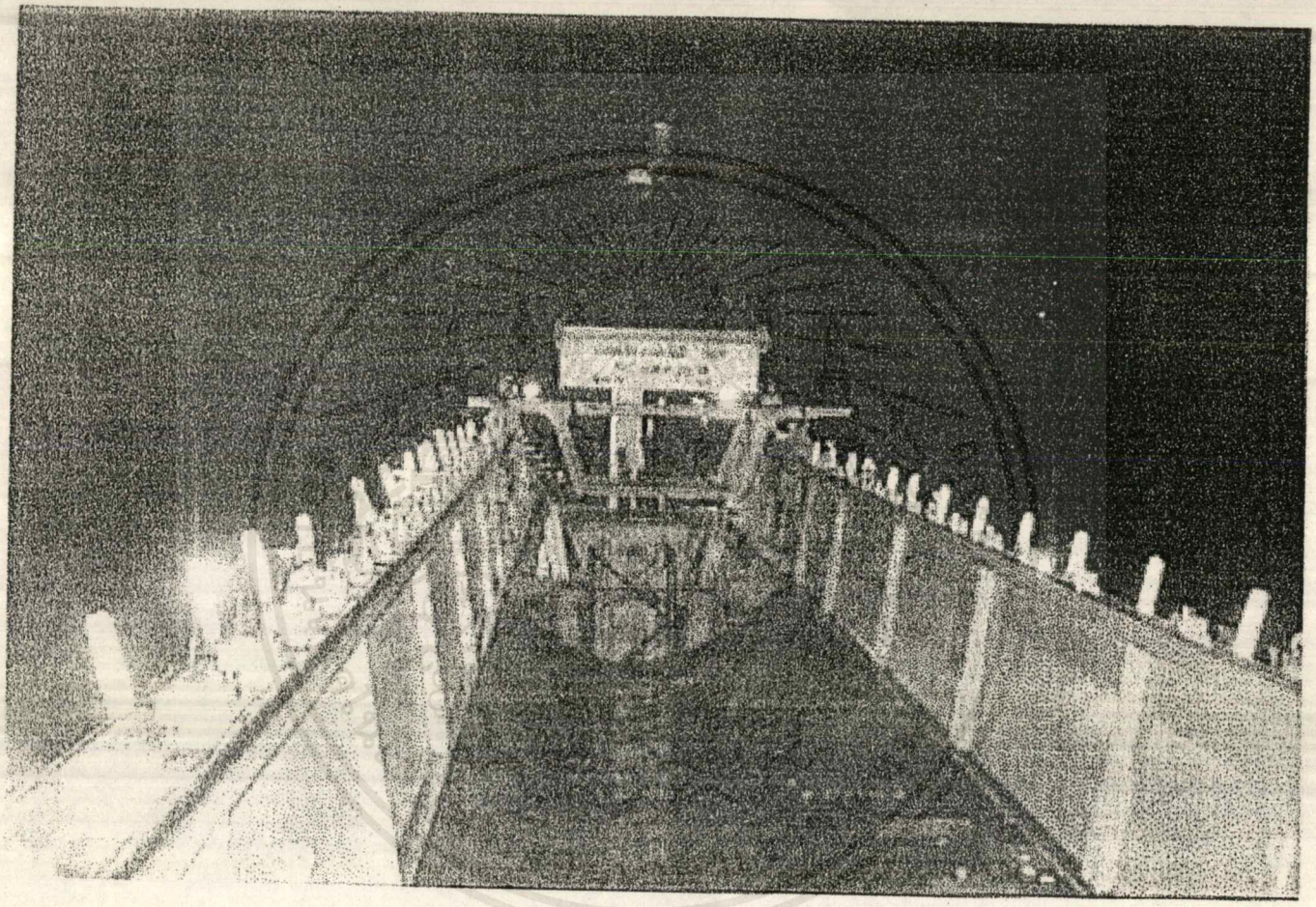
Under Slung Truss พร้อมสำหรับการติดตั้ง Segment



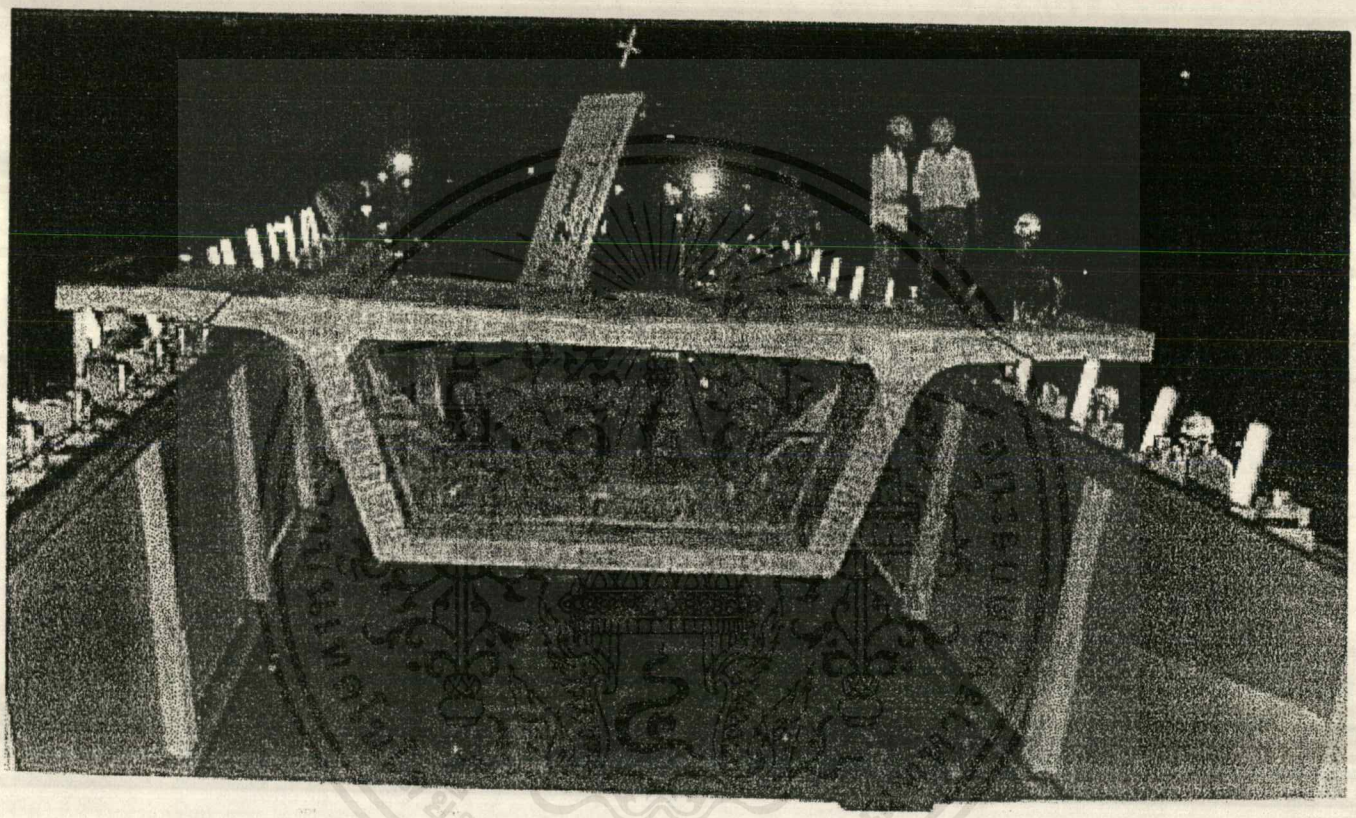
ลำเลียง Segment มายังหน้างาน



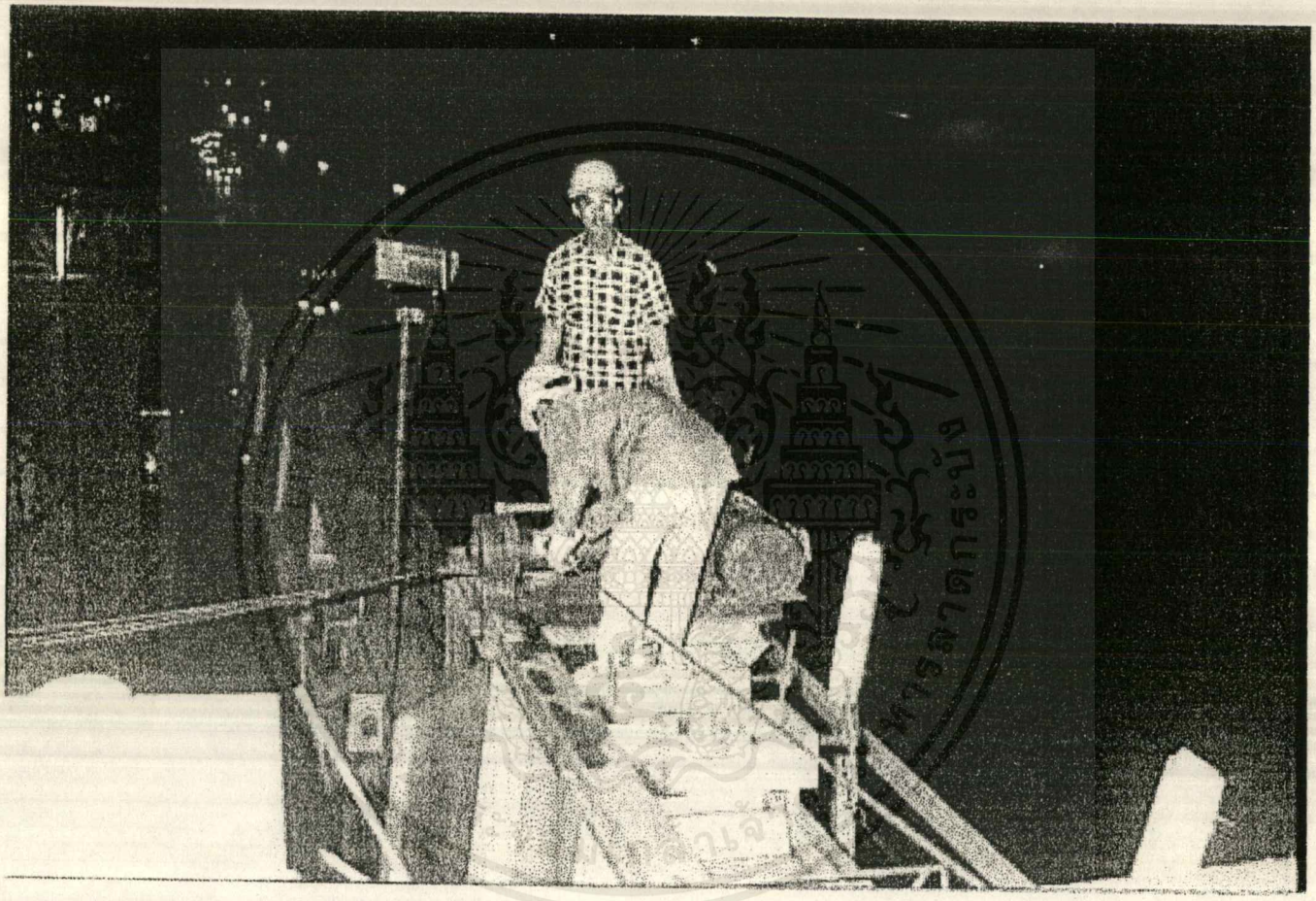
ยก Viaduct Segment



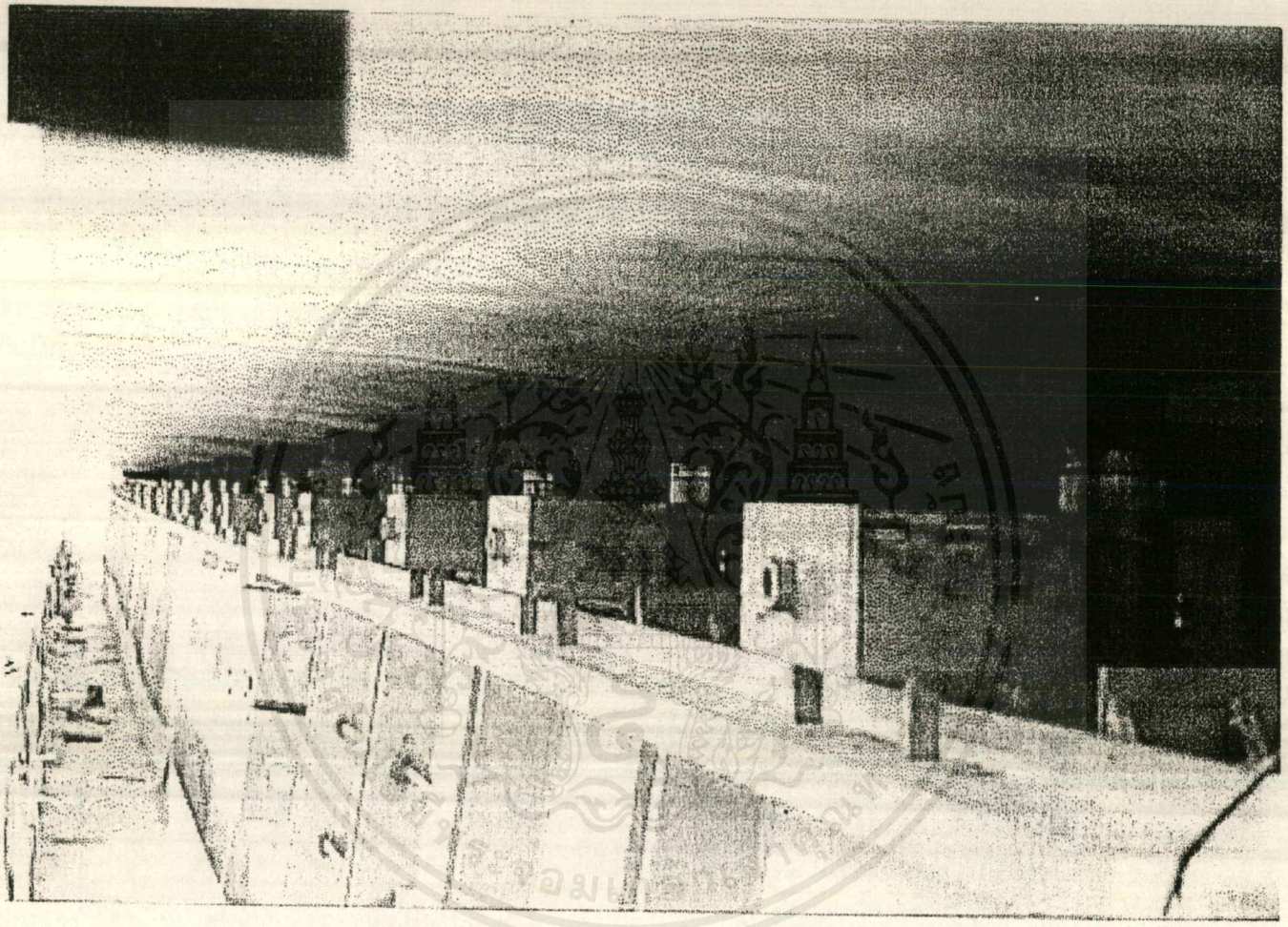
ยก Viaduct Segment วางบน Girder



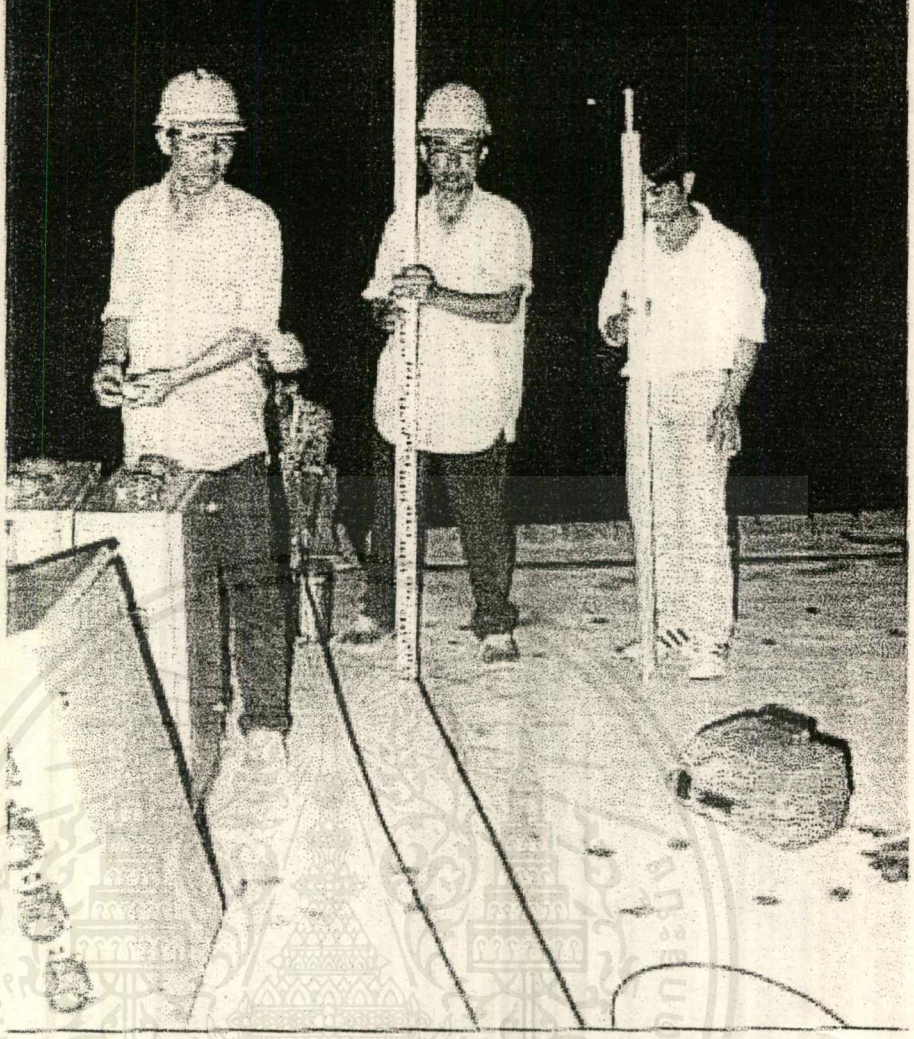
เลื่อน Viaduct Segment



Sling และ Winch ที่ใช้ในการเลื่อน Viaduct Segment



Jack ที่รองรับ Segment

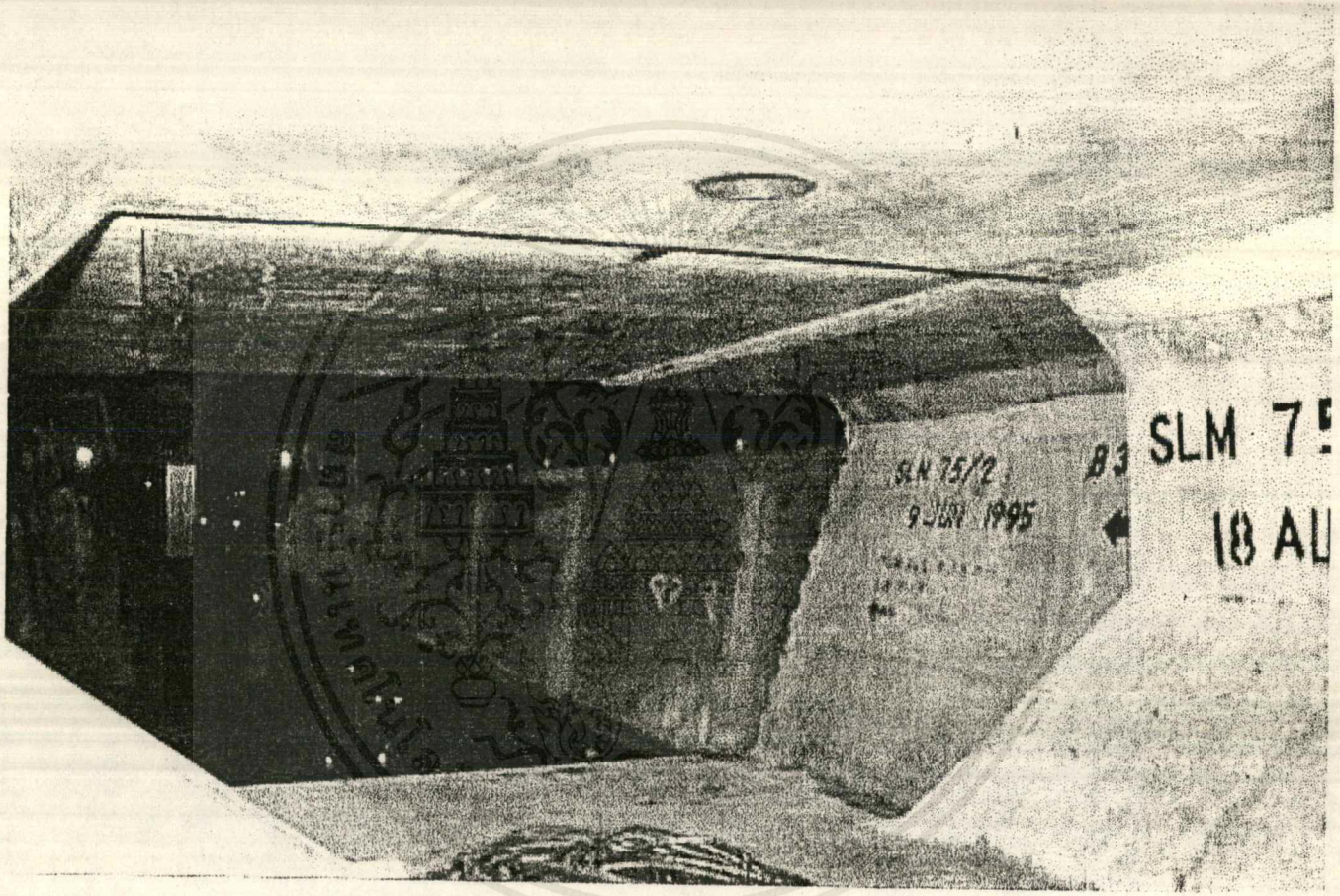


ปรับระดับโดยวิศวกร Survey

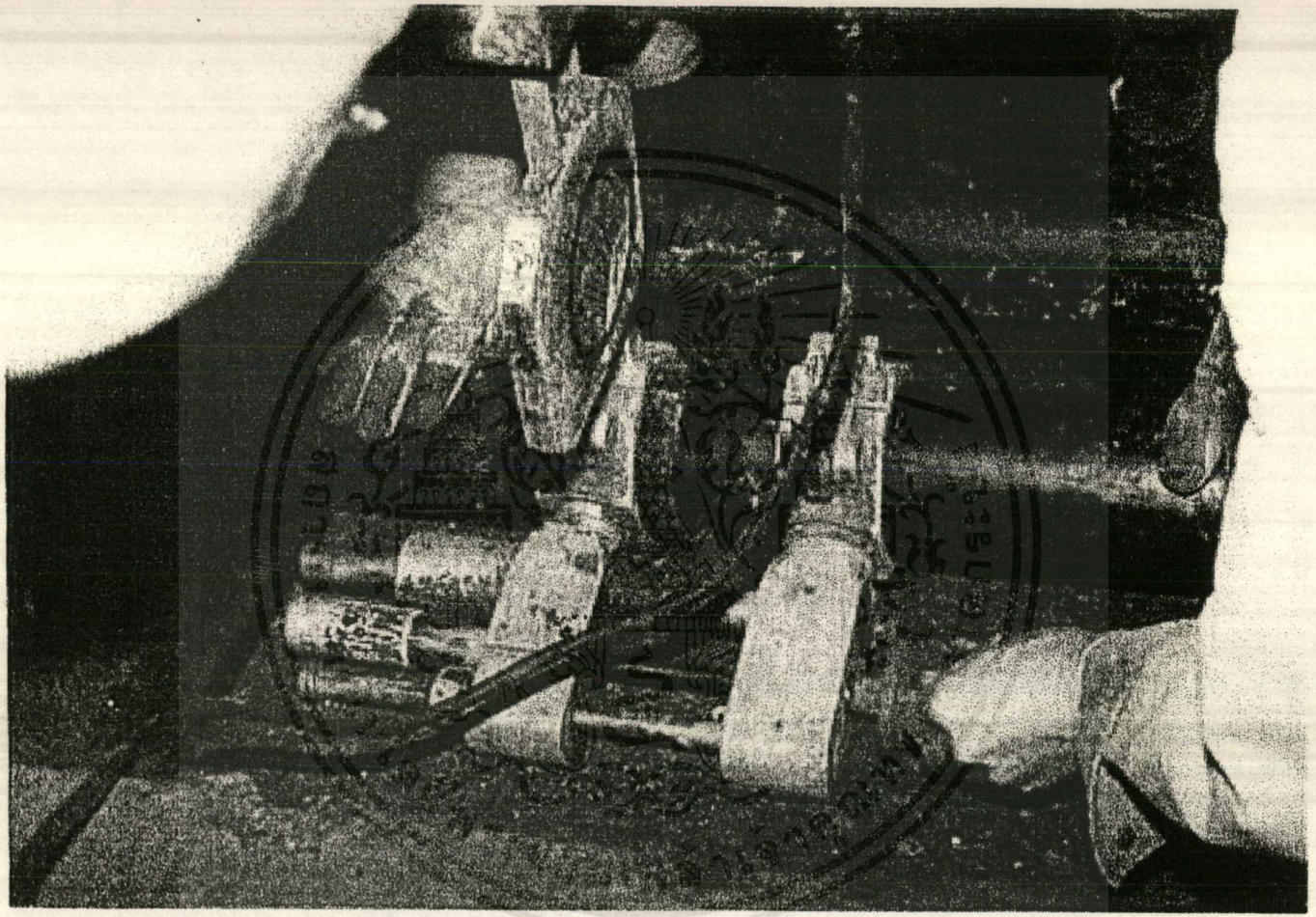
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ปรับระดับโดยวิศวกร Survey

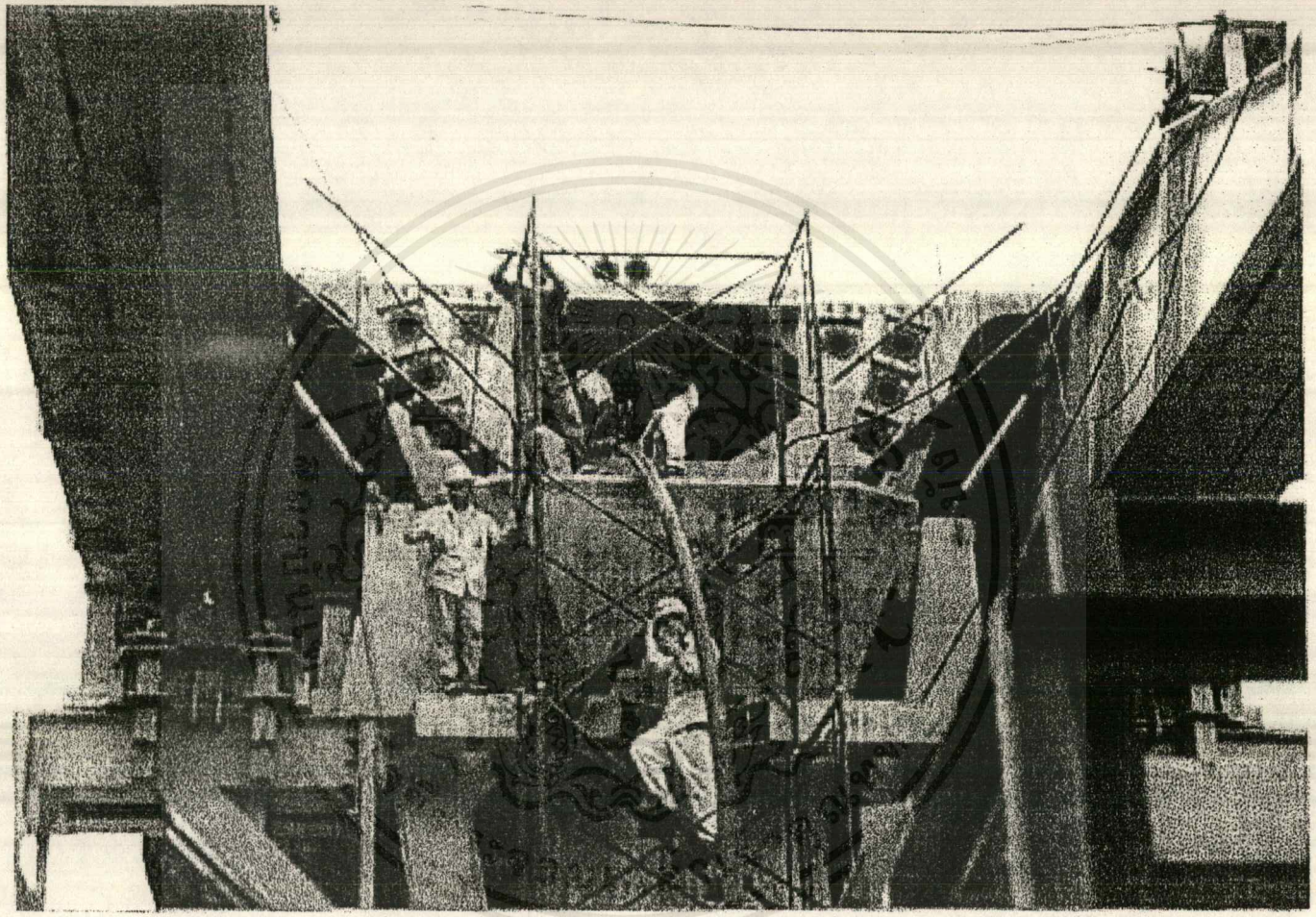
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



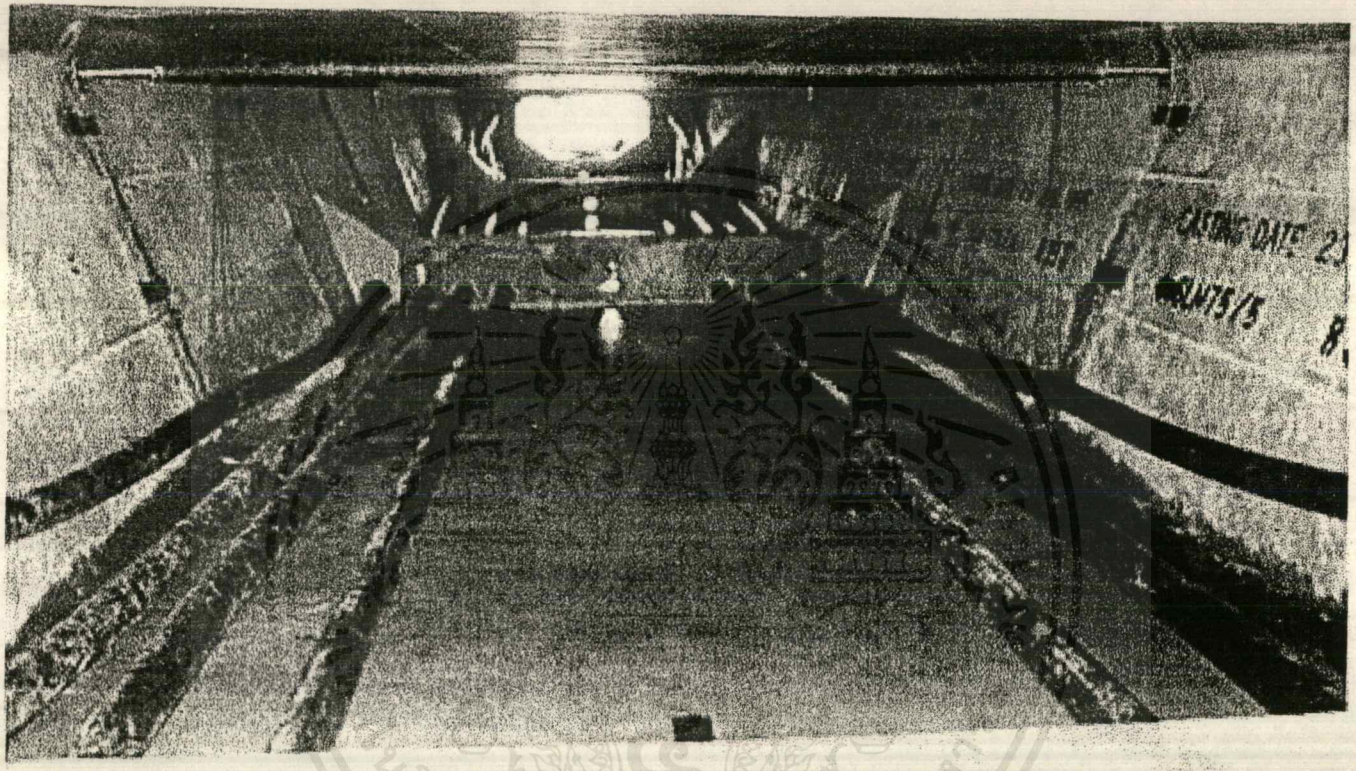
ตรวจจุดต่อของ Segment



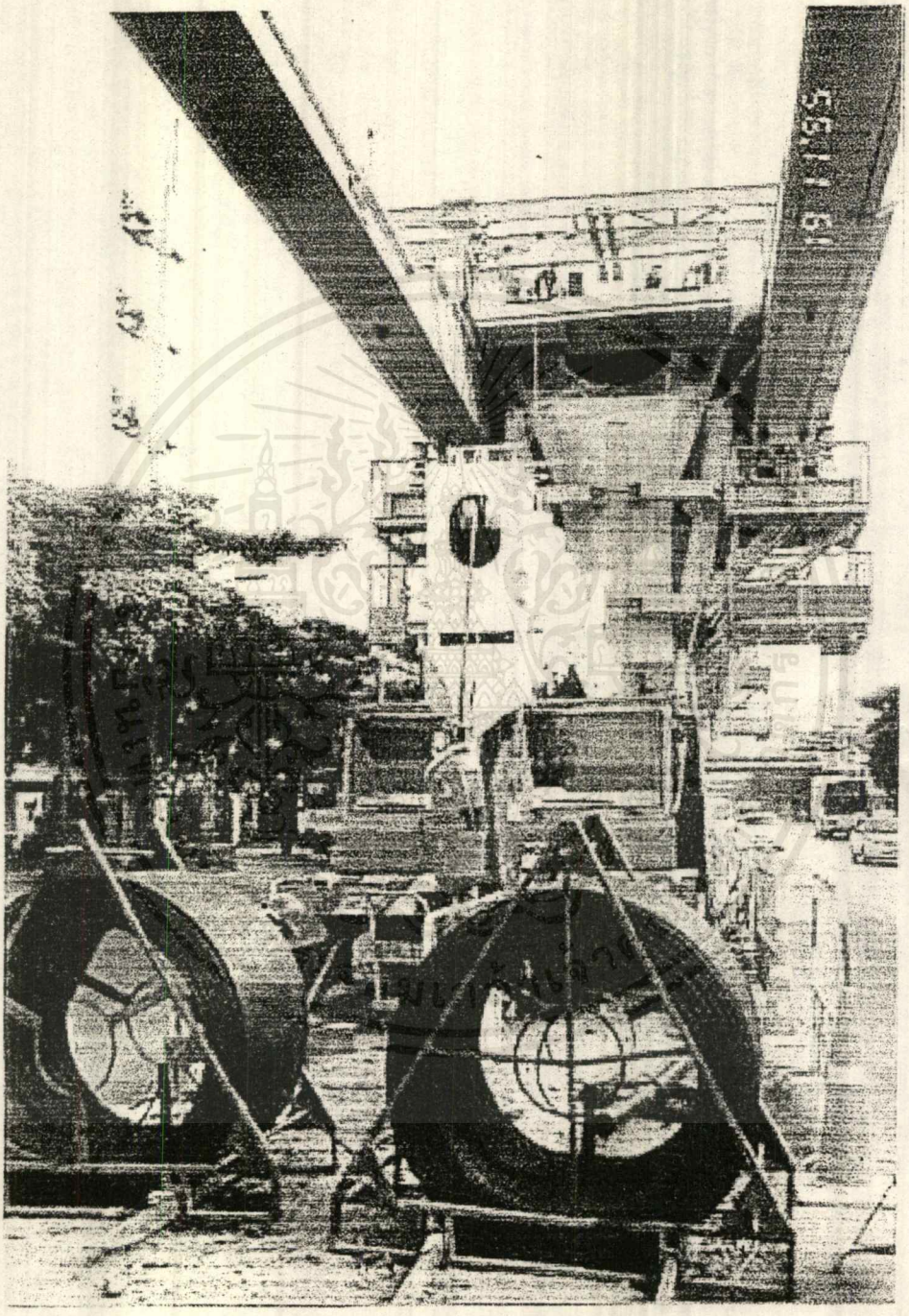
เชื่อมต่อ HDPE



ร้อยท่อ HDPE ใน Segment

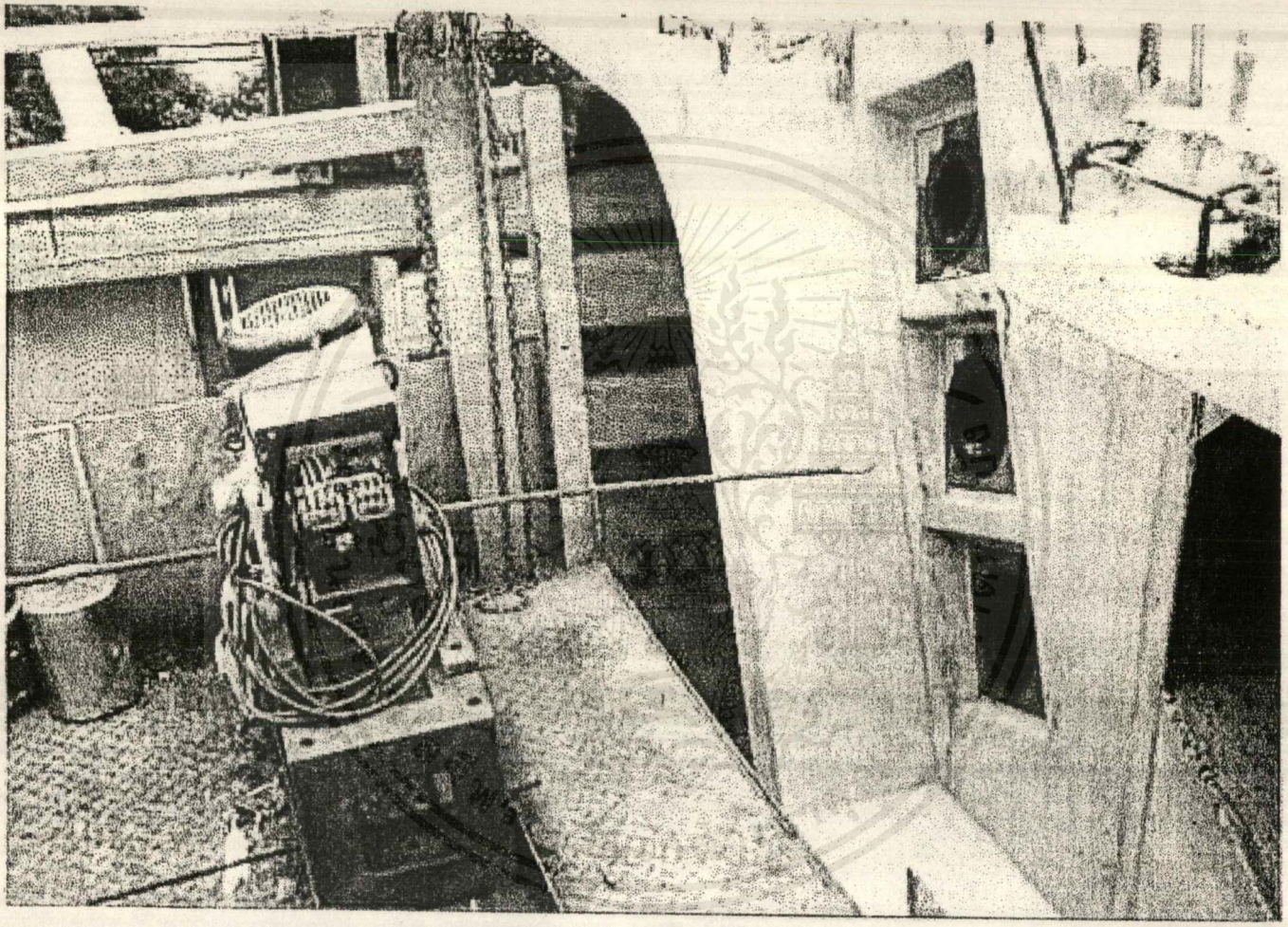


Profile ของท่อ HDPE ใน Segment

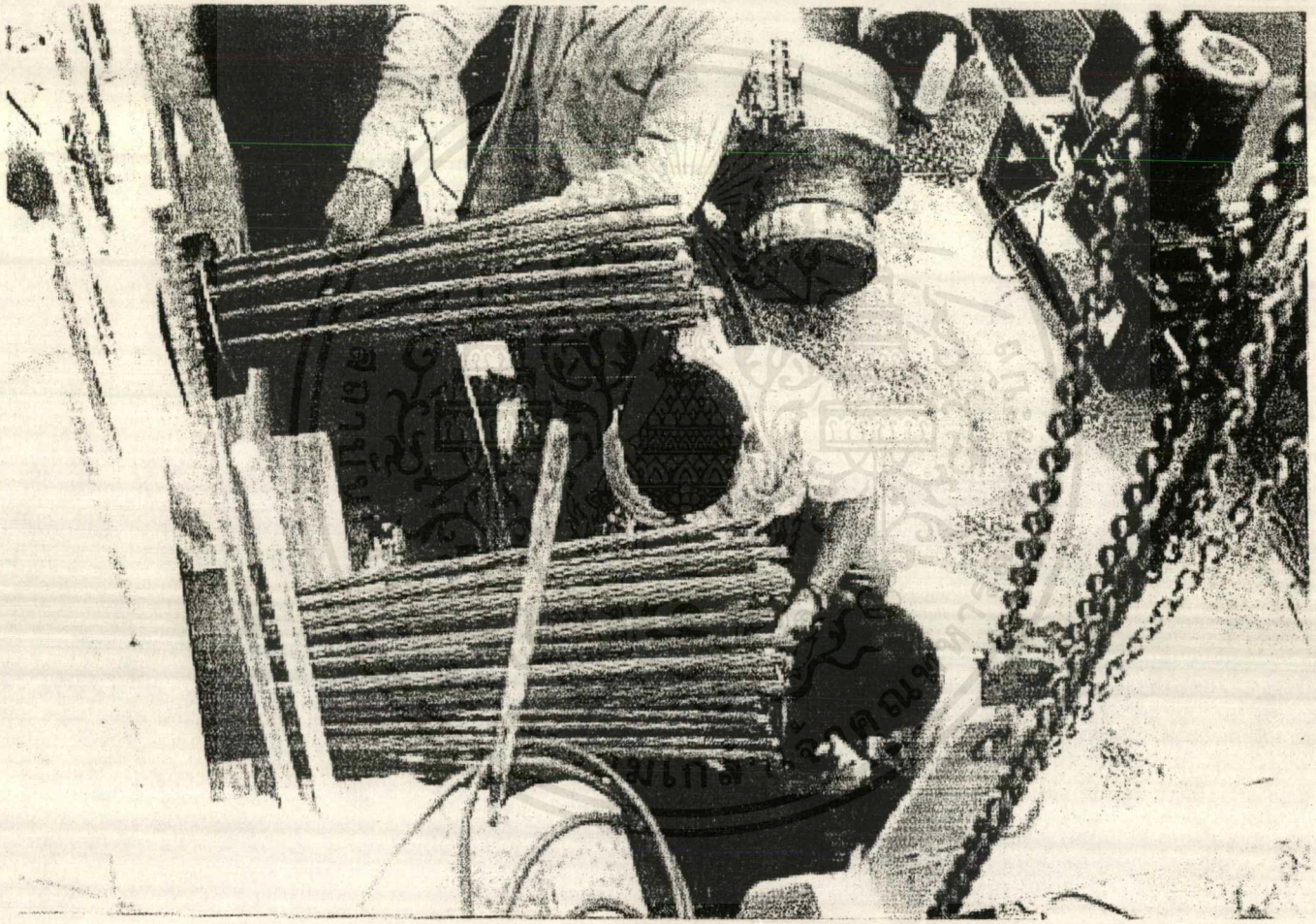


ส่ง PC Strand ไปยัง Segment

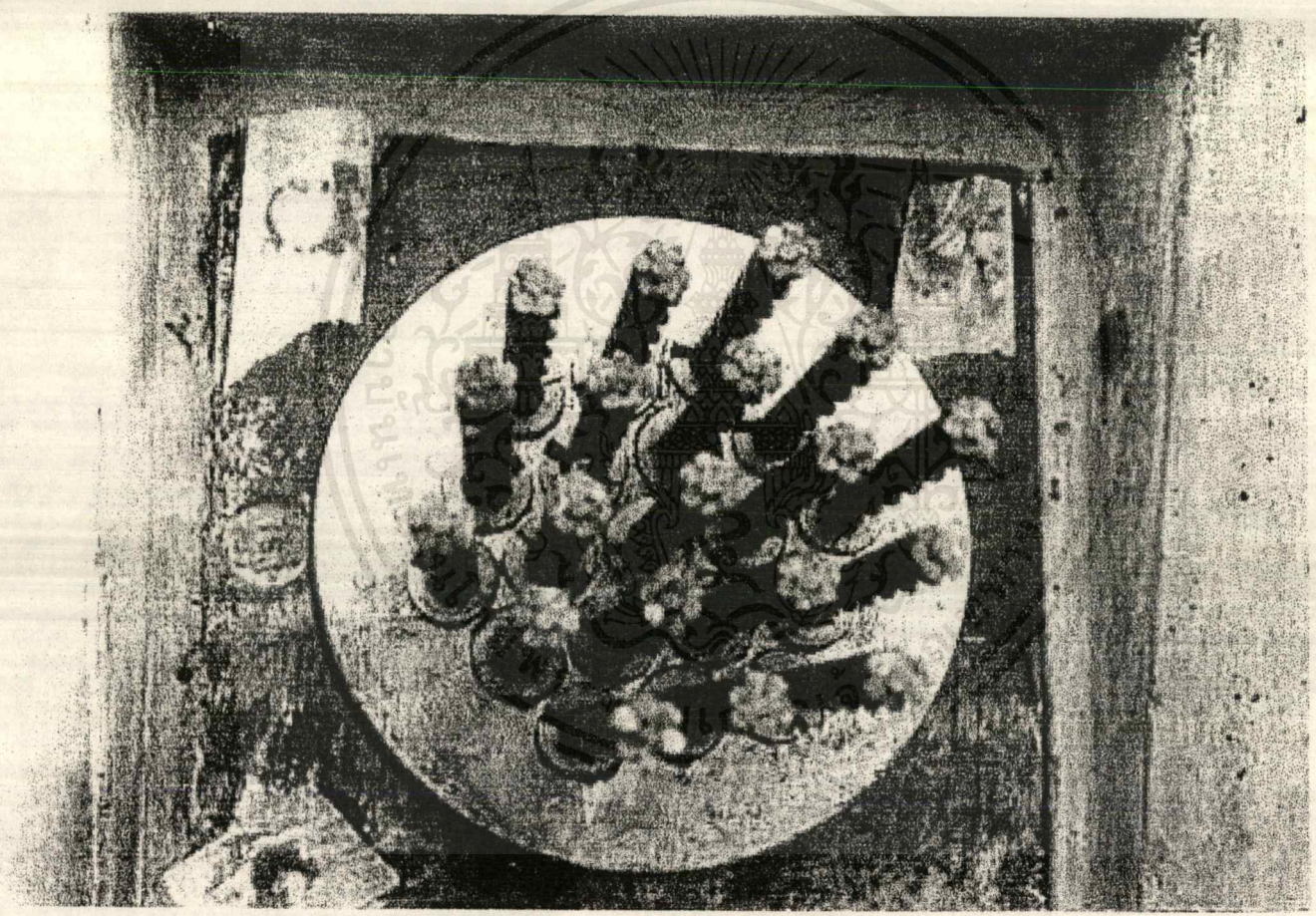
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



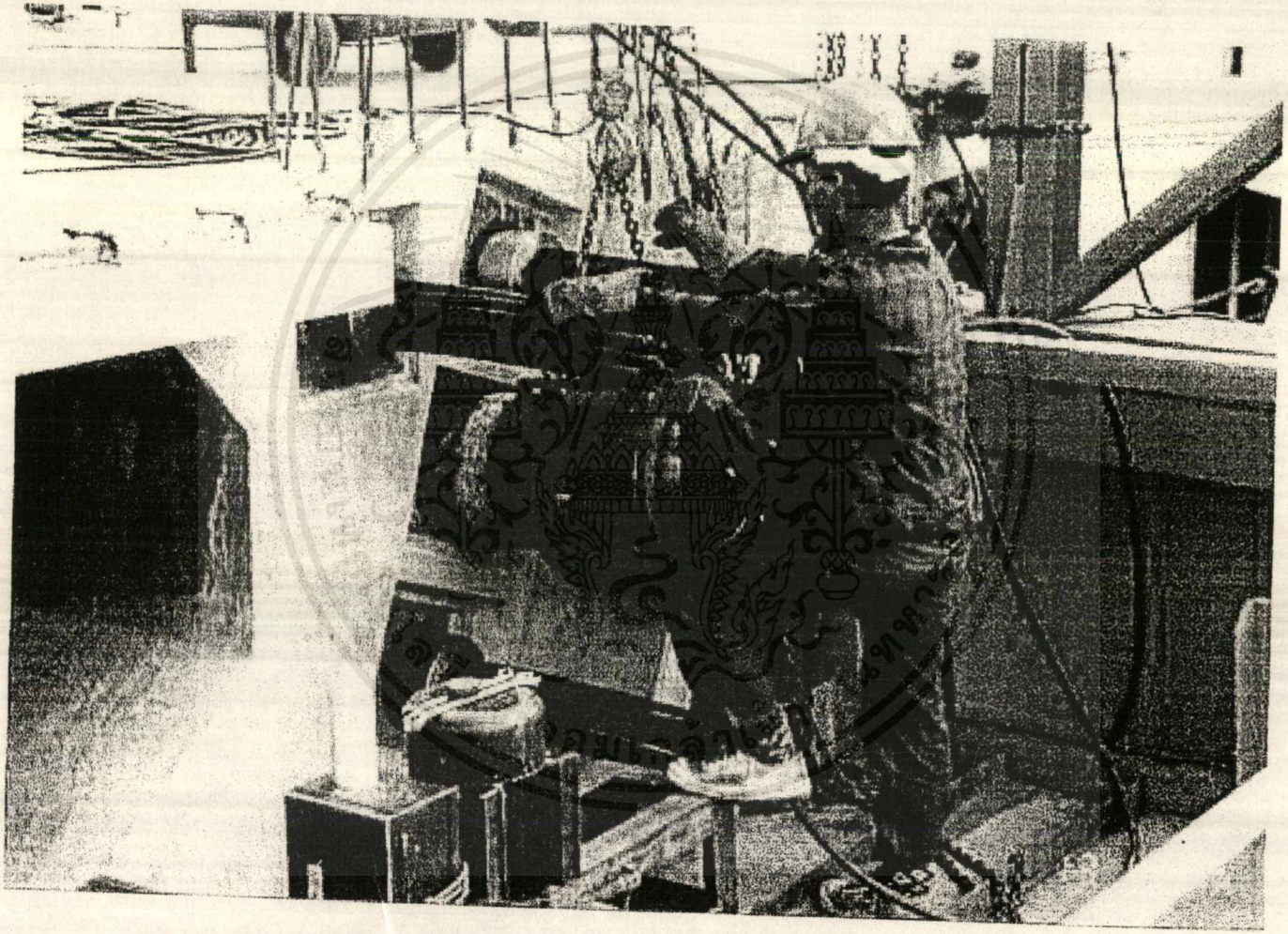
ยิงลวดอัดแรง



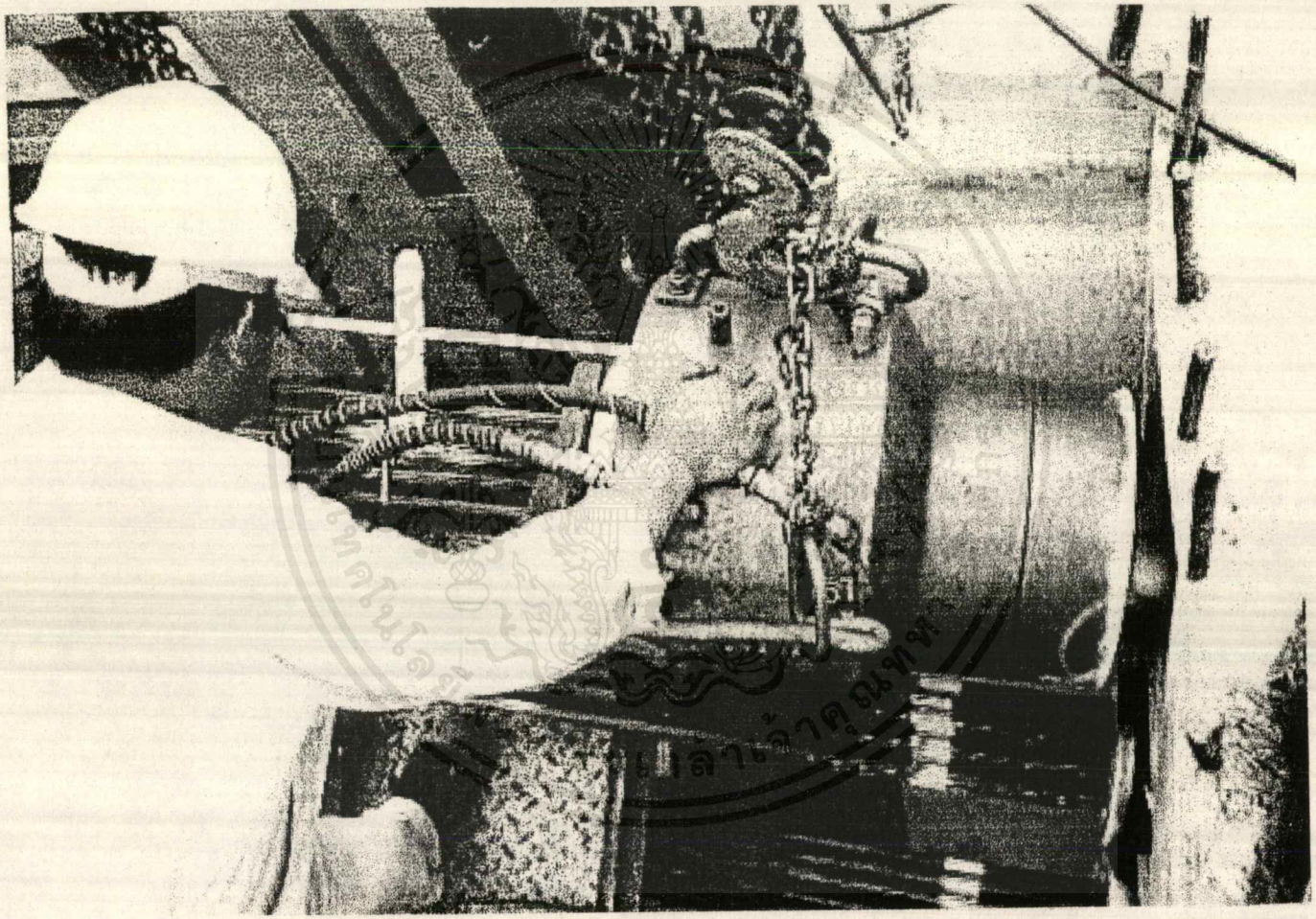
ติดตั้ง Anchor Block และ Wedge



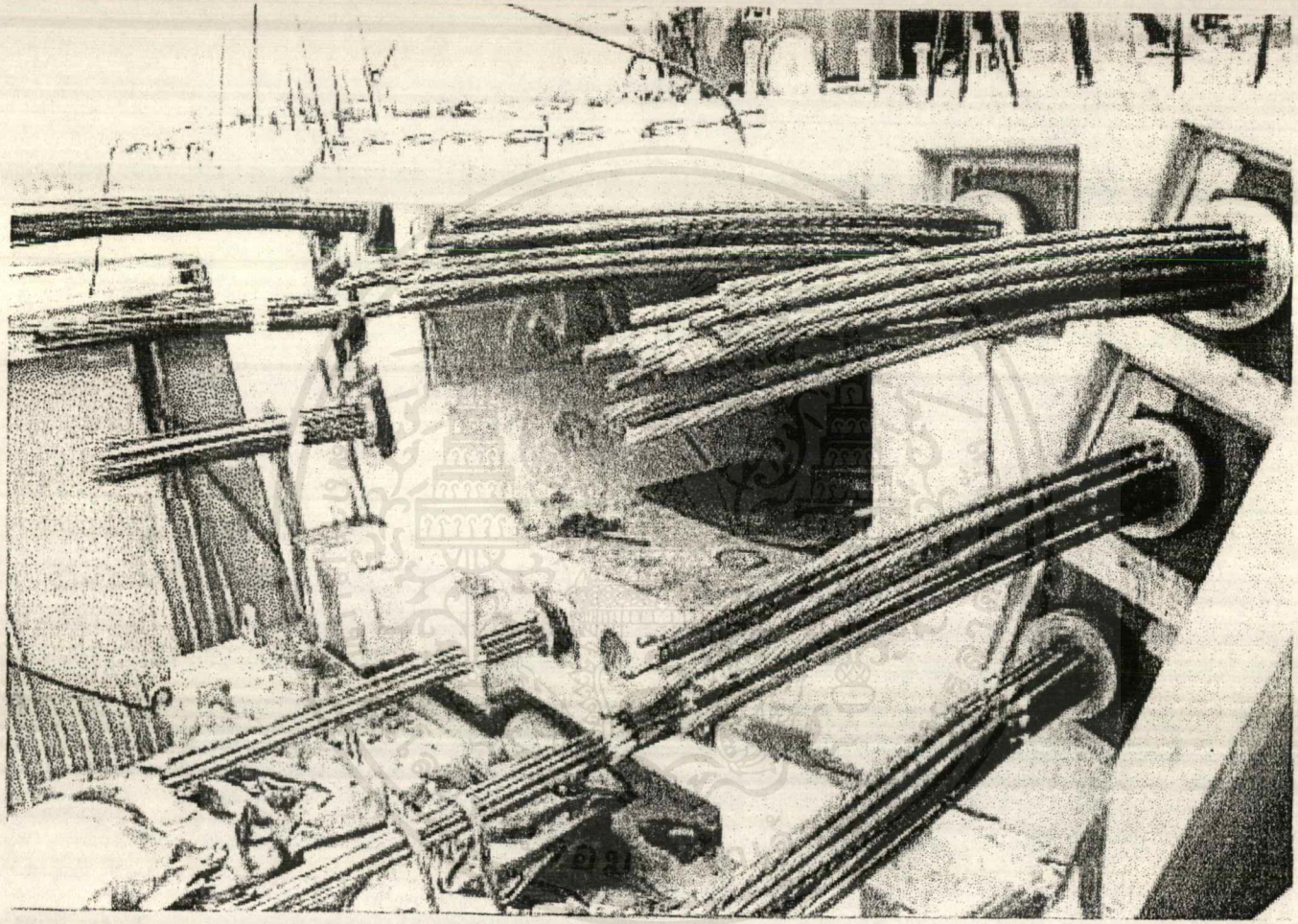
แสดงอุปกรณ์ที่ติดตั้งเสร็จแล้วพร้อมสำหรับการดึงลวด



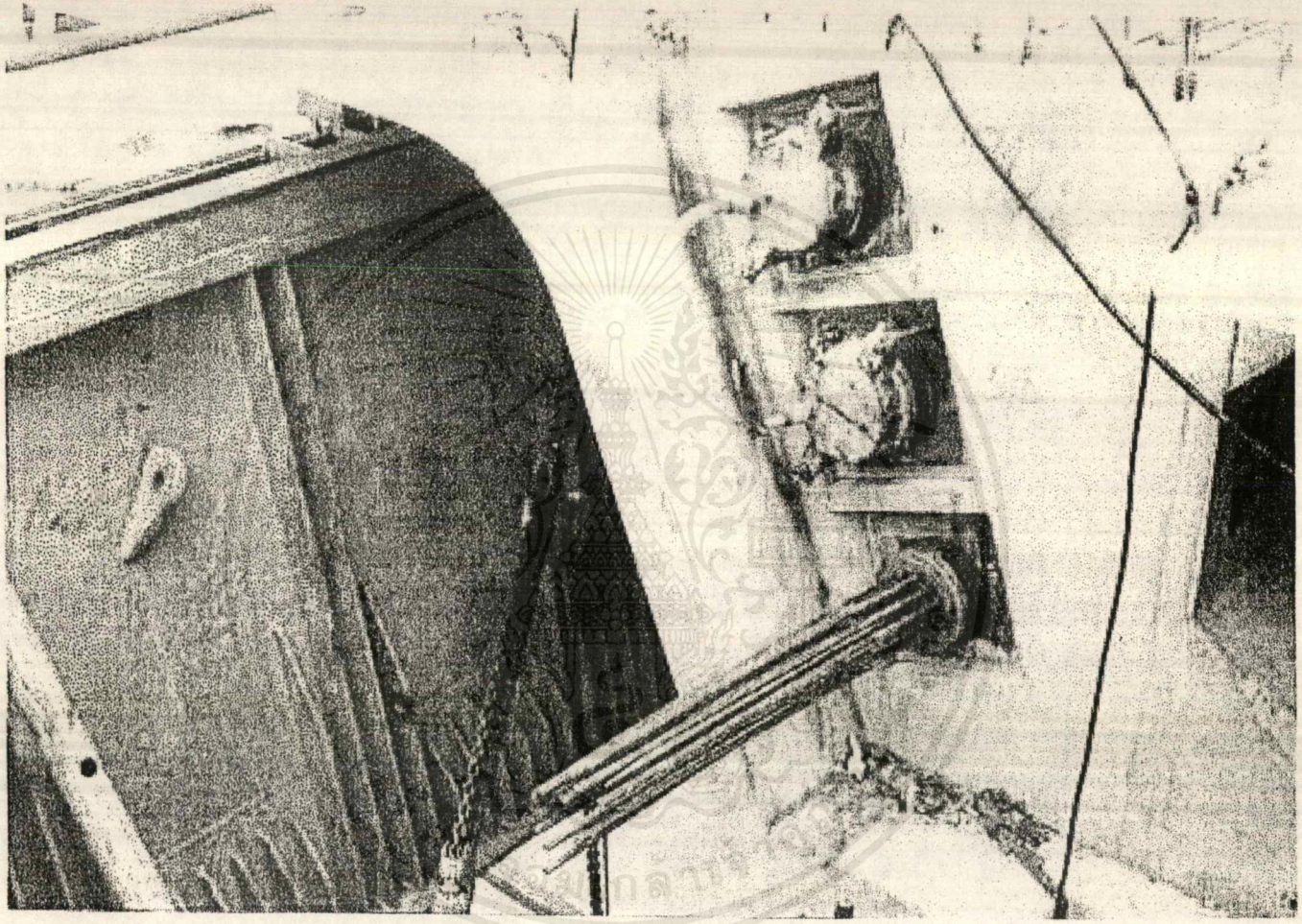
ติดตั้ง Jack ที่ใช้ดึงลวด



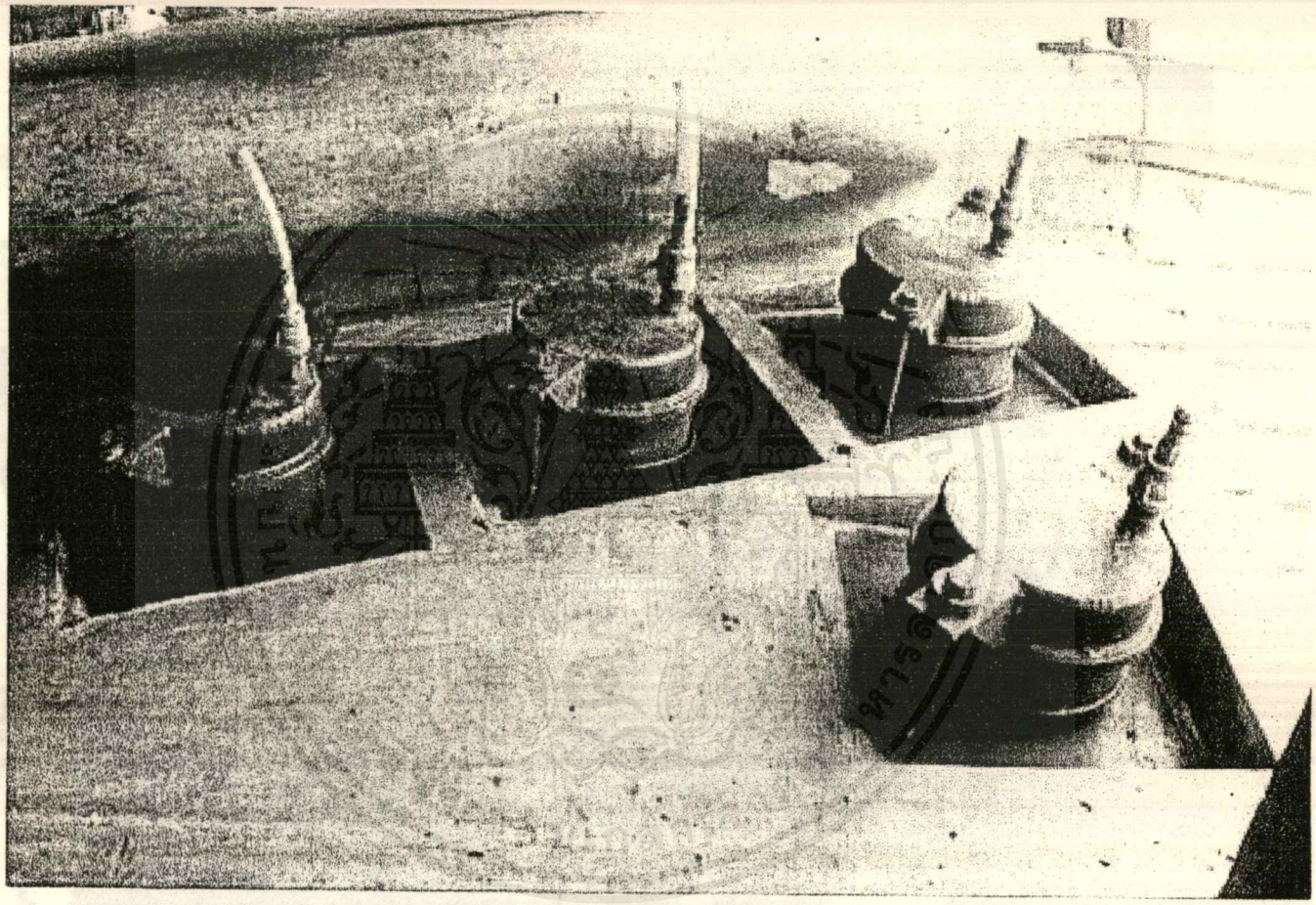
ดึงลวดและวัดค่า Elongation



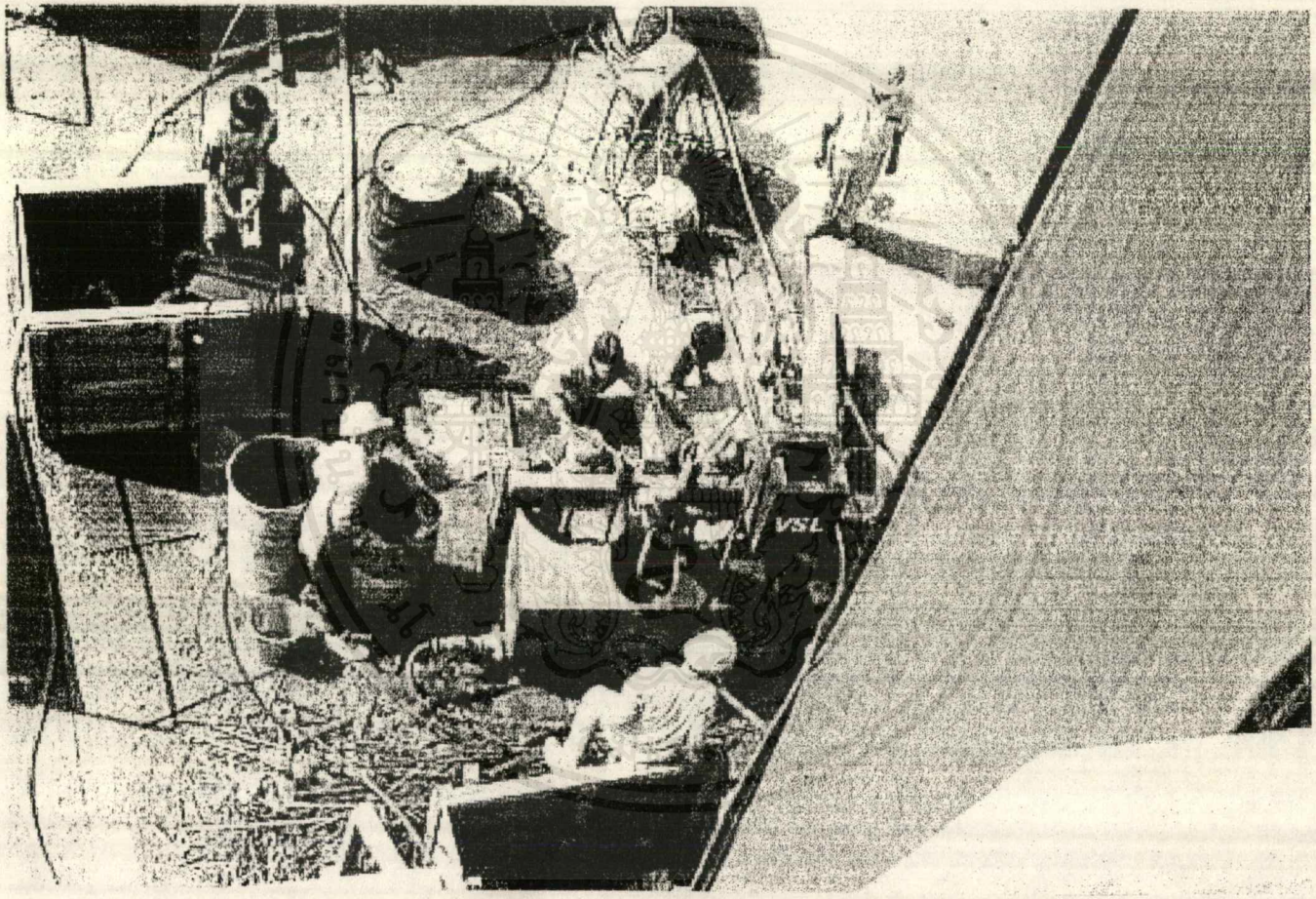
ลวดที่ดึงเสร็จแล้ว



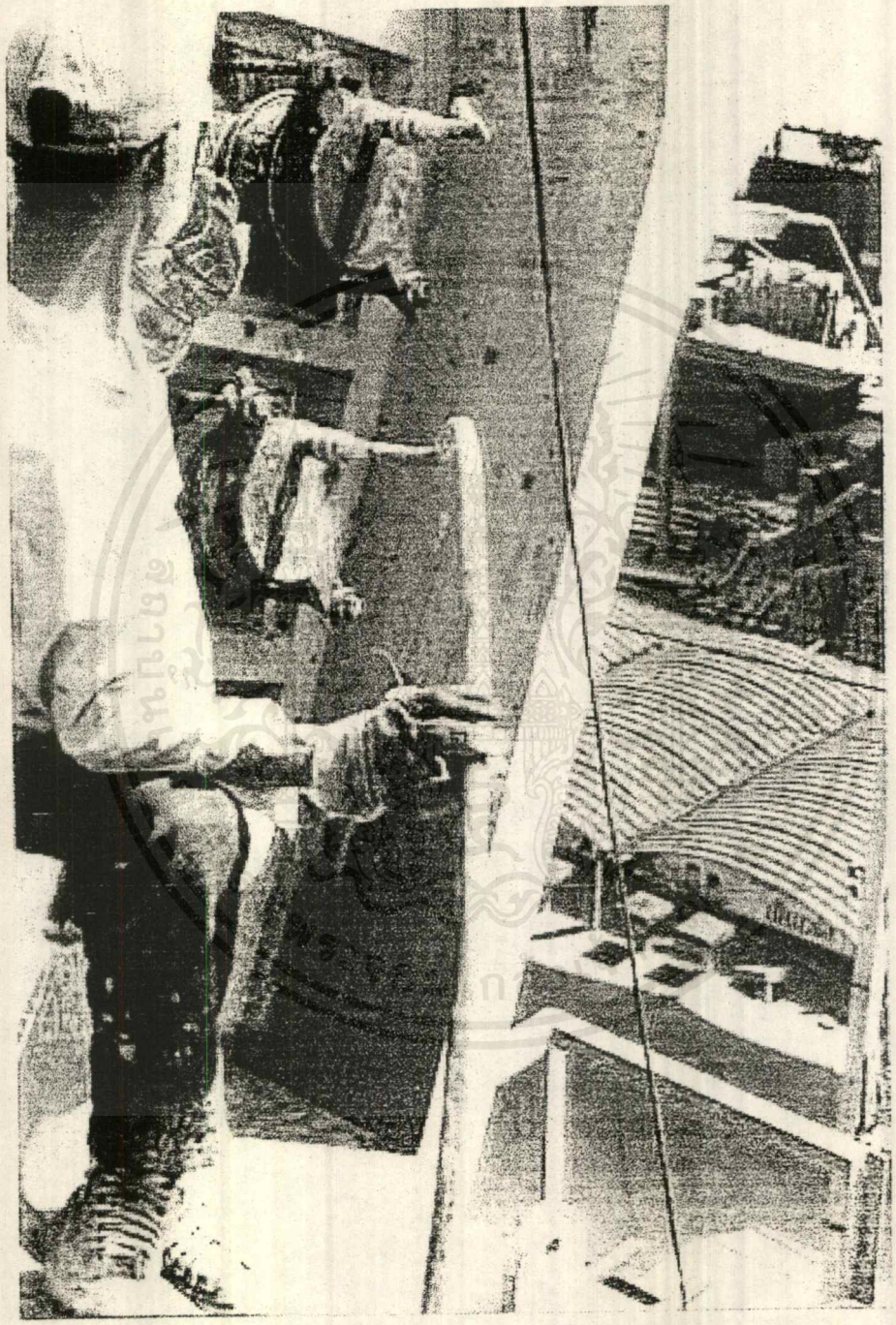
ตัดลวดและใส่ Cap สำหรับงาน Grout ปูน



เตรียมงาน Grout ปูนเสร็จ

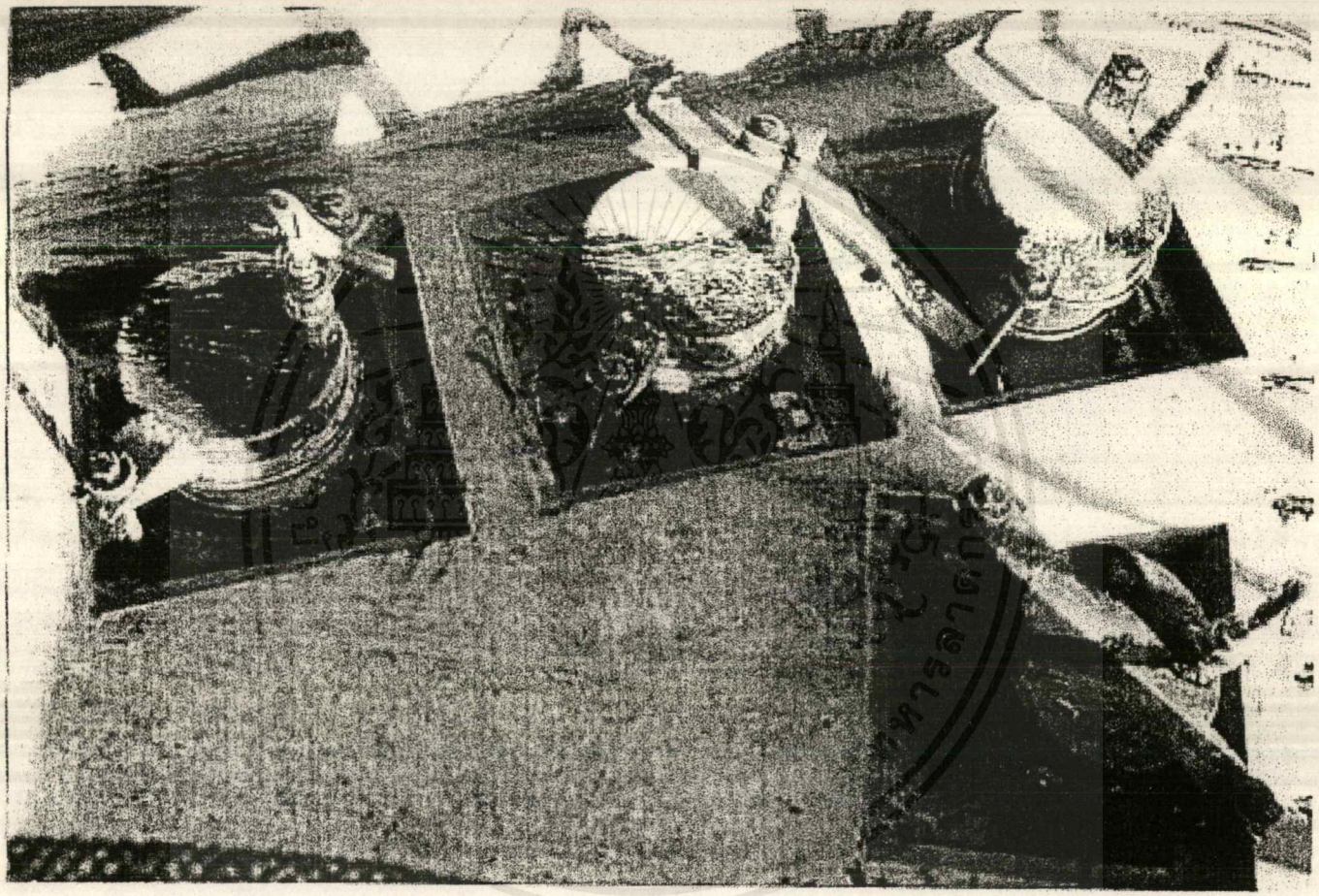


ผสมปูนที่จะใช้ Grout

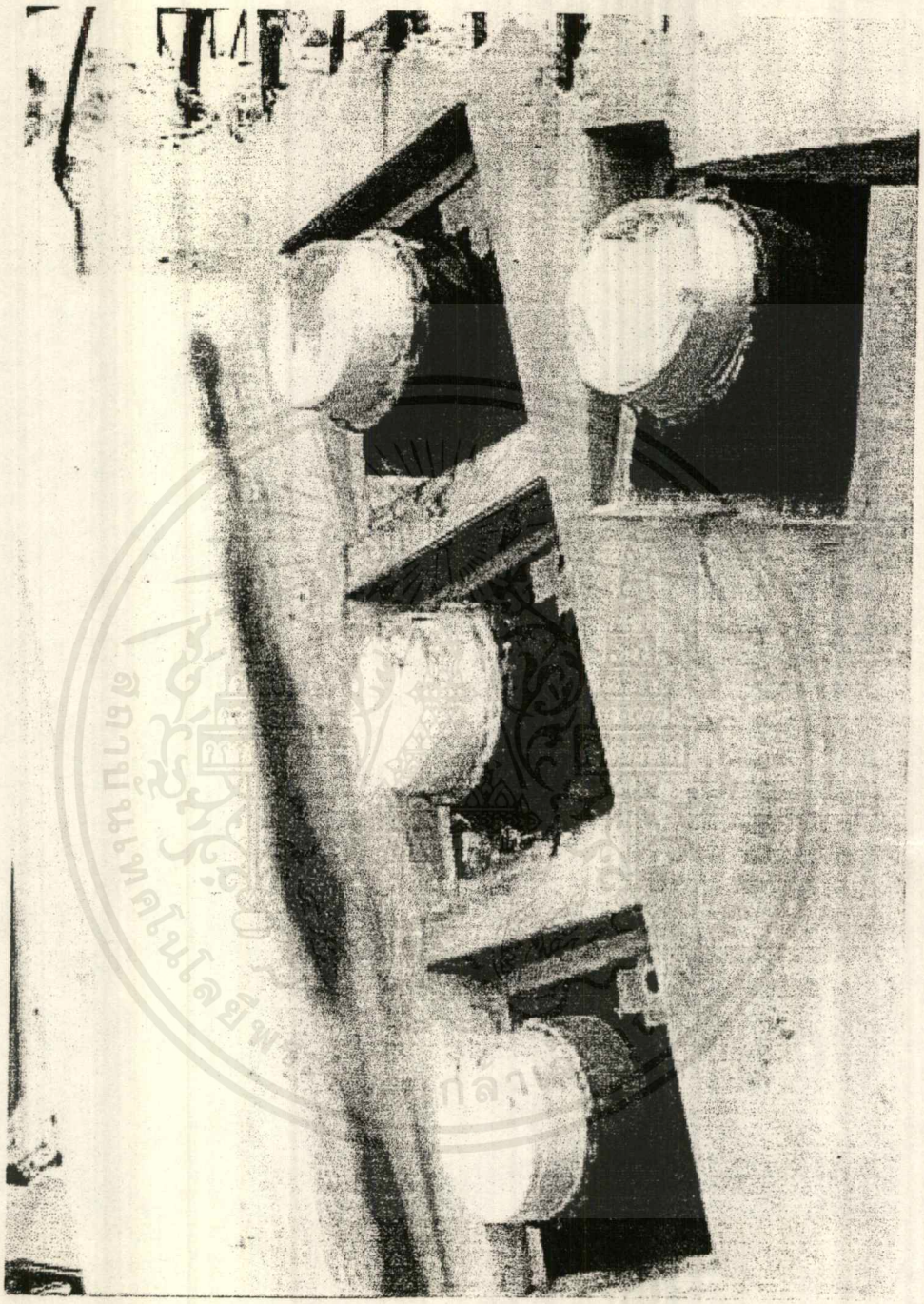


การ Grout ปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



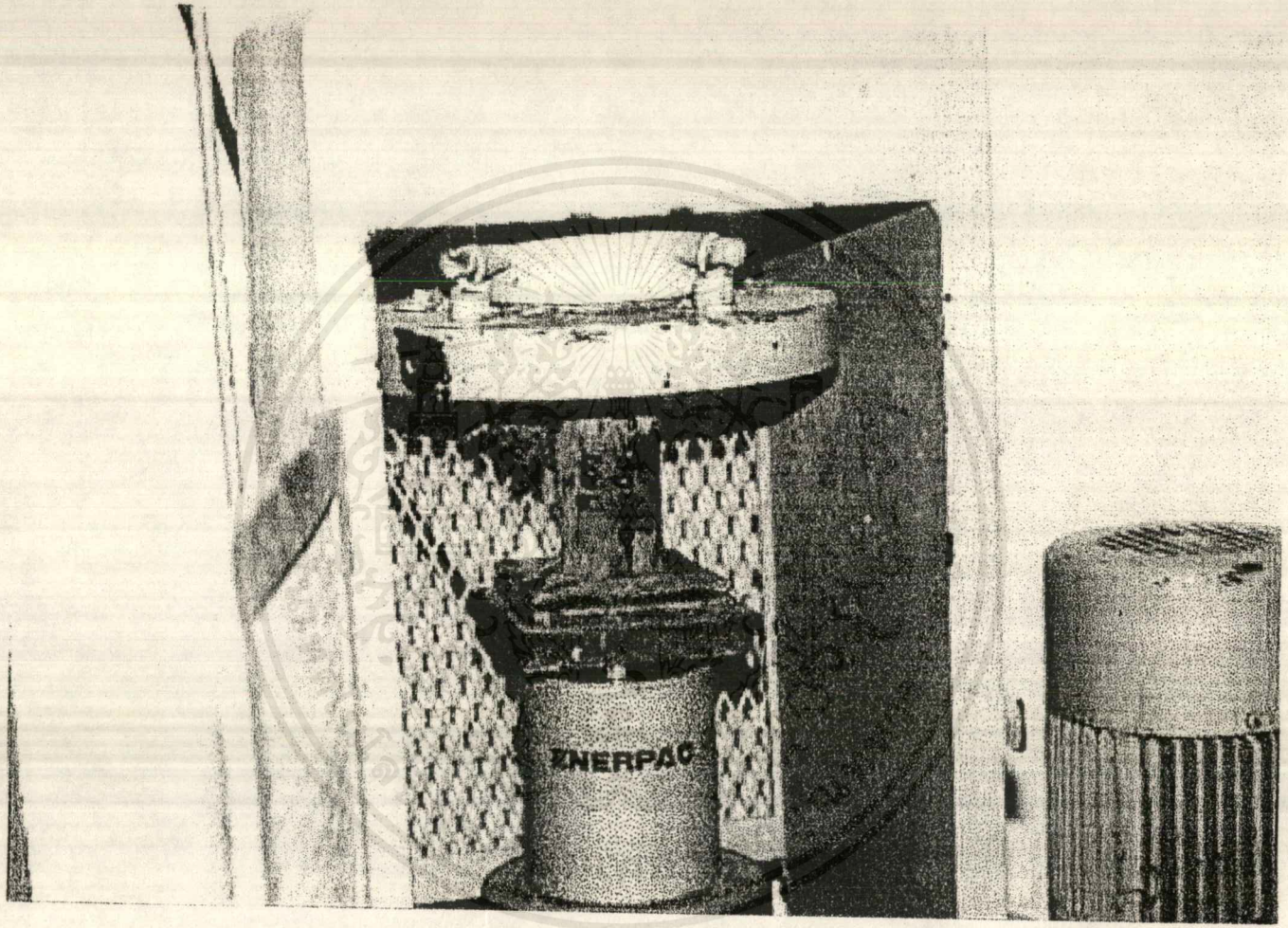
งานดึงลวดที่เสร็จสมบูรณ์



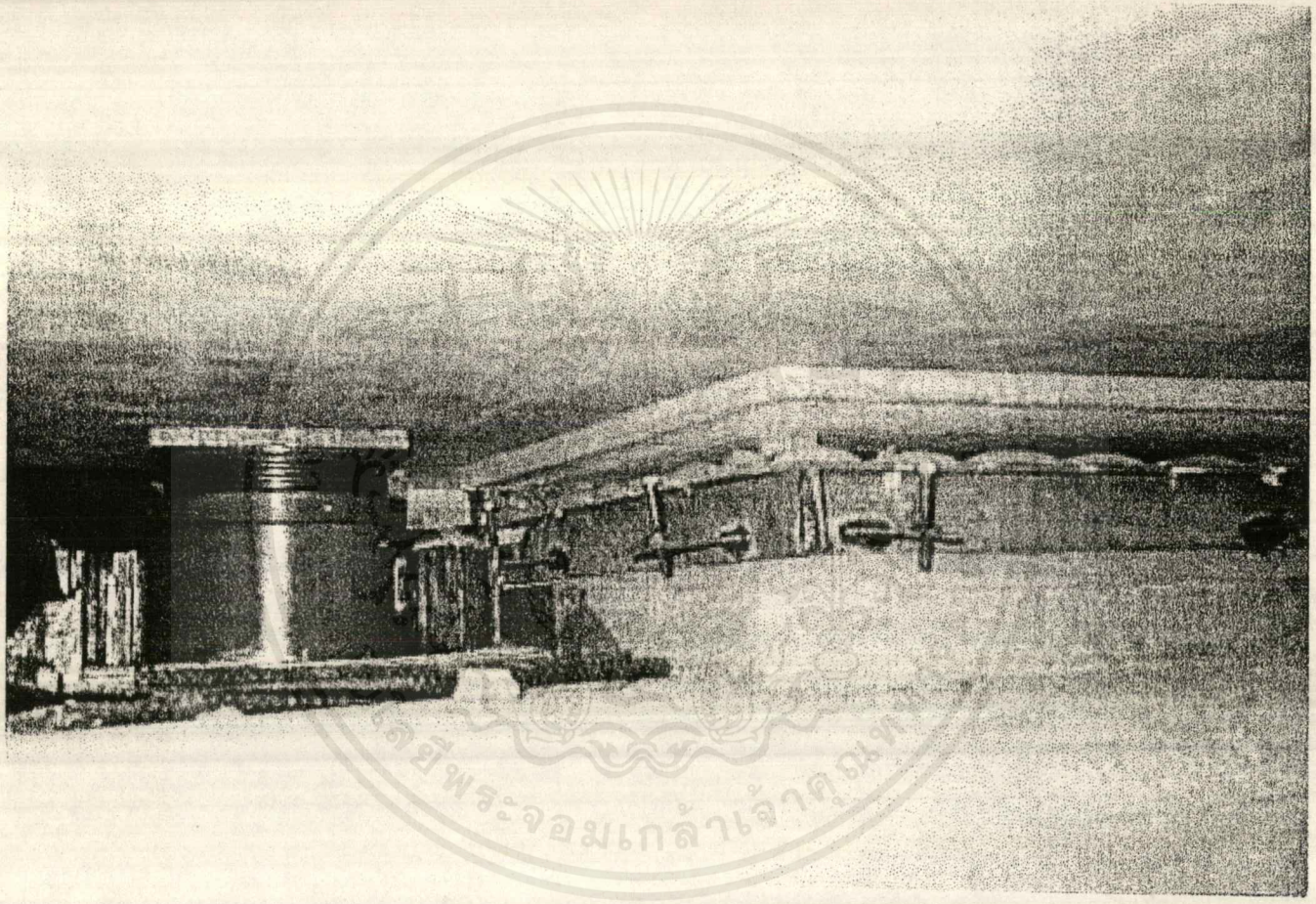
เสร็จการ Grout ปูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

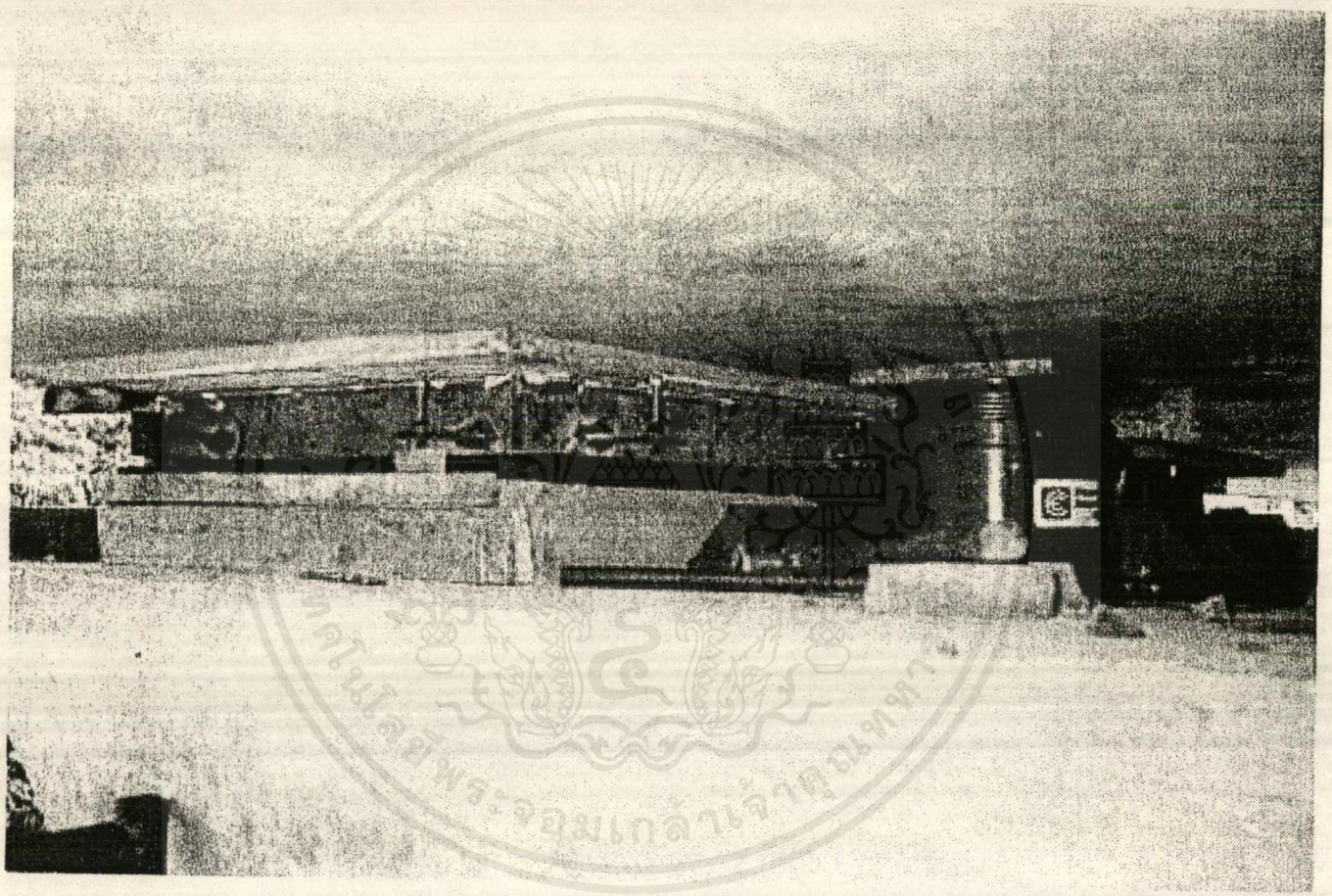
ตัวอย่างลูกปูนที่ใช้ Grout



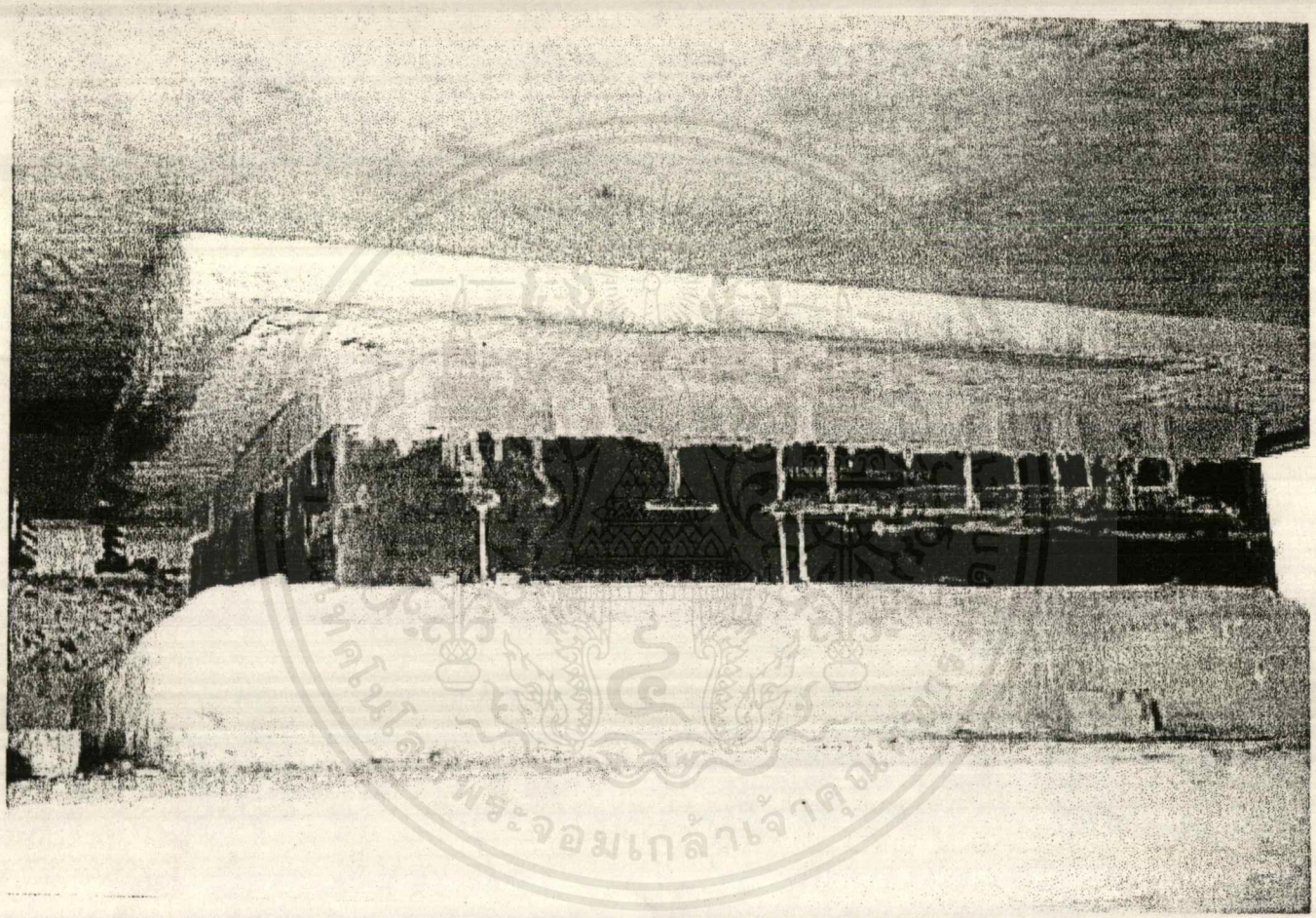
ทดสอบแรงอัดของลูกปูน



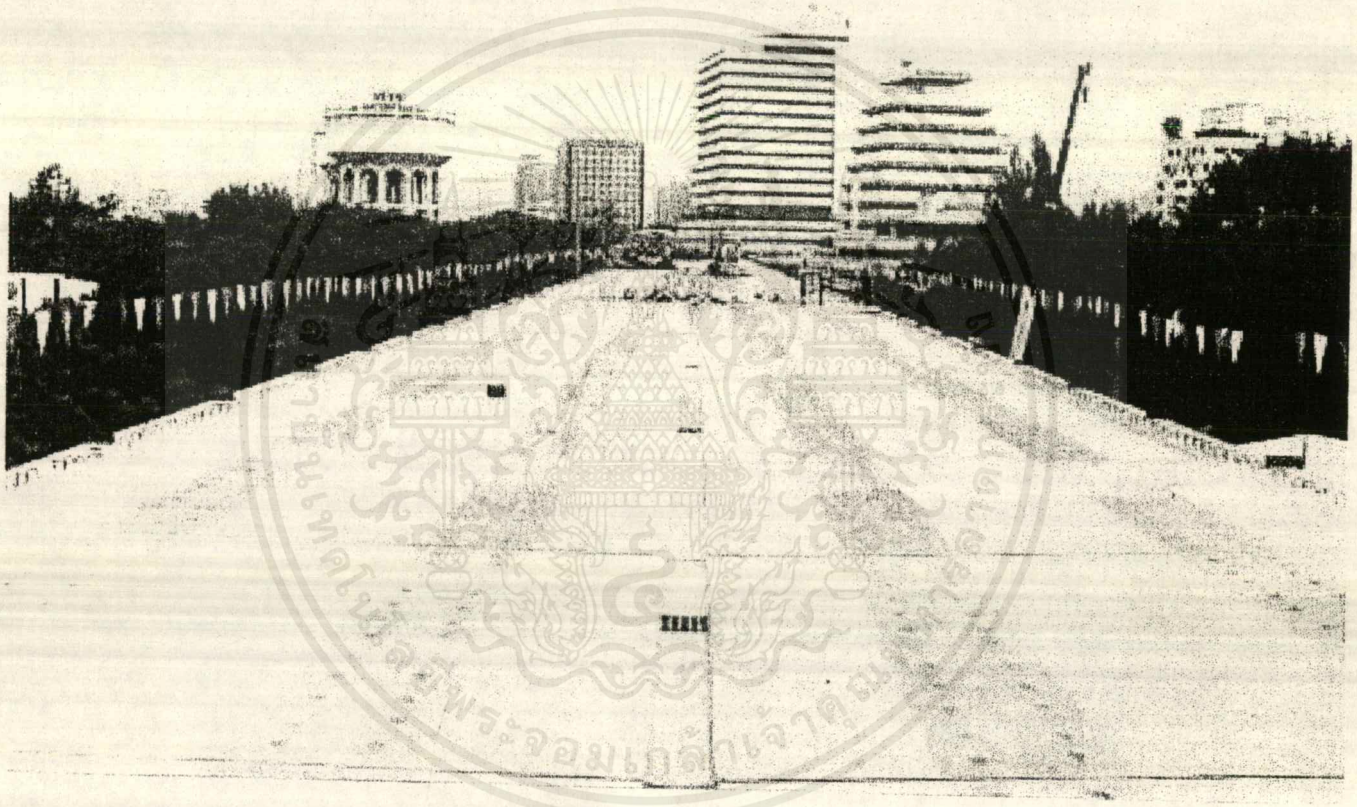
ปรับแนวของ Span



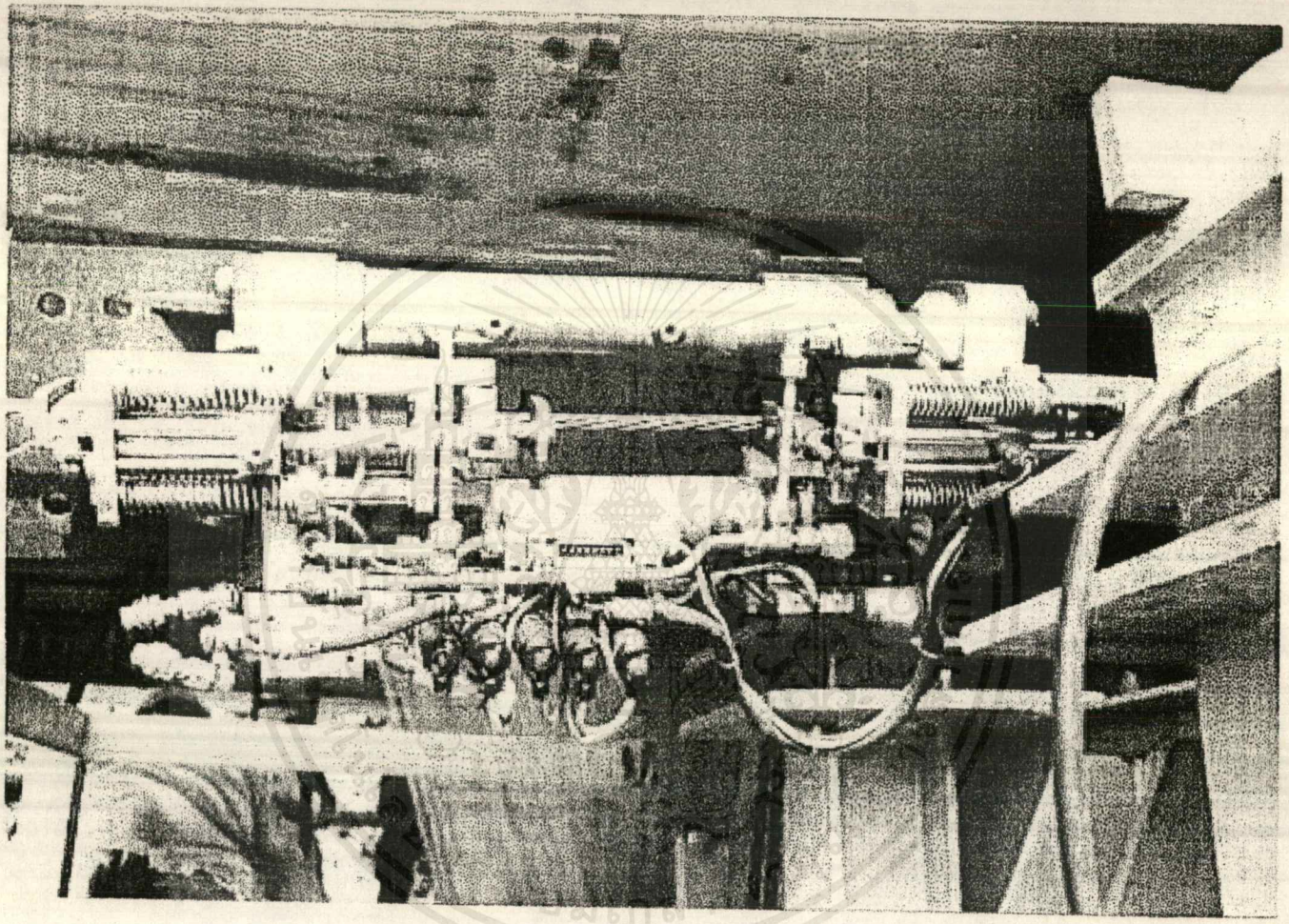
ปรับแนวของ Span



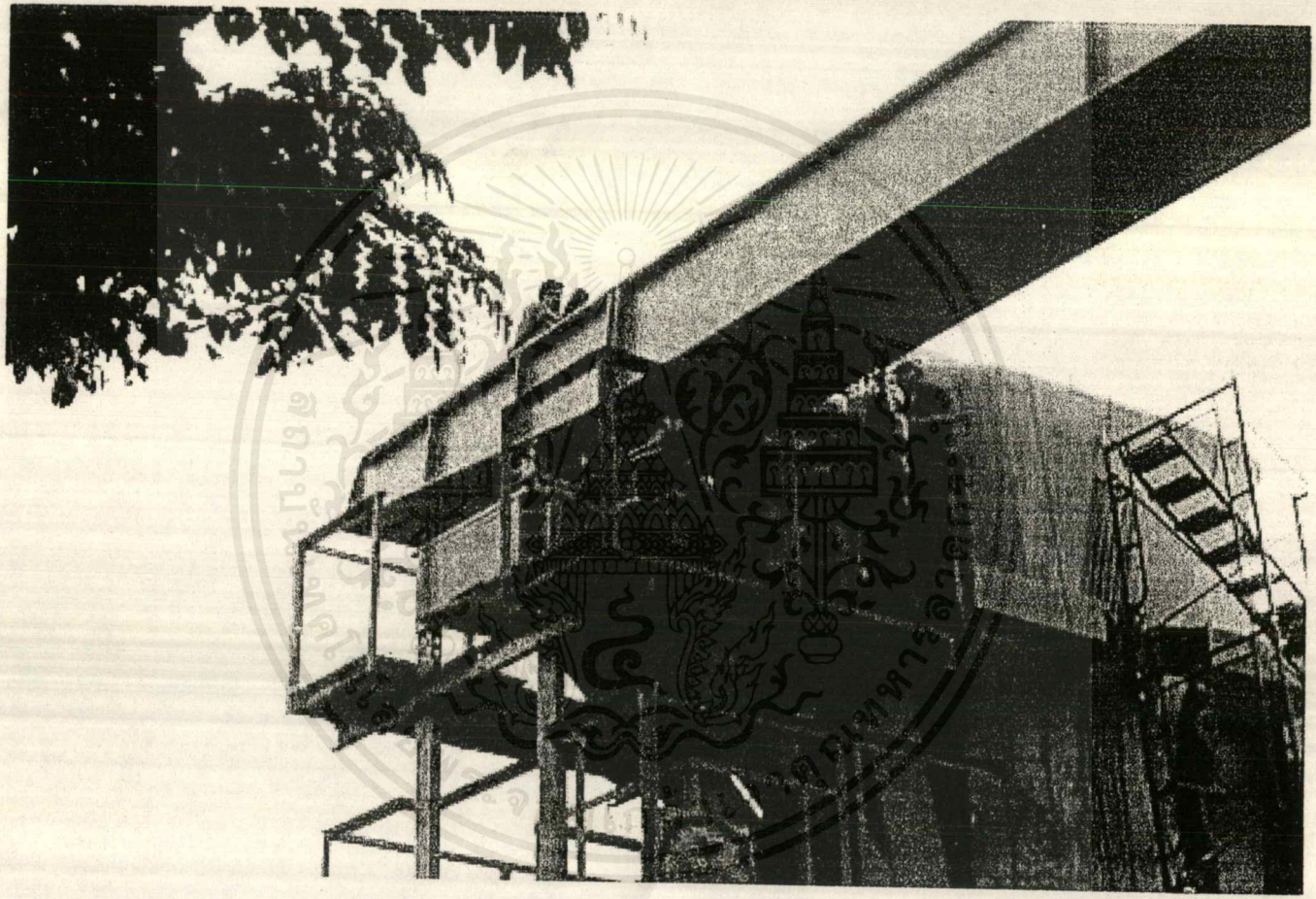
Grout Baring Pad



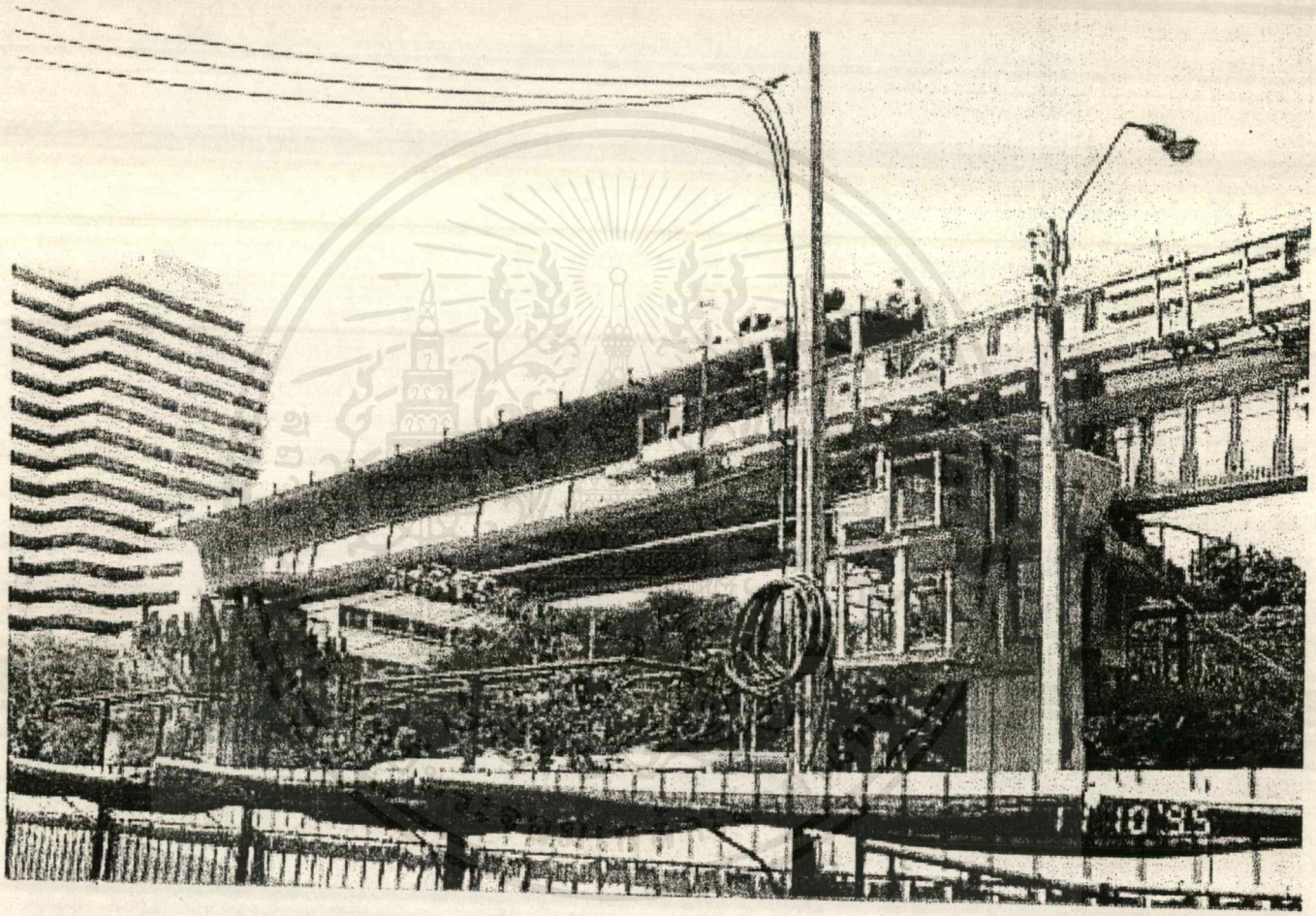
การติดตั้ง Viaduct เต็ม Span



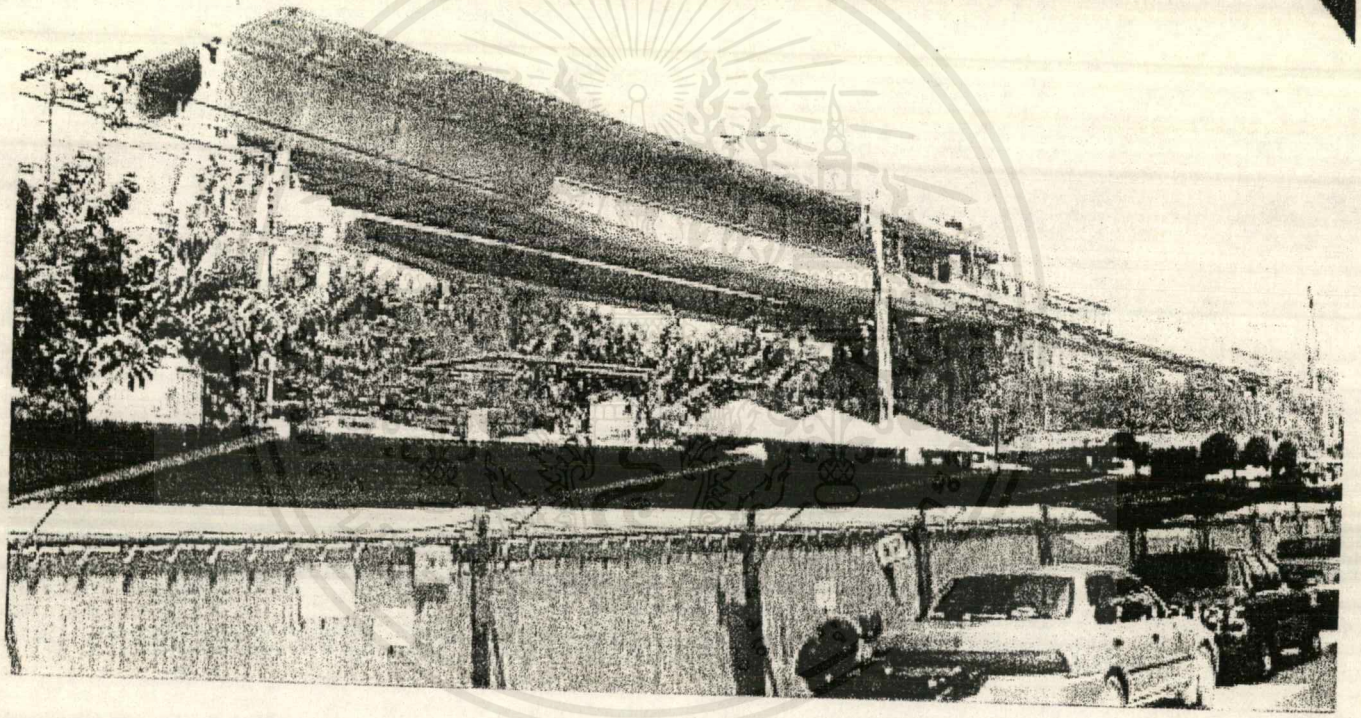
PPU ที่ใช้ในการเลื่อน Girder



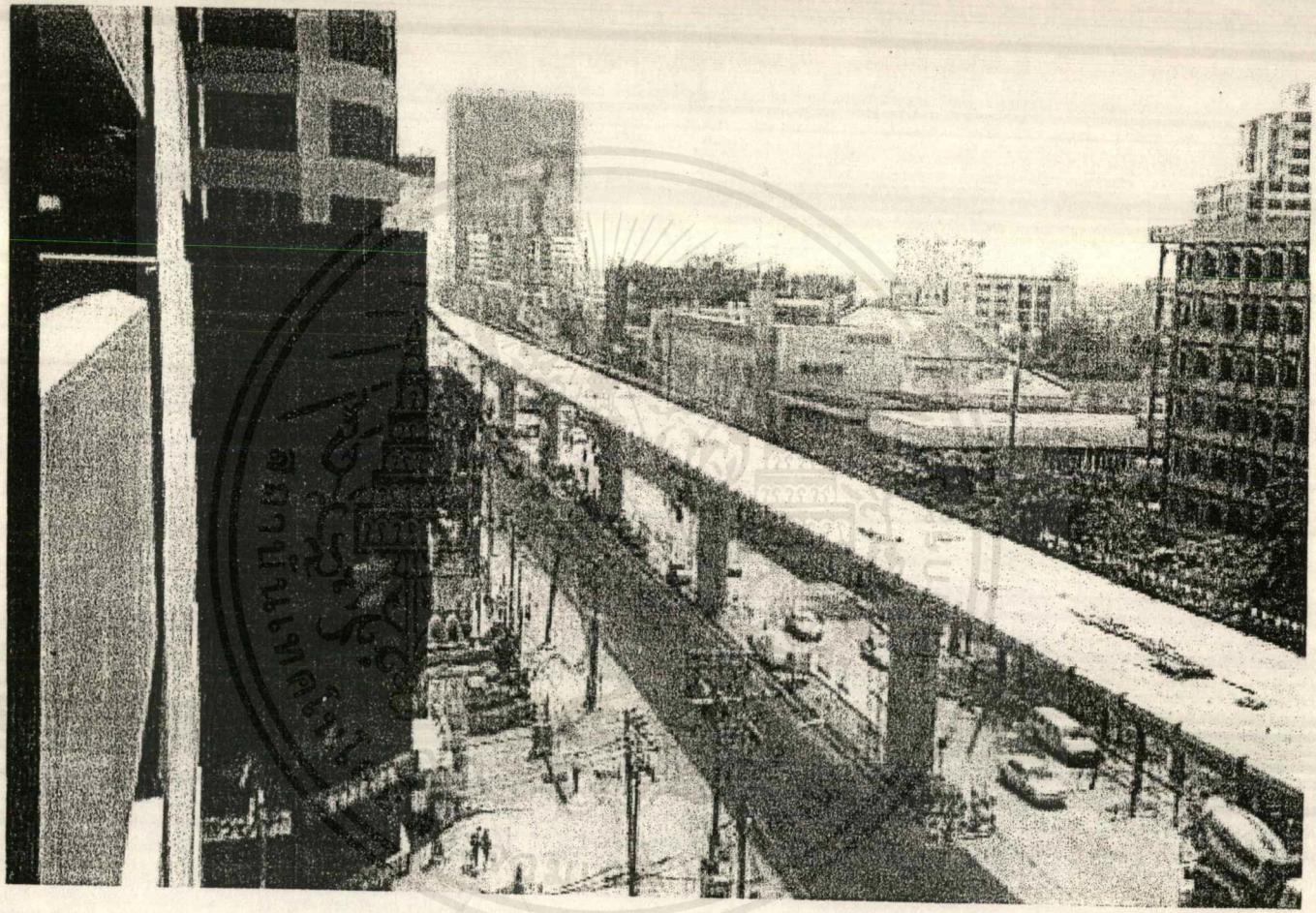
เลื่อน Girder



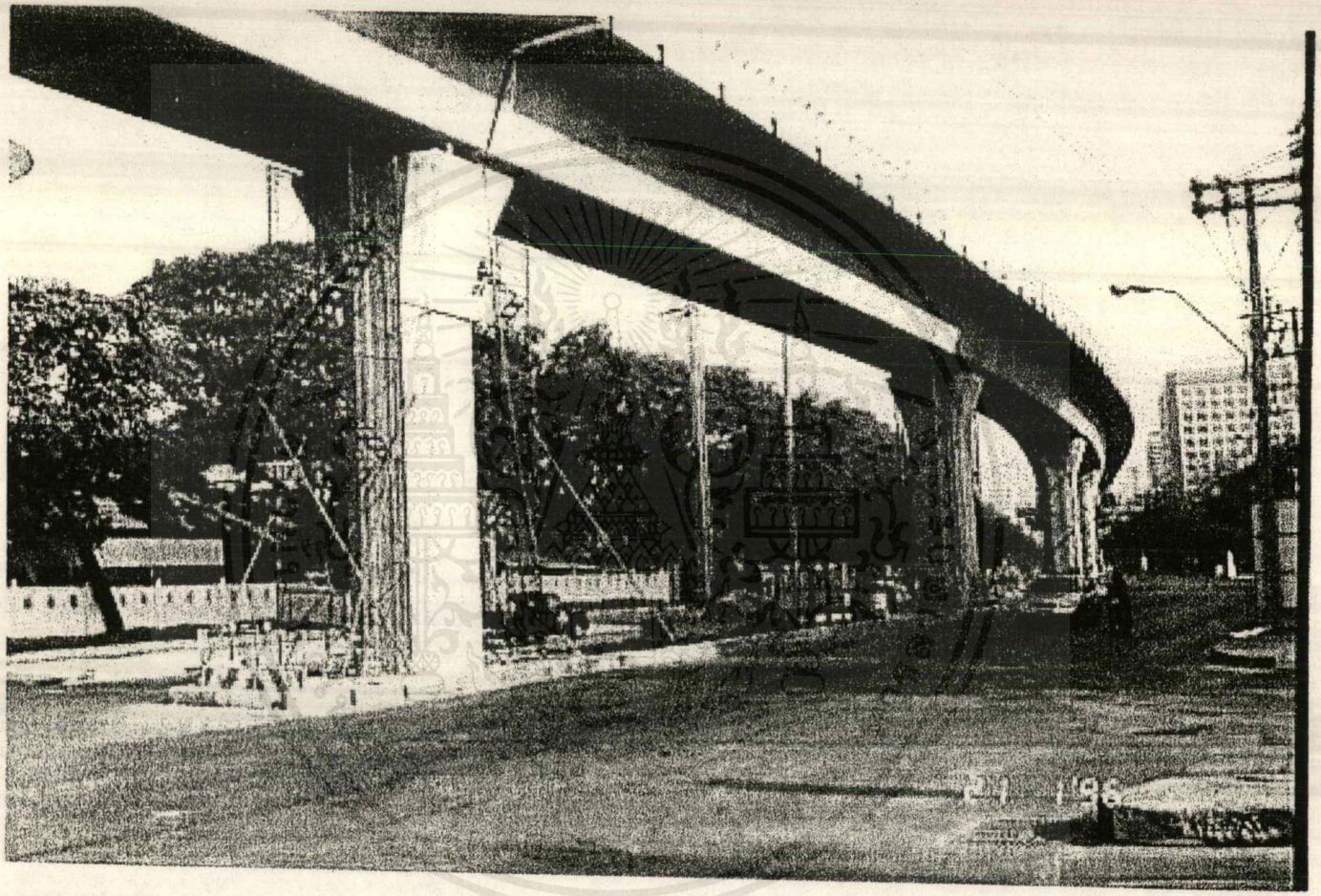
เลื่อน Girder



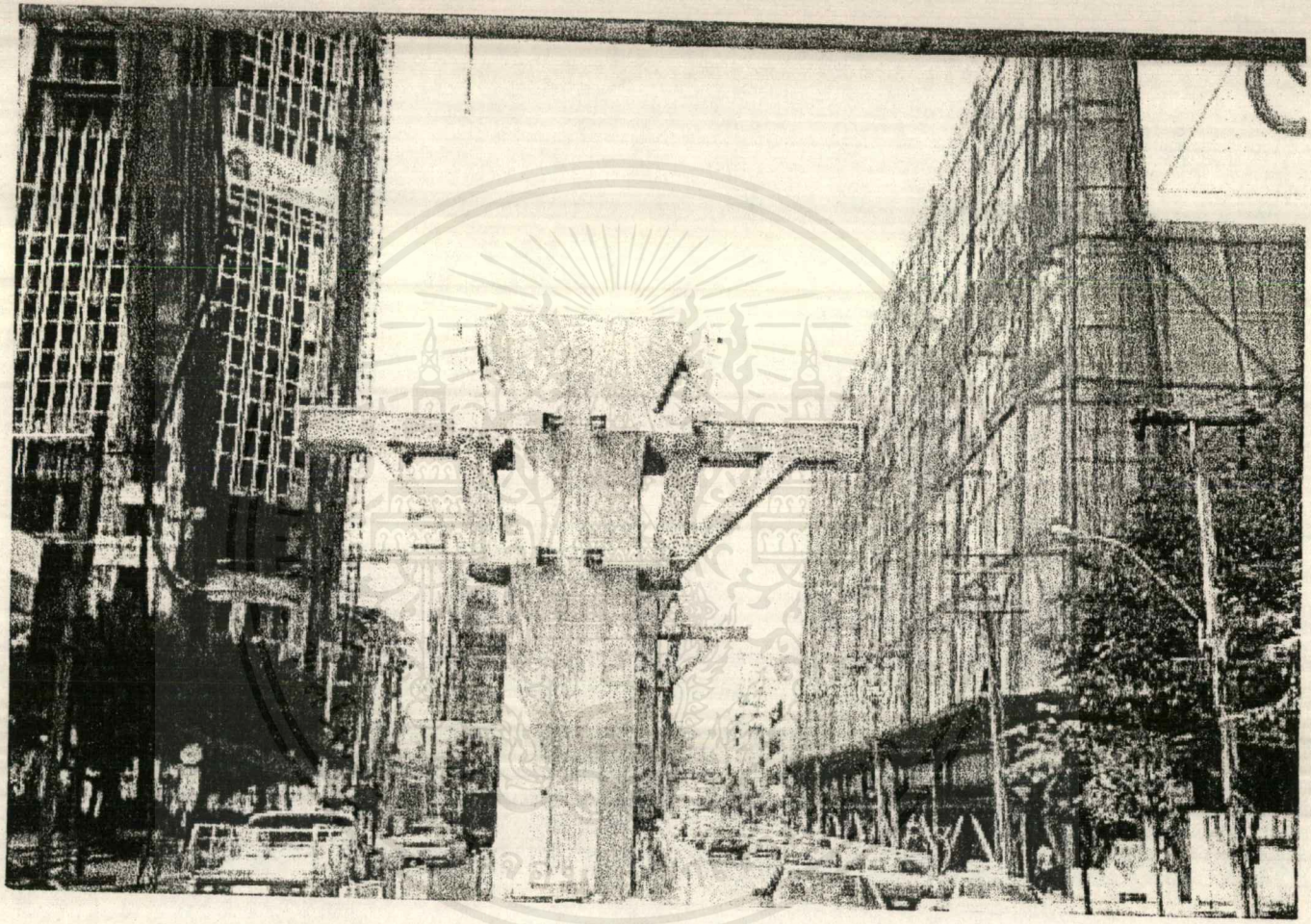
เลื่อน Girder



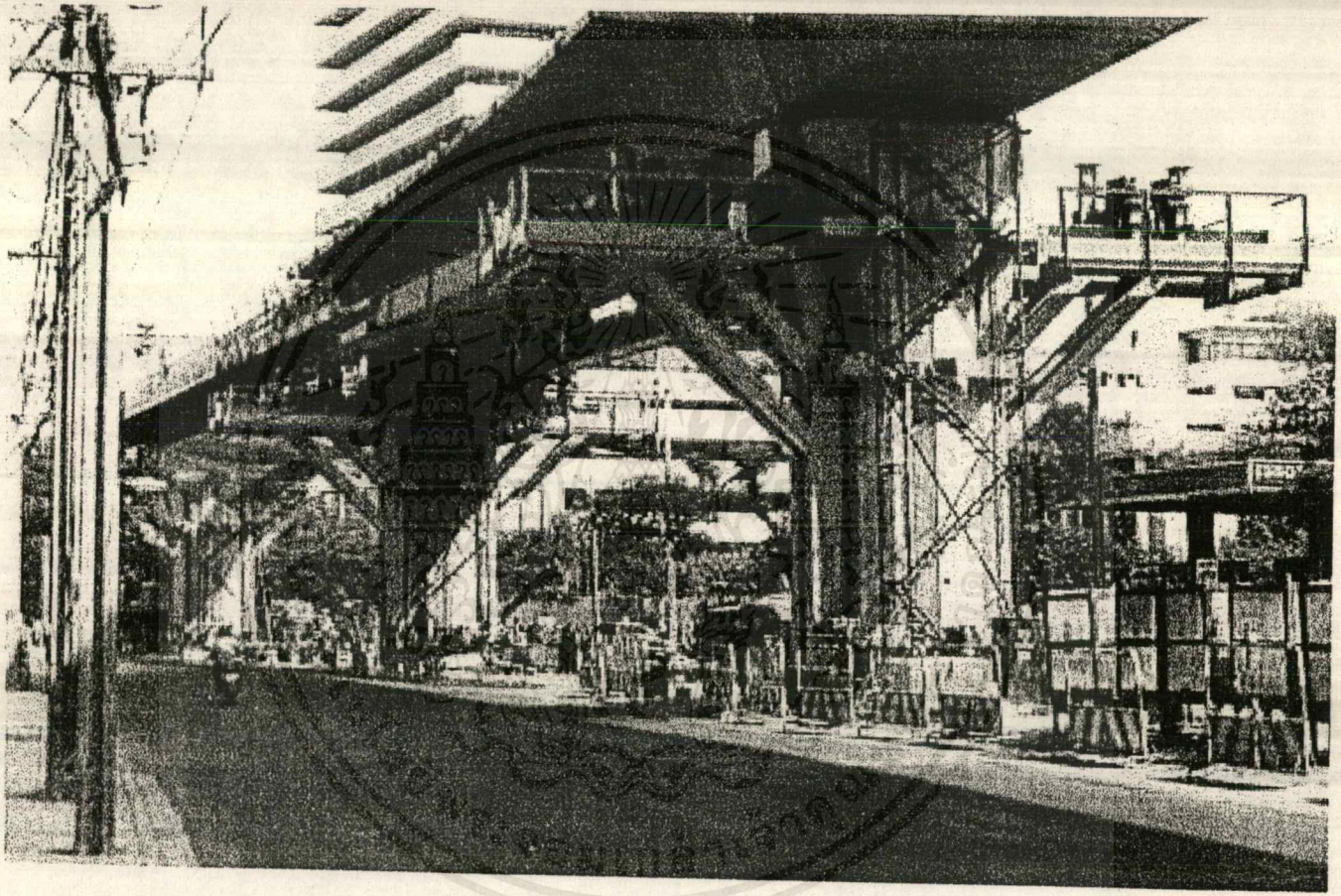
Span ที่เสร็จสมบูรณ์



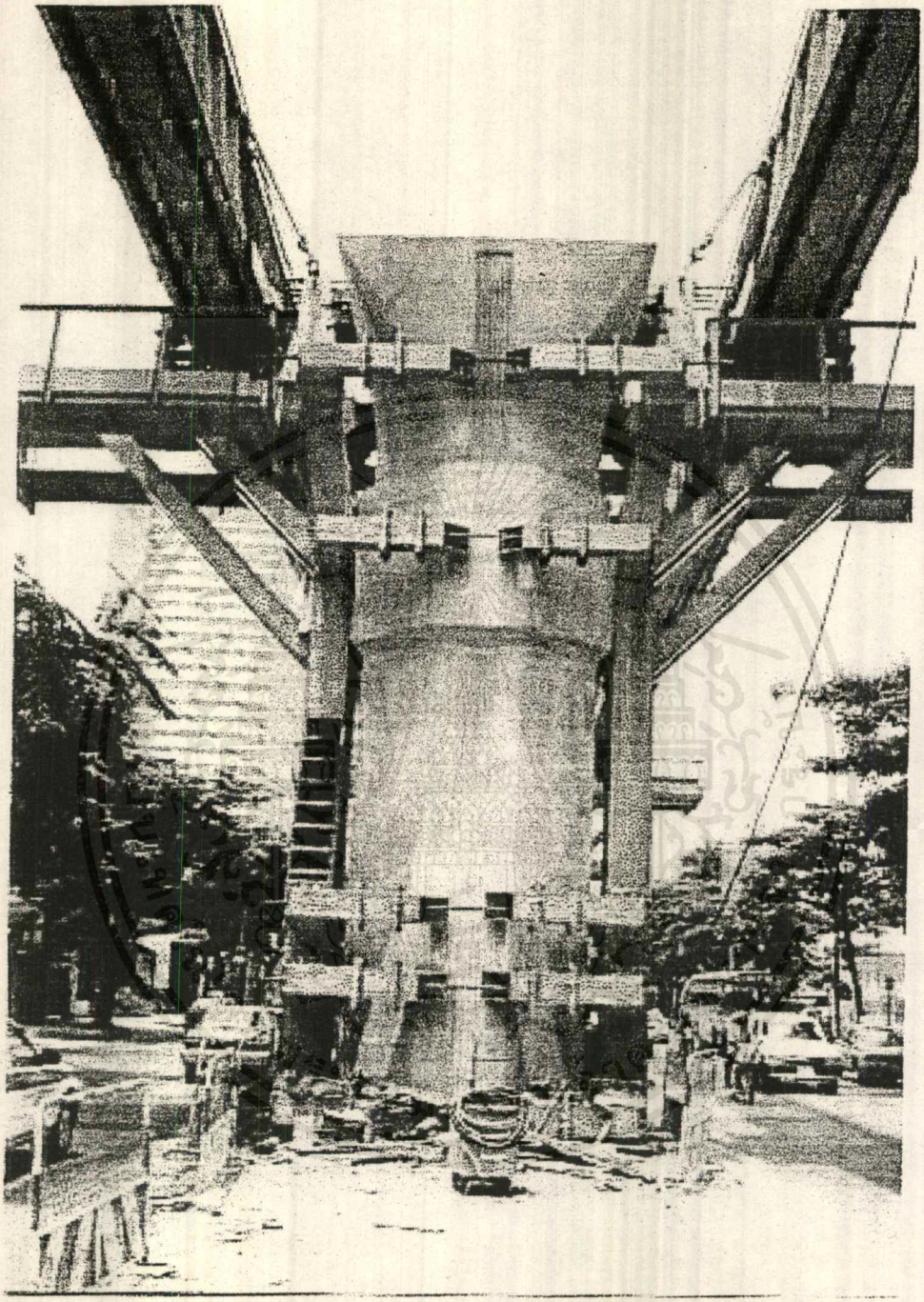
Span ที่เสร็จสมบูรณ์



Pier Bracket Type 1

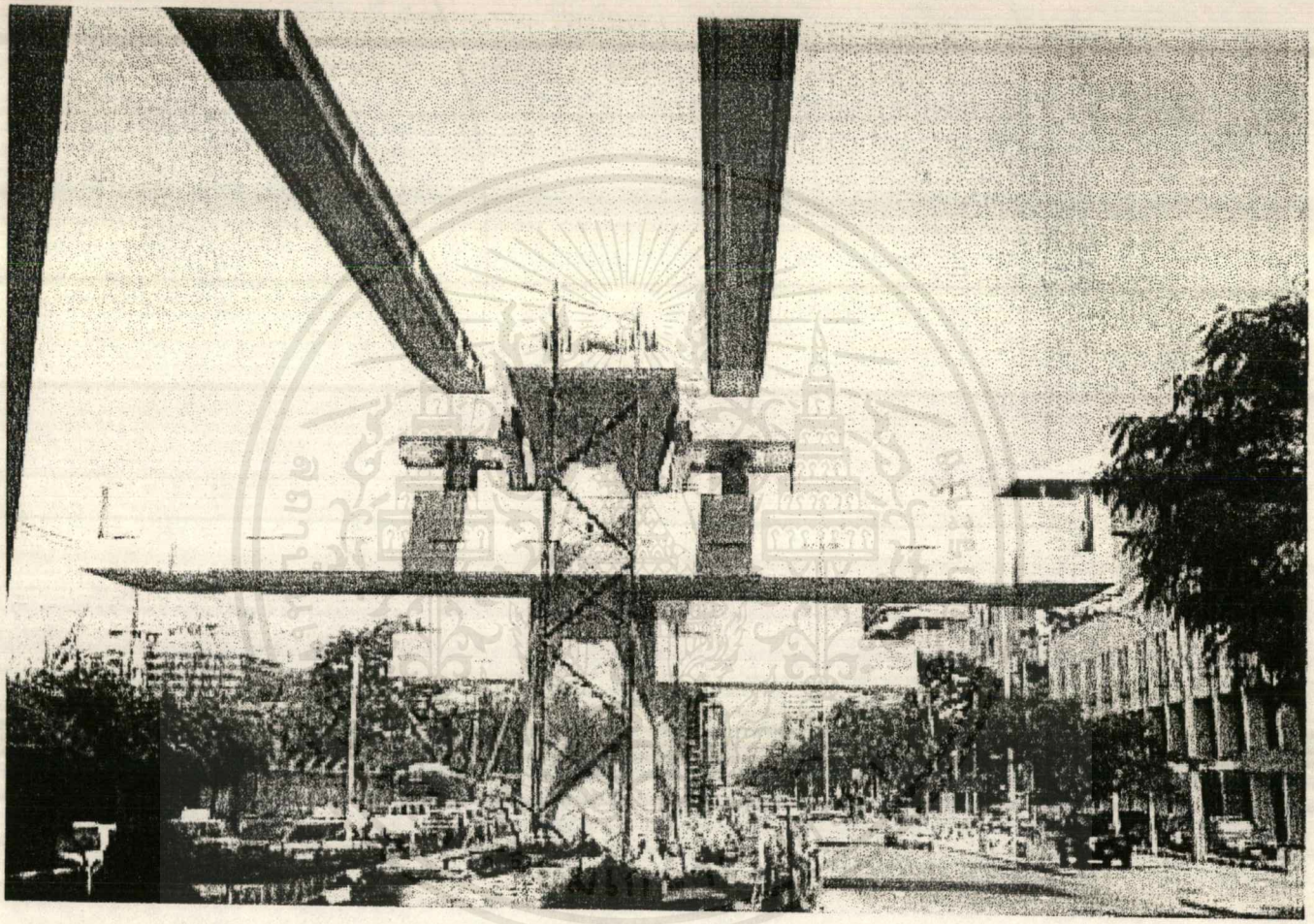


Pier Bracket Type 2

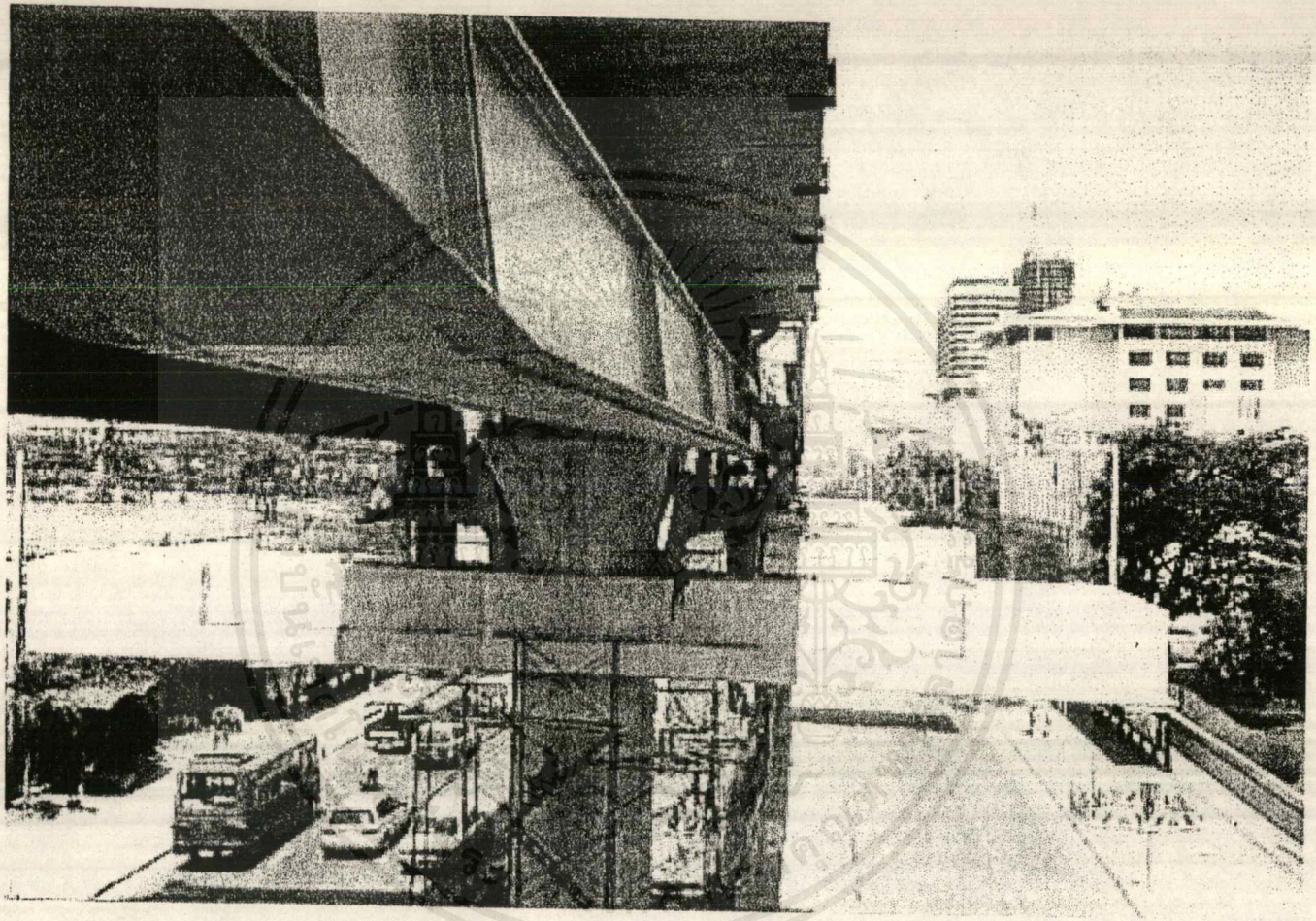


Pier Bracket Type 2 Special

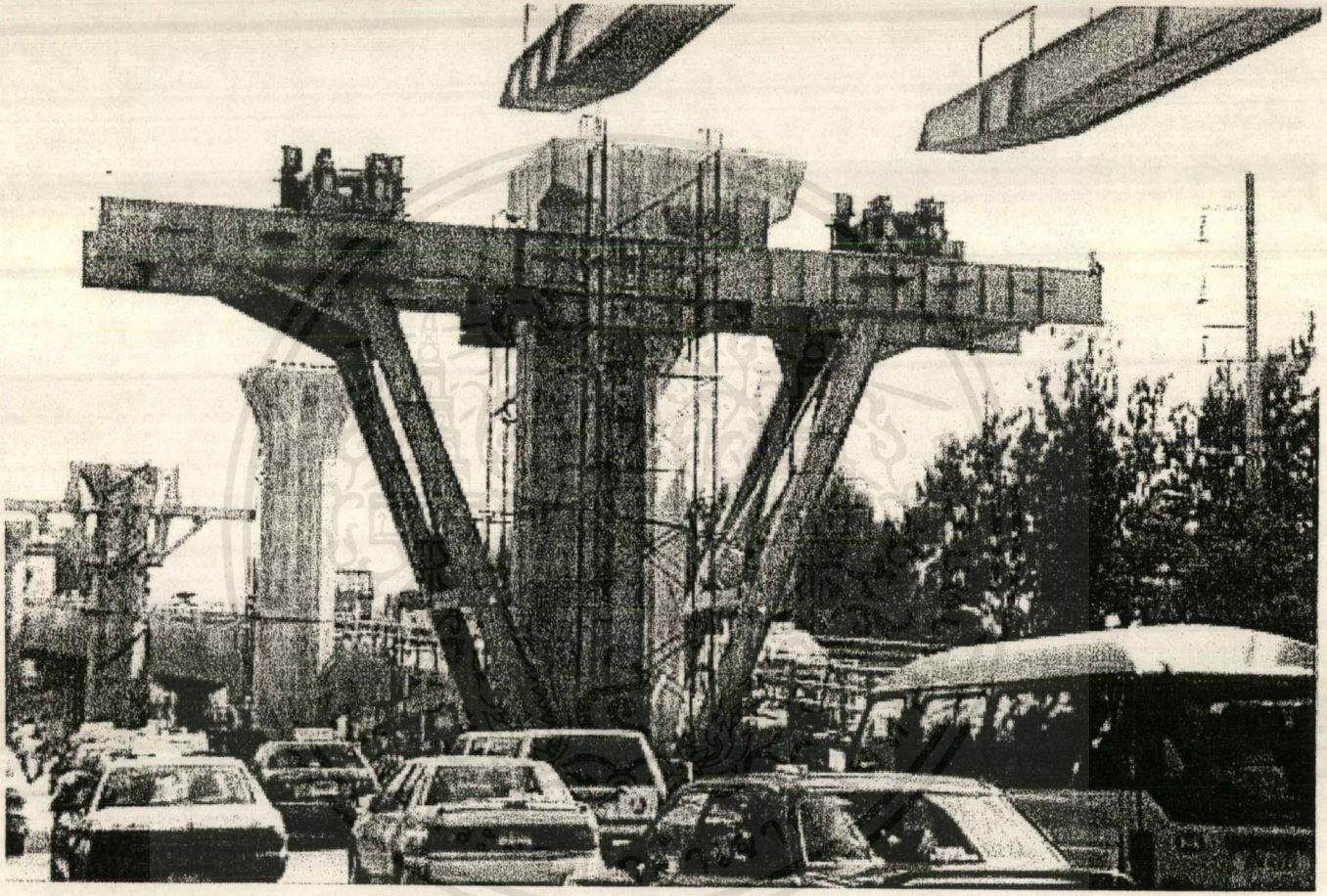
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



Pier Bracket Type 3



Pier Bracket Type 4



Pier Bracket for Cantilever Pier

- ช่วงบริเวณพื้นที่ก่อสร้าง

    - ช่องจราจรขาเข้าเมือง จำนวน 3 ช่องจราจร
    - ช่องจราจรขาออกเมือง จำนวน 1 ช่องจราจร

- ช่วงออกจากพื้นที่ก่อสร้าง

    - ช่องจราจรขาเข้าเมือง จำนวน 6 ช่องจราจร
    - ช่องจราจรขาออกเมือง จำนวน 1 ช่องจราจร

หลังจากการก่อสร้างฐานรากและเสาโครงสร้างได้เสร็จสิ้นลง จะมีการจัดช่องจราจรดังนี้

- ช่องจราจรขาเข้าเมือง จำนวน 5 ช่องจราจร
- ช่องจราจรขาออกเมือง จำนวน 1 ช่องจราจร

นอกจากนี้ทางโครงการได้ทำการติดตั้งป้ายเตือนและประชาสัมพันธ์ต่างๆ ตามคำแนะนำของทางกรุงเทพมหานคร และกองบัญชาการตำรวจนครบาล เพื่อให้ประชาชนผู้ใช้ยานพาหนะทราบถึงการดำเนินการก่อสร้าง นอกเหนือจากการประชาสัมพันธ์ทางสื่อมวลชนแขนงต่างๆ

แนวทางการลดผลกระทบ

1. แนวทางการเบี่ยงจราจรในวงกว้าง

    - การจัด Reversible Lane

        - วัตถุประสงค์ คือจะไม่ใช้พื้นที่ผิวจราจรมากกว่า 1 ช่องจราจรในแต่ละทิศทาง
        - จัดให้การจราจรไหลผ่านช่องจราจรที่เหลืออย่างมีประสิทธิภาพ

    - การจัดเส้นทางเลี่ยง

        - เส้นทางเลี่ยงสายหลักที่สำคัญที่สุดคือใช้ประโยชน์จากทางด่วนดอนเมืองโทลเวย์ ซึ่งได้เพิ่มความจุของถนนขึ้นอย่างมาก
        - ใช้เส้นทางเลี่ยงขนาดเล็กที่มีอยู่อีกหลายแห่ง

2. แนวทางการจัดการจราจร ณ จุดก่อสร้าง

    - ควบคุมการเลี้ยวและกลับรถ

        - ช่องเปิดเกาะกลางที่เหมาะสม
        - ทางแยกที่เหมาะสม

    - การควบคุมพิเศษที่ทางแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การจัดการจราจรในลักษณะพิเศษ

การจัดการจราจรในลักษณะพิเศษจะต้องใช้ในบางพื้นที่ เช่น

- สะพานข้ามคลองพระโขนง
- สะพานลอยกำแพงเพชร
- สถานีร่วม (ถนนพระรามที่ 1)
- อนุสาวรีย์ชัยสมรภูมิ
- สถานีขนส่งหมอชิต

4. แนวทางการให้ความสำคัญต่อการขนส่งสาธารณะ

- ให้รถเมล์ผ่านจุดก่อสร้างเร็วกว่ารถยนต์
- ให้ความสะดวกแก่ผู้โดยสารรถประจำทาง

5. การประชาสัมพันธ์

- หลักการ
  - ให้ประชาชนเข้าใจถึงความจำเป็นในการก่อสร้าง
  - ให้ประชาชนเข้าใจถึงวิธีการหลีกเลี่ยงพื้นที่ก่อสร้าง
  - ให้ประชาชนทราบกำหนดการก่อสร้างบนถนนล่วงหน้า
- วิธีการ
  - ใช้สื่อต่างๆ เช่น โทรทัศน์ ,วิทยุ ,โปสเตอร์ ,แผ่นปลิว ,สื่อมวลชนอื่นๆ ฯลฯ

6. แนวทางการสนับสนุนของหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง

สรุป

แม้ว่าโครงการ ระบบขนส่งมวลชนกรุงเทพมหานคร จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อการจราจรโดยเฉพาะการก่อสร้างฐานรากและเสาโครงสร้างก็ตาม แต่โครงการมีความสำคัญเพราะเป็นหนึ่งในหลายปัจจัยหลักของการแก้ไขปัญหาจราจรของกรุงเทพมหานคร ในอนาคตด้วยระบบก่อสร้างที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อการจราจรน้อยที่สุดที่โครงการนำมาประยุกต์ใช้ ตลอดจนการจัดการจราจรที่มีประสิทธิภาพ ทางโครงการหวังว่าการก่อสร้างจะสามารถดำเนินการให้ลุล่วงไปได้โดยมีผลกระทบต่อการจราจร และอื่นๆน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. Alan Black, Urban Mass Transportation Planning, 1990
2. Barry J. Simpson, Urban Public Transport Today, 1995
3. David Banister, Transport and Urban Development, 1992
4. D. M. Rogowsky, Ph.D., P.Eng., P.Marti ,Dr. sc. techn., P.Eng., Detailing for Post - Tensioning, 1991
5. รศ.วัชรินทร์ วิทยกุล, หลักวิศวกรรมขนส่งเบื้องต้น, 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้