หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การออกแบบหลักผูกเรือกลางน้ำที่ตำบลบางหัวเสือ กม.14 ของแม่น้ำเจ้าพระยา

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดต่าง ๆ ในการสำรวจข้อมูลและผลการสำรวจข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการออกแบบหลักผูกเรือกลางน้ำที่ตำบลบางหัวเสือ กม.14 ของแม่น้ำเจ้าพระยา โดยข้อมูลดังกล่าวจะได้ทำการรวบรวมมาจากห้องปฏิบัติการสนามและจากแหล่งอื่น ๆ นอกจากนี้ยังจะได้กล่าวถึงข้อพิจารณาในการออกแบบหลักผูกเรือกลางน้ำ โดยจะกล่าวถึงวิธีออกแบบ ลักษณะความยาว ระยะฝัง ความหนาของหลักผูกเรือ รวมทั้งอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบกับหลักผูกเรือเพื่อใช้ในการจอดเรือ

4.1 การทดสอบและการสำรวจข้อมูล

4.1.1 การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

ในการออกแบบหลักผูกเรือกลางน้ำ ข้อมูลของสภาพภูมิประเทศบริเวณที่จะก่อสร้างมีความจำเป็นต่อการออกแบบมาก ข้อมูลต่าง ๆ ที่จะแสดงต่อไปนี้ได้มาจาก "ข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาของประเทศไทยในรอบ 30 ปี (1951-1980)" ของกรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงคมนาคม และ ข้อมูลจากกองสำรวจร่องน้ำ ฝ่ายร่องน้ำ การท่าเรือแห่งประเทศไทย ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลได้แบ่งออกเป็นหัวข้อต่าง ๆ ได้ดังนี้ คือ

4.1.1.1 อุณหภูมิ

อุณหภูมิของอากาศได้จากการเก็บข้อมูลหรือคำนวณจากสถานีอุตุนิยมวิทยา กรุงเทพ ในรอบ 30 ปี

เดือน	ค่าเฉลี่ยสูงสุด c	ค่าสุด c	ค่าเฉลี่ย c	ค่าสุดสูงสุด c	ค่าสุด c
มกราคม	31.9	20.6	25.6	36.0	9.9
กุมภาพันธ์	32.7	22.8	27.2	36.6	14.9
มีนาคม	33.8	24.6	28.6	39.8	16.5
เมษายน	34.9	25.7	29.6	40.0	19.9
พฤษภาคม	34.1	25.4	29.1	39.4	21.1
มิถุนายน	33.0	25.1	28.6	37.7	21.7
กรกฎาคม	32.5	24.8	28.1	37.8	21.9
สิงหาคม	32.2	24.7	27.8	36.3	21.2
กันยายน	31.9	24.4	27.6	36.0	21.3
ตุลาคม	31.7	24.3	27.5	35.3	18.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

	ค่าเฉลี่ย		ค่าสุด	
เดือน	สูงสุด	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	สูงสุด	ต่ำสุด
พฤศจิกายน	31.3	22.8	26.6	35.1	14.2
ธันวาคม	31.3	20.7	25.5	35.2	10.5

4.1.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์

ความชื้นสัมพัทธ์ในตอนเช้าจะสูงกว่าตอนเย็น ค่าเฉลี่ยและค่าต่ำสุดหาโดย สถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพ ดังแสดงในตารางข้างล่าง

	ค่าเฉลี่ย		ค่าสุด	
	สูงสุด	ต่ำสุด	ค่าเฉลี่ย	ต่ำสุด
เดือน	%	%	%	%
มกราคม	91.6	49.2	73.0	27.0
กุมภาพันธ์	92.9	53.6	76.0	17.0
มีนาคม	92.5	55.4	77.0	25.0
เมษายน	91.4	55.9	77.0	28.0
พฤษภาคม	93.2	60.7	79.0	30.0
มิถุนายน	92.5	63.0	79.0	38.0
กรกฎาคม	92.5	64.2	80.0	43.0
สิงหาคม	93.7	64.6	81.0	47.0
กันยายน	95.3	67.2	84.0	49.0
ตุลาคม	95.2	66.6	83.0	40.0
พฤศจิกายน	93.4	60.2	79.0	36.0
ธันวาคม	91.4	52.7	74.0	31.0

4.1.1.3 ปริมาณน้ำฝน

ถึงแม้ฝนจะตกเกือบตลอดปี แต่ฤดูฝนก็คือระหว่างเดือนพฤษภาคม ถึงตุลาคม โดยมีฝนตกเฉลี่ย 16 ถึง 21 วัน ใน 1 เดือนจากเดือนพฤศจิกายนถึงเมษายน มีฝนตก 2 ถึง 6 วันใน 1 เดือน มีสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพได้เก็บข้อมูลและคำนวณปริมาณฝนดังนี้

	ค่าเฉลี่ย	ค่าสูงสุด ใน 24 ชม.	เฉลี่ยวันที่ฝนตก
เดือน	มม.	มม.	วัน
มกราคม	10.3	39.3	1.7
กุมภาพันธ์	30.7	73.0	3.0

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เดือน	ค่าเฉลี่ย มม.	ค่าสูงสุด ใน 24 ชม. มม.	เฉลี่ยวันที่ฝนตก วัน
มีนาคม	23.7	52.8	3.3
เมษายน	63.5	133.5	6.2
พฤษภาคม	185.3	124.2	15.6
มิถุนายน	159.8	167.3	16.7
กรกฎาคม	170.7	108.8	18.3
สิงหาคม	198.2	97.8	20.6
กันยายน	341.8	153.7	21.3
ตุลาคม	221.3	123.2	16.7
พฤศจิกายน	44.0	81.2	5.5
ธันวาคม	8.9	32.0	1.4

4.1.1.4 ลมและพายุ

ลมจะพัดจากทิศใต้ไปยังทิศตะวันตก เฉียงใต้ ในเดือนกุมภาพันธ์ถึงกรกฎาคมนอกนั้นจะพัดจากทิศตะวันตกไปยังทิศตะวันออก เฉียงเหนือ

ข้อมูลต่อไปนี้ได้จากสถานีอุตุนิยมวิทยากรุงเทพ

เดือน	พัดในทิศ	ค่าเฉลี่ยความเร็วลมเฉลี่ย (น็อต)	ค่าความเร็วลมสูงสุด (น็อต)
มกราคม	ตะวันออก เฉียง เหนือ	3.6	31
กุมภาพันธ์	ใต้	5.1	37
มีนาคม	ใต้	5.8	48
เมษายน	ใต้	5.7	56
พฤษภาคม	ใต้	4.6	42
มิถุนายน	ใต้	4.8	43
กรกฎาคม	ตะวันตก เฉียงใต้	4.5	43
สิงหาคม	ตะวันตก	4.6	45
กันยายน	ตะวันตก	3.8	44
ตุลาคม	ตะวันออก เฉียง เหนือ	3.3	40
พฤศจิกายน	เหนือ	3.5	45
ธันวาคม	ตะวันออก เฉียง เหนือ	3.4	31

ไม่พบพายุบริเวณที่จะก่อสร้าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.1.5 ระดับน้ำขึ้นน้ำลง

ข้อมูลระดับน้ำขึ้นน้ำลงวัดเก็บจากสถานีวัดน้ำที่ปากน้ำและพระประแดง Chart Datum (CD) จะตรงกับระดับน้ำทะเลปานกลาง (Mean Sea Level:MSL) ระดับน้ำจะมีความแตกต่างระหว่าง -1.82 ม. CD (LLW) กับ + 1.97 ม. CD (HHW) ความแตกต่างของระดับน้ำเฉลี่ย 2 เมตร

ข้อมูลระดับน้ำที่คาบลบางหัวเสือ กม.14 ของแม่น้ำเจ้าพระยามีดังนี้

Highest high water	+ 1.97 MCD
Mean higher high water	+ 1.10 MCD
Mean high water	+ 0.93 MCD
Mean tide level	+ 0.15 MCD
Mean sea level	+ 0.00 MCD
Mean low water	- 0.16 MCD
Mean lover low water	- 0.99 MCD
Lowest low water	- 1.82 MCD
Mean high water springs	+ 1.32 MCD
Mean high water neap	+ 0.96 MCD
Mean low water springs	- 1.20 MCD
Mean low water neaps	- 0.73 MCD

Typical tidal curves ของสถานีวัดน้ำ พระประแดง ที่กม.18 ของแม่น้ำเจ้าพระยา แสดงไว้ในรูปที่ 4.1

ความถี่ของระดับน้ำขึ้นน้ำลง (The frequency of tide levels) ได้หาค่าโดยฝ่ายร่องน้ำการท่าเรือแห่งประเทศไทย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยระหว่างปี 1975 ถึง 1980 แสดงไว้ในรูปที่ 4.2

4.1.1.6 ความเร็วของกระแสน้ำ

เครื่องวัดความเร็วกระแสน้ำได้ติดตั้งระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน 1982 ที่ กม.14 ของแม่น้ำเจ้าพระยาโดยการท่าเรือแห่งประเทศไทย ซึ่งสามารถวัดความเร็วสูงสุดของกระแสน้ำขณะน้ำลงได้ 2.88 น็อต หรือ 1.48 เมตร/วินาที

4.1.1.7 ความสูงของคลื่น

ความสูงของคลื่นในแม่น้ำเจ้าพระยาไม่มีการเก็บข้อมูลเอาไว้แต่ความสูงของคลื่นสำหรับสถานที่ก่อสร้างนี้ถือว่าไม่จำเป็นเนื่องจากคลื่นไม่สูงมาก

4.1.1.8 ความลึก

ในตอนแรกความลึกบริเวณที่ก่อสร้างจะลึก 9.0 เมตร ต่ำจาก Chart Datum แต่เมื่อสร้างเสร็จจะต้องทำการขุดให้ลึก -11.5 เมตร CD เพื่อใช้ในการเดินเรือหรืออย่างน้อยที่สุดต้องลึก -10.5 เมตร CD เพื่อความปลอดภัยในการจอดและผูกเรือ ขนาดความลึก 27 ฟุต ขณะน้ำลง

4.1.1.9 น้ำในแม่น้ำ

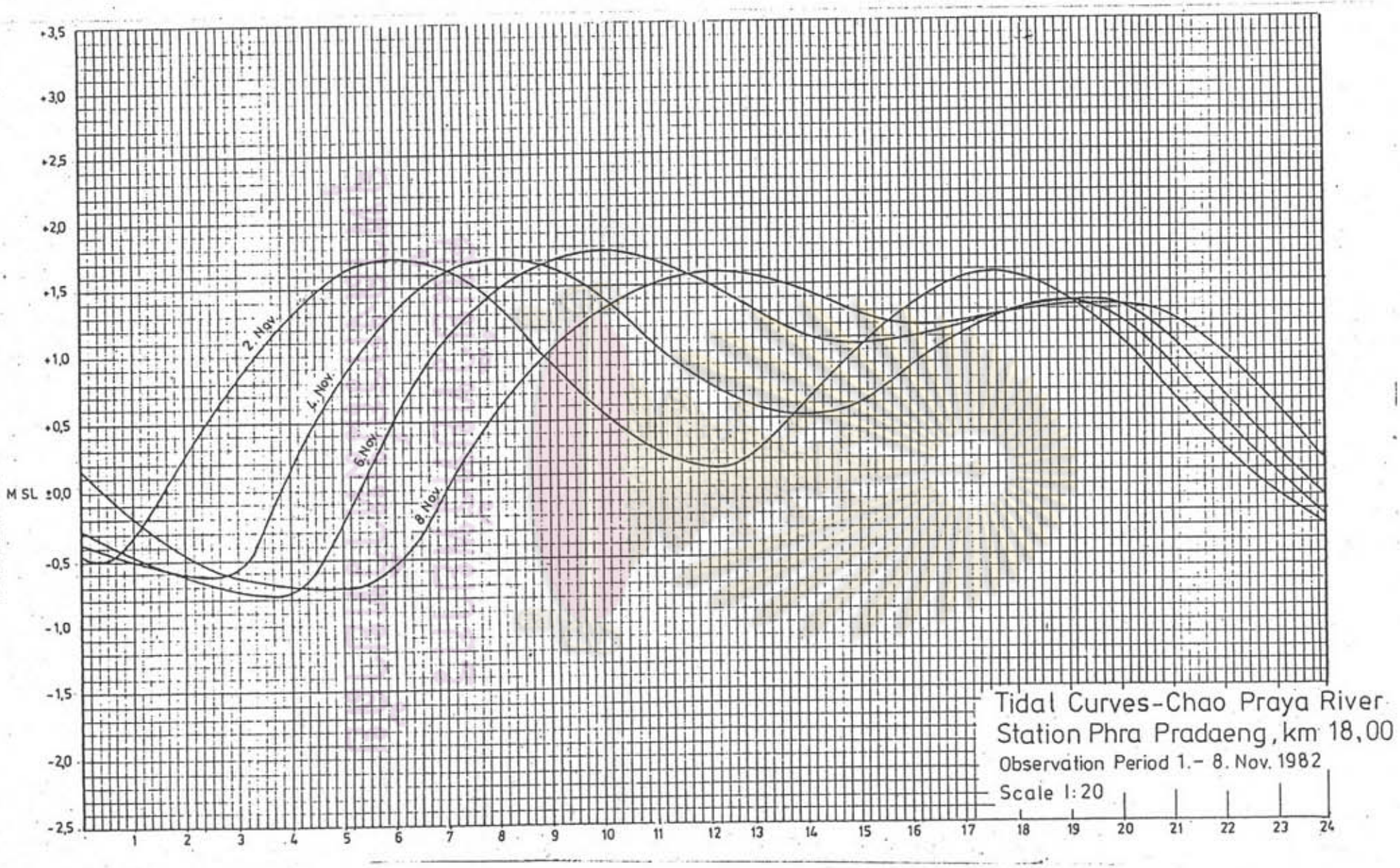
น้ำในแม่น้ำเป็นสีดำ ตัวอย่างน้ำจะเก็บที่ความลึก 4 เมตร จากระดับผิวน้ำขณะเกิดน้ำขึ้นน้ำลง ซึ่งมีผลแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1

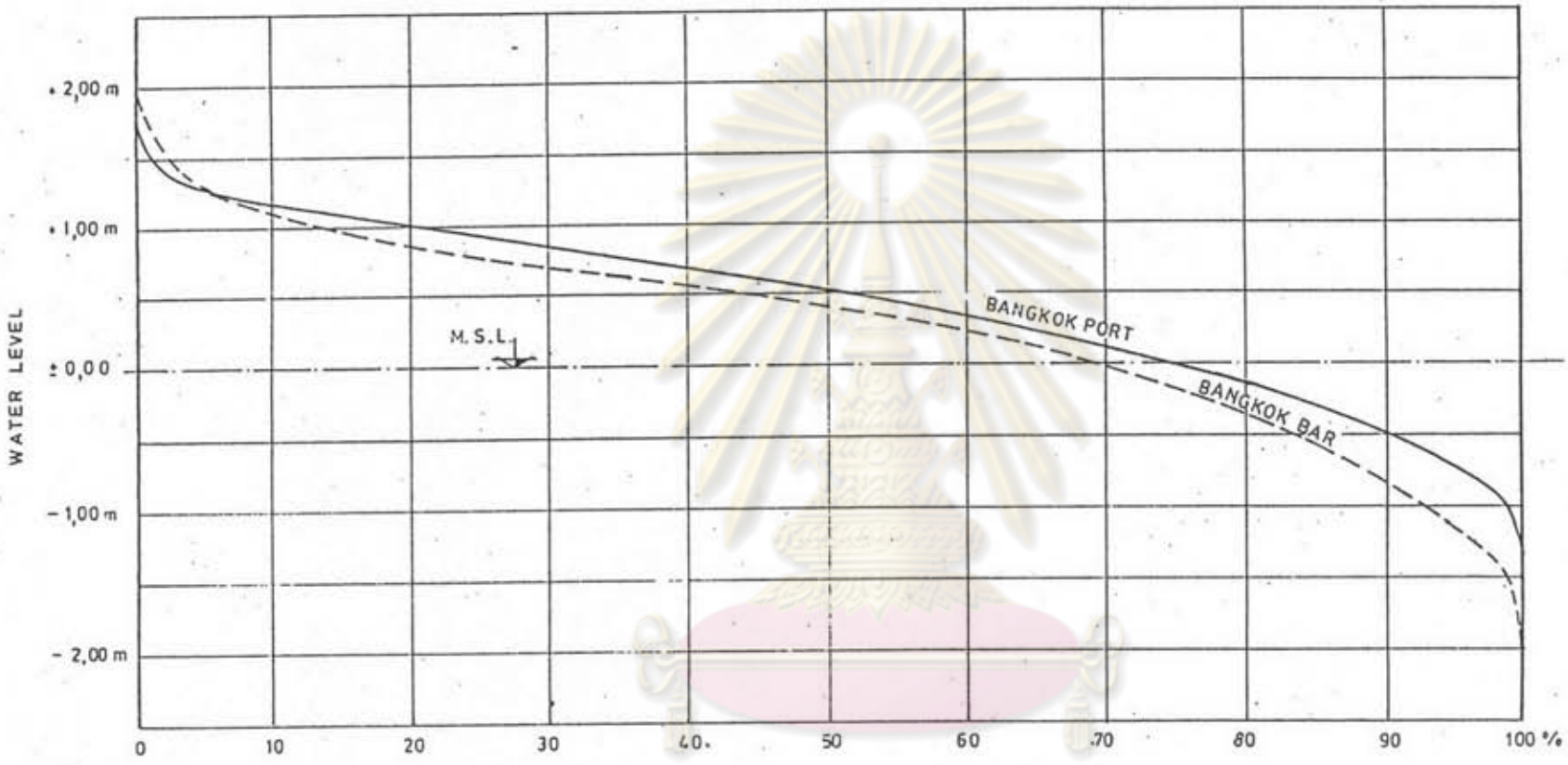
		น้ำลง	น้ำขึ้น
Electrical Resistance	(ohm/cm)	403	110
PH - Value	(-)	6.87	6.87
Calcium	(Ca ++)	40	84
Magnesium	(Mg ++)	55	221
Total Alkaline Earth Metal		95	305
Total Alkaline Metal	(Na +,K+)	465	1,990
Chloride (cl)	(mg/1)	774	3,408
Sulphate (So_4 --)	(mg/1)	96	336
Total salt content	(mg/1)	1,431	6,039

อุณหภูมิของน้ำไม่มีการบันทึก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 แสดง Tidal Curves ของแม่น้ำเจ้าพระยา



Frequency of Tide Water Levels
Average Results of 5 years (1975 - 1980)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 แสดง Frequency of Tide Water Leveis

4.1.1.10 การกัดกร่อน

จากการสังเกตุหลักผูกเรือที่ กม.28 พบว่าไม่มีการกัดกร่อนอย่างรุนแรงแสดงว่าการป้องกันการกัดกร่อนโดยใช้ Cothodic corrosion protection system ได้ผล แต่ที่ กม.14 คุณภาพของน้ำไม่เหมือนกันโดยที่น้ำบริเวณนี้ มีความต้านทานไฟฟ้าต่ำและมีบริมาณเกลือสูง

4.1.1.11 การเติบโตของพืชน้ำ

มีเฉพาะ algae ที่มีการเติบโตไม่พบพืชน้ำที่มีขนาดใหญ่บริเวณที่จะก่อสร้าง

4.1.1.12 การสำรวจชั้นดินเดิม

จากการเจาะสำรวจที่บริเวณที่จะก่อสร้างสามารถสรุปผลได้ดังนี้

- ชั้นแรกจากท้องน้ำจนถึงความลึก 4 เมตร ใต้ท้องน้ำ (-13.0 ม.CD) เป็นดินโคลน (Very soft silty clay/mud)
- ชั้นที่สอง จะเป็นดินเหนียวแข็งถึงแข็งมาก (Stiff to very stiff clay) หนา 12.0 ถึง 20.0 เมตร (-21.0 ม ถึง -29.0 ม CD)
- ชั้นที่สาม จะเป็นชั้นทราย (Fine sandy material)
- ในบางแห่งจะพบชั้นทรายบาง ๆ (Smaller and thin sand pockets) อยู่ในระดับ 3.0 ถึง 6.0 เมตร จากท้องน้ำ (-12.0 เมตร ถึง -15.0 เมตร CD)

ข้อมูลดินอย่างละเอียดแสดงไว้ในภาคผนวก ง

4.1.2 การสำรวจข้อมูลที่เกี่ยวกับการเดินเรือ

4.1.2.1 ข้อมูลการเดินเรือในแม่น้ำเจ้าพระยา

ความยาวสูงสุดของเรือต้องไม่เกิน 565 ฟุต หรือ 172.2 เมตร และความลึกของเรือต้องไม่เกิน 27 ฟุต หรือ 8.25 เมตร โดย คิดจากระดับน้ำต่ำสุดที่ Bangkok Bar Channel เรือเดินทะเลจะต้องมีพนักงานนำร่องเพื่อนำเรือ จะไม่มีการทอดสมอในแม่น้ำเรือจะแล่นเข้ามาจากปากน้ำจนถึงท่าเรือกรุงเทพ โดยใช้ความเร็วประมาณ 6 น็อต เมื่อผ่านท่าเทียบเรือขนาดเล็กตามฝั่งแม่น้ำและใช้ความเร็วประมาณ 10 น็อต เมื่อไม่มีสิ่งก่อสร้างตามริมฝั่ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.2.2 จำนวนเรือและขนาดของเรือ

ข้อมูลของจำนวนเรือและขนาดของเรือที่เข้าจอดในแต่ละเดือนที่ท่าเรือกรุงเทพ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4.2 และจำนวนเรือทั้งหมดของเรือขนาดต่าง ๆ ที่จอดที่ท่าเรือกรุงเทพ ระหว่างเดือนมกราคม - ธันวาคม 1981 แสดงไว้ในตาราง 4.3

ค่าเฉลี่ยต่อเดือนของเรือขนาดความยาวน้อยกว่า 328 ฟุต หรือ 100 เมตร (ประมาณ 3,000 GRT) ที่เข้าเทียบท่าจะมี 19 ลำ หรือ 14% ของจำนวนเรือทั้งหมด และเรือที่มีความยาวระหว่าง 328 ฟุต ถึง 550 ฟุต (ประมาณ 12,000 GRT) จะมี 114 ลำ หรือ 84% ของจำนวนเรือทั้งหมด ส่วนที่เหลืออีก 3 ลำ หรือ 2% จะเป็นเรือที่มีขนาดยาวกว่า 550 ฟุต

เรือขนาดใหญ่ที่สุดที่เข้าเทียบท่าที่ท่าเรือกรุงเทพในปี 1981 คือเรือ M.V. "Advara" มีความยาว 565 ฟุต กินน้ำลึก 23 ฟุต 17,627 GRT และเรือที่กินน้ำลึกที่สุดคือเรือ M.V. "Regenstein" ยาว 527 ฟุต กินน้ำลึก 28 ฟุต

ดังนั้นหลักผูกเรือที่จะสร้างต้องสามารถจอดและผูกเรือที่มีความยาวมากกว่า 328 ฟุต เพื่อแบ่งเบาภาระของท่าเรือกรุงเทพและเรือที่จะใช้หลักผูกเรือจะเป็นเรือเดินทะเลที่สามารถรับสินค้าออกจากเรือลำเลียงลำน้ำที่จะเข้าเทียบเรือเดินทะเลขณะทำการขนถ่ายสินค้า

4.1.2.3 การเข้าจอด

เรือเดินทะเลจะต้องมีพนักงานนำร่องนำเรือเข้าเทียบท่าเพื่อจอดเรือและจะใช้เรือโยง (Tug boat) 1-2 ลำ ช่วยในการเข้าจอด ซึ่งจำนวนเรือโยงจะขึ้นกับขนาดของเรือขนาดเดินทะเล สภาพของลมและกระแสน้ำขณะนั้น

การจอดเรือตามปรกติจะจอดเรือทวนน้ำ หัวเรือจะหันไปทางเหนือน้ำ ดังนั้น เรือสามารถที่จะหยุดและชยับได้โดยใช้เครื่องของเรือเอง เรือดันจะใช้เฉพาะในการดันให้เรือเคลื่อนจากกลางลำน้ำในแนวตั้งตรงกับน้ำมายังที่จะเทียบเท่านั้น การจอดเทียบจะจอดขนานกับแนวหลักผูกเรือหรือทำมุมประมาณ 10 - 15 เป็นอย่างมาก ซึ่งจะเกิดเมื่อใช้เรือดันเพียงลำเดียวและความเร็วขณะเข้าจอดของเรือที่เทียบท่าเรือกรุงเทพจะเป็น 15 - 20 ซม./วินาที ในแนวตั้งฉากกับท่าที่จะเทียบ

4.1.2.4 การผูกเรือ

การผูกเรือจะใช้เชือก 3 - 4 เส้น จากท้ายและหัวเรือผูกกับหลักและ 1 หรือ 2 เส้นจากลำเรือผูกกับหลัก เชือกจะนำโดยเรือเล็กมายังหลักที่จะผูก โดยจะผูกเชือก 2 เส้นทางหัวเรือก่อน แล้วค่อยผูกเชือกอีก 2 เส้นทางท้ายเรือและกลางลำเรือ เมื่อเรือเข้าจอดแล้วจึงค่อยผูก

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลจำนวนและขนาดของเรือ

MONTH : JANUARY 1981

SHIP LENGTH (Feet)	SHIP LENGTH (Meter)	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	[illegible]	[illegible]
279 - 294	85 - 90	4.00 ***	0.03 ***
295 - 311	90 - 95	5.00 ***	0.04 ***
312 - 327	95 - 100	[illegible]	0.03 ***
328 - 344	100 - 105	12.00 ***	0.09 ***
345 - 361	105 - 110	12.00 ***	0.09 ***
362 - 400	110 - 122	19.00 ***	0.14 ***
401 - 450	122 - 137	24.00 ***	0.18 ***
451 - 500	137 - 152	23.00 ***	0.17 ***
501 - 550	152 168	22.00 ***	0.16 ***
> 550	> 168	4.00 ***	0.03 ***
Σ NO		135.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH (Feet)		415.15 ***	

MONTH : FEBRUARY 1981

SHIP LENGTH (Feet)	SHIP LENGTH (Meter)	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	5.00 ***	0.04 ***
279 - 294	85 - 90	2.00 ***	0.02 ***
295 - 311	90 - 95	5.00 ***	0.04 ***
312 - 327	95 - 100	4.00 ***	0.03 ***
328 - 344	100 - 105	11.00 ***	0.09 ***
345 - 361	105 - 110	20.00 ***	0.16 ***
362 - 400	110 - 122	11.00 ***	0.09 ***
401 - 450	122 - 137	21.00 ***	0.16 ***
451 - 500	137 - 152	23.00 ***	0.18 ***
501 - 550	152 168	24.00 ***	0.19 ***
> 550	> 168	2.00 ***	0.02 ***
Σ NO		[illegible] ***	
MEAN SHIP LENGTH (Feet)		414.55 ***	

MONTH : MARCH 1981

SHIP LENGTH (Feet)	SHIP LENGTH (Meter)	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	4.00 ***	[illegible] ***
279 - 294	85 - 90	3.00 ***	0.02 ***
295 - 311	90 - 95	4.00 ***	0.03 ***
312 - 327	95 - 100	3.00 ***	0.02 ***
328 - 344	100 - 105	13.00 ***	0.09 ***
345 - 361	105 - 110	23.00 ***	0.16 ***
362 - 400	110 - 122	12.00 ***	0.08 ***
401 - 450	122 - 137	27.00 ***	0.19 ***
451 - 500	137 - 152	24.00 ***	0.17 ***
501 - 550	152 168	29.00 ***	0.20 ***
> 550	> 168	3.00 ***	0.02 ***
Σ NO		145.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH (Feet)		419.16 ***	

MONTH : APRIL 1981

SHIP LENGTH (Feet)	SHIP LENGTH (Meter)	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	4.00 ***	0.03 ***
279 - 294	85 - 90	4.00 ***	0.03 ***
295 - 311	90 - 95	7.00 ***	0.05 ***
312 - 327	95 - 100	4.00 ***	0.03 ***
328 - 344	100 - 105	15.00 ***	0.11 ***
345 - 361	105 - 110	16.00 ***	0.13 ***
362 - 400	110 - 122	12.00 ***	0.09 ***
401 - 450	122 - 137	23.00 ***	0.17 ***
451 - 500	137 - 152	20.00 ***	0.15 ***
501 - 550	152 168	28.00 ***	0.20 ***
> 550	> 168	2.00 ***	0.01 ***
Σ NO		[illegible] ***	
MEAN SHIP LENGTH (Feet)		413.35 ***	

วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MONTH : MAY 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	4.00 ***	0.03 ***
279 - 294	85 - 90	2.00 ***	0.01 ***
295 - 311	90 - 95	5.00 ***	0.03 ***
312 - 327	95 - 100	6.00 ***	0.04 ***
328 - 344	100 - 105	19.00 ***	0.13 ***
345 - 361	105 - 110	18.00 ***	0.13 ***
362 - 400	110 - 122	11.00 ***	0.08 ***
401 - 450	122 - 137	21.00 ***	0.15 ***
451 - 500	137 - 152	29.00 ***	0.20 ***
501 - 550	152 168	24.00 ***	0.17 ***
> 550	> 168	4.00 ***	0.03 ***
Σ NO		143.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		415.82 ***	

MONTH : JUNE 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	6.00 ***	0.05 ***
279 - 294	85 - 90	3.00 ***	0.02 ***
295 - 311	90 - 95	5.00 ***	0.04 ***
312 - 327	95 - 100	5.00 ***	0.04 ***
328 - 344	100 - 105	12.00 ***	0.09 ***
345 - 361	105 - 110	18.00 ***	0.14 ***
362 - 400	110 - 122	11.00 ***	0.08 ***
401 - 450	122 - 137	25.00 ***	0.19 ***
451 - 500	137 - 152	20.00 ***	0.15 ***
501 - 550	152 168	24.00 ***	0.18 ***
> 550	> 168	4.00 ***	0.03 ***
Σ NO		133.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		413.56 ***	

MONTH : JULY 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	3.00 ***	0.02 ***
279 - 294	85 - 90	1.00 ***	0.01 ***
295 - 311	90 - 95	7.00 ***	0.05 ***
312 - 327	95 - 100	7.00 ***	0.05 ***
328 - 344	100 - 105	16.00 ***	0.14 ***
345 - 361	105 - 110	14.00 ***	0.11 ***
362 - 400	110 - 122	13.00 ***	0.10 ***
401 - 450	122 - 137	22.00 ***	0.17 ***
451 - 500	137 - 152	22.00 ***	0.17 ***
501 - 550	152 168	20.00 ***	0.16 ***
> 550	> 168	2.00 ***	0.02 ***
Σ NO		129.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		406.71 ***	

MONTH : AUGUST 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	7.00 ***	0.06 ***
279 - 294	85 - 90	1.00 ***	0.01 ***
295 - 311	90 - 95	7.00 ***	0.06 ***
312 - 327	95 - 100	3.00 ***	0.02 ***
328 - 344	100 - 105	13.00 ***	0.10 ***
345 - 361	105 - 110	16.00 ***	0.13 ***
362 - 400	110 - 122	14.00 ***	0.11 ***
401 - 450	122 - 137	16.00 ***	0.13 ***
451 - 500	137 - 152	22.00 ***	0.17 ***
501 - 550	152 168	24.00 ***	0.19 ***
> 550	> 168	4.00 ***	0.03 ***
Σ NO		127.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		414.38 ***	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MONTH : SEPTEMBER 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	8.00 ***	0.06 ***
279 - 294	85 - 90	8.00 ***	0.00 ***
295 - 311	90 - 95	4.00 ***	0.03 ***
312 - 327	95 - 100	5.00 ***	0.04 ***
328 - 344	100 - 105	11.00 ***	0.08 ***
345 - 361	105 - 110	20.00 ***	0.15 ***
362 - 400	110 - 122	18.00 ***	0.[illegible] ***
401 - 450	122 - 137	19.00 ***	0.14 ***
451 - 500	137 - 152	21.00 ***	0.16 ***
501 - 550	152 168	26.00 ***	0.19 ***
> 550	> 168	3.00 ***	0.02 ***
Σ NO		135.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		414.91 ***	

MONTH : OCTOBER 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	4.00	0.03 ***
279 - 294	85 - 90	3.00 ***	0.02 ***
295 - 311	90 - 95	6.00 ***	0.05 ***
312 - 327	95 - 100	6.00 ***	0.05 ***
328 - 344	100 - 105	12.00 ***	0.09 ***
345 - 361	105 - 110	15.00 ***	0.12 ***
362 - 400	110 - 122	19.00 ***	0.15 ***
401 - 450	122 - 137	15.00 ***	0.12 ***
451 - 500	137 - 152	19.00 ***	0.15 ***
501 - 550	152 168	23.00 ***	0.18 ***
> 550	> 168	5.00 ***	0.04 ***
Σ NO		127.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		414.23 ***	

MONTH : NOVEMBER 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	3.00 ***	0.06 ***
279 - 294	85 - 90	1.00 ***	0.01 ***
295 - 311	90 - 95	6.00 ***	0.04 ***
312 - 327	95 - 100	6.00 ***	0.04 ***
328 - 344	100 - 105	9.00 ***	0.06 ***
345 - 361	105 - 110	27.00 ***	0.18 ***
362 - 400	110 - 122	20.00 ***	0.14 ***
401 - 450	122 - 137	22.00 ***	0.15 ***
451 - 500	137 - 152	18.00 ***	0.12 ***
501 - 550	152 168	26.00 ***	0.16 ***
> 550	> 168	3.00 ***	0.02 ***
Σ NO		151.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		407.52 ***	

MONTH : DECEMBER 1981

SHIP LENGTH [Feet]	SHIP LENGTH [Meter]	NO.	PROPORTION
< 278	< 85	10.00 ***	0.07 ***
279 - 294	85 - 90	1.00 ***	0.01 ***
295 - 311	90 - 95	8.00 ***	0.06 ***
312 - 327	95 - 100	8.00 ***	0.06 ***
328 - 344	100 - 105	13.00 ***	0.09 ***
345 - 361	105 - 110	20.00 ***	0.14 ***
362 - 400	110 - 122	19.00 ***	0.13 ***
401 - 450	122 - 137	18.00 ***	0.13 ***
451 - 500	137 - 152	24.00 ***	0.17 ***
501 - 550	152 168	19.00 ***	0.13 ***
> 550	> 168	3.00 ***	0.02 ***
Σ NO		143.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		408.16 ***	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

MONTH : JANUARY - DECEMBER		1981	
SHIP LENGTH		NO. PER YEAR	PROPORTION
[Feet]	[Meter]		
< 278	< 85	78.00 ***	0.04 ***
279 - 294	85 - 90	25.00 ***	0.02 ***
295 - 311	90 - 95	69.00 ***	0.04 ***
312 - 327	95 - 100	61.00 ***	0.04 ***
328 - 344	100 - 105	156.00 ***	0.10 ***
345 - 361	105 - 110	221.00 ***	0.14 ***
362 - 400	110 - 122	179.00 ***	0.11 ***
401 - 450	122 - 137	253.00 ***	0.16 ***
451 - 500	137 - 152	265.00 ***	0.16 ***
501 - 550	152 - 168	283.00 ***	0.17 ***
> 550	> 168	39.00 ***	0.02 ***
Σ NO.		1625.00 ***	
MEAN SHIP LENGTH [Feet]		412.55 ***	

ตารางที่ 4.3 จำนวนเรือทั้งหมดที่เข้าจอดที่ท่าเรือกรุงเทพฯ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เชือก เส้นที่เหลือ

4.1.2.5 การออก เรือ

จะทำการปล่อย เชือกทีละ เส้น โดยให้เหลือ เชือก เพียงหนึ่ง เส้นทั้งทางท้าย เรือและหัว เรือ และเชือก 2 เส้นทางลำเรือก่อน ที่จะทำการออก เรือ

4.1.2.6 สถานที่จอดคอยสำหรับ เรือลำ เลียง

ตามระ เบียบของการท่า เรือฯ เรือลำ เลียง จะไม่ได้รับอนุญาตให้จอดหรือผูก เรือกับหลักผูก เรือกลางน้ำ แต่ในทางปฏิบัติ เมื่อ ยังไม่มี เรือ เดินทะ เลมาจอดก็จะมี เรือลำ เลียงมาจอดคอยอยู่ที่หลักผูก เรือ จนกว่า จะมี เรือ เดินทะ เล

4.1.2.7 เรือลำ เลียง

สำหรับการขนส่งสินค้าออก ในแม่น้ำ เจ้าพระยา จะใช้ เรือลำ เลียงขนาด 500 ตัน ถึง 800 ตัน พ่วงกับ เรือยนต์ เล็กลากไปตาม ลำน้ำ เรือลำ เลียงจะสร้างด้วย เหล็ก โดยจะมียางกันกระแทกอยู่รอบตัว เรือ เพื่อ ป้องกันความ เสียหายขณะ เข้าจอด เทียบท่าหรือ เรือ เดินทะ เล โดยจะผูก เรือไว้กับ หลักผูก เรือกลางน้ำหรือผูกบนคาดฟ้าของ เรือ เดินทะ เล

4.2 หลัก เกณฑ์ในการออกแบบ

หลัก เกณฑ์การออกแบบหลักผูก เรือกลางน้ำแห่งนี้จะขึ้นอยู่กับ

- ลักษณะภูมิประ เทศบริ เวณที่จะสร้างหลักผูก เรือ
- ลักษณะของสภาพดิน เดิม
- ลักษณะของการ เข้าจอด เรือและผูก เรือ

4.2.1 สมมุติฐานในการออกแบบ

4.2.1.1 ขนาดและ เครื่องมือที่ใช้ของ เรือ เดินทะ เล

ขนาดใหญ่ที่สุดของ เรือ เดินทะ เลที่จะ เข้าจอดที่หลัก ผูก เรือจะมีขนาด 12,000 GRT กินน้ำลึก 8.25 ม. และมีความยาวไม่เกิน 172.0 ม. ขนาด เล็กที่สุดจะ เป็น 3,000 GRT มีความยาวประมาณ 100.0 ม. ข้อมูลของ เรือทั้งสองขนาดแสดงไว้ในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

	12,000 GRT	3,000 GRT
ความยาว	172.0 ม.	100.0 ม.
ความกว้าง	22.5 ม.	14.5 ม.
กินน้ำลึก	8.25 ม.	7.0 ม.
ความลึกของ เรือ (Moulded depth)	11.5 ม.	9.5 ม.
สัมประสิทธิ์ของตัว เรือ (Block coefficient)	0.56	0.55

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Radius of gyration	35.10 ม.	21.50 ม.
Displacement	18,000 ตัน	5,600 ตัน

เรือเดินทะเลจะมีเชือกที่หัวและท้ายเรือแห่งละ 3 ถึง 4 เส้น และที่ลำเรืออีก 1 หรือ 2 เส้น ซึ่งเชือกผูกเรือนี้จะทำด้วยลวดเหล็ก เชือกมะนิลา หรือสารสังเคราะห์พวกยาง (Sythetics) The international classification agencies ได้กำหนดไว้ว่า แรงที่ทำให้เชือกขาด (Breaking load of hawsers) (MBL) สำหรับเรือขนาด 12,000 GRT จะเป็น 325 กิโล-นิวตัน ซึ่งค่านี้ได้ใช้ในอู่ต่อเรือในเยอรมันนี แต่สำหรับผู้ผลิตเชือกผูกเรือจะใช้ค่า 360 กิโล-นิวตัน แต่เพื่อความปลอดภัยควรใช้ค่า 325 กิโล-นิวตัน ในการออกแบบและค่า MBL ของเรือขนาด 3,000 GRT จะเป็น 180 กิโล-นิวตัน

ตารางที่ 4.5 จะแสดงพื้นที่รับลมของตัวเรือ

ตารางที่ 4.5

	12,000 GRT	3,000 GRT
ตามยาว (เรือเปล่า) A_L	1,860 ม.^{2}	630 ม.^{2}
ตามขวาง (เรือเปล่า) A_T	460 ม.^{2}	210 ม.^{2}
ตามยาว (บรรทุกน้ำหนัก) A_L	770 ม.^{2}	300 ม.^{2}
ตามขวาง (บรรทุกน้ำหนัก) A_T	320 ม.^{2}	150 ม.^{2}

4.2.1.2 ออกแบบความลึกของท้องน้ำ

ท้องน้ำจะมีความลึก -10.5 ม. CD เมื่อมีการขุดลอกเพื่อใช้งานแล้วแต่อย่างไรก็ตามการกำหนดความลึกของท้องน้ำนอกจากจะใช้ระดับก้นน้ำลึกของเรือที่จะเข้าเทียบมาพิจารณาแล้ว ลักษณะสภาพดินบริเวณนั้นต้องนำมาพิจารณาด้วย

4.2.1.3 ออกแบบความเร็วลม

จากข้อมูลทางอุตุนิยมวิทยาในหัวข้อ 4.1.1.4 จะได้ความเร็วลมเฉลี่ย 30.9 เมตร/วินาที หรือเท่ากับลมพัดใน 3 วินาที 60 น็อต พัดในทิศตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นทิศทางการจอดเรือตามขวาง และความเร็วลมเฉลี่ย 23.2 เมตร/วินาที หรือเท่ากับลมพัดใน 3 วินาที 45 น็อต พัดในทิศตะวันตกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงใต้ซึ่งเป็นทิศทางการจอดเรือตามยาว

The OCIMF (Oil Companies International Marine Forum)(15) ได้กำหนดการออกแบบโครงสร้าง

สำหรับผูกเรือไว้ว่าจะต้องใช้ความเร็วลมที่พัดใน 30 วินาที (30- second gust) และจาก The "Handbook of Ocean and Underwater Engineering" (M.C. Grow Hill,1969)(2)ได้มีแผนผังสำหรับเปลี่ยนความเร็วลมในช่วงเวลาต่าง ๆ ดังรูปที่ 4.3 จากอัตราส่วน 1.310 : 1.516 = 0.864 สามารถที่จะเปลี่ยนความเร็วลมที่พัดใน 3 วินาที เป็นความเร็วลมที่พัดใน 30 วินาที ได้ดังนี้

60 x 0.864 = 51.8 , ประมาณ 52 น็อตในทิศตามขวางการจอด

45 x 0.864 = 38.3 , ประมาณ 39 น็อตในทิศขนานกับการจอด

4.2.1.4 ออกแบบกระแสน้ำขึ้นน้ำลง

ความเร็วของกระแสน้ำสูงสุดคือ 3 น็อต หรือเท่ากับ 1.55 ม./วินาที จะคิดทั้งในเวลาน้ำขึ้นน้ำลง ทิศทางจะทำมุม 3° กับเรือที่จอดในแนวยาวทั้งเวลาน้ำขึ้นและน้ำลง

4.2.1.5 ออกแบบความเร็วของเรือที่แล่นผ่าน

เพื่อที่จะหาภาวะที่มีแรงกระทำกับหลักผูกเรือมากที่สุด อิทธิพลของ Hydrodynamic ขณะเรือแล่นผ่านบริเวณหลักผูกเรือด้วยความเร็ว 6 หรือ 10 น็อต จะต้องนำมาพิจารณาด้วย และระยะทางระหว่างหลักผูกเรือกับเรือที่แล่นผ่านไปมาประมาณ 60 ถึง 150 เมตร

4.2.1.6 ออกแบบความเร็วของเรือที่เข้าจอด

ในการออกแบบสิ่งที่จะทำให้หลักผูกเรือเสียหายได้มากที่สุด คือ การกระแทกของเรือขณะเข้าจอด เมื่อพิจารณาถึงค่าก่อสร้าง การกำหนดความเร็วในการเข้าจอดของเรือจะเป็นการประหยัดโครงสร้างได้เป็นอย่างดี ในการเข้าจอดจะกำหนดให้ใช้เรือโยง (Tug Boat) อย่างน้อยหนึ่งลำเพื่อใช้ช่วยในการเข้าจอด โดยที่เรือเดินทะเลจะต้องจอดเทียบด้วยความเร็ว 0.25 เมตร/วินาที ทำมุม 90° กับแนวหลักผูกเรือ

4.2.1.7 ตำแหน่งของเรือขณะเข้าจอด

ในการเข้าจอดเทียบเรือจะต้องทำมุมระหว่าง 0° ถึง 15° กับแนวหลักผูกเรือ และจุดศูนย์ถ่วงของเรือขณะเข้าจอดจะต้องห่างจากจุดที่เรือเข้ากระแทกไม่เกิน 15 เมตร

4.2.1.8 Hydroynamic Effects ขณะเข้าจอดใช้สูตรของ Prof Costa,Lisboa

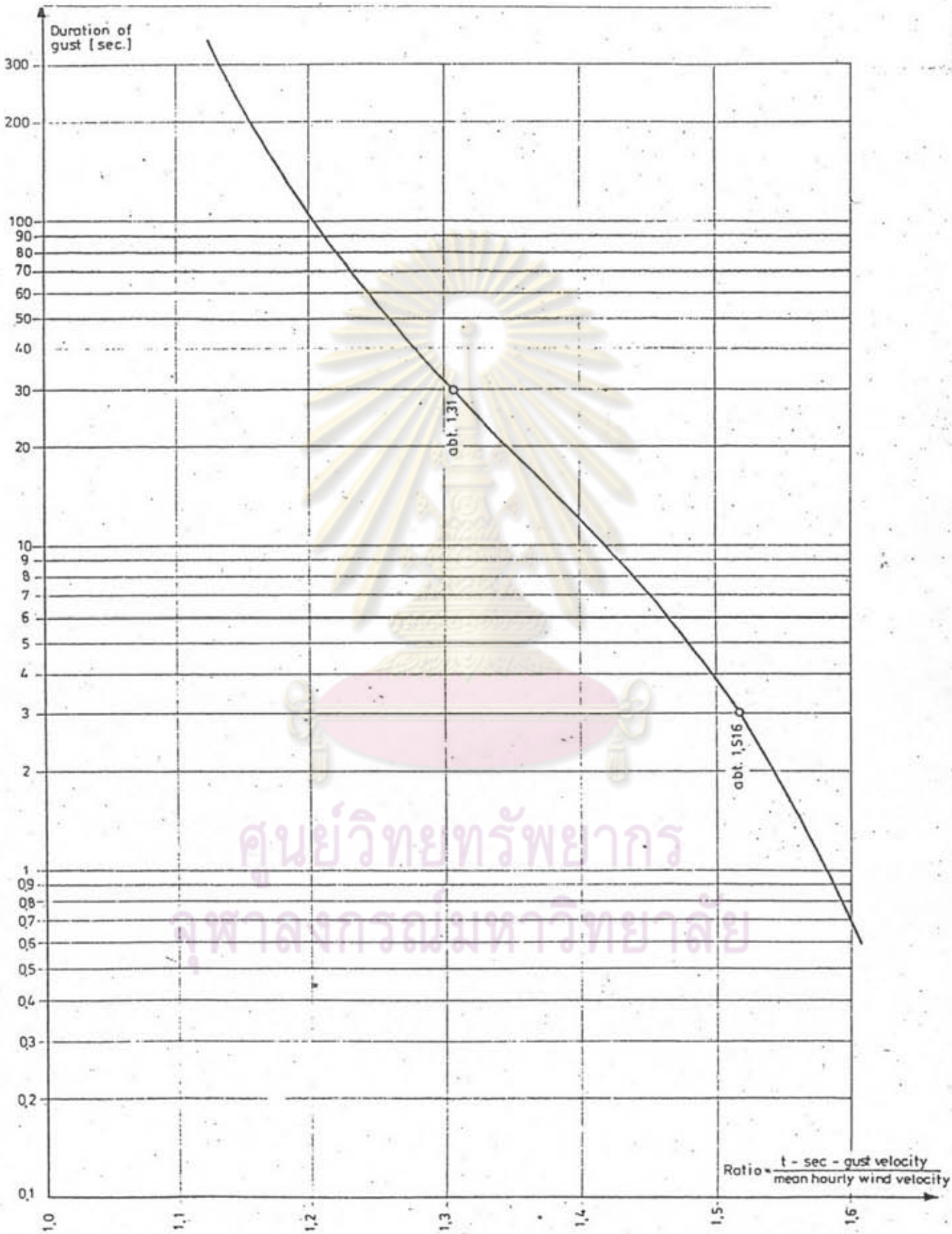
$$C_M = 1 + \frac{2D}{B}$$

เมื่อ D = ระยะกินน้ำลึกของเรือ

B = ความกว้างของเรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.3 Data on Probable Value of Maximum Gust Factors Averaged over Short Periods of Time



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.9 Elastic Energy Absorption ของลำตัวเรือขณะเข้าจอด

สมมุติว่า 5% ของพลังงานที่เกิดขึ้นขณะกระแทกจะถูกดูดไว้โดยลำตัวของเรือ ดังนั้นจะเหลือพลังงานอีก 95% ที่กระทำกับหลักรับแรงกระแทก (C_p = 0.95)

4.2.1.10 ผังบริเวณของหลักผูกเรือ

จะมีหลักผูกเรือทั้งหมด 25 หลัก เป็นหลักรับแรงกระแทก (Breasting Dolphin) 16 หลัก บริเวณแนวรับแรงกระแทกและหลักผูกเรือ (Mooring Dolphin) 9 หลัก อยู่หลังแนวรับแรงกระแทกออกมา 25 เมตร ดังแสดงในรูป 4.4 หลักรับแรงกระแทกแต่ละหลักจะอยู่ห่างกัน 45 เมตร เพื่อที่เรือขนาด 12,000 GRT จะค้นอยู่กับหลักในตำแหน่งที่ไม่เกิน 1 ใน 4 ของตัวเรือ และระยะห่างของหลักผูกเรือแต่ละหลักจะเป็น 190 เมตร หรือ 200 เมตร การวางผังตำแหน่งของหลักผูกเรือต่างกันจะทำให้แรงที่กระทำต่อหลักผูกเรือต่างกัน ซึ่งจะทำให้ผลการออกแบบแตกต่างกันได้

4.2.1.11 ออกแบบความสามารถในการดูดซึมพลังงาน (Energy Absorption Capacity)

เรือที่เข้าจอดเกิด Excentric 15 เมตร และมุมที่เข้าจอด 15 กับแนวหลักรับแรงกระแทกดังรูป 4.5 ความสามารถในการดูดซึมพลังงานของหลักรับแรงกระแทกจะเป็นดังนี้

$$E = \frac{18,000}{2 \times 9.81} \times 1.733 \times 0.95 \times \frac{35.1^2 + 15.58^2 \times \cos^2 28.78^\circ}{35.1^2 + 15.58^2} \times 0.25^2$$

= 90.8 ตัน-เมตร ~ 900 กิโล-นิวตัน-เมตร

ในกรณีที่จุดศูนย์ถ่วงของเรือกระแทกกับหลักรับแรงกระแทก พลังงานจะสูงขึ้นคิดว่าเป็น 950 กิโล-นิวตัน-เมตร

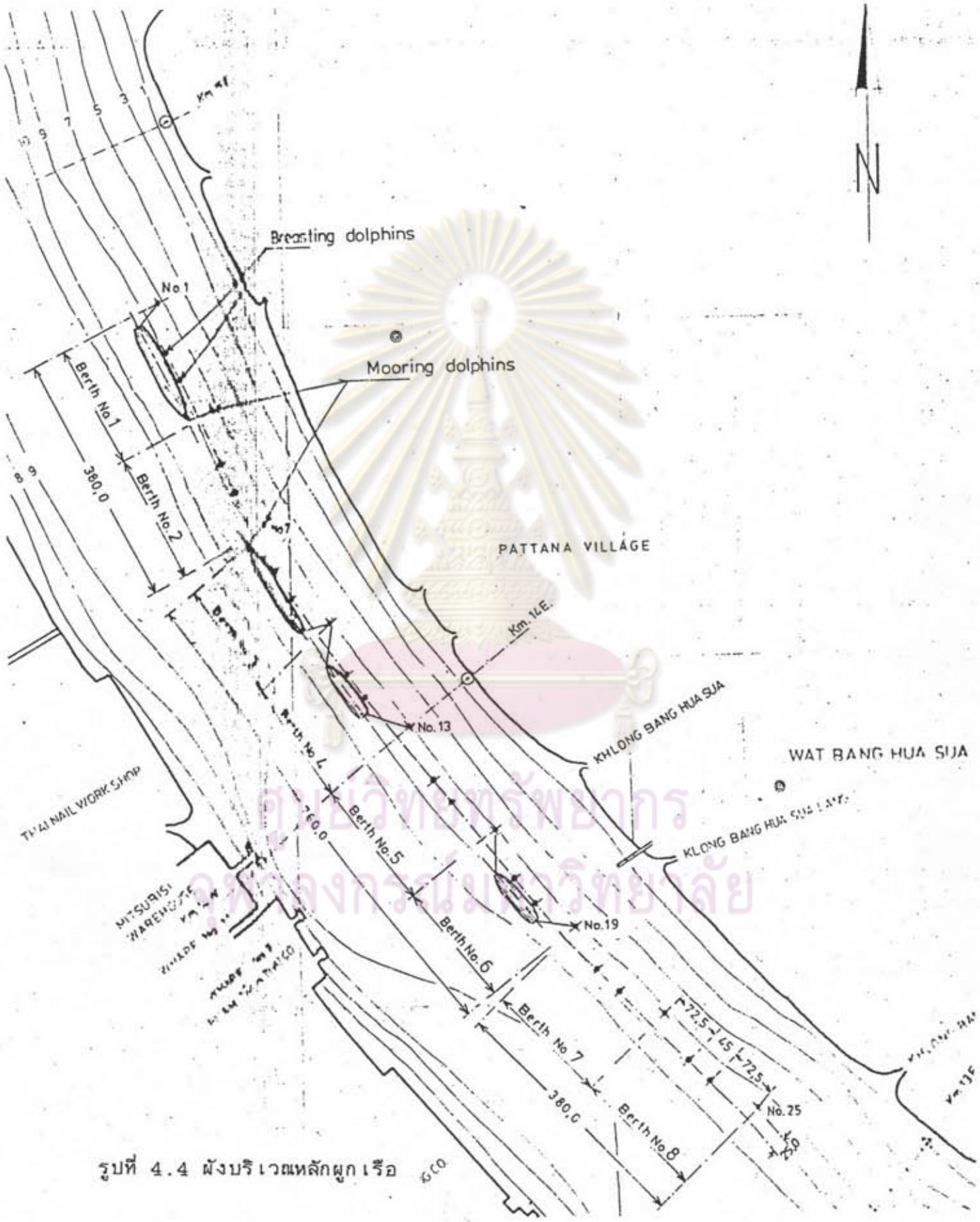
4.2.1.12 ออกแบบระดับที่เรือเข้ากระแทกกับหลักรับแรงกระแทก

จุดที่กระแทกจะขึ้นอยู่กับชนิดและตำแหน่งของยางกันกระแทกของหลักผูกเรือ (Dolphin Fendering) ในการออกแบบเบื้องต้นกำหนดให้อยู่ที่ระดับน้ำทะเลปานกลาง

4.2.1.13 ออกแบบแรงดึงของเรือขณะผูกเรือ

การคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ข ซึ่งจะได้แรงที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงลมและกระแสน้ำกระทำกับเรือขนาด 12,000 GRT เท่ากับ 528 กิโลนิวตัน หรือประมาณ 53 ตัน เมื่อผูกเรือ 2 ลำ โดยมีเชือกจากหัวเรือและท้ายเรือผูกกับหลักผูกเรือจะเกิดแรงที่ดึงในแนวดึงฉากกับแนวหลักผูกเรือ (F_T) เท่ากับ 106 ตัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.4 ผังบริเวณหลักผูกเรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แรงที่เกิดในแนวหลักผูกเรือ (F_L) การคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ข

F_L = 136 x sin 25 + 152 x sin 26 + 167 x sin 28 + 141 x sin 31
= 275 กิโลนิวตัน (12,000 GRT)

F_L = 95 x sin64 + 94 x sin66 + 87 x sin68 + 97 x sin63
= 338 กิโลนิวตัน (3,000 GRT)

ซึ่งจากตัวเลขข้างต้นหลักผูกเรือจะต้องรับแรง F_L ได้ไม่ต่ำกว่า 35 ตันแต่โดยทั่วไปจะให้หลักผูกเรือสามารถรับแรงได้ 106 ตัน ในทุกทิศทาง

สำหรับหลักรับแรงกระแทก เมื่อผูกเรือหลักรับแรงกระแทกจะเกิดแรงที่กระทำตั้งฉากกับแนวหลักผูกเรือ (DT) เนื่องจากลมและน้ำขึ้นน้ำลงเท่ากับ

$$DT = \frac{528 \times 90.5 - 136 \times 45.5}{45} = 924 \text{ กิโลนิวตัน} \sim 95 \text{ ตัน}$$

ในการออกแบบจะใช้ DT ในการคำนวณเพื่อให้หลักรับแรงกระแทกรับแรง DT ได้ทุกทิศทาง

4.2.1.14 ระดับของ Platform Deck

ระดับของ PLatform Deck จะอยู่ที่ +2.20 ม. MSL โดยดูจากระดับน้ำสูงสุด

4.2.1.15 ออกแบบระดับที่จะผูกเชือก

ระดับของ Platform Deck อยู่ที่ + 2.20 ม. MSL ดังนั้นระดับของทุกเหล็กผูกเรือ (Steel Bollards) จะอยู่ที่ + 2.50 ม. MSL

4.2.1.16 การแอ่นตัวของหลักผูกเรือ

การแอ่นตัวจะหาได้จากสูตร

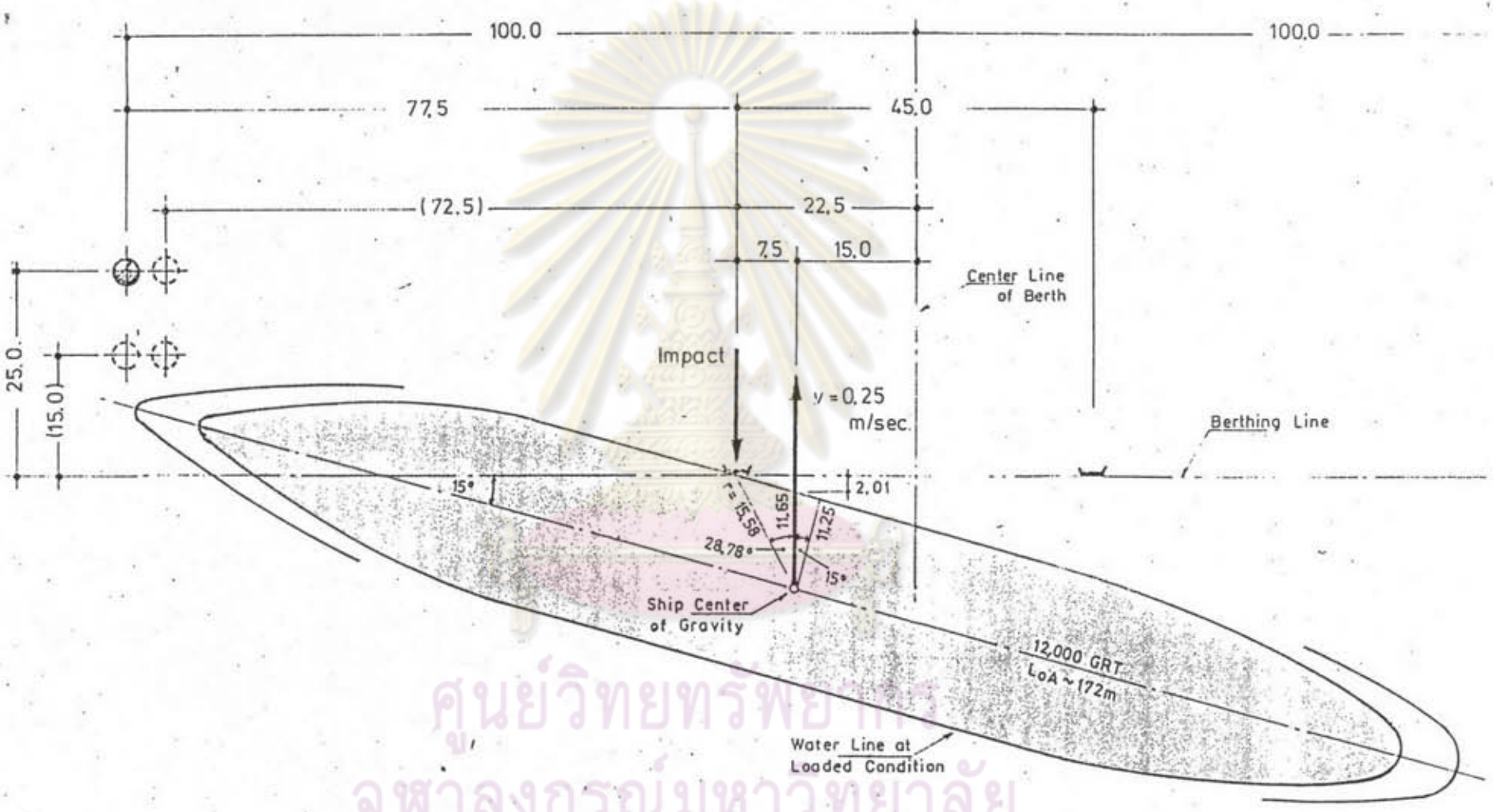
$$Y = \frac{2 \times E}{P}$$

E = ความสามารถในการดูดซึมพลังงานของยางกันกระแทก

P = แรงเนื่องจากการกระแทก

ในกรณีทั่ว ๆ ไป เมื่อยางกันกระแทกมีคุณภาพสูงจะเกิดการคัดประมาณ 0.75 ถึง 1.50 ม.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.5 แสดงการกำหนดขนาดของเรือ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.17 พารามิเตอร์ของชั้นดิน

C_u = 4.2 ตัน/ม^2

q_a = 125.0 ตัน/ม^2 (แรงต้านทานที่ปลายเข็ม)

q_{sm} = 5.0 ตัน/ม^2 (แรงต้านทานที่ผิวของเข็ม)

ข้อมูลของสภาพดินแสดงไว้ในภาคผนวก ง

4.2.1.18 ตัวประกอบปลอดภัย (Sefety Factors)

ตัวประกอบปลอดภัยที่ใช้กับจุดคลากของเหล็ก

- สำหรับเรือที่เข้ากระแทก v = 1.0
- สำหรับเรือที่ผูกกับหลักผูกเรือ v = 1.5

ตัวประกอบปลอดภัยที่ใช้กับความสามารถในการรับแรงประลัย

- สำหรับเรือที่เข้ากระแทก
  - . แรงอัด v = 1.75
  - . แรงดึง v = 2.0
- สำหรับเรือที่ผูกกับหลักผูกเรือ
  - . แรงอัด v = 1.5
  - . แรงดึง v = 1.5

4.2.2 วิธีการออกแบบ

4.2.2.1 การออกแบบหลักรับแรงกระแทกแบบยึดหยุ่น

การคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก จ ในการออกแบบจะใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 36,45,56,65 และ 70 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} มาใช้คำนวณเพื่อหาขนาดของหลักผูกเรือที่ประหยัดที่สุดจะมีตัวเลือกทั้งหมด 33 ตัว ดังแสดงไว้ในตาราง 4.6 ถึง 4.10 จะพิจารณาจากกราฟในรูป 4.6

หลักรับแรงกระแทกแบบที่ 1 ถึง 5 จะใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 36 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} จะมีความหนาของหลักสูงสุดมากกว่า 50 มม. ซึ่งหลักรับแรงกระแทกนี้ใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 36 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} นี้ไม่ควรใช้เนื่องจากไม่ประหยัดเพราะจะมีน้ำหนักต่อตันสูงเกิน 60 ตัน

หลักรับแรงกระแทกแบบที่ 6 ถึง 14 จะใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 45 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} แบบที่ 6 และ 7 ไม่ควรใช้เนื่องจากหนาเกินไป แบบที่ 8 ถึง 11 สามารถใช้ได้โดยมีน้ำหนักต่อตัน 41 ตัน

หลักรับแรงกระแทกแบบที่ 15 ถึง 23 จะใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 56 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} มีเฉพาะแบบที่ 19 ที่เหมาะสม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับหลักรับแรงกระแทกที่ใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 65 และ 70 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} มีเฉพาะแบบที่ 28 และ 33 ที่เหมาะสม จากการเปรียบเทียบราคาของเหล็กชนิดต่าง ๆ หลักรับแรงกระแทกแบบยึดหยุ่นที่มีความสามารถรับพลังงาน 950 กิโลนิวตัน-เมตร ทำด้วยเหล็กกลมที่มีจุดคลาก 70 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} เส้นผ่าศูนย์กลาง 130 ซม. และมีความหนา 30 มม. เป็นแบบที่ประหยัดที่สุด

4.2.2.2 การออกแบบหลักผูกเรือ

จากหัวข้อ 4.2.1.13 แรงดึงของเชือกขณะผูกเรือจะเป็น 1050 กิโลนิวตัน เมื่อพิจารณาตัวประกอบปลอดภัย 1.5 ตามหัวข้อ 4.2.1.18 แรงดึงของเชือกที่กระทำกับหลักผูกเรือจะเป็น 1600 กิโลนิวตัน ซึ่งจะนำมาใช้ในการออกแบบและแรงจะกระทำกับหลักที่ระดับ + 2.50 ม. MSL

ในการหาขนาดและชนิดเหล็กของหลักที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาถึงจุดคลากของเหล็กการคัดของเหล็ก และการรับพลังงานของหลัก ซึ่งจะอยู่ระหว่าง 290 กับ 600 กิโลนิวตันเมตร การคำนวณได้แสดงไว้ในภาคผนวก ฉ ผลของการคำนวณได้แสดงไว้ในตาราง 4.11 และ 4.12

หลักผูกเรือแบบที่ 1 ถึง 5 ใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 24 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} แบบที่ 2 เป็นแบบที่เหมาะสมที่สุด เนื่องจากมีน้ำหนักน้อย ความหนาพอควรและมีการแอ่นตัวไม่มากนัก

หลักผูกเรือแบบที่ 6 ถึง 10 ใช้เหล็กที่มีจุดคลาก 36 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} แบบที่ 6 และ 7 มีความหนาน้อยเกินไป แบบที่ 8 จะเป็นแบบที่ประหยัดเพราะมีน้ำหนักน้อยและการแอ่นตัวพอยอมรับได้

จากการเปรียบเทียบราคาของเหล็กชนิดต่าง ๆ หลักผูกเรือยึดหยุ่นสามารถรับแรงดึงได้ 1,600 กิโลนิวตัน ใช้ท่อเหล็กกลมเส้นผ่าศูนย์กลาง 215 ซม. เหล็กมีจุดคลาก 36 กิโลนิวตัน/ซม.^{2} และมีความหนา 25 มม. จะเป็นแบบที่ประหยัดที่สุด

4.2.3 ยางกันกระแทก

หลักรับแรงกระแทกจำเป็นต้องมียางกันกระแทกติดอยู่กับหลักเพื่อป้องกันความเสียหายของลำตัวเรือและหลักรับแรงกระแทกขณะเรือเข้าจอด ชนิด การออกแบบ และขนาดของยางกันกระแทกจะขึ้นอยู่กับแรงกระแทกสูงสุดที่เกิดขณะเรือเข้าจอด ชนิดของเรือที่เข้าจอดและลักษณะของยางกันกระแทก ยางกันกระแทกต้องมีคุณสมบัติต่อไปนี้

- พื้นที่ของยางกันกระแทกที่สัมผัสกับเรือจะต้องมากที่สุดเพื่อจะได้ถ่ายแรงกระแทกได้มากที่สุด
- หน้าสัมผัสของยางจะต้องอยู่หน้าโครงสร้างต่าง ๆ ของหลักเพื่อที่จะป้องกันไม่ให้โครงสร้างเสียหายขณะเรือเข้าจอด

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE BREASTING DOLPHIN DESIGNS

ENERGY ABSORATION CAPACITY A = 95 tm
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 36000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	1	2	3	4	5				
IMPACT FORCE	P (t)	200	210	220	230	240				
TUBE DIAMETER	d (m)	1,38	1,45	1,52	1.59	1,66				
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	21,00	20,99	20,99	20,98	20,97				
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	16	16	16	16	16				
	t1 (mm)	44	42	40	39	37				
	tp (mm)	77	72	67	63	60				
TOTAL PILE WEIGHT (EXCEPT PILE HEAD)	G (t)	65,99	65,29	64,67	64,15	63,73				
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	0,95	0,91	0,86	0,83	0,79				
STABILITY RATIO	R/tk=73	43,1	45,3	47,5	49,7	51,9				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE BREASTING DOLPHIN DESIGNS

ENERGY ABSORATION CAPACITY A = 95 tm
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 45000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	6	7	8	9	10	11	12	13	14
IMPACT FORCE	P (t)	100	150	170	180	190	200	210	240	260
TUBE DIAMETER	d (m)	0,79	1,18	1,34	1.42	1,50	1,58	1,66	1,90	2,06
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	19,27	19,22	19,20	19,19	19,18	19,17	19,17	19,16	19,17
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	16	16	16	16	16	16	16	17	18
	tl (mm)	59	37	33	31	30	29	28	25	25
	tp (mm)	131	61	51	48	45	42	40	34	31
TOTAL PILE WEIGHT (EXCEPT PILE HEAD)	G (t)	51,53	42,66	41,77	41,49	41,29	41,16	41,10	41,53	42,42
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	1,90	1,27	1,12	1,06	1,00	0.95	0.91	0.79	0.73
STABILITY RATIO	R/tk=57	24,7	36,9	41,9	44,4	46,9	49,4	51,9	55,9	57,2

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE BREASTING DOLPHIN DESIGNS

ENERGY ABSORATION CAPACITY A = 95 tm
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 56000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	15	16	17	18	19	20	21	22	23
IMPACT FORCE	P (t)	100	120	130	140	150	160	170	190	200
TUBE DIAMETER	d (m)	0,90	1,08	1,17	1.27	1,36	1,45	1,54	1,71	2,79
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	17,62	17,59	17,58	17,57	17,57	17,57	17,58	17,63	17,68
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	16	16	16	16	16	16	17	18	19
	t1 (mm)	35	30	28	26	25	22	23	22	22
	tp (mm)	57	45	40	37	34	31	29	26	25
TOTAL PILE WEIGHT (EXCEPT PILE HEAD)	G (t)	28,63	27,71	27,52	27,45	27,50	27,62	28,18	29,46	30,67
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	1,90	1,58	1,46	1,36	1,27	1,19	1,12	1,00	0,95
STABILITY RATIO	R/tk=47	28,1	33,8	36,6	39,7	42,5	45,3	45,3	47,5	47,1

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE BREASTING DOLPHIN DESIGNS

ENERGY ABSORATION CAPACITY A = 95 tm
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 65000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	24	25	26	27	28				
IMPACT FORCE	P (t)	100	120	130	140	150				
TUBE DIAMETER	d (m)	0,99	1,19	1,29	1,38	1,47				
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	15,56	15,56	16,58	16,63	16,7				
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	16	16	17	18	19				
	t1 (mm)	26	23	22	22	22				
	tp (mm)	37	30	28	26	24				
TOTAL PILE WEIGHT (EXCEPT PILE HEAD)	G (t)	20,92	21,06	21,65	22,54	23,72				
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	1,90	1,58	1,46	1,36	1,27				
STABILITY RATIO	R/tk=40	30,9	37,2	37,9	38,3	38,7				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

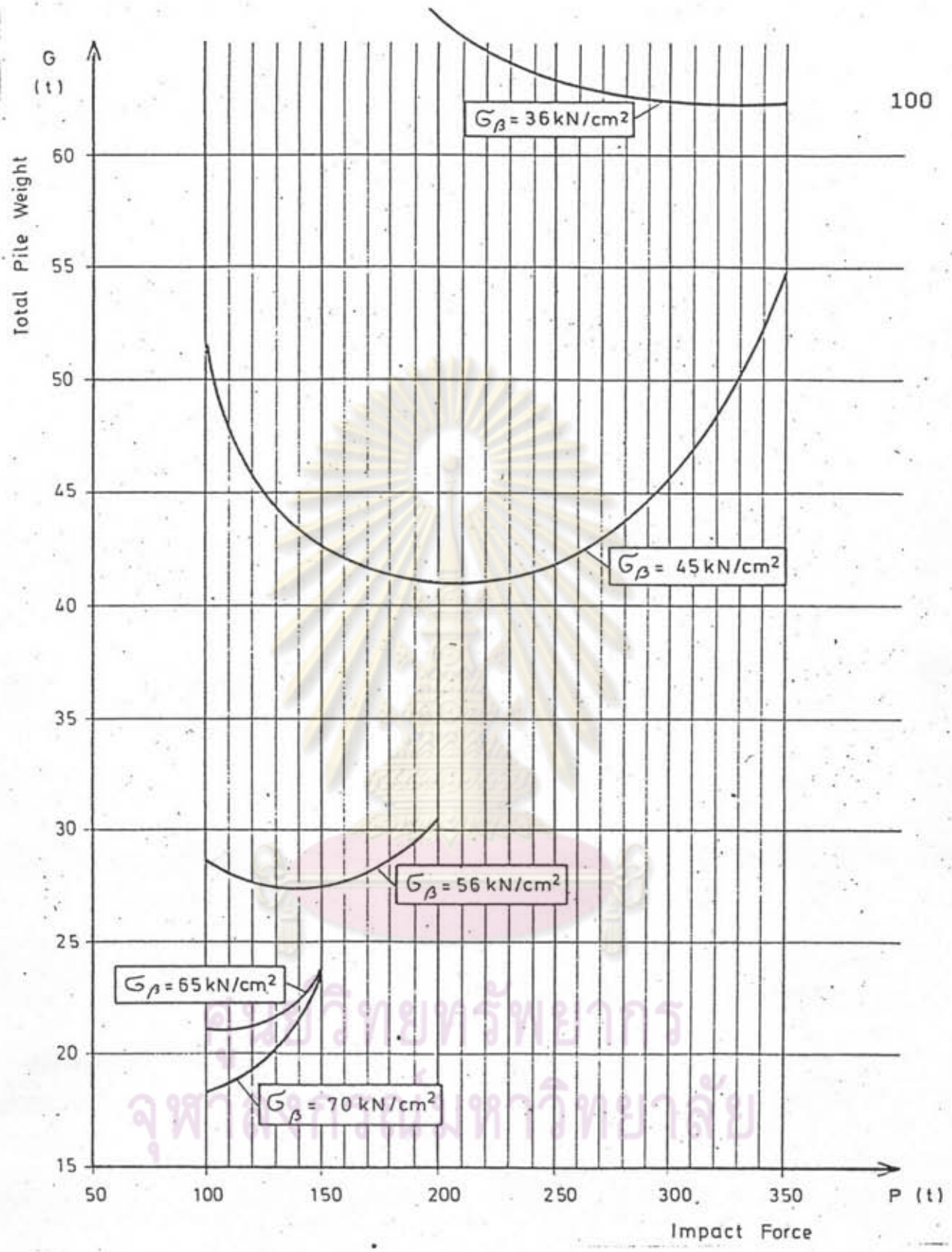
ตารางที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE BREASTING DOLPHIN DESIGNS

ENERGY ABSORATION CAPACITY A = 95 tm
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 70000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	29	30	31	32	33				
IMPACT FORCE	P (t)	100	120	130	140	150				
TUBE DIAMETER	d (m)	1,04	1,24	1,33	1,42	1,50				
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	16,07	16,12	16,20	16,30	16,44				
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	16	17	18	19	20				
	t1 (mm)	23	21	21	21	21				
	tp (mm)	31	25	23	22	21				
TOTAL PILE WEIGHT (EXCEPT PILE HEAD)	G (t)	18,34	19,31	20,36	21,72	23,35				
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	1,90	1,58	1,46	1,36	1,27				
STABILITY RATIO	R/tk=38	32,5	36,5	36,9	37,4	37,5				

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือที่มีจุดคลากต่าง ๆ กัน

- เรือจะต้องเข้าจอดได้ทุกเวลาไม่ว่าขณะน้ำขึ้นน้ำลง

จากเงื่อนไขดังกล่าวยางกันกระแทกที่จะใช้กับหลักผูกเรือจะใช้ได้ 3 ชนิด คือ

1. ยางกันกระแทกที่ยึดแน่นกับหลัก

2. ยางกันกระแทกที่สามารถหมุนได้รอบแกนตั้งและแกนนอน ส่วนวัสดุที่จะใช้ได้มี 2 ชนิด คือ

- ไม้

- ยางสังเคราะห์ (Polyethylene)

ยางกันกระแทกที่ใช้กับหลักผูกเรือที่ยางหัวเสือนี้จะใช้ขนาด 3.0 x 2.4 = 7.2 ม.^{2} รับแรงกระแทกได้สูงสุด 1600 กิโลนิวตัน สามารถหมุนได้รอบแกนนอน โดยจะหมุนได้ประมาณ 25° โดยมีเหตุผลในการเลือก คือ

- ยางกันกระแทกที่ยึดแน่นกับหลักไม่เหมาะสมกับหลักรับแรงกระแทกแบบยืดหยุ่น เนื่องจากหลักจะมีการแอ่นตัวถ้ายางกันกระแทกยึดแน่นจะทำให้พื้นที่รับแรงกระแทกของยางน้อยลง

- ยางกันกระแทกที่สามารถหมุนได้รอบแกนนอนจะเหมาะสมในการปฏิบัติงานและค่าก่อสร้างพอสมควร

- ยางกันกระแทกที่สามารถหมุนได้รอบแกนตั้งและแกนนอนไม่เหมาะสมกับโครงการนี้เนื่องจากลงทุนสูง และไม่เหมาะสมกับหลักเกณฑ์ในการออกแบบและการเข้าจอดเรือของโครงการนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE MOORING DOLPHIN DESIGNS

ENERGY ABSORATION CAPACITY P = 160 t
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 24000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	1	2	3	4	5				
THEOR ENERGY ABSORPTION CAPACITY	A (tm)	15	20	25	30	40				
TUBE DIAMETER	d (m)	3,85	2,52	2,27	2,02	1,66				
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	11,70	13,13	14,01	15,03	16,98				
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	17	25	23	20	17				
	t1 (mm)	17	25	28	31	40				
	tp (mm)	17	26	32	42	66				
TOTAL PILE WEIGHT	G (t)	37,18	47,39	46,50	50,0	65,87				
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	0,19	0,25	0,31	0,38	0,50				
STABILITY RATIO	R/tk=104	89,7	50,4	49,4	50,5	48,8				

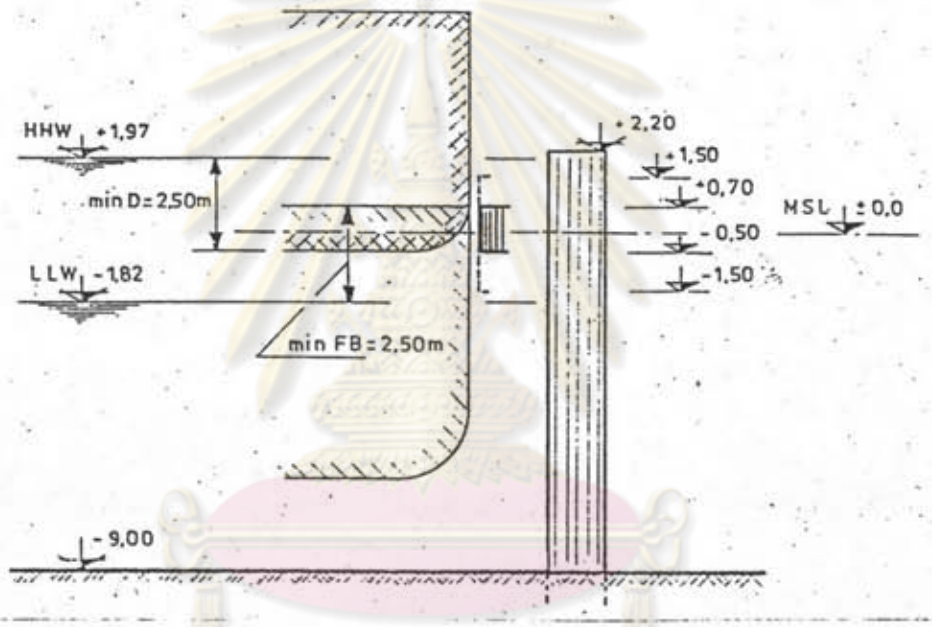
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบหลักผูกเรือขนาดต่าง ๆ

COMPARISON OF ALTERNATIVE MONO-PILE MOORING DOLPHIN DESIGNS

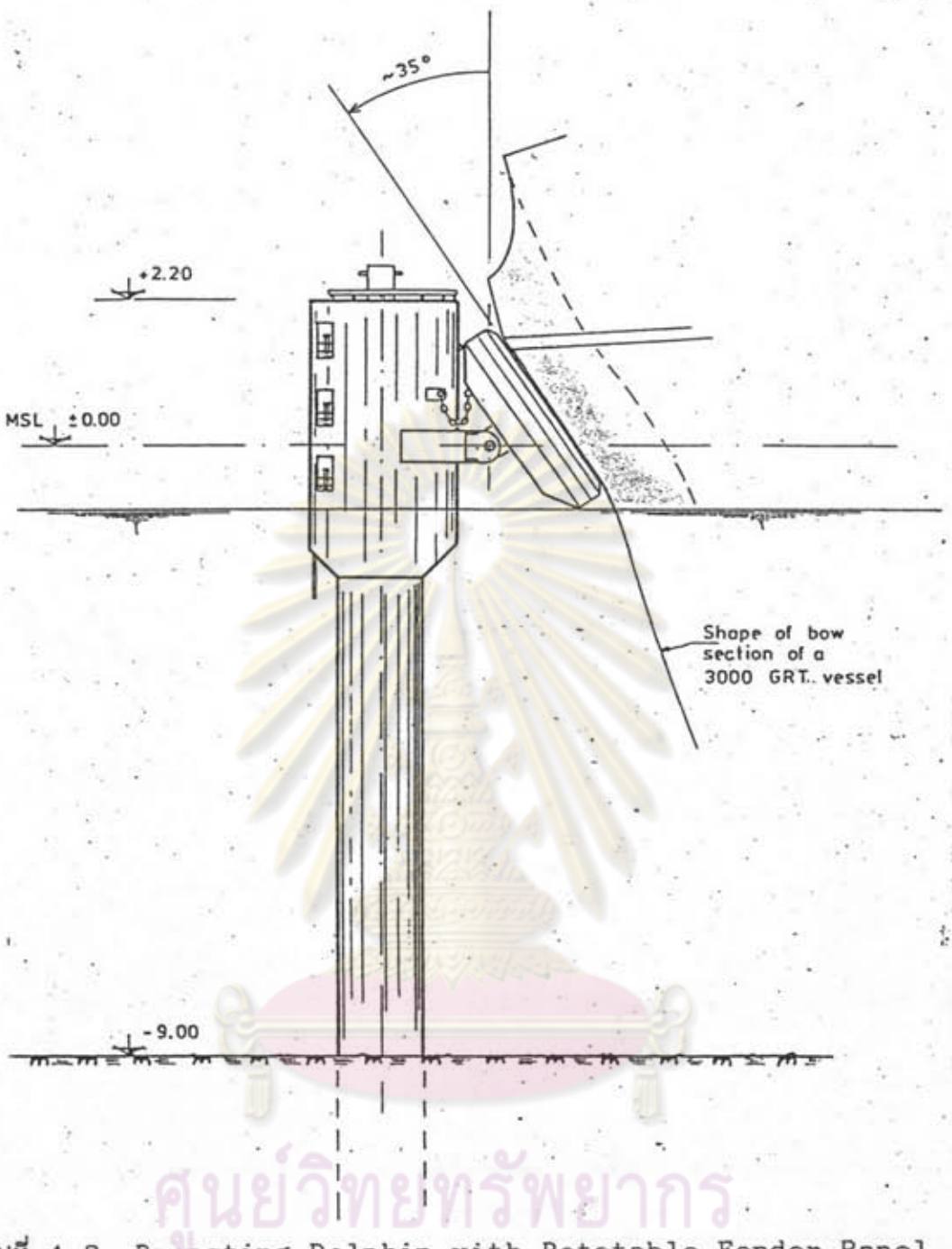
ENERGY ABSORATION CAPACITY A = 160 t
MAX. STEEL YIELD STRESS OP = 36000 t/m^2

DOLPHIN DESIGN NO.	-	6	7	8	9	10				
THEOR ENERGY ABSORPTION CAPACITY	A (tm)	29	30	40	50	60				
TUBE DIAMETER	d (m)	2,57	2,51	2,12	1,88	1,67				
REQUIRED DRIVING DEPTH	t (m)	12,97	13,17	14,61	15,71	16,91				
REQUIRED TUBE WALL THICKNESSES	tk (mm)	16	17	22	19	17				
	t1 (mm)	16	17	23	25	29				
	tp (mm)	16	17	25	32	42				
TOTAL PILE WEIGHT	G (t)	30,80	32,05	37,78	38,87	43,12				
ELAST DOLPHIN DEFILECTION	Y (m)	0,36	0,38	0,50	0,63	0,75				
STABILITY RATIO	R/tk=73	80,3	73,8	48,2	49,5	49,1				



รูปที่ 4.7 แสดงระดับที่เรือ เข้ากระแทก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 Breasting Dolphin with Rotatable Fender Panel

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 อุปกรณ์ที่ใช้กับหลักผูกเรือ

4.2.4.1 พุก

จะใช้พุกคู่แบบมาตราฐานทำด้วยเหล็กหล่อดังรูป 4.9

4.2.4.2 ขอสำหรับผูกเรือ (Mooring Hooks)

ขอสำหรับผูกเรือใช้สำหรับผูกเรือลำเลียงเรือเล็ก จะอยู่ที่ระดับ -0.60 ม.+0.40 ม. และ+1.40 ม. MSL ทั้งสองข้างของบันไดจะออกแบบขอให้แรงรับดึงได้ 150 กิโลนิวนิวตัน

4.2.4.3 บันได

ทุก ๆ หลักจะต้องมีบันไดเพื่อจะใช้ในการปฏิบัติงานและบำรุงรักษา โดยบันไดจะต้องต่ำลงมาถึง -1.50 ม. MSL

4.2.4.4 ราวกันตกและเลขที่หลัก

4.2.4.5 Platform

พื้นที่ของ Platform จะต้องเพียงพอที่จะใช้งานและติดตั้งอุปกรณ์และสัญญาณที่จะใช้ในการจอดเรือ

4.2.5 สัญญาณไฟ

ตามหลักการหลักผูกเรือจะต้องมีไฟสัญญาณและไฟแสงสว่างตลอดเวลาเพื่อใช้ในการปฏิบัติการและเป็นสัญญาณของการเดินเรือ แต่เนื่องจากหลักผูกเรืออยู่กลางน้ำ การหาพลังงานไฟฟ้าถาวรเป็นสิ่งลำบาก ดังนั้นหลักผูกเรือจะใช้เฉพาะไฟสัญญาณโดยได้พลังงานจากแบตเตอรี่พลังงานแสงอาทิตย์

4.2.6 Cathodic Corrosion Protection

จะใช้ Zine - Anodes ในระบบป้องกันการกัดกร่อน โดยจะใช้จำนวนของ Anodes ดังนี้

- ระยะเวลาใช้งาน 15 ปี

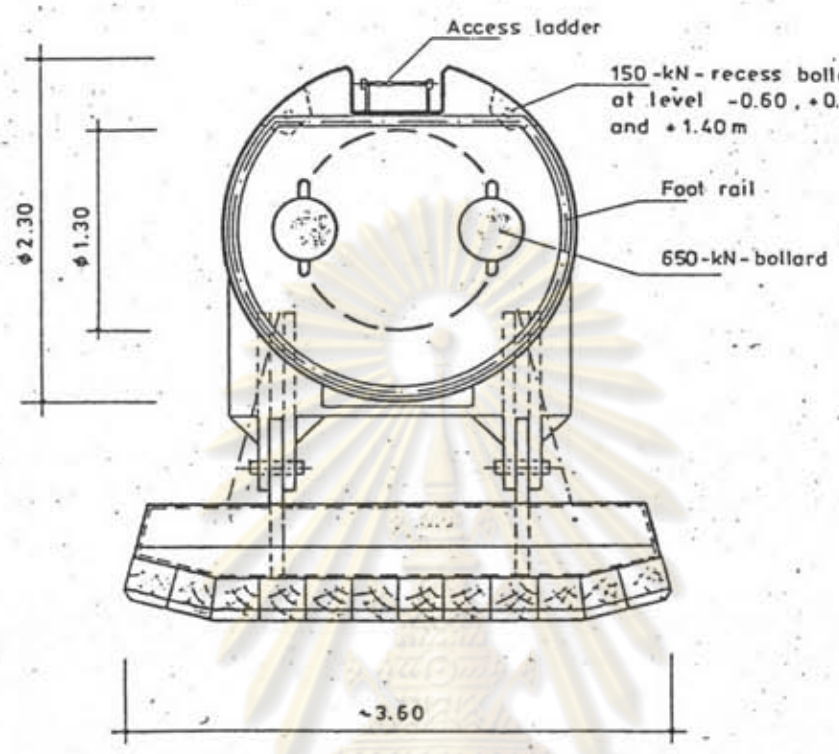
หลักผูกเรือเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 ม. ใช้ประมาณ 300 กก.
" " 1.7 ม. " 400 กก.
" " 2.15 ม. " 500 กก.

- ระยะเวลาใช้งาน 10 ปี

หลักผูกเรือเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 ม. ใช้ประมาณ 220 กก.
" " 1.7 ม. " 280 กก.
" " 2.15 ม. " 300 กก.

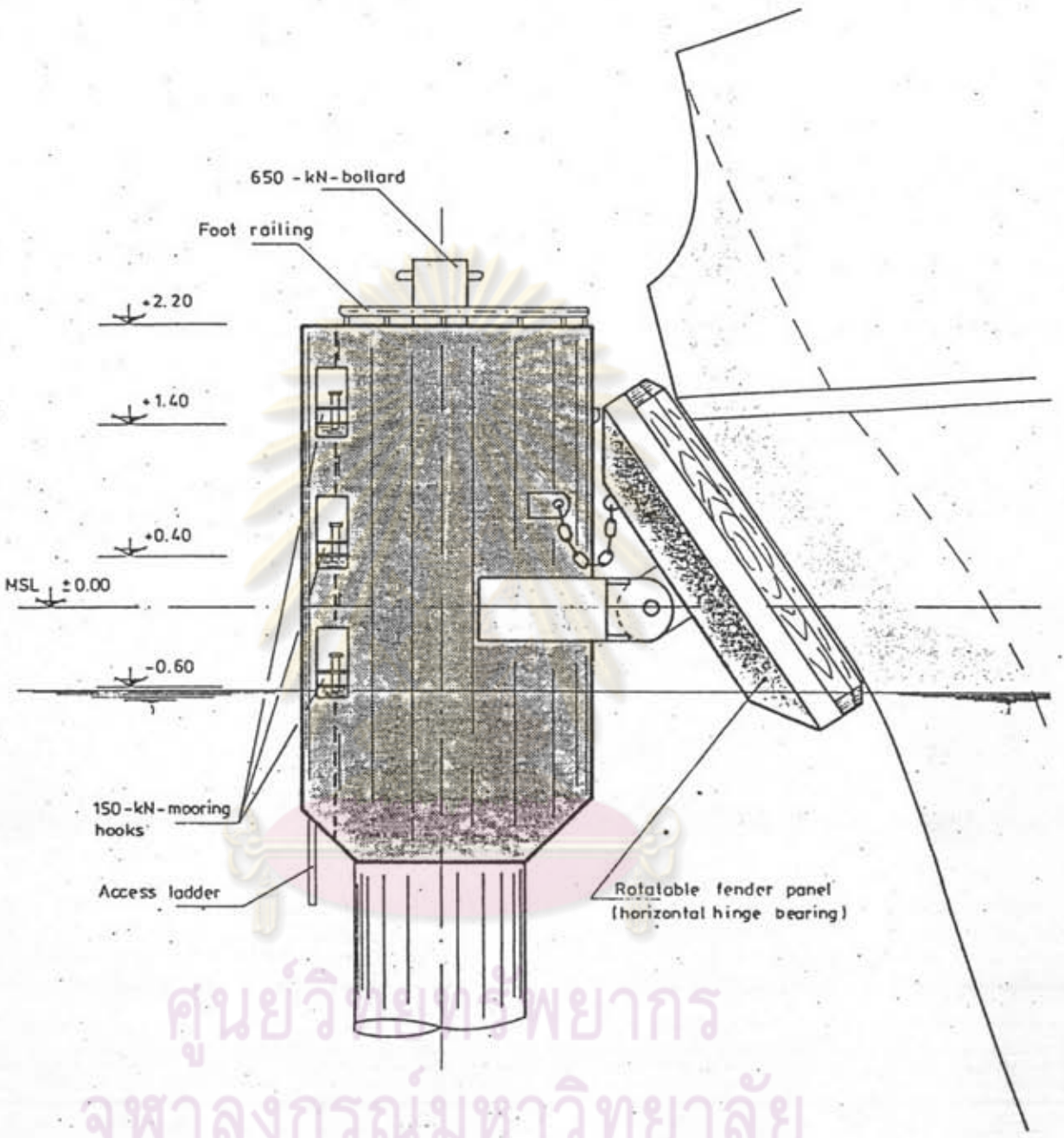
ตำแหน่งการติดตั้งได้แสดงไว้ในรูป 4.11 และ 4.12

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



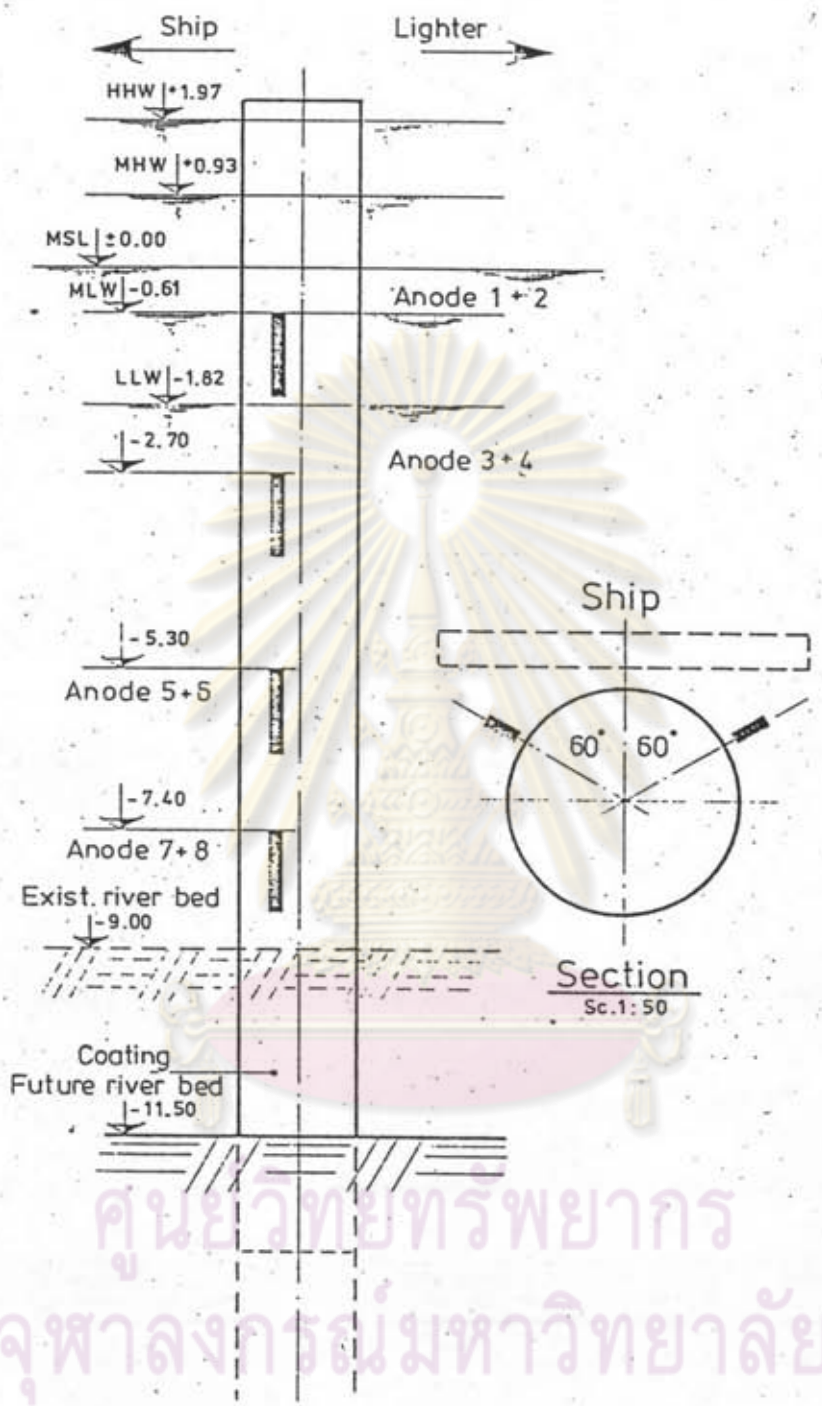
รูปที่ 4.9 Platform of Breasting Dolphin

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



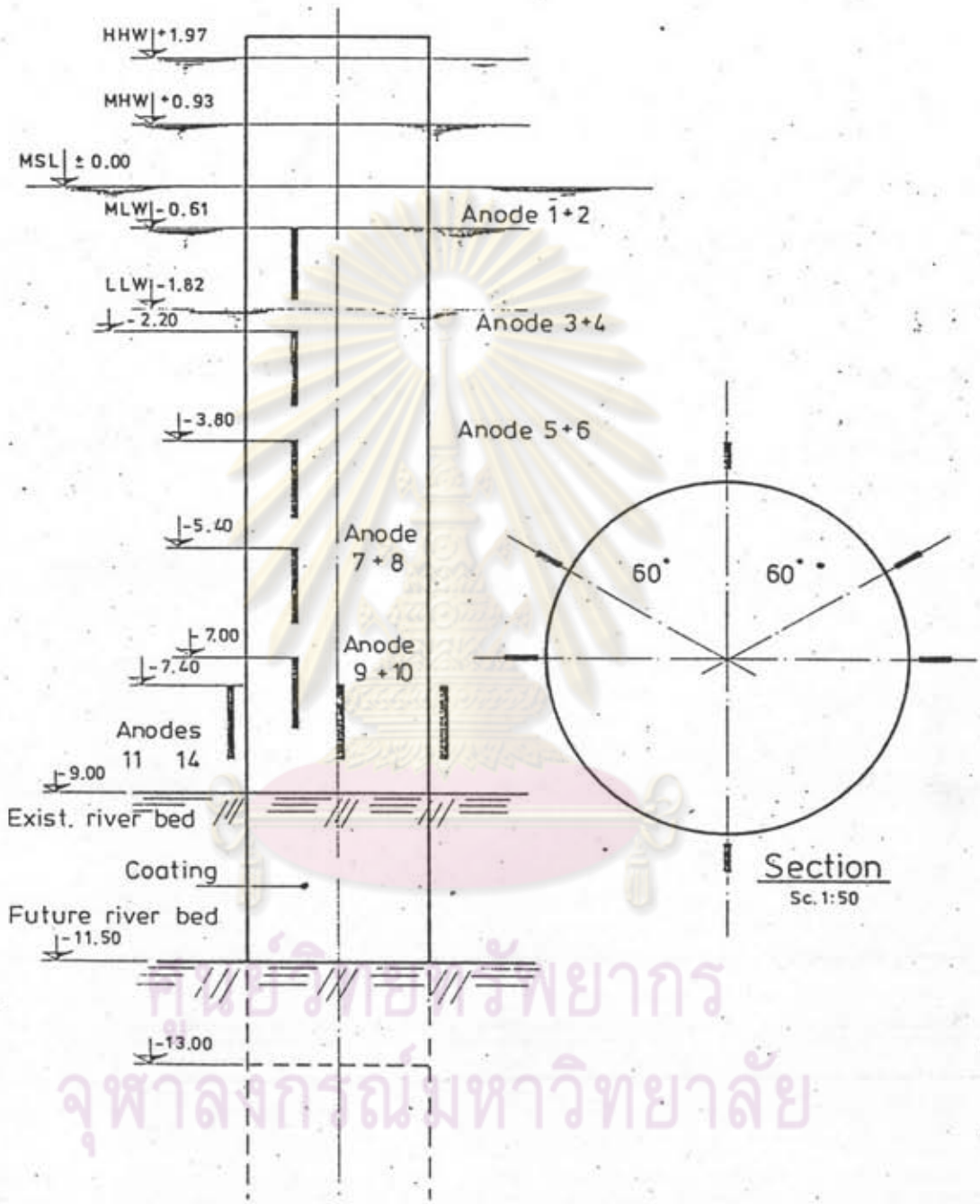
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.10 แสดงชอสำหรับผูกเรือ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.11 Cathodic Corrosion Protection System



รูปที่ 4.12 Cathodic Corrosion Protection System

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย