กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย

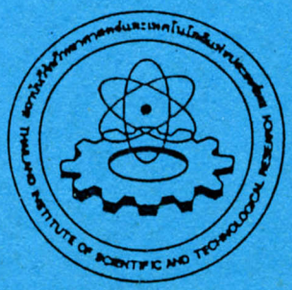
โครงการก่อสร้างระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสีย

เทศบาลเมืองนครปฐม

เอกสารประกอบการออกแบบ

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย



628.2(593นฐ)
สถบ
ล. 7

กันยายน 2533

กรมโยธาธิการ กระทรวงมหาดไทย

โครงการก่อสร้างระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสีย

เทศบาลเมืองนครปฐม

เอกสารประกอบการออกแบบ

จัดทำโดย

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

กันยายน 2533

ศูนย์ความรู้ (ศคร.)
KNOWLEDGE CENTRE (KLC)

017145

628.2(5934)
ศกป
ค.7

12 ต.ค. 2552

สารบัญ

		หน้า
1.	ระบบท่อระบายน้ำฝน	1-1
1.1	ระบบท่อระบายน้ำฝน	1-1
1.2	การคำนวณปริมาณน้ำหลาก	1-1
1.2.1	ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน	1-1
1.2.2	วิธีการคำนวณ	1-1
1.2.3	Rational Formula	1-3
1.2.3.1	พื้นที่รับน้ำ (Catchment Areas)	1-3
1.2.3.2	สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ (Coefficent of Runoff)	1-3
1.2.3.3	ช่วงเวลาที่น้ำสูงสุด	1-3
1.3	การคำนวณทางชลศาสตร์	1-6
1.3.1	Manning's Equation	1-6
1.3.2	ความสูญเสียเฮด (Head Losses)	1-6
1.3.3	การต่อเชื่อมเพื่อระบายน้ำล้น (Overflow Connection)	1-9
1.4	ที่ตั้งของทางระบายน้ำ	1-9
1.5	ท่อระบายน้ำเสีย	1-10
2.	การปรับปรุงคลองเจดีย์บูชา และประตูระบายน้ำ	1-10
2.1	การปรับปรุงคลองเจดีย์บูชา	1-10
2.2	ประตูระบายน้ำ	1-11

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1-1	แสดงบริเวณที่มีปัญหาการระบายน้ำ	1-2
1-2	อัตราฝนตก-คาบเวลา-คาบความถี่ของฝนของกรุงเทพมหานคร	1-4
1-3	ช่วงเวลาของน้ำไหลบนผิวดิน	1-7

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (C)	1-5
2	การสูญเสียเฮค	1-8

1. ระบบท่อระบายน้ำฝน

1.1 ระบบท่อระบายน้ำฝน

ระบบท่อระบายน้ำในเขตเทศบาลนครปฐมปัจจุบัน จะระบายน้ำลงคลองเจดีย์บูชาเป็นส่วนใหญ่ ยกเว้นท่อระบายน้ำบริเวณถนนเทศา ซึ่งจะระบายน้ำไปลงคลองห้วยจระเข้การระบายน้ำตามแนวถนนสำคัญหลายสายมีปัญหาน้ำท่วมขัง ได้แก่บริเวณถนนราชวิถีตรงแยกสระบัวและสามแยกถนนราชวิถีกับถนนหลังพระ บริเวณถนน 25 มกราตรงแยกหน้าสมาคมพ่อค้าและบริเวณที่ลุ่มทางด้านใต้ถนนเทศา (ดูรูปที่ 1-1) สาเหตุของน้ำท่วมขังที่สุดเหล่านี้เป็นเพราะท่อระบายน้ำที่มีอยู่เดิมมีขนาดเล็กไม่สามารถระบายน้ำได้ทัน

ได้พิจารณาแก้ปัญหาน้ำท่วมขังในบริเวณดังกล่าว โดยการวางท่อระบายน้ำใหม่ให้มีขนาดที่เพียงพอสำหรับการระบายน้ำในช่วงที่มีฝนตก การวางท่อระบายน้ำใหม่จะวางขนานกับท่อระบายน้ำเดิมและมีบ่อพักเพื่อรับน้ำส่วนใหญ่จากท่อระบายน้ำเดิมเป็นระยะ ๆ ท่อระบายน้ำใหม่ได้ออกแบบให้วางอยู่ใต้ผิวจราจร ทั้งนี้เนื่องจากการก่อสร้างสามารถทำได้สะดวกกว่าบริเวณทางเท้า ซึ่งมีระบบท่อประปาของเทศบาล ต้นไม้และเสาไฟฟ้าแรงสูงกีดขวางอยู่

การกำหนดระยะห่างของบ่อพัก (Manhole) ได้คำนึงถึงความสะดวกในการทำความสะอาดระบบท่อด้วยกำลังคน ดังนั้นจึงออกแบบให้บ่อพักน้ำมีระยะห่างดังนี้

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ (ม.)	ระยะห่างของบ่อพัก (ม.)
0.40-0.80	≯20
≥1.00	≯30

1.2 การคำนวณปริมาณน้ำหลาก

1.2.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน

ในแต่ละพื้นที่ได้ทำการสำรวจโดยละเอียดเพื่อคำนวณหาพื้นที่รับน้ำ (Catchment - Area) และเลือกวิธีการปรับปรุง ขอบเขตของพื้นที่รับน้ำย่อย (Sub-Catchment Area) จะถูกกำหนดลงบนแผนที่ของสำนักนโยบายและแผนมหาดไทย พร้อมด้วยทิศทางการไหลของน้ำผิวดิน และลักษณะต่าง ๆ ซึ่งมีผลกระทบต่อการออกแบบ

1.2.2 วิธีการคำนวณ

Rational Formula ถูกใช้เป็นสูตรในการคำนวณหาปริมาณน้ำในทุก ๆ ขนาดและชนิดของ

รูปที่ 1-1
สัญลักษณ์
บริเวณที่มีปัญหาการระบายน้ำ
1 แยกสระน้ำจันทร์และหน้าโรงแรมเวล
2 สามแยกถนนหลังพระและถนนขวาพระ
3 ถนน 25 มกรา
4 มุมโค้งถนนทหารบก
0 150 300 450 600 750 M
นครปฐม
แสดงบริเวณที่มีปัญหาการระบายน้ำ
ถนนทหารบก
หลักเขตที่ 1
หลักเขตที่ 2
หลักเขตที่ 3
หลักเขตที่ 4
หลักเขตที่ 5
หลักเขตที่ 6
หลักเขตที่ 7
หลักเขตที่ 8
หลักเขตที่ 9
ตรอกต้นโพธิ์
สถานีรถไฟนครปฐม
ตลาดสด
ถ.ข้ายพระ
องค์พระปฐมเจดีย์
ถ.ขวาพระ
ถ.หลังพระ
ถ.ราชดำเนิน
สระน้ำจันทร์
ถนนราชวิถี
ถ.เพชรเกษม
คลองเจดีย์บูชา
ทางรถไฟสายใต้

พื้นที่รับน้ำในโครงการ เพราะสูตรดังกล่าวเป็นที่ยอมรับเพื่อใช้ในการออกแบบอย่างแพร่หลายในประเทศไทย

การหาปริมาณน้ำฝนโดยวิธี Rational เกี่ยวข้องกับการไหลของน้ำสูงสุด (peak runoff) ความเข้มเฉลี่ยของฝน (Rainfall Intensity, I) และค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ (Coefficient of Runoff, C) โดยใช้สถิติข้อมูลน้ำฝนของกรุงเทพมหานครรูปที่ 1-2 ในการออกแบบ ทั้งนี้เพราะในเขตเทศบาลเมืองนครปฐม และบริเวณใกล้เคียงมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะนำมาสร้างกราฟน้ำฝนเพื่อใช้ในการออกแบบ การออกแบบท่อระบายน้ำใช้ฝนที่มีคาบความถี่ 2 ปี

1.2.3 Rational Formula

$$Q = 0.00278CIA$$

ซึ่ง Q = ปริมาณน้ำสูงสุด (ลูกบาศก์เมตร/วินาที)
C = สัมประสิทธิของการไหลของน้ำ
I = ความเข้มของฝน (มิลลิเมตร/ชั่วโมง)
A = พื้นที่รับน้ำ (เฮคแตร์)

1.2.3.1 พื้นที่รับน้ำ (Catchment Areas)

การแบ่งพื้นที่รับน้ำได้ใช้แผนที่ซึ่งมีเส้นแสดงความสูงต่ำ (Contour) และการสำรวจภาคสนาม การสำรวจภาคสนามคือการชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบที่มีผลกระทบต่อการไหลของน้ำ เช่น รั้ว การยกพื้นถนน ท่อระบายน้ำและอื่น ๆ และยังช่วยในการพิจารณาการไหลของน้ำในที่ซึ่งไม่สามารถจะชี้จากแผนที่ได้

1.2.3.2 สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำ (Coefficent of Runoff)

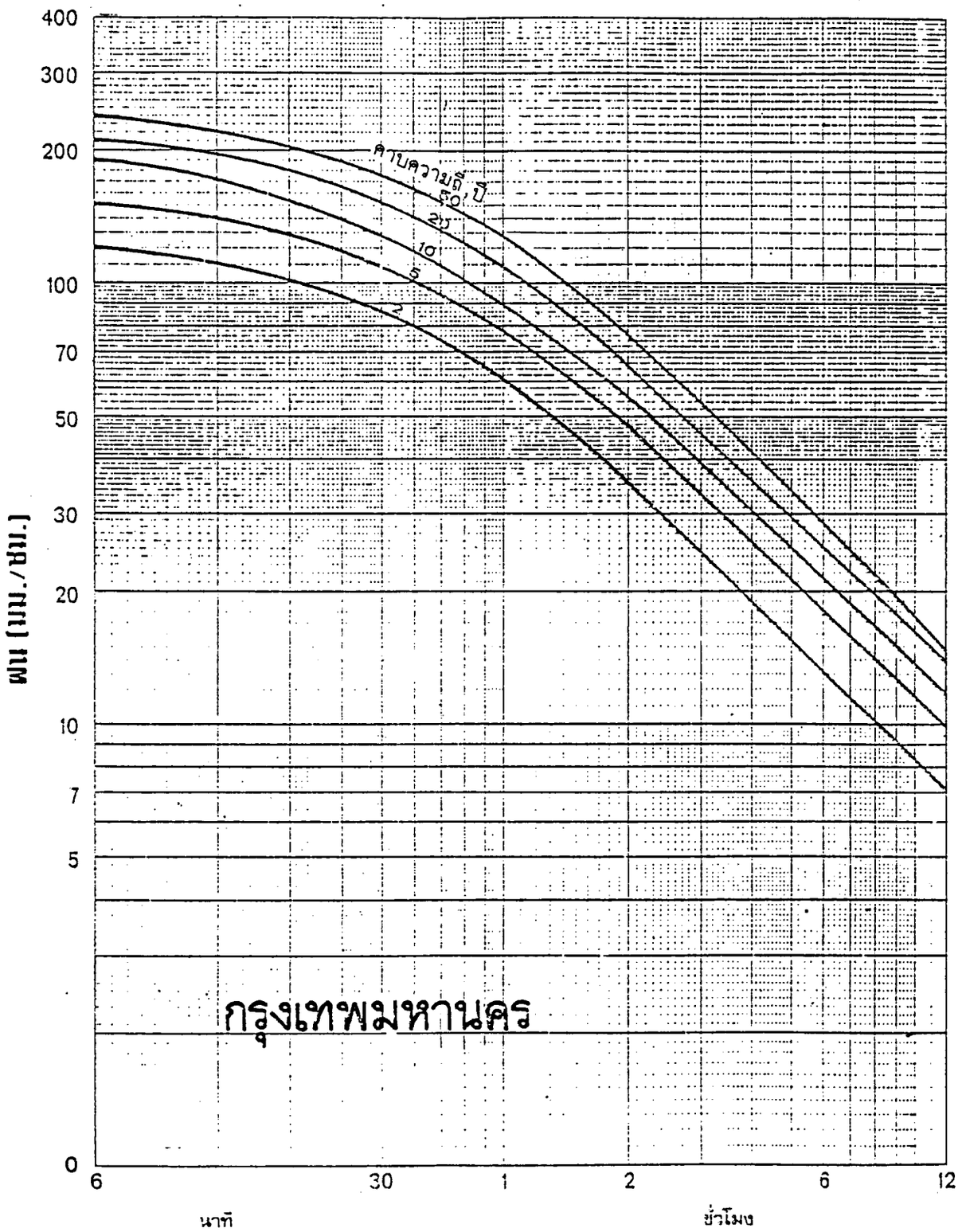
สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำสำหรับพื้นที่รับน้ำย่อยในแต่ละแห่งเลือกได้จาก ตารางที่ 1 ซึ่งการเลือกใช้ค่าต่าง ๆ จากตารางนั้น ได้กระทำโดยการสำรวจภาคสนามและการคาดการณ์การพัฒนาพื้นที่ในอนาคตจากแผนที่ผังเมืองรวมของสำนักผังเมือง

1.2.3.3 ช่วงเวลาที่น้ำสูงสุด

ช่วงเวลาที่น้ำสูงสุดสำหรับการออกแบบขนาดของท่อหรือร่องระบายน้ำจะหาได้จาก

$$T_c = t_o + t_d$$

โดย T_c = ช่วงเวลาที่น้ำสูงสุด (ชม.)
t_o = ระยะเวลาการไหลบนผิวดิน (ชม.)
t_d = ระยะเวลาการไหลในท่อหรือร่องน้ำ (ชม.)



คาบเวลาฝนตก

โครงการออกแบบรายละเอียดระบบระบายน้ำเสีย
และระบบบำบัดน้ำเสียเมืองนครปฐม

อัตราฝนตก-คาบเวลา-คาบความถี่ของฝน
ของกรุงเทพมหานคร

ตารางที่ 1

สัมประสิทธิ์ของน้ำท่า (C)

ลักษณะของพื้นที่	C
ย่านศูนย์กลางธุรกิจโดยทั่วไปจะประกอบด้วยสิ่งก่อสร้าง ถนนปูผิวและทางเท้า คันหิน (Kerb) รางตื้น (Gutter) และระบบการระบายน้ำ	0.50 - 0.75
ย่านที่พักอาศัย	
- ความหนาแน่นสูง; คล้ายคลึงกับย่านศูนย์กลางธุรกิจแต่มีบริเวณผิวจราจรน้อย ส่วนใหญ่จะเป็นอาคารพาณิชย์	0.55 - 0.60
- ความหนาแน่นปานกลาง; ระยะห่างระหว่างบ้านจะมีน้อยและส่วนใหญ่จะเป็นสนามหญ้า ความปกติถนนจะไม่มีคันหินและรางตื้น	0.50 - 0.55
- ความหนาแน่นต่ำ; มักจะเป็นที่พักอาศัยของผู้มีฐานะดี มักจะประกอบด้วยสนามหญ้าที่กว้างใหญ่ ถนนปกติไม่มีคันหินและรางตื้น	0.30 - 0.45
ผิวจราจร; พื้นที่น้อยและปูผิวโดยตลอด	0.95
สวนสาธารณะหรือบริเวณที่ปลูกหญ้าอาจจะมีต้นไม้หรือไม่มีก็ได้	0.10 - 0.25
บริเวณสถานที่ราชการ; มีพื้นที่ปลูกหญ้ากว้างใหญ่ระยะห่างอาคารมาก และถนนปูผิว	0.40 - 0.45
สวนไม้ยืนต้นและไร่	0.20 - 0.30
ที่นาแบ่งพื้นที่เป็นแปลงเล็ก ๆ	0.10 - 0.20

หมายเหตุ: (1) ค่าเลือกใช้ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของการพัฒนาของพื้นที่ สภาพของการปูผิวและชนิดดิน

(2) สำหรับย่านธุรกิจส่วนกลาง จำมีค่า C มากกว่า 0.65 ในพื้นที่รับน้ำย่อยเล็ก ๆ ในย่านที่มีการพัฒนาสูงเท่านั้น โดยทั่วไปย่านธุรกิจส่วนกลางจะมีค่าเป็น 0.65

ระยะเวลาการไหลภายในท่อระบายน้ำคำนวณได้จากความยาวของท่อระบายน้ำและจากการประมาณอัตราความเร็วของน้ำสำหรับความชันของท่อนั้น

ระยะเวลาของน้ำไหลบนผิวดินจะคำนวณได้จากรูปที่ 1-3

1.3 การคำนวณทางชลศาสตร์

1.3.1 Manning's Equation

ในการคำนวณทางชลศาสตร์ที่ใช้ในการออกแบบท่อระบายน้ำใช้สมการของแมนนิ่ง (Manning's Equation)

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล (ลบ.ม./ว)
A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล (ตร.ม)
R = รัศมีทางชลศาสตร์ของหน้าตัดของการไหล (ม)
S = ความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน (ม/ม)
n = สัมประสิทธิ์ของแมนนิ่ง

ค่าสัมประสิทธิ์แมนนิ่ง (n) ใช้ 0.015 สำหรับพื้นผิวที่เป็นคอนกรีตโดยตั้งสมมติฐานว่าเป็นทางระบายน้ำตรง (มีมุนเบี่ยงเบนไม่เกิน 5 องศา) และรวมค่าความสูญเสียเล็กน้อย (Minor Loss) ต่าง ๆ ไว้แล้ว เช่น ที่รอยต่อระหว่างท่อรอยต่อระหว่างท่อกับบ่อพักเป็นต้น สำหรับคลองดินระบายน้ำใช้ ค่า n=0.025

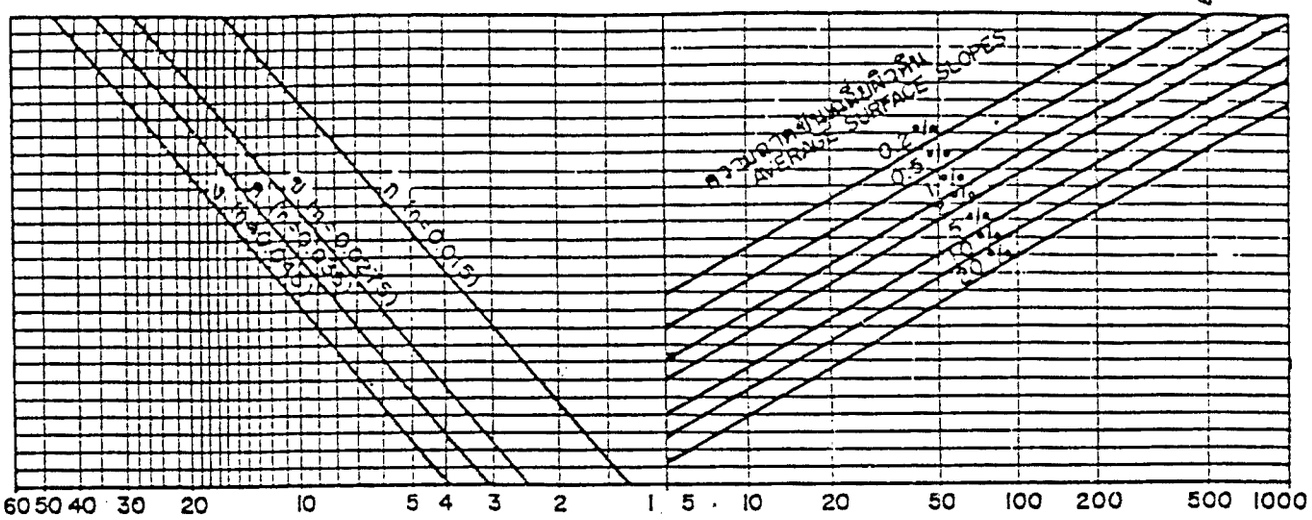
ค่าความลาดชันของเส้นลาดพลังงาน (S) ที่ใช้ในสมการนี้ ไม่ใช่ความลาดชันของทางระบายน้ำ แต่โดยทั่วไปใช้ค่าเดียวกับความลาดชันของทางระบายน้ำถ้าการไหลเป็นแบบเป็นระเบียบ

ความเร็วต่ำสุดของน้ำในท่อระบายน้ำที่ใช้ในการออกแบบทั่วไปใช้ความเร็ว 0.60 ม./ว เมื่อน้ำไหลเต็มท่อ แต่เนื่องจากพื้นที่ของโครงการเป็นที่ราบ ดังนั้นจึงมีท่อบางเส้นที่ต้องใช้ความเร็วต่ำสุดน้อยกว่า 0.60 ม./ว แต่ไม่ต่ำกว่า 0.45 ม./ว

1.3.2. ความสูญเสียเฮด (Head Losses)

การสูญเสียเฮด สำหรับโครงสร้างชนิดต่าง ๆ ถูกจัดไว้ในตารางที่ 2

รูปที่ 1-3



ช่วงเวลาของน้ำไหลบนผิวดิน
(TIME OF OVERLAND FLOW MONOGRAPH)

ก. บริเวณพื้นผิวปูลาด (PAVED AREA) พื้นที่รับน้ำย่อยขนาดเล็กที่มีอาคารหนาแน่น

ข. บริเวณผิวดินว่างเปล่า

ค. บริเวณที่อยู่อาศัย ที่ทำการค้าที่มีความหนาแน่นระดับกลาง

ง. สนามหญ้า

หมายเหตุ คัดลอกจากหนังสือ AVSTRALIAN RAINFALL AND RUNOFF

ตารางที่ 2

การสูญเสียเฮด

บ่อพักน้ำ	
$\theta < 5^\circ$	$K = 0$
$5^\circ < \theta < 15^\circ$	$K = 0.1$
$15^\circ < \theta < 30^\circ$	$k = 0.15$
$30^\circ < \theta$	$k = 1.5$
จุดเชื่อมทางระบายน้ำ (Junction Pit)	$K = 2.0 \times \frac{DB}{DM}$
ซึ่ง θ	= มุมเข้าเชื่อมต่อของท่อระบายน้ำกับผนังบ่อพักน้ำ
DB	= เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเชื่อม
DM	= เส้นผ่านศูนย์กลางท่อระบายน้ำหลักก่อนถึงจุดเชื่อม
ปากทางระบายน้ำ และทางเข้าทางระบายน้ำ	$H_L = \frac{(VU^2 - VD^2)}{2g}$
(โดยใช้ความเร็วเป็นนัยสำคัญในการพิจารณา)	
ซึ่ง VU	= ความเร็วต้นน้ำ (upstream velocity)
VD	= ความเร็วท้ายน้ำ (downstream velocity)
ทางเข้าทางระบายน้ำ	
(โดยไม่ใช้ความเร็วเป็นนัยสำคัญในการพิจารณา)	
ขอบเป็นรูปเหลี่ยม (Square edge)	$k = 0.5$

$$H_L = \frac{kv^2}{2g}$$

ซึ่ง H_L = ความสูญเสียเฮด (ม.)

k = ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสีย (loss coefficient)

V = ความเร็วของการไหลในท่อ, เมตรต่อวินาที

1.3.3 การต่อเชื่อมเพื่อระบายน้ำล้น (Overflow Connection)

การต่อเชื่อมเพื่อระบายน้ำล้น ใช้เพื่อระบายน้ำจากทางระบายน้ำเดิมสู่ทางระบายน้ำหลักสายใหม่ ตำแหน่งโดยทั่วไปได้กำหนดในที่ ๆ เห็นว่ามีปริมาณน้ำไหลเข้าสู่ทางระบายน้ำจำนวนมาก เช่น บริเวณสี่แยก ในบางสถานที่ซึ่งสี่แยกอยู่ห่างกันเกินไปในช่วงระหว่างสี่แยกอาจต้องกำหนดเพิ่มขึ้นด้วย

ท่อระบายน้ำล้นที่ใช้โดยปกติจะมีขนาดเดียวกับท่อระบายน้ำเดิม โดยความจุของท่อระบายน้ำล้นจะคำนวณโดยตั้งสมมติฐานว่า เป็นการไหลเต็มท่อและปากทางระบายน้ำไหลอิสระ (free outlet) ซึ่งจะคำนวณได้จากสูตร

$$H_L = \frac{v^2}{2g} + \frac{k_e\, v^2}{2g}$$

ซึ่ง H_L = เฮดที่ต้องการ (available head)

V = ความเร็วในท่อน้ำล้น, เมตรต่อวินาที (velocity in the overflow)

k_e = ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียที่ปากท่อ (entrance loss coefficient)

= 0.2 (ตั้งสมมติฐานว่าขอบเป็นรูปมน)

g = acceleration due to gravity

= 9.8 ม./วิ^{2}

1.4 ที่ตั้งของทางระบายน้ำ

โดยทั่วไปทางระบายน้ำได้ถูกออกแบบให้วางอยู่ในถนน เพราะไม่ต้องทำหน้าที่รับน้ำจากผิวจราจรหรือน้ำจากอาคารบ้านเรือน ซึ่งทางระบายน้ำตามถนนเดิมได้รับน้ำเหล่านี้อยู่แล้ว ทางระบายน้ำจะรับน้ำจากทางระบายน้ำตามถนนโดยท่อระบายน้ำล้น

สาเหตุที่ไม่ก่อสร้างทางระบายน้ำแทนที่ทางระบายน้ำตามถนนเดิม

- โดยส่วนใหญ่ถนนที่ก่อสร้างทางระบายน้ำตามถนนแล้ว พื้นที่ส่วนที่เหลือในทางเท้าจะมีโครงสร้างของสิ่งสาธารณูปโภคอื่น ๆ ซึ่งจะเกิดความเสียหายและซ่อมแซมด้วยราคาสูง หากรื้อทางระบายน้ำเดิมและก่อสร้างใหม่
- ในทางระบายน้ำเดิมมีความสามารถระบายน้ำได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งจะสูญเสียไปถ้าก่อสร้างทางระบายน้ำใหม่แทนที่

. ในการก่อสร้างในผิวจราจรโดยคงทางระบายน้ำเดิมไว้ จะไม่ประสบปัญหาการต้องต่อเชื่อมกับท่อระบายน้ำจากอาคารบ้านเรือนเดิม และจากทางน้ำเข้าเดิม

1.5 ท่อระบายน้ำเสีย

เนื่องจากระบบระบายน้ำเสียของเทศบาลเมืองนครปฐมในปัจจุบันเป็นระบบร่วมกันของระบบระบายน้ำเสียและระบบระบายน้ำฝน ซึ่งน้ำเหล่านั้นเกือบทั้งหมดจะระบายลงคลองเจดีย์บูชาและทำให้เกิดการเน่าเสีย ดังนั้นจึงต้องทำการออกแบบท่อดักน้ำเสียให้สามารถรับน้ำเสียที่ไหลมาในท่อระบายน้ำรวมได้ทั้งหมดโดยไม่ให้น้ำเสียไหลลงคลอง ในกรณีที่ไม่มีฝนตกการดักน้ำเสียสามารถทำได้โดยการสร้างบ่อพักรับน้ำและระบายน้ำล้นที่ปลายท่อน้ำรวม เพื่อกันไม่ให้น้ำเสียไหลลงคลอง ในกรณีที่มีฝนตกปริมาณน้ำในท่อรวมจะสูงกว่าปริมาณน้ำเสียสูงสุดมาก น้ำฝนส่วนที่เกินกว่าปริมาณที่ท่อดักน้ำเสียจะรับไว้ได้จะต้องระบายทิ้งลงคลองระบายน้ำไป

การคำนวณทางชลศาสตร์และการออกแบบสำหรับท่อดักน้ำเสียใช้หลักเกณฑ์เหมือนกับการออกแบบทางชลศาสตร์สำหรับท่อระบายน้ำ โดยถือว่าการไหลในท่อดักน้ำเสียเป็นการไหลแบบไม่เต็มท่อและใช้สูตรของแมนนิ่งในการคำนวณหาความเร็วของการไหลและขนาดท่อ

การคำนวณปริมาณน้ำเสียที่ต้องระบายผ่านท่อดักน้ำเสียได้คำนวณจากปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยรายวันซึ่งกำหนดไว้ ดังนี้

ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยรายวันของพื้นที่เทศบาล	= 285	ลิตร/คน/วัน
ปริมาณน้ำเสียเฉลี่ยรายวันของพื้นที่เทศบาลขยายใหม่	= 195	ลิตร/คน/วัน
ค่าปริมาณน้ำใต้ดินซึมเข้าท่อ	= 20%	
ตัวคูณสำหรับปริมาณน้ำเสียรายชั่วโมงสูงสุด	= 3	

การออกแบบท่อดักน้ำเสียสำหรับแผนระยะแรก (เขตเทศบาลปัจจุบัน) ได้คำนึงถึงระบบท่อดักน้ำเสียสำหรับแผนระยะกลางและระยะยาวด้วย โดยได้ออกแบบให้ระบบท่อที่จะก่อสร้างในแผนระยะแรกสามารถรับน้ำเสียจากพื้นที่บริการตามแผนระยะกลางและแผนระยะยาวด้วย

2. การปรับปรุงคลองเจดีย์บูชา และประตูระบายน้ำ

2.1 การปรับปรุงคลองเจดีย์บูชา

เนื่องจากปัญหาการระบายน้ำในถนนสำคัญหลายสายเกิดจากระดับน้ำในคลองเจดีย์บูชาสูงเกินไปควรมีการปรับปรุงคลองเพื่อลดระดับน้ำในคลองลงเพื่อให้สามารถระบายน้ำฝน ผ่านฝายได้โดยไม่ทำให้เกิดปัญหาน้ำเอ่อย้อนในท่อจนเกิดน้ำท่วม

การคำนวณปริมาณน้ำท่าสำหรับงานปรับปรุงคลองได้ใช้วิธีที่เสนอไว้ในรายงานการศึกษาความเหมาะสม โดยใช้ฝนที่มีคาบความถี่ 5 ปี ทั้งนี้เพราะคลองเจดีย์บูชาทางด้านท้ายน้ำ ซึ่งอยู่นอกเขตเทศบาลมีขนาดและพื้นที่จำกัดหลังจากทำการปรับปรุงแล้วจะสามารถรับน้ำได้เพียงฝนที่มีคาบความถี่ 5 ปี ถ้าจะทำการขยายคลองจะต้องทำการเวนคืนที่ดินตลอดแนวคลอง

การปรับปรุงคลองเจดีย์บูชาประกอบไปด้วยการ ขุดลอกคลองเจดีย์บูชารวมความยาวประมาณ 3,400 เมตร ปรับทำหินเรียงยาแนวประมาณ 3,135 เมตร และกำแพงกันดินประมาณ 265 เมตร

2.2 ประตูระบายน้ำ

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดสภาพน้ำท่วมขังในบริเวณถนนสายสำคัญหลายสายสำคัญหลายสายมาจากการที่น้ำเอ่อย้อนจากฝานที่ซอนเทศา 3 และฝายที่สะพานสุวรรณภูมิขึ้นไปทางเหนือน้ำ ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงคลองโดยการขุดลอกก็ไม่สามารถแก้ปัญหาระดับน้ำเอ่อสูงได้ เนื่องจากฝายทั้งสองไม่สามารถปรังปรุงและขยายช่องระบายน้ำให้กว้างขึ้นได้ จึงเสนอให้รื้อถอนฝายทั้งสองออกไปแล้วสร้างประตูระบายน้ำใหม่แทนบริเวณซอยเทศา 7 โดยได้ออกแบบให้มีช่องระบายน้ำ ขนาด 3.00x2.10 ม. ซึ่งจะสามารถระบายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพในช่วงที่ฝนตกหนัก และระดับเก็บกักของน้ำในคลองอยู่ระที่ดับประมาณ +1.50 ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการระบายน้ำได้มากอีกทั้งยังสามารถรักษาทัศนียภาพตามแนวคลองไว้ และเก็บน้ำไว้ใช้ในการดับเพลิงได้ตามความต้องการของเทศบาลอีกด้วย

3. สถานีสูบน้ำเสีย

3.1 สถานีสูบน้ำเสียที่ 1

3.1.1 ขนาดและที่ตั้ง

สถานีสูบน้ำเสียที่ 1. ถูกกำหนดให้เป็นบริเวณที่จะระบายน้ำภายในชุมชนปัจจุบันทั้งหมดและบางส่วนของพื้นที่ส่วนขยายใหม่ เพื่อสูบส่งน้ำเสียไปยังสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 การออกแบบได้หาสถานที่ในบริเวณใกล้เคียงกับที่ได้กำหนดไว้ในรายงานฉบับสุดท้ายโครงการสำรวจศึกษาความเหมาะสมของระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียเมืองนครปฐม เดือนพฤษภาคม 2532 สถานีสูบน้ำเสียที่ตั้งอยู่ที่ข้างคลองห้วยจระเข้หลังศาลเจ้าบริเวณสะพานเทศา 7 ลักษณะพื้นที่ด้านหน้าตัดตามกว้างประมาณ 7.50 เมตร เข้าไปประมาณ 64 เมตร ด้านในมีหน้ากว้างสุดประมาณ 15.50 เมตร ดังนั้นการจัดงานผังบริเวณของสถานีสูบน้ำนี้จึงถูกบังคับโดยรูปลักษณะของพื้นที่ดินที่มีอยู่ภายในสถานีสูบน้ำเสียประกอบด้วยองค์ประกอบดังกล่าวคือ อาคารวิเคราะห์น้ำเสีย ท่อสูบน้ำเสียและรายละเอียดทั่วไปภายในบริเวณ

3.1.2 อาคารวิเคราะห์น้ำเสีย

อาคารวิเคราะห์น้ำเสียมีลักษณะเป็นอาคารชั้นเดียว มีพื้นที่ใช้สอยรวมทั้งสิ้น 75 ตารางเมตร ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่เพื่อการใช้สอยดังนี้

(1) ห้องวิเคราะห์น้ำเสียใช้ตั้งอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติพื้นฐานของน้ำเสียที่จำเป็นต่อการดูแลควบคุมระบบบำบัดน้ำเสียของเมือง

(2) ห้องควบคุมสำหรับวางตู้วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำทั้งหมด ซึ่งระบบไฟฟ้าภายในสถานีจะถูกรวบรวมเข้ามาเพื่อควบคุมในห้องนี้

(3) ห้องน้ำภายในอาคาร กำหนดให้ห้องส้วม 2 ห้อง ห้องอาบน้ำหนึ่งห้อง และอ่างล้างมือ 2 อ่าง ซึ่งจะเพียงพอต่อการใช้งานของบุคลากรภายในสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 ซึ่งคาดว่ามีไม่เกิน 10 คน

(4) ห้องสำนักงาน ใช้สำหรับเป็นพื้นที่ในการปฏิบัติงานบริหารทั่วไปของงานวิเคราะห์น้ำเสีย

(5) ห้องเก็บวัสดุและสารเคมีสำหรับใช้กับห้องปฏิบัติการ

3.1.3 บ่อสูบน้ำเสียที่ 1

3.1.3.1 ขนาดของบ่อสูบ

การออกแบบบ่อสูบน้ำเสียที่ 1 ได้พิจารณาประเด็นที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบคือ

(1) ลักษณะและขีดความสามารถของเครื่องสูบน้ำที่ใช้ ซึ่งได้มีการเลือกชนิดเครื่องสูบน้ำเป็นแบบจุ่มอยู่ในน้ำ (Submersible Pump) จำนวน 3 เครื่อง และมีสำรอง 1 เครื่อง และต้องสูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า 67,500 ม^3/วัน

(2) การทำงานของเครื่องสูบน้ำ ได้กำหนดให้ทำงานทั้ง 4 เครื่องสลับกันไปโดยตลอดแต่ละเครื่องจะทำงานไม่เกิน 10 ครั้งต่อชั่วโมง และทำงานพร้อมกันเมื่อระดับน้ำขึ้นสูงเพิ่มขึ้น และหยุดพร้อมกันเมื่อระดับน้ำในบ่อสูบลดลงสู่ระดับที่กำหนด ดังแสดงในรูป 3-1

(3) การจัดวางเครื่องสูบน้ำภายในบ่อ

(4) ระดับก้นท่อที่เข้ามาในบ่อสูบซึ่งมีค่า +1.239

จากประเด็นที่ (1) และ (2) คำนวณขนาดของปริมาตรบ่อสูบที่ต้องใช้เก็บกักน้ำเสีย ซึ่งหาปริมาตรได้จาก รูปที่ 3-2 และเมื่อพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ทั้งหมดรูปลักษณะของบ่อสูบที่เหมาะสมคือบ่อสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 3x7.5 ม ลึก 7.00 เมตร โดยมีบ่อสำหรับติดตั้งประตูน้ำอยู่ด้านข้างและช่องสำหรับท่อเข้าและตะแกรงดักขยะ

3.1.3.2 ตะแกรงดักขยะ

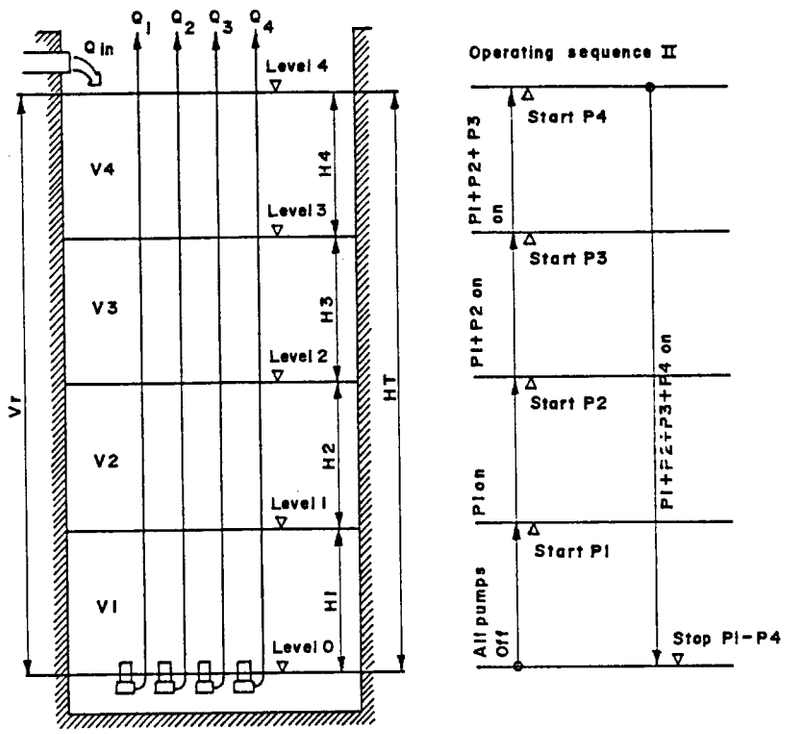
ตะแกรงดักขยะมีความสำคัญต่อสถานีสูบน้ำเสียอย่างยิ่ง เนื่องจากขยะที่หลุดผ่านเข้าไปในเครื่องสูบน้ำจะก่อให้เกิดการอุดตัน และทำให้เครื่องสูบน้ำเสียหายได้

การหาขนาดของตะแกรง มีสมการที่เกี่ยวข้องดังนี้

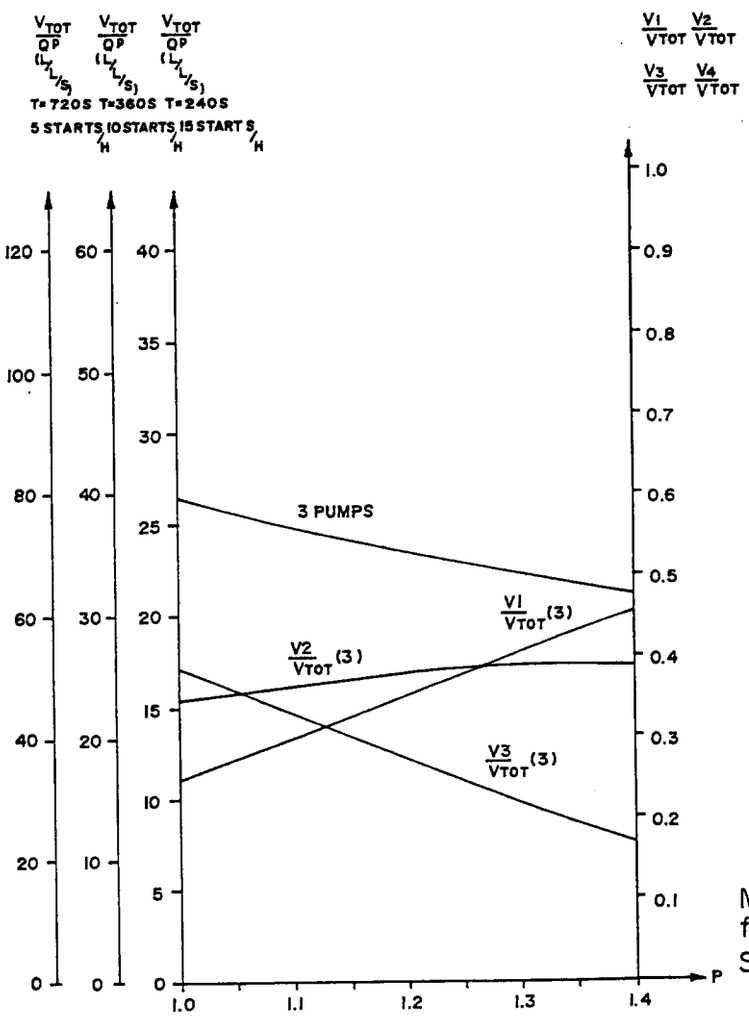
$$h = \beta\left(\frac{w'}{b}\right)^{4/3} \frac{v^2}{2g} \sin\theta \qquad (1)$$

$$h = \frac{1}{0.7}\left(\frac{v^2 - v'^2}{2g}\right) \qquad (2)$$

$$WD\left(\frac{b}{w'+b}\right) = \frac{Q}{v} \qquad (3)$$



รูปที่ 3-1



Minimum sump volumes for 3-pumps.
Sequence II, alternation.

รูปที่ 3-2

โดย h = head loss through rack

β = ค่าคงที่ของ Kirschmer สำหรับตะแกรงที่มีขอบเหลี่ยม = 2.42

w' = ความหนาของตะแกรง

b = ช่องว่างระหว่างตะแกรง

v = ความเร็วของน้ำเสียที่เข้าหาตะแกรง

θ = มุมเอียงของตะแกรงที่กระทำต่อแนวระดับ = 60°

v' = ความเร็วของน้ำผ่านตะแกรง

W = ความกว้างของตะแกรง

D = ความลึกของน้ำหน้าตะแกรง

Q = ปริมาณน้ำเสียผ่านตะแกรง

ในการพิจารณาความลึกของน้ำที่ต้องการหน้าตะแกรง ซึ่งใช้คำนวณในสมการที่เกี่ยวข้องจะไม่คิดรวมความลึกสำหรับเป็นที่รวบรวมขยะ ดังนั้นค่า D ซึ่งใช้งานจริงจะรวมความลึกสำหรับคักขยะไว้ด้วยประมาณ 0.03 เมตร

รายละเอียดของตะแกรงโดยทั่วไป นอกจากจะใช้สมการดังกล่าวแล้ว ยังได้พิจารณาถึงความสะดวกในการทำความสะอาด การซ่อมแซม การผุกร่อน ขนาดของท่อดักน้ำเสีย ตลอดจนปริมาณขยะที่มีโอกาสติดค้างบนตะแกรง โดยจัดแบ่งตะแกรงออกเป็นตะแกรงย่อย ๆ 3 ชั้น เพื่อสะดวกต่อการบำรุงรักษา ตัวตะแกรงทำด้วยเหล็กแผ่นหนา 12 มม. วางเรียงห่างกัน 50 มม. ทาเคลือบด้วยวัสดุป้องกันการกัดกร่อนของน้ำเสีย เช่น Coal tar epoxy 2 ชั้น

ตำแหน่งการจัดวางตะแกรงคักขยะ สำหรับสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 พิจารณาจัดวางไว้ภายนอกบ่อสูบน้ำเสีย เพื่อรับท่อดักน้ำเสียที่มาจากถนนเทศา 7 และหลบหลีกอาคารควบคุม

3.1.3.3 โครงสร้างยกเครื่องสูบน้ำ

โครงสร้างยกเครื่องสูบน้ำมีความจำเป็นต่อเครื่องสูบน้ำอย่างยิ่ง เนื่องจากเครื่องสูบน้ำแต่ละชุดมีขนาดใหญ่ และมีน้ำหนักประมาณ 1 ตัน การซ่อมแซมเมื่อเกิดความขัดข้องในเครื่องสูบน้ำ ตลอดจนการบำรุงรักษาในบางกรณี จำเป็นต้องยกเครื่องสูบน้ำไปดำเนินการในสถานที่ที่สะดวกต่อการทำงานของเจ้าหน้าที่

โครงสร้างยกเครื่องสูบน้ำ ประกอบด้วยโครงสร้างเหล็กและลูกรอกซึ่งสามารถยกน้ำหนักเครื่องสูบน้ำแต่ละเครื่อง และเลื่อนไปมาบนคานเหล็กได้โดยระบบล้อเลื่อน ซึ่งประกอบเข้าชุดกับลูกรอก

3.1.3.4 ราวรอบบ่อสูบน้ำเสีย

ราวรอบบ่อสูบน้ำเสีย จัดเตรียมขึ้นเพื่อป้องกันอันตรายจากการพลัดตกลงไปในบ่อสูบน้ำเสีย โดยใช้ท่อเหล็กอาบสังกะสีเพื่อป้องกันสนิมเชื่อมติดต่อกันเป็นโครงรอบตัวบ่อสูบ พร้อมประตูปิด-เปิด ส่วนบริเวณซึ่งเป็นช่องใส่วาล์ว มิได้จัดเตรียมรางกันตกไว้เนื่องจากเป็นช่องวาล์วลึกประมาณ 1 เมตร และเป็นส่วนที่ไม่จำเป็นต้องเข้าถึงเป็นประจำ ประกอบกับช่องวาล์วนี้ได้ถูกจัดวางติดกำแพงรั้วรอบบริเวณไม่ได้อยู่ในบริเวณที่มีการสัญจรพาดผ่านเป็นประจำ จึงเห็นสมควรไม่จำเป็นต้องมีราวรอบ

3.1.4 รายละเอียดทั่วไปภายในบริเวณ

ภายในบริเวณสถานีสูบน้ำเสีย นอกเหนือจากอาคารต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นแล้วยังจะต้องมีการก่อสร้าง องค์ประกอบที่จำเป็นเพื่อให้สถานีสูบน้ำเสียมีลักษณะที่ดูเป็นระเบียบสวยงามและความปลอดภัยของภายในบริเวณ ซึ่งจะต้องก่อรั้วคอนกรีตบล็อค 2 ข้างตลอดแนว แยกตามความลึกของพื้นที่บริเวณริมคลองห้วยจระเข้และตามข้างทางจากคลอง 2 เมตร ก่อสร้างรั้วตาข่ายเพื่อให้สามารถมองทัศนียภาพของคลองห้วยจระเข้ได้ พื้นที่ซึ่งเป็นทางเดินหรือรถสามารถขับเคลื่อนเข้าไปภายในสถานีสูบน้ำจะใช้อิฐตัวหนอนปูโดยตลอดบริเวณที่มิต้องใช้สอยประจำจะปรับปรุงให้เป็นสนามด้วยการปลูกหญ้า ภายในบริเวณนอกอาคารจะมีแสงสว่างเหมือนโดยทั่วไป เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อบริเวณ ด้านหน้าประตูทางเข้าออกแบบให้เป็นประตูบานเลื่อนเพื่อให้เกิดความสะดวกให้การเปิดใช้งานและไม่เปลืองพื้นที่ ซึ่งมีจำกัดทางด้านหน้าสถานีฯ

3.1.5 ระบบไฟฟ้า

(1) ระบบควบคุมการทำงานของเครื่องสูบน้ำ

เนื่องจากระดับน้ำไม่คงที่ และระบบจะต้องทำงานอยู่เกือบตลอดเวลาการควบคุมมอเตอร์ปั๊ม จึงต้องทำงานได้ทั้งแบบมีคนควบคุม (manual) และแบบอัตโนมัติไม่จำเป็นต้องมีคนควบคุม

- แบบใช้คนควบคุม (manual) ออกแบบให้มีสวิทช์ควบคุม เดินเครื่อง และหยุดเครื่อง มีสัญญาณแสดงสภาวะการทำงานของแต่ละเครื่อง ซึ่งแยกเป็นอิสระต่อกันทุกเครื่อง

- แบบไม่มีคนควบคุม (auto) ออกแบบให้เครื่องทำงานโดยอัตโนมัติ โดยใช้ลูกลอยเป็นตัว start-stop เครื่องและสลับการทำงานเป็น sequence มีสัญญาณแสดงภาวะการทำงานของแต่ละเครื่อง

- การป้องกันระบบ ในการทำงานของมอเตอร์ปั๊ม ซึ่งเป็นแบบ submersible motor จะต้องมีน้ำหล่อเย็นอยู่ตลอดเวลา ระดับน้ำจะต้องไม่ต่ำกว่ามอเตอร์ ดังนั้นในทุก ๆ

กรณีมอเตอร์ปั๊มจะไม่สามารถทำงานได้ หากระดับน้ำต่ำกว่าระดับที่กำหนดไว้ และจัดให้มีสัญญาณแสดงสภาวะการโอเวอร์โหลดของมอเตอร์แต่ละตัวไว้ด้วย

- จัดให้มีสัญญาณแจ้งทั้งแสงและเสียงในกรณีที่เกิด over flow ปริมาณน้ำมากจนเกินระดับสูงสุดที่กำหนดไว้ เพื่อให้เจ้าหน้าที่จัดการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

(2) ระบบไฟฟ้ากำลัง

การติดตั้งปักเสาพาดสายแรงสูง และการติดตั้งหม้อแปลงและมิเตอร์วัดไฟ จะต้องเป็นไปตามมาตรฐานของการไฟฟ้าภูมิภาค

3.2 สถานีสูบน้ำเสียที่ 2

3.2.1 ขนาดและที่ตั้ง

สถานีสูบน้ำเสียที่ 2 จะเป็นจุดรวบรวมน้ำเสียจากเทศบาลทั้งหมด ซึ่งรวมพื้นที่เทศบาลที่จะขยายใหม่ด้วย เพื่อสูบส่งเข้าไปยังบ่อบำบัดน้ำเสีย ตำแหน่งของสถานีสูบจะอยู่ในบริเวณได้มีการพิจารณาคัดเลือกไว้ 3 แห่งคือ (1) ด้านทิศเหนือริมคลองพญากงฝั่งซ้ายของถนนเข้าวัดเกาะวังใน (2) ด้านทิศเหนือริมคลองพญากงฝั่งขวาของถนนเข้าวัดเกาะวังไทร (3) ด้านทิศใต้ริมคลองพญากงถนนเข้าวัดเกาะวังไทร ที่ตั้งบริเวณที่ (1) ทางสภาตำบลมีแผนจะก่อสร้างถนนเรียบคลอง ดังนั้นสถานีสูบน้ำจะกีดขวางทางจราจรซึ่งไม่เหมาะสมในทางเทคนิคที่จะกำหนดตำแหน่งของสถานีสูบน้ำเสียไว้เช่นนั้น ที่ตั้งบริเวณที่ (2) ประชาชนที่อยู่ข้าง ๆ ไม่เห็นด้วยเนื่องจากที่ตั้งสถานีอยู่ชิดเขตบ้าน และที่ตั้งทั้งสองแห่งอยู่ในเขตทางคลองชลประทานซึ่งความกว้างประมาณ 10 เมตร บริเวณที่ 3 ซึ่งอยู่ทางด้านใต้ของริมคลองพญากง ซึ่งจะอยู่ในเขตทางของคลองชลประทาน ข้างถนนทางเข้าวัดเกาะวังไทรห่างจากถนนเพชรเกษมประมาณ 460 เมตร เนื่องจากมีข้อจำกัดทางด้านพื้นที่ของสถานีสูบน้ำเสียนี้ ซึ่งมีเขตคลองกว้างประมาณไม่เกิน 10 เมตร เช่นกัน ซึ่งไม่เพียงพอจึงมีความจำเป็นต้องขยายความกว้างของพื้นที่เข้าไปในร่องน้ำซึ่งในปัจจุบันมีสภาพตื้นเขินมาก โดยขยายหน้ากว้างของสถานีให้ได้อย่างน้อย 12.00 เมตร และทางยาวขยายออกไปตามการใช้สอยที่ต้องการ ซึ่งมีความยาวประมาณ 40 เมตร ดังนั้นการจัดวางผังบริเวณของบ่อสูบจึงมีข้อจำกัดคล้ายกับสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 กล่าวคือองค์ประกอบต่าง ๆ จะต้องถูกจัดวางออกไปในทางยาวตามลักษณะของพื้นที่ดิน

ภายในสถานีสูบน้ำเสียจะมีองค์ประกอบได้แก่ อาคารวัดปริมาณน้ำโสโครก อาคารบ่อสูบน้ำโสโครก อาคารควบคุมและบ้านพัก เขื่อนผนังกันดินริมคลองและรายละเอียดทั่วไปภายในบริเวณ

3.2.2 อาคารวัดปริมาณน้ำเสีย

น้ำเสียที่มาตามท่อระบายน้ำก่อนที่จะถูกระบายลงสู่บ่อสูบน้ำน้ำเสีย จะถูกวัดปริมาณและเก็บบันทึกไว้ เพื่อเก็บไว้เป็นข้อมูลในการดูแลบำรุงรักษาระบบบำบัดน้ำเสีย ตลอดจนใช้เป็นข้อมูลเพื่อการคาดคะเนการเพิ่มและขยายตัวของระบบบำบัดน้ำเสียในอนาคต ระบบวัดปริมาณน้ำเสีย ได้พิจารณาเลือกใช้ระบบ Utrasonic ซึ่งจะวัดความเร็วของน้ำเสียและความลึกของระดับน้ำในราง ผลที่ได้จะส่งเข้าระบบควบคุม ซึ่งจะแสดงให้เห็นเป็นค่าตัวเลขของปริมาณน้ำเสียที่ไหลผ่าน ณ เวลาต่าง ๆ โดยตลอด ค่าต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกบันทึกเก็บไว้โดยเครื่องบันทึกอัตโนมัติ ซึ่งมีแผ่นกระดาษและปากกาบันทึกอยู่ในตัว รางระบายน้ำภายในอาคารออกแบบให้เป็นรางรูปสี่เหลี่ยมพื้นที่หน้าตัดจะแปรตามความลึกของรางเท่านั้น ซึ่งเป็นไปตามคำแนะนำของผู้ผลิต เนื่องจากท่อระบายน้ำเป็นท่อกลม ดังนั้นระยะความยาวรางตามคำแนะนำของผู้ผลิตกำหนดให้มีระยะ Transition ทางเข้าและออกของตัวอาคารข้างละ 1 เมตร เพื่อลดความแปรปรวน (eddy current) ในกรณีที่น้ำไหลผ่านพื้นที่หน้าตัดที่เปลี่ยนแปรและเมื่อน้ำไหลผ่านบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์วัดปริมาณน้ำเสียระดับน้ำจะแปรปรวนน้อยที่สุด ซึ่งการแปรปรวนนี้จะก่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนของการวัด แต่อยู่ในอัตราที่ต่ำซึ่งยอมรับได้ และเพื่อเป็นการประหยัดค่าก่อสร้างโครงสร้าง คสล. ตัวอาคารจึงกำหนดให้เป็นท่อสี่เหลี่ยมขนาด 2X2 เมตร ยาว 5.00 เมตร และมีทางลงคล้ายบ่อพักเพื่อการติดตั้งและตรวจสอบในอนาคต การปรับอุปกรณ์เพื่อให้ใช้งานวัดปริมาณน้ำเสียผู้ผลิตหรือตัวแทนจะเป็นผู้ดำเนินการจนสามารถใช้งานได้

3.2.3 บ่อสูบน้ำเสียที่ 2

3.2.3.1 ขนาดของบ่อสูบน้ำเสีย

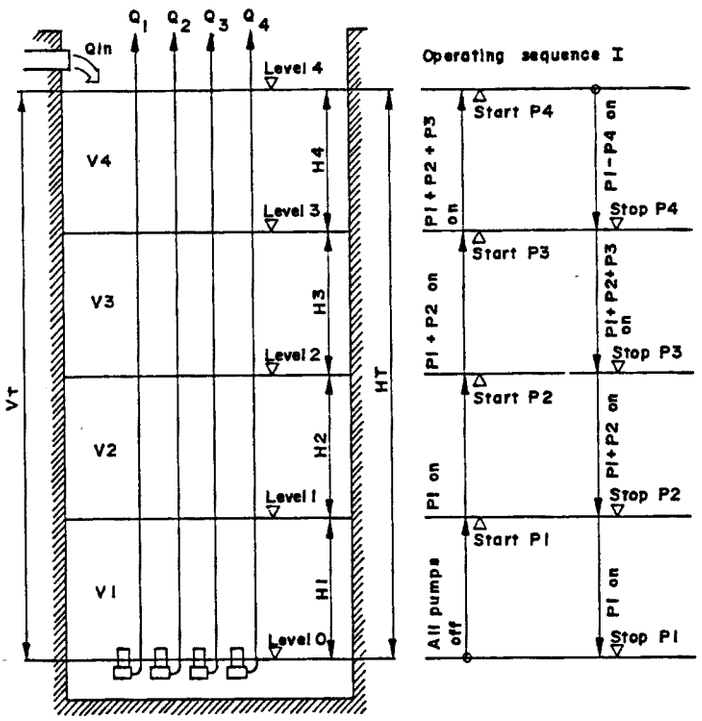
ในการออกแบบบ่อสูบน้ำเสียที่ 2 มีประเด็นที่ต้องพิจารณาเช่นเดียวกับการออกแบบบ่อสูบน้ำเสียที่ 1 แต่มีความแตกต่างจากในรายละเอียดข้อมูลที่ใช้พิจารณาและลักษณะการทำงานของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งประเด็นที่พิจารณามีดังนี้

(1) ใช้เครื่องสูบน้ำชนิดจุ่มในน้ำทำงาน 3 เครื่อง และมีสำรอง 1 เครื่อง สามารถสูบน้ำได้ไม่น้อยกว่า 92,000 $ม^3$/วัน

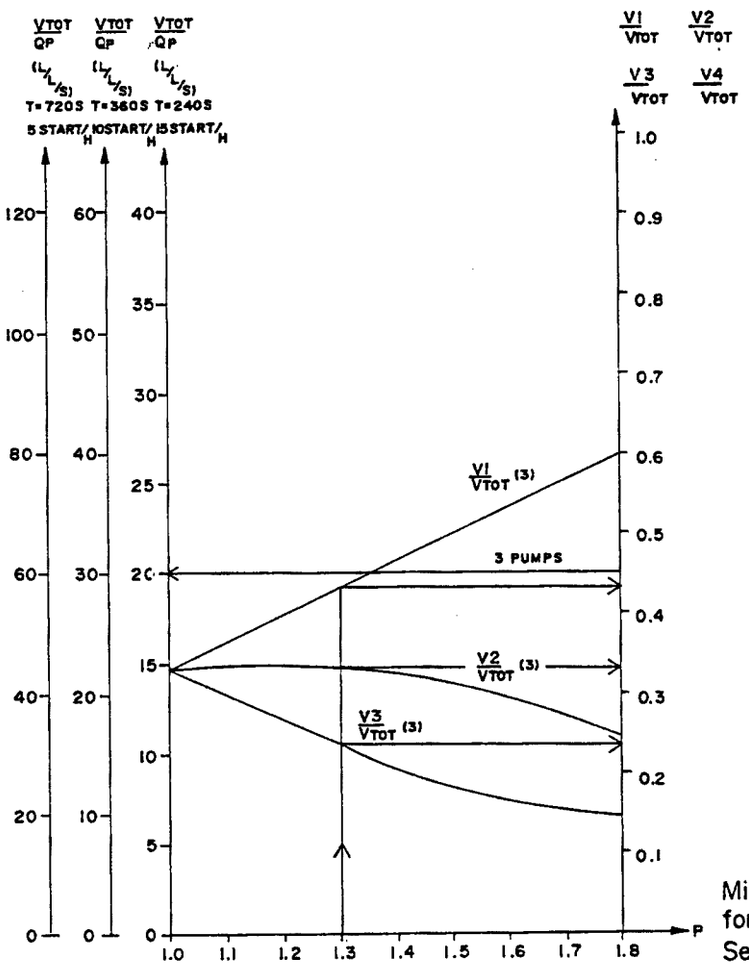
(2) การทำงานของเครื่องสูบน้ำ ให้เครื่องสูบน้ำทำงานทั้ง 4 เครื่อง สลับกันไปแต่ละรอบ แต่ละเครื่องจะทำงานไม่เกิน 10 ครั้ง/ชั่วโมง และจะทำงานพร้อมกันเมื่อระดับน้ำเพิ่มสูงขึ้น และหยุดทำงานทีละ 1 เครื่อง เมื่อระดับน้ำลดลงถึงระดับกำหนด ดังแสดงในรูป **3-3**

(3) การจัดวางเครื่องสูบน้ำ

(4) ระดับก้นท่อที่เข้ามาในบ่อสูบฯ มีค่า -2.50 เมตร



รูปที่ 3-3



Minimum sump volumes for 3-pumps.
Sequence I, alternation.

รูปที่ 3-4

(5) การบำรุงรักษา

จากประเด็นที่ (1) และ (2) คำนวณขนาดของบริมาตรบ่อสูบต่ำสุดที่ใช้สำหรับเก็บกักน้ำเสียซึ่งหาได้จากรูป 3-4 และเมื่อพิจารณาประเด็นต่าง ๆ ทั้งหมด และรวมช่องตะแกรงดักขยะให้ตั้งอยู่ภายในบ่อเนื่องจากพื้นที่ช่วงบริเวณสถานีสูบน้ำเสียมีไม่เพียงพอแล้ว จะได้บ่อสูบน้ำที่มีขนาด 4.80x9.00 เมตร x ลึก 8.00 เมตร โดยมีบ่อสำหรับติดตั้งประตูนี้อยู่ด้านข้าง

3.2.4 อาคารควบคุมและบ้านพักอาศัย

พื้นที่ซึ่งจะใช้สำหรับวางตู้วงจรควบคุมระบบการทำงานของเครื่องสูบน้ำและบ้านพักอาศัยของผู้ดูแลสถานีสูบน้ำฯ ถูกออกแบบให้เป็นอาคารเดียวกันเนื่องจากข้อจำกัดของพื้นที่ภายในบริเวณ ห้องควบคุมระบบมีพื้นที่ใช้สอย 24 ตารางเมตร บ้านพักอาศัยมีพื้นที่ 26.25 ตารางเมตร และมีห้องน้ำ 2 ห้อง สำหรับผู้ปฏิบัติงานภายในสถานีสูบน้ำฯ หนึ่งห้อง และสำหรับบ้านพักอาศัยหนึ่งห้อง อาคารทั้งหมดออกแบบเป็นอาคาร คสล. มีโครงเหล็กรับหลังคากระเบื้องลอนคู่

3.2.5 เขื่อนกันดินริมคลอง

ถูกออกแบบให้เป็นเขื่อน คสล. มีเสาและแผ่น คสล. กันดินเนื่องจากพื้นที่ภายในบริเวณจำเป็นจะต้องปรับขยายเข้าไปในเขตคลองพญากงอีก 2.00 เมตร และมีการถมปรับพื้นที่ให้สูงเท่ากับระดับ +3.00 เมตร ซึ่งจะป้องกันริมตลิ่งจะทำได้โดยวิธีการก่อสร้างเชิงลาดริมตลิ่งแล้ว ทิ้งหินใหญ่กันการกัดเซาะแต่เมื่อพิจารณาถึงความลาดของเชิงลาด ซึ่งต้องมีอย่างน้อย 1:1 แล้วพบว่าที่ตีนเชิงลาด ล้ำเขาไปในเขตคลองถึง 5 เมตร ซึ่งจะทำให้เห็นการกีดขวางการไหลของน้ำในคลอง จึงไม่เหมาะสมที่จะใช้วิธีดังกล่าว แม้ว่าราคาค่าก่อสร้างจะถูก จึงพิจารณาให้ใช้เขื่อนกันดิน คสล. แทน ซึ่งแนวเขื่อนจะอยู่ที่แนวบริเวณพื้นที่สถานีสูบน้ำฯ พอดี ไม่เป็นอุปสรรคกีดขวางต่อการไหลของน้ำในคลองพญากง และการออกแบบเขื่อนใช้ระบบ Cantilever Sheet-piling Wall เนื่องจากมีองค์ประกอบอื่น ๆ ภายในบริเวณที่เป็นอุปสรรคไม่สามารถก่อสร้าง Tierod ได้

3.2.6 รายละเอียดทั่วไปภายในบริเวณ

ภายในบริเวณสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 นอกจากมีองค์ประกอบอาคารหลัก ๆ ดังกล่าวแล้ว ยังจะมีองค์ประกอบย่อยที่ต้องทำการก่อสร้างเพื่อเพิ่มความปลอดภัยในทรัพย์สินและเพิ่มสภาพความน่าดูของสถานีฯ ตลอดจนความเป็นระเบียบเรียบร้อยและสิ่งอำนวยความสะดวกที่จำเป็นในการใช้งานในสถานีสูบน้ำเสียนี้

- รั้วรอบบริเวณ ใช้รั้วลวดตาข่ายโดยรอบ ด้านหน้าก่อสร้างประตูมีล้อเลื่อนปิดเปิดทางเข้าบริเวณสถานีสูบน้ำฯ

- พื้นทางเดินและใช้สอยภายในบริเวณ จะถูกปรับให้ได้ระดับ +3.00 เมตร และปูด้วยอิฐตัวหนอน พื้นที่ส่วนที่ไม่ได้ใช้สอยจะปลูกหญ้าเพื่อให้มีพื้นที่สีเขียวภายในบริเวณ

- แสงสว่างภายในบริเวณกำหนดให้มีเป็นระยะ ๆ เพื่อให้เกิดความปลอดภัยเพิ่มขึ้นในช่วงกลางคืน ดังรายละเอียดที่กำหนดไว้ในแบบงานไฟฟ้าภายในบริเวณ

- น้ำใช้ภายในสถานี เนื่องจากบริเวณสถานีสูบน้ำเสียฯ ยังไม่มีท่อประปา สาธารณะย่อย การจัดหาน้ำสะอาดจะต้องใช้รถบน ดังนั้นภายในสถานีจึงกำหนดให้มีถังน้ำเหล็กอาบสังกะสีขนาด 1.6 ม^3 จำนวน 2 ใบ ตั้งยกสูงอยู่บนขาเหล็กสูง 2.95 เมตร เพื่อให้น้ำมีแรงดันเพียงพอต่อการใช้งาน

3.2.7 ระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 จะเป็นไปในหลักการเดียวกันดังกล่าวในข้อ 3.1.5 ของสถานีสูบน้ำเสียที่ 1

4. ระบบส่งน้ำเสียจากสถานีสูบน้ำเสีย

องค์ประกอบของระบบ การออกแบบระบบส่งน้ำเสียแรงดัน ประกอบด้วยองค์ประกอบดังนี้

- ท่อส่งน้ำเสีย
- สถานีสูบน้ำเสีย

ซึ่งในการออกแบบได้พิจารณาเกณฑ์และข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบดังนี้

(1) ความสามารถในการสูบน้ำเสียสูงสุด

กรมโยธาธิการได้พิจารณาเห็นสมควรให้แต่ละสถานีสูบน้ำ มีความสามารถสูบส่งปริมาณน้ำเสียได้ถึงปี 2553 คือปริมาณน้ำเสียสูงสุด 67,500 ลบ.ม./วัน และ 92,034 ลบ.ม./วัน สำหรับสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 และสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 ตามลำดับ

(2) เครื่องสูบน้ำ

- เครื่องสูบน้ำในแต่ละสถานีสูบน้ำเสีย มีจำนวน 4 ชุด โดยเป็นเครื่องสูบน้ำใช้งาน 3 ชุด และเป็นเครื่องสูบน้ำสำรอง 1 ชุด
- อัตราการทำงานของเครื่องสูบน้ำไม่เกิน 10 ครั้ง/ชั่วโมง
- เครื่องสูบน้ำทั้งหมดมีโอกาสใช้งานเท่า ๆ กัน โดยการทำงานสลับกัน ซึ่งควบคุมด้วยระบบลูกรอกและระดับน้ำภายในบ่อสูบน้ำเสีย

(3) บ่อสูบน้ำเสีย

บ่อสูบน้ำเสียจะต้องมีขนาดและปริมาตรสอดคล้องกับการจัดวางเครื่องสูบน้ำ โดยไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการสูบน้ำเสียของเครื่องสูบน้ำแต่ละชุด และสอดคล้องกับอัตราการสูบน้ำของเครื่องสูบน้ำ

(4) ความเร็วของน้ำในท่อส่ง

ความเร็วของน้ำเสียในท่อส่ง จะต้องไม่ต่ำกว่า 0.6 ม./วินาที และไม่เกิน 3 ม./วินาที

4.1 ระบบท่อส่งน้ำเสียจากสถานีสูบน้ำเสียที่ 1

4.1.1 การวางท่อส่งแรงดัน

การวางท่อส่งแรงดันจากสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 ถึงบ่อพักท่อระบายน้ำของโครงการ ได้พิจารณาแนวทางการวางท่อส่งออกเป็น 2 แนวทางคือ

(1) ทำการวางท่อตามแนวถนนเทศา 7 เข้าสู่ถนนเทศาและวกเข้าหาสะพานข้ามคลองห้วยจระเข้ และเลียบไปตามคลองห้วยจระเข้ถึงบ่อพักน้ำเสีย

(2) ทำการวางท่อตามแนวคลองห้วยจระเข้ตลอดแนวจากสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 ถึงบ่อพักน้ำเสีย

เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองแนวทาง แนวทาง (2) มีความเหมาะสมโดยภาพรวมมากกว่าแนวทาง (1) กล่าวคือ แนวทาง (2) ใช้ความยาวของท่อส่งน้อยกว่า การก่อสร้างสะดวกและสามารถหลีกเลี่ยงปัญหาการจราจรและซ่อมแซมผิวทาง ซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ในการก่อสร้างเนื่องจากถนนเทศาเป็นถนนสายหลักจากตัวเมืองสู่กรุงเทพมหานคร และเป็นทางผ่านของรถประจำทางหลายสาย

ดังนั้นการวางท่อส่งน้ำเสีย จึงได้ยึดตามแนวทาง (2) ซึ่งได้พิจารณาวิธีการวางท่อส่งเป็น 2 ลักษณะคือ

- ทำการวางใต้ดิน
- ทำการวางลอยโดยมีเสารับเป็นช่วง ๆ

ใน 2 วิธีนี้ได้พิจารณาเลือกวิธีวางลอย เนื่องจากการวางใต้ดินมีอุปสรรคที่สมอและเหล็กยึดกำแพงกันคลอง ซึ่งก่อสร้างไว้ทุกระยะ 1.0-1.50 เมตร การก่อสร้างท่อส่งน้ำเสียใต้ดินจะกระทำได้ลำบากเพราะไม่สามารถหลีกเลี่ยงสมอและเหล็กยึดเหล่านี้ได้ ทั้งยังก่อให้เกิดความเสียหายแก่กำแพงกันคลองไปตลอดแนวคลอง

ในการวางท่อผ่านสะพานคลองห้วยจระเข้ พิจารณาวางลอดใต้ท้องสะพานโดยใช้ประโยชน์ตอม่อเดิมที่มีอยู่เป็นเสารองรับท่อ ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยากในการก่อสร้างท่อใต้สะพานลง รวมทั้งช่วยลดปัญหาการเกิดการทรุดตัวลงด้วย

การกำหนดระยะห่างของเสารับท่อส่ง ได้พิจารณาความเป็นไปได้และความสะดวกต่อการก่อสร้างเป็นเกณฑ์ กล่าวคือพื้นที่เลียบคลองสำหรับวางท่อส่งกว้างประมาณ 2.0 เมตร และระยะห่างของสมอและเหล็กยึดกำแพงประมาณ 1.0-1.50 เมตร ดังกล่าว ทำให้การก่อสร้างเสาขนาดใหญ่เพื่อรับท่อช่วงยาวมาก กระทำได้ลำบาก จึงได้พิจารณาระยะห่างของเสา

รับท่อเป็น 12.0 เมตร ซึ่งเป็นระยะที่เหมาะสมและให้ขนาดของเสาสอดคล้องกับสภาพปัญหามากที่สุด

ชนิดของท่อส่งน้ำเสีย พิจารณาใช้ท่อเหล็กเนื่องจากมีความสามารถในการรับแรงดัน และมีอายุการใช้งานสูง โดยต่อยืดความยาวท่อโดยการเชื่อมตลอดแนว และป้องกันการกัดกร่อนเนื่องจากสนิมเหล็ก ดังนี้

ท่อส่งน้ำเสียภายในท่อจะได้รับการเคลือบ Coal tar epoxy เพื่อป้องกันการกัดกร่อนผิวท่อโดยน้ำโสโครก ท่อน้ำเสียที่วางเหนือผิวดินภายนอก จะทาสีป้องกันสนิมและสีอลูมิเนียม ส่วนท่อที่ถูกวางฝังไว้ใต้ดินจะต้องมีการเคลือบทาด้วย Coal tar และแผ่นใยแอสเบสตอส

4.1.2 ขนาดของเครื่องสูบน้ำและท่อส่ง

ในการออกแบบขนาดของเครื่องสูบน้ำและท่อส่งน้ำเสียได้อาศัยสูตรของ Harzen-William ดังนี้

$$Q = 0.285\ Cd^{2.63}\ S^{0.54}$$

โดย Q = ปริมาณน้ำเสีย, แกลลอน/นาที
C = ค่าสัมประสิทธิ์การไหล
= 120 สำหรับท่อเหล็ก
d = ขนาดของท่อส่งน้ำเสีย, นิ้ว
S = h/L
h = ค่าความสูญเสีย, ฟุต
L = ความยาวสมมูลย์ของท่อส่ง, ฟุต

โดยใช้สูตรของ Harzen-William เป็นพื้นฐานในการจัดเตรียมรูปกราฟต่าง ๆ คือ Modified H-Q Curve และ System Head Curve เพื่อเลือกขนาดของเครื่องสูบน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับขนาดท่อส่งน้ำเสียและสามารถสูบน้ำได้ครอบคลุมปริมาณน้ำเสียที่ต้องการ

จำนวนเครื่องสูบน้ำใช้งานและสำรอง สอดคล้องกับหลักเกณฑ์ที่เสนอไว้ในการศึกษาความเหมาะสม คือเครื่องสูบน้ำใช้งานจำนวน 3 ชุด และเครื่องสูบน้ำสำรองจำนวน 1 ชุด

ขนาดของท่อส่งพิจารณาขนาดซึ่งสามารถให้ความเร็วของน้ำเสียต่ำสุดและสูงสุดอยู่ในช่วง 0.6-3.0 ม./วินาที ทั้งนี้ขนาดท่อที่เลือกขึ้นนี้จะต้องไม่ทำให้เกิด head loss มากเกินไป ซึ่งจะทำให้ขนาดของเครื่องสูบน้ำใหญ่มาก

4.2 ระบบท่อส่งน้ำจากสถานีสูบน้ำเสียที่ 2

4.2.1 การวางท่อส่งแรงดัน

ได้พิจารณาวางท่อส่งแรงดันใต้ผิวจราจร (ไหล่ทาง) เพื่อความประหยัดและความสะดวกต่อการก่อสร้าง โดยแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อส่งจะอยู่ห่างจากแนวที่ดินเอกชนโดยเฉลี่ย 1.50 เมตร เว้นแต่ในบริเวณซึ่งไม่มีปัญหาเรื่องที่ดิน เช่นบริเวณหน้าวัดเกาะวังไทร บริเวณสะพานเจตน์ผดุงไชย เป็นต้น และลึกจากผิวดินโดยเฉลี่ยมากกว่า 1.20 เมตร ซึ่งเป็นมาตรฐานตามการประปานครหลวงแนะนำ สำหรับท่อขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.80 เมตร

ในบริเวณที่ต้องผ่านคลอง ซึ่งมี 2 จุด ได้แก่สะพานชุนบุญมีและสะพานเจตน์ผดุงไชย ในการพิจารณาลอดหรือข้ามสะพานตั้งอยู่บนพื้นฐานของความสะดวกในการก่อสร้าง และการบำรุงรักษาตลอดจนความแข็งแรงของท่อส่งน้ำเสีย

ตามข้อแนะนำของการประปานครหลวง และการประเมินทางด้านความแข็งแรงของท่อ พบว่า

1. การวางท่อลอดท้องคลองจะให้เสถียรภาพแก่ท่อมากกว่า แต่มีข้อเสียเปรียบที่การบำรุงรักษา

2. การวางท่อข้ามคลอง จะเกิดปัญหาใหญ่คือ การทรุดตัวของแนวท่อซึ่งการออกแบบแท่นรับท่อเพียงประการเดียวไม่ได้ช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้มากนัก จึงต้องมีการใช้อุปกรณ์อื่น ๆ เข้าช่วย คือ Restrained Joint ซึ่งทำให้ค่าก่อสร้างเพิ่มมากขึ้น

จากเหตุผลทั้งสอง ได้นำมาพิจารณาเฉพาะจุดสะพานทั้ง 2 ได้

สะพานชุน-บุญมี

การวางท่อลอดท้องคลอง จะก่อปัญหามากกว่าการวางข้ามคลองเนื่องจาก

- คลองกว้างมาก
- คลองมีระดับลึก

ทำให้การก่อสร้างท่อส่งมีความยุ่งยาก และมีท่อจมอยู่ลึกเป็นระยะทางยาวเกินไป ยากแก่การบำรุงรักษาหรือแก้ไขปัญหาภายหลัง ประกอบกับสะพานชุน-บุญมี มีรางสะพานเป็นฉากกั้นทำให้การยกท่อลอยข้ามคลองดูไม่ขัดตา หรือบดบังทัศนียภาพสิ่งแวดล้อมมากนัก แม้ว่าจะต้องใช้อุปกรณ์เสริมเพื่อป้องกันปัญหาการทรุดตัว แต่เมื่อเปรียบเทียบราคาอุปกรณ์ต่อการแก้ไขปัญหาข้างต้นแล้ว พบว่าการยกท่อข้ามคลองจะให้ผลในด้านบวกมากกว่า

สะพานเจตน์ผดุงไชย

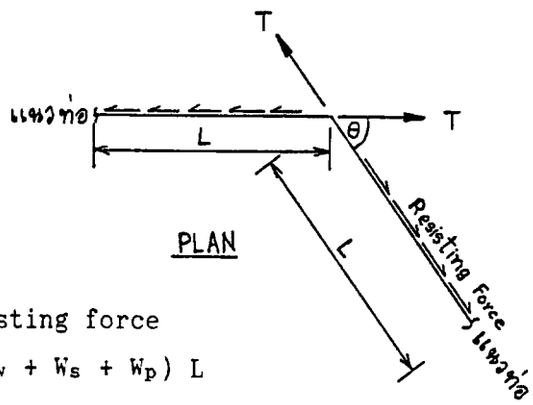
พิจารณาที่ดินของเอกชน ลักษณะคลองซึ่งแคบและตื้นแล้ว พบว่าการวางท่อลอดท้องคลอง ไม่ก่อให้เกิดปัญหาใด ๆ จึงพิจารณาวางท่อลอดท้องคลอง

ชนิดของท่อส่งน้ำของสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 พิจารณาใช้ท่อเหล็ก เนื่องจากมีความสามารถในการรับแรงดัน และมีอายุการใช้งานสูง โดยท่อยืดความยาวท่อโดยการเชื่อมตลอดแนว และป้องกันการกัดกร่อนด้วย Coal tar epoxy ทาเคลือบภายในท่อและภายนอกท่อทาด้วย Coal tar และพันด้วยแผ่นใยแอสเบสตอส

4.2.2 การพิจารณาความจำเป็นของแท่นรองรับท่อในแนวราบและแนวดิ่งสำหรับท่อใต้ดิน

การพิจารณาถึงการต้องมีแท่นรองรับท่อ ที่จุดที่มีแรงกระแทกของน้ำหรือไม่นั้นอาศัยการสมดุลย์ของแรง

(1) แท่นรองรับท่อในแนวราบ :



ที่จุดสมดุลย์

$$R = \text{Resisting force}$$

$$PA(1-\cos\theta) = f\,(W_w + W_s + W_p)\,L$$

เมื่อ

P = water pressure, กก./ม^2

A = X-Section area of pipe, ม^2

f = friction coefficient

W_w = weight of water in pipe, กก./ม.

W_s = weight of soil on pipe, กก./ม.

W_p = weight of pipe, กก./ม.

L = Restrained length

เพราะฉะนั้นจุดเปลี่ยนทิศทางที่ provide ท่อได้เท่ากับ L จะไม่ต้องใส่แท่นรองรับท่อในแนวราบ

ในการเปลี่ยนทิศทางท่อส่งในแนวราบ จากการวิเคราะห์พบว่า L จะมากที่สุดที่ θ มาก ๆ เช่น 90° ซึ่งที่ $\theta = 90°$

$$L = \frac{PA\ (1-\cos 90^{\circ})}{f(\leq W)}$$

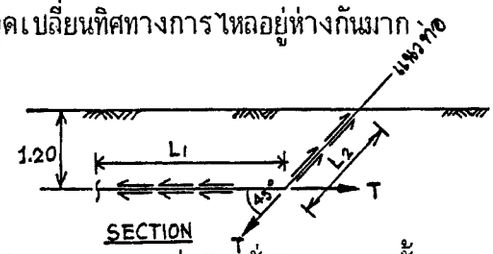
$$L = \frac{30{,}000 \times \frac{\pi 0.8^2}{4}\ (1)}{0.3\ (\frac{\pi 0.8^2}{4} \times 1{,}000 + 800 \times 0.85 \times 1.20 + 300)}$$

$$= 31 \text{ m.}$$

ที่ 45° $L = (1-\cos 45^{\circ})31 = 9$ m.

เพราะฉะนั้นในการวางท่อจะให้แต่ละจุดเปลี่ยนทิศทางการไหลอยู่ห่างกันมากกว่า 9 หรือ 31 เมตร แล้วแต่กรณี

(2) <u>แท่นรองรับท่อในแนวดิ่ง</u>



ในทำนองเดียวกันกับการเปลี่ยนทิศทางของน้ำในแนวราบ พบว่าโดยทั่วไป L_2 จะสั้นกว่า Restrained Length ที่ต้องการ ดังนั้นที่จุดเปลี่ยนทิศทางในแนวดิ่งจะต้องใส่แท่นรองรับท่อเสมอเช่น ที่บริเวณยกท่อข้ามคลอง

มุมเบี่ยงเบน = 45°

L_1 หรือ L_2 จะต้องมากกว่า 9 เมตร ซึ่งในทางปฏิบัติ L_2 = 1.70 เมตร เท่านั้น ดังนั้นต้องเพิ่มโครงสร้างช่วยรับแรงกระแทกส่วนเกินคือ Thrust box ที่บริเวณจุดเปลี่ยนทิศทางการไหล

4.2.3 <u>ขนาดของเครื่องสูบน้ำ</u>

ในการออกแบบขนาดเครื่องสูบน้ำใช้หลักการเดียวกันกับที่ได้กล่าวในข้อ 4.1.2

4.3 <u>ตะแกรงดักขยะ</u>

มีพื้นฐานเช่นเดียวกับตะแกรงในข้อ 3.1.3.2 แต่มีการจัดวางไว้ภายในบ่อสูบน้ำเสีย เนื่องจากมีบริเวณสำหรับจัดวางบ่อสูบน้ำเสียค่อนข้างจำกัด การวางตะแกรงไว้ภายในบ่อสูบ จะช่วยให้สถานีสูบน้ำเสียกระชับขึ้นและประหยัดเนื้อที่มากขึ้น

4.4 โครงสร้างยกเครื่องสูบน้ำ

พิจารณาถึงความจำเป็นและความสามารถในการยกน้ำหนักเครื่องสูบน้ำ ซึ่งหนักไม่น้อยกว่า 2 ตัน ในลักษณะเช่นเดียวกับสถานีสูบน้ำเสียที่ 1

4.5 ราวรอบบ่อสูบน้ำเสีย

พิจารณาโดยมีหลักการเช่นเดียวกับสถานีสูบน้ำเสียที่ 1 แต่ในกรณีของสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 จะจัดวางราวรอบบ่อสูบทั้งหมด รวมถึงช่องใส่วาล์วด้วยเนื่องจากช่องใส่วาล์วถูกจัดวางไว้ชิดเขตถนนตรงภายใน ซึ่งหากไม่ติดตั้งราวรอบ จะเพิ่มอันตรายให้แก่ยานพาหนะที่ผ่านบริเวณนั้นได้

5. ระบบบำบัดน้ำเสียชุมชนเทศบาลเมืองนครปฐม

5.1 คาบระยะเวลาของระบบบำบัดน้ำเสีย

ตามรายงานการศึกษาความเหมาะสมของระบบระบายน้ำและระบบบำบัดน้ำเสียเมืองนครปฐมเดือนพฤษภาคม 2532 ได้เสนอให้ใช้ระบบบ่อผึ่ง (Waster Stabilization Pond) โดยให้ก่อสร้างระบบบำบัดน้ำเสียระยะที่ 1 รองรับปริมาณน้ำเสียของเมืองจนถึงปี พ.ศ. 2543 ซึ่งเป็นปริมาณ14,900ม^3/วัน และได้เสนอให้มีการจัดหาที่ดินจำนวน 180 ไร่ ซึ่งเทศบาลได้จัดหาที่ดินไว้ 280 ไร่ และจากการหารือระหว่างเทศบาลและกรมโยธาธิการแล้ว ได้เสนอให้ วท.ทำการออกแบบระบบก่อสร้างรองรับน้ำเสียปี พ.ศ. 2543 และให้สามารถขยายบ่อเดิมออกไป แต่เนื่องจากลักษณะพื้นที่ดินที่มีอยู่ ไม่มีรูปทรงทางเรขาคณิตที่ดี เมื่อพิจารณาถึงการขยายตัวบ่อในอนาคตแล้วจะมีผลกระทบต่อการบำบัดน้ำเสียที่เป็นอยู่ (ดูรูปที่5-1) และพิจารณาถึงระยะเวลาที่ก่อสร้าง โครงการระยะที่ 1 แล้วเสร็จ ซึ่งคาดว่าประมาณปี พ.ศ. 2538 จะเห็นได้ว่า ในระยะอีก 2-3 ปี ข้างหน้าหลังจากเสร็จสิ้นการก่อสร้าง จะต้องเริ่มแผนงานการขยายบ่อบำบัดในระยะที่ 2 ประกอบกับขนาดของพื้นที่ดิน ซึ่งเทศบาลจัดหาไว้มีขนาดเพียงพอ วท. จึงเสนอให้ออกแบบให้เต็มโครงการรับน้ำเสียได้ถึงปี 2553 และลงทุนก่อสร้างทีเดียว ซึ่งทางเทศบาลและกรมโยธาธิการเห็นชอบให้ดำเนินการ

5.2 การออกแบบบ่อบำบัดน้ำเสีย

5.2.1 Facultative Pond

ในการออกแบบบ่อ Facultative Pond ซึ่งมีวัตถุประสงค์ เพื่อลด BOD ในน้ำเสีย วิธีที่สะดวกและนิยมใช้กันคือ ควรพิจารณาให้เป็น Completely mixed reactor ซึ่ง ค่า BOD จะถูกกำจัดไปโดยลักษณะของ first order kinetic ซึ่งจะเขียนสมการได้ดังนี้

$$\frac{Le}{Li} = \frac{1}{1+K_1 t}$$

Li = influent BOD, mg/l

Le = effluent BOD, mg/l

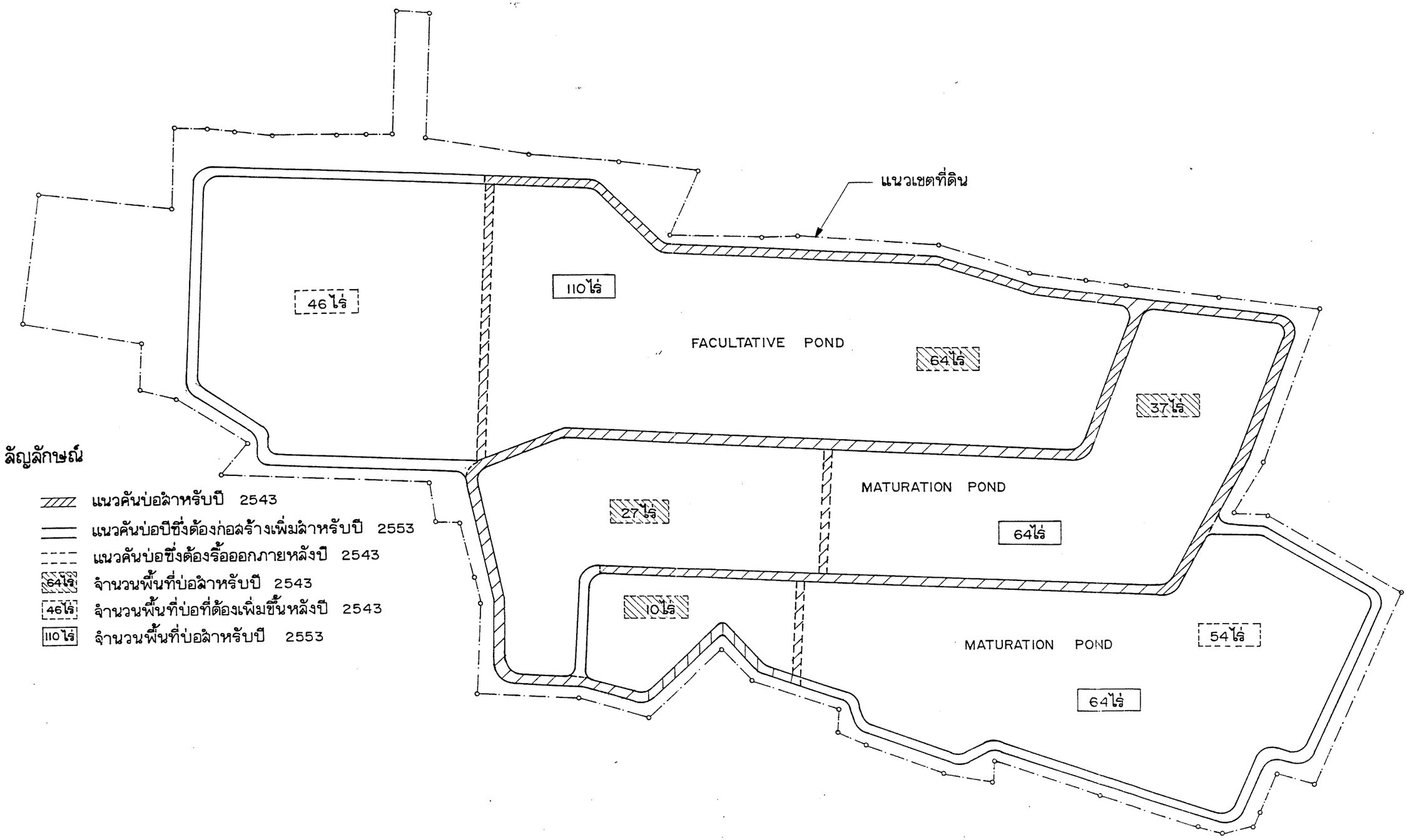
K_1 = rate constant for BOD removal, d^{-1}

t = retention time, d.

ค่า K_1 จะแปรเปลี่ยนตามอุณหภูมิซึ่งจะหาได้จาก

$$K_1 = K_{1(20^oC)}(1.05)^{T-20}$$

K_1 = 0.3 d^{-1} at 20°C



สัญลักษณ์

- แนวคันบ่อสำหรับปี 2543
- แนวคันบ่อปีซึ่งต้องก่อสร้างเพิ่มสำหรับปี 2553
- แนวคันบ่อซึ่งต้องรื้อออกภายหลังปี 2543
- 64 ไร่ จำนวนพื้นที่บ่อสำหรับปี 2543
- 46 ไร่ จำนวนพื้นที่บ่อที่ต้องเพิ่มขึ้นหลังปี 2543
- 110 ไร่ จำนวนพื้นที่บ่อสำหรับปี 2553

ผังแสดงบ่อบำบัดสำหรับปี 2553

โครงการก่อสร้างระบบระบายน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย
เทศบาลเมืองนครปฐม

รูปที่ 5-1

ในการออกแบบ Facultative Pond จะใช้ค่า

Li	=	151 mg/l
Le	=	40 mg/l
T	=	25.5°C (mean min)
$K_{1\ 25.5°C}$	=	0.392 day^{-1}

จากสมมการที่ใช้ออกแบบจะเป็นได้ว่าในกรณีที่เป็นบ่อเดียว ลักษณะทางชลศาสตร์จะเข้าใกล้ Complete mixing มากกว่า plug flow แต่หากพิจารณาว่าเป็นหลายบ่อมาต่อกัน แต่ละบ่อมีลักษณะการไหลของน้ำเป็น Complete mixing และก็จะได้ลักษณะการไหลในการรวมทั้งหมดมีลักษณะเป็น Plug flow ซึ่งเมื่อพิจารณา Mass Balance ของ BOD ตลอดทั้งจำนวนบ่อต่าง ๆ ที่ต่อกันจะได้สมการ

$$\frac{Le}{Li} = \frac{1}{(1+K_1 \cdot t)^n}$$

ซึ่งจะให้ผลต่อค่า effluent BOD ที่ดีกว่าที่จะรวมบ่อย่อย ๆ ทั้งหมดเป็นบ่อเดียวกัน ดังนั้นในการจัดวางรูปบ่อของแบบได้พยายามให้เกิดสภาพการณ์ทางชลศาสตร์ ในลักษณะของ Plug flow ให้มากที่สุดที่จะทำได้เพื่อให้ได้บ่อที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ในการบำบัดน้ำเสีย นอกเหนือจากการพิจารณาขนาดของบ่อด้วยสมการ first order kinetic แล้วภาระสารอินทรีย์บนพื้นผิว (Organic surface loading) ยังเป็นปัจจัยที่สำคัญตัวหนึ่ง ซึ่งจะต้องให้ความสำคัญและพิจารณาในการออกแบบด้วย ซึ่งในการออกแบบครั้งนี้ เลือกใช้ค่า organic surface loading 275 kg/ha/day ซึ่งเมื่อเทียบจากข้อมูลที่ได้จากการใช้ออกแบบและได้ให้ไว้ดังแสดงในรูป 5-2 จะเห็นได้ว่าค่าที่ใช้ออกแบบนี้จะต่ำกว่า ซึ่งเชื่อว่าจะมีค่าความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น

5.2.2 Maturation Ponds

เพื่อที่จะให้ค่า BOD ของน้ำเสียก่อนปล่อยน้ำทิ้งลงในลำน้ำลดลง จนได้คุณภาพตามมาตรฐานน้ำทิ้ง สำนักงานสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ และปริมาณแบคทีเรียจะถูกลดลงโดยสมมติให้เป็นไปในลักษณะ first order kinetics ดังสมการต่อไปนี้

$$Ne = \frac{Ni}{1+K_b(T)t}$$

Ne	=	Number of FC/100 ml of effluent
Ni	=	Number of FC/100 ml of influent

$K_{b(T)}$ = first order rate constant for F.C. removal at T°C, $(day)^{-1}$

t = detention time, day

เนื่องจาก Faecal coliform ในน้ำเสียของเมืองนครปฐมมีค่าสูงมากกว่า $24x10^7$ MPN/100ml จึงจำเป็นต้องมีบ่อ เพื่อลดจำนวน FC มากกว่าหนึ่งบ่อ เนื่องจากจำนวนบ่อที่มากกว่าจะให้ผลการลด FC ที่ดีกว่า แม้ว่าระยะเวลาเก็บกักในบ่อจะมีค่าเท่ากัน ดังนั้น การลดปริมาณ FC ในบ่อที่ต่อกันหลายบ่อ จะเป็นไปตาม

$$Ne = \frac{Ni}{(1+K_{B(T)}t1)(1+K_{B(T)}t2) \ldots\ldots\ldots (1+K_{B(T)}T2)}$$

$$K_{B(T)} = 2.6\ (1.19)^{(T-20)} = 6.768\ d^{-1}$$

ค่าที่ใช้ออกแบบ Maturation Pond ได้พิจารณาจากผลการวิเคราะห์น้ำเสียในช่วงการศึกษาความเหมาะสมและดูจากมาตรฐานแหล่งรับน้ำแล้วได้เสนอให้ใช้ค่า ดังนี้

Ni	=	$24x10^7$	MPN/100 ml
Ne	=	$4x10^3$	MPN/100 ml
T	=	25.5 °C	
$K_{B(25.5)}$	=	6.768 d^{-1}	

ระยะเวลารวมที่น้ำเสียถูกน้ำเสียถูกเก็บกักไว้ในบ่อต่าง ๆ จะมีระยะเวลา ดังนี้

Facultative Pond	7.5 วัน
Maturation Pond บ่อที่ 1	5 วัน
Maturation Pond บ่อที่ 2	5 วัน

ซึ่งจากการคำนวนหาขนาดบ่อและปริมาณ F.C. ที่ออก คาดว่า F.C ที่ออกจากบ่อสุดท้ายจะได้ค่าน้อยกว่า $4x10^3$

5.3 <u>องค์ประกอบของบ่อบำบัดน้ำเสีย</u>

(1) คันดินบ่อบำบัด เพื่อล้อมรอบเก็บกักน้ำ กำหนดให้มีคันดิน กว้าง 6.00 เมตร และให้บ่อมีความลึก ดังนี้

Facultative pond	
ระยะน้ำลึก	1.30 เมตร
Sludge storage	0.50 เมตร
Free Board	0.60 เมตร
รวม	2.40 เมตร

Nutration Pond ทั้งสองบ่อ	
ระยะน้ำลึก	1.50 เมตร
Free Board	0.60 เมตร
รวม	2.10 เมตร

การกำหนดระดับความสูงของคันดิน จะพิจารณาการก่อสร้างคันดินจะให้นำดินที่ขุดได้จากบริเวณมาใช้ถมก่อสร้างคันดินโดยจะลอกหน้าดินออกไปทิ้ง หรือถมพื้นที่เหลือ ซึ่งไม่ใช้ในการก่อสร้างและดินส่วนที่อยู่ใต้ชั้น 0.30 จากดินทั่วไปจึงนำมาใช้ในการก่อสร้าง คันดินบ่อบำบัดภายในบ่อจะก่อสร้างแผ่น ค.ส.ล. เพื่อกันการกัดเซาะของน้ำในบ่อเนื่องจากคลื่นของน้ำภายในบ่อ ส่วนตอนบนของเชิงลาดเหนือ แผ่น ค.ส.ล. จะปลูกหญ้าเพื่อป้องกันการกัดเซาะ ผิวบนของคันดินจะปูด้วยดินลูกรังหน้าประมาณ 15 ซม. เพื่อช่วยบำรุงรักษาผิวดินและอำนวยความสะดวกต่อการบำรุงรักษา

(2) อาคารรับน้ำทางเข้าบ่อบำบัด

น้ำเสียที่มาจากสถานีสูบน้ำเสียที่ 2 จะถูกส่งมาโดยท่อขนาด ø 800 มม. ปริมาณน้ำสูงสุดจะรวมน้ำฝนที่เข้ามาในระบบท่อด้วย

อาคารรับน้ำทางเข้าบ่อ ได้พิจารณาออกแบบใช้รางคอนกรีตเสริมเหล็กกว้าง 1.50 เมตร พร้อมวางฝาตะแกรงเหล็กอาบสังกะสีปิด ตลอดความยาวรางเพื่อป้องกันอุบัติเหตุ รางคอนกรีตเสริมเหล็ก จะมีท่อ ø 0.60 เมตร สำหรับระบายน้ำเข้าท่อโดยวางห่างกันทุก ๆ ระยะ 50 เมตร เพื่อให้น้ำเสียสามารถเข้าบ่อบำบัดได้ตลอด ความกว้างของตัวบ่อและจะลดปัญหาของ point load ของตัวบ่อ

(3) ท่อเชื่อมต่อระหว่างบ่อ

ท่อเชื่อมต่อระหว่าง Facultative Pond และ Maturative Ponds ใช้ท่อคอนกรีต เสริมเหล็กวาง 3 แนว ø 80 เมตร ท่อแนวกลางมีบ่อพักพร้อมฝาตะแกรงเหล็กอาบสังกะสีเพื่อให้สามารถในการเก็บตัวอย่างน้ำที่ออกจากแต่ละบ่อเพื่อนำไปวิเคราะห์ระดับปากท่อทางเข้าและออกของบ่อๆ จะอยู่ใต้น้ำเพื่อไม่ให้ scum ที่เกิดขึ้นในแต่ละบ่อไหลออกไปยังบ่ออื่นได้

การออกแบบการเชื่อมต่อระหว่างบ่อได้พิจารณาถึง head loss ที่ผ่านบ่อโดยเพิ่มจำนวนแนวท่อให้เพียงพอเพื่อให้ระดับน้ำระหว่างท่อมีความแตกต่างกันน้อยที่สุดในขณะที่มี Peak flow เข้าบ่อ ค่าระดับน้ำที่แสดงในการก่อสร้างจะเป็นค่าความแตกต่างสูงสุดของระดับน้ำที่ยอมให้เกิดขึ้นระหว่างบ่อ จากการคำนวณพบว่าค่าดังกล่าวจะเห็นเท่าที่แสดงไว้

(4) อาคาร

น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจนถึง Maturation Pond บ่อสุดท้าย และพร้อมที่จะออกจากบ่อลงสู่คลองข้างบริเวณ อาคารระบายน้ำออกจำนวน 2 อาคาร และน้ำจะถูกระบายออกจากอาคารโดยท่อ ø 80 เมตร การกำหนดให้มีอาคารระบายน้ำออกจากบ่อ 2 อาคารได้พิจารณาจากความรุนแรงและปริมาณน้ำที่ระบายออกและ Flow Require ในบ่อสุดท้ายแล้ว อาคาร 2 แห่งจะช่วยลด Stagnant ที่มุมบ่อได้ดีกว่าการมีอาคารตัวเดียว อาคารระบายน้ำออกถูกออกแบบให้เป็นอาคารน้ำล้นมีทางน้ำล้น สองข้างของตัวอาคารยาวข้างละ 4.00 เมตร จากตัวคันบ่อ มีสะพานคอนกรีตเดินเชื่อมต่อถึงตัวอาคาร ที่ตัวอาคารมีช่วงเปิดและบันไดลงไปในตัวอาคาร เพื่อการบำรุงรักษาที่ระดับพื้นอาคารจะติดตั้ง ท่อเหล็กหล่อพร้อมประตูน้ำขนาด ø200 มม. เพื่อใช้ระบายน้ำทั้งหมดออกจากบ่อในกรณีที่ต้องมีการซ่อมบำรุงบ่อ

รายการคำนวณ

Project : NAKHON PATHOM
Subject : SEWER DESIGN

Line : ID-1

Date : 02-Sep-90

Location				Area		Domestic flow							Infiltration	Design flow		Sewer design						
							Design Population									Manning n = 0.015						
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Increment (ha).	Cum. total (ha).	Pop. density (pers./ha)	Increment (pers.)	Cum. Total (pers.)	Avg. unit flow (l/c/d)	Cum. avg. flow (cu.m/d)	Peaking factor	Cum. peak flow (cu.m/d)	Peak I/I allow. (%)	Cum. Peak I/I allow. (cu.m/d)	Cum. avg. flow (cu.m/s)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	Q avg. / Q full	V avg. / V full	V avg. (m/s)	Q max. / Q full
1/63,1				33.94	83.94	35	2938	2938	195	572.89	3.00	1719	20	344	0.0080	0.0239								
1/64				19.43	103.37	24	466	3404	195	663.83	3.00	1991	20	398	0.0092	0.0277								
1/3				11.49	114.86	99	1138	4542	285	988.51	3.00	2964	20	593	0.0137	0.0412								
1/4	0.000	380.593	381	8.22	123.08	99	814	5356	285	1219.94	3.00	3660	20	732	0.0169	0.0508	0.40	0.00150	0.070	0.56	0.242	0.83	0.46	0.726
1/65,66,				86.70	209.78	24	2081	7436	195	1626.70	3.00	4877	20	975	0.0226	0.0677								
1/2				12.10	221.88	35	424	7860	195	1708.26	3.00	5125	20	1025	0.0237	0.0712								
1/5	380.593	960.619	580	7.62	229.50	99	754	8614	285	1923.38	3.00	5770	20	1154	0.0267	0.0801	0.60	0.00100	0.168	0.60	0.159	0.74	0.44	0.476
1/62.17-22				142.37	371.87	99	14095	22709	285	5940.25	3.00	17821	20	3564	0.0825	0.2475								
1/10-11,6-7	960.619	1229.000	268	10.83	382.70	99	1072	23781	285	6245.82	3.00	18737	20	3747	0.0867	0.2602	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.267	0.86	0.55	0.802
1/8	1229.000	1317.513	89	0.28	383.58	99	87	23868	285	6270.64	3.00	18812	20	3762	0.0871	0.2615	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.268	0.86	0.55	0.805
1/9,12	1317.513	1721.231	404	7.56	391.14	99	748	24617	285	6483.95	3.00	19452	20	3890	0.0901	0.2702	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.278	0.86	0.55	0.833
1/15,16	1721.231	2279.200	558	7.91	399.05	99	783	25400	285	6707.13	3.00	20121	20	4024	0.0932	0.2795	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.287	0.87	0.56	0.861
1/13,14,50	2279.200	2419.500	140	26.15	425.20	99	2589	27988	285	7444.95	3.00	22336	20	4467	0.1034	0.3102	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.319	0.89	0.57	0.956
1/25-42,53,54	2419.500	2758.000	339	88.39	513.59	99	8751	36739	285	9938.88	3.00	29817	20	5963	0.1380	0.4141	1.00	0.00080	0.588	0.75	0.235	0.83	0.62	0.704
1/55	2758.000	2920.770	163	1.52	515.11	99	150	36890	285	9981.76	3.00	29943	20	5989	0.1386	0.4159	1.00	0.00080	0.588	0.75	0.236	0.83	0.62	0.707
1/56	2920.770	3081.142	160	1.66	516.77	99	164	37054	285	10028.60	3.00	30086	20	6017	0.1393	0.4179	1.00	0.00080	0.588	0.75	0.237	0.83	0.62	0.710
1/57,58	3081.142	3431.179	350	3.67	520.44	99	363	37417	285	10132.15	3.00	30396	20	6079	0.1407	0.4222	1.00	0.00080	0.588	0.75	0.239	0.83	0.62	0.718
1/59,60	3431.179	4105.541	674	8.51	528.95	99	842	38260	285	10372.26	3.00	31117	20	6223	0.1441	0.4322	1.00	0.00080	0.588	0.75	0.245	0.84	0.63	0.735
1/43-51,61,ID-2,3,4				202.39	731.34	99	20086	58346	285	16096.80	3.00	48290	20	9658	0.2236	0.6707								
ID-3				12.96	743.90	23	277	58623	195	16150.89	3.00	48453	20	9691	0.2243	0.6730								
ID-4	4105.541	4198.187	93	60.78	804.68	35	2127	60751	195	16565.71	3.00	49697	20	9939	0.2301	0.6902	1.20	0.00080	0.957	0.85	0.241	0.83	0.70	0.722

Project : MAKHON PATHOM

Subject : SEWER DESIGN

Line : ID-7

Date : 17-Apr-90

Location				Area		Domestic flow							Infiltratio	Design flow		Sever design										Sever layout			
						Design Population										Manning n = 0.015										Ground elevation	surface	Invert elevation	
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Increment (ha).	Cum. total (ha).	Pop. density (per/ha)	Increment (pers.)	Avg. unit flow (l/c/d)	Cum. avg. flow (cu.m/d)	Peaking factor	Cum. peak flow (cu.m/d)	Peak I/I allow. (%)	Cum. peak I/I allow. (cu.m/d)	Cum. avg. flow (cu.m/s)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	Q avg. / Q full	V avg. / V full	V avg. (m/s)	Q max. / Q full	V max. / V full	V max. (m/s)	At U/S manhole	At D/S manhole	At U/S end	At D/S end
2/1	0.000	178.947	178.95	3.78	3.78	99	374	285	106.65	3.00	320	20	64	0.001	0.004	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.007	0.30	0.22	0.022	0.42	0.31	4.66	4.18	2.500	2.232
2/2	178.947	312.190	133.24	6.31	10.09	99	625	285	284.69	3.00	854	20	171	0.004	0.012	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.019	0.41	0.30	0.057	0.56	0.41	4.18	4.25	2.232	2.032
2/3	312.190	504.543	192.35	5.39	15.48	99	534	285	436.77	3.00	1310	20	262	0.006	0.018	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.029	0.46	0.33	0.088	0.63	0.46	4.25	4.45	1.600	1.311
2/4	504.543	595.800	91.26	4.23	19.71	99	419	285	556.12	3.00	1668	20	334	0.008	0.023	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.037	0.50	0.36	0.112	0.68	0.49	4.45	4.31	1.311	1.175
2/5	595.800	874.447	278.65	4.71	24.42	99	466	285	689.01	3.00	2067	20	413	0.010	0.029	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.046	0.52	0.38	0.139	0.72	0.53	4.31	3.62	1.175	0.757
2/6	874.447	958.000	83.55	4.53	28.95	99	448	285	816.82	3.00	2450	20	490	0.011	0.034	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.055	0.55	0.40	0.165	0.75	0.55	3.62	2.48	0.757	0.631
2/7	958.000	1182.100	224.10	7.32	36.27	99	725	285	1023.36	3.00	3070	20	614	0.014	0.043	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.069	0.59	0.43	0.207	0.80	0.58	2.48	2.40	0.631	0.295
2/8-9	1182.100	1447.343	265.24	3.38	39.65	99	335	285	1118.72	3.00	3356	20	671	0.016	0.047	0.60	0.00150	0.206	0.73	0.075	0.60	0.44	0.226	0.82	0.59	2.40	3.40	0.295	-0.103
					39.65																								

Project : NAKHON PATHOM

Subject : SEWER DESIGN

Line : ID-3

Date : 27-Jul-90

Location				Design flow		Sewer design										Sewer layout			
						Manning n = 0.015										Ground surface elevation		Invert elevation	
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Cum. avg. flow (cu.m/s)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	Q avg. / Q full	V avg. / V full	V avg. (m/s)	Q max. / Q full	V max. / V full	V max. (m/s)	At U/S manhole	At D/S manhole	At U/S end	At D/S end
ID4,MF2				0.0328	0.0983														
3/16				0.0339	0.1016														
3/4-15	0.000	55.082	55.08	0.0584	0.1753	0.20	0.00080	0.324	0.65	0.180	0.77	0.50	0.540	1.02	0.66	3.31	4.25	-0.350	-0.394
3/1-2	55.082	392.336	337.25	0.0597	0.1792	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.184	0.78	0.50	0.552	1.02	0.66	4.25	0.00	-0.394	-0.664
M3				0.0621	0.1862														
3/3	392.336	808.198	415.86	0.0631	0.1892	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.194	0.79	0.51	0.583	1.03	0.66	4.31	3.62	-0.664	-0.997
ID2	808.198	821.527	13.33	0.0786	0.2358	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.242	0.83	0.54	0.727	1.07	0.69	3.62	2.48	-0.997	-1.007
	821.527	845.011	23.48	0.0786	0.2358	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.242	0.83	0.54	0.727	1.07	0.69	2.48	2.40	-1.135	-1.154
	845.011	861.133	16.13	0.0786	0.2358	0.80	0.00080	0.324	0.65	0.242	0.83	0.54	0.727	1.07	0.69	2.40	3.40	-1.154	-1.167

Project : MAHSOM PATHOK

Subject : SEWER DESIGN

Line : ID-4

DATE : 17-Apr-90

Location				Area		Domestic flow							Infiltration		Design flow						Sever design										Sever layout			
							Design Population								Waste		Rain				Manning n = 0.015										Ground surface elevation		Invert elevation	
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sever (m.)	Increment (ha).	Cum. total (ha).	Pop. density (pers./ha)	Increment (pers.)	Cum. total (pers.)	Avg. unit flow (l/c/d)	Cum. avg. flow (cu.m/d)	Peaking factor	Cum. peak flow (cu.m/d)	Peak I/I allowance (%)	Cum. Peak I/I allowance (cu.m/d)	Cum. avg. flow (cu.m/s)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Peak Runoff (cu.m/s)	Overflow pipe capacity (cu.m/s)	Cum. Peak Runoff (cu.m/s)	Design flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	Q min. / Q full	V min. / V full	V min. (m/s)	Q max. / Q full	V max. / V full	V max. (m/s)	At upper manhole	At lower manhole	At upper end	At lower end
4/15	0.000	0.000	0.000	60.78	60.78	35	2127	2127	195	414.82	3.00	1244	20	249	0.006	0.017	0.000	0.000		0.017	0.60	0.00125	0.188	0.67	0.031	0.00	0.00	0.092	0.00	0.00	3.50	3.50	2.250	2.250
4/11-14	0.000	0.000	0.000	15.28	76.06	99	1513	3640	285	845.95	3.00	2538	20	508	0.012	0.035	0.000	0.000		0.035	0.60	0.00125	0.188	0.67	0.062	0.00	0.00	0.187	0.00	0.00	3.50	3.50	2.250	2.250
4/1	0.000	107.373	107.373	3.90	79.96	99	386	4026	285	955.99	3.00	2868	20	574	0.013	0.040	0.509	1.800	0.000	0.040	0.60	0.00125	0.188	0.67	0.071	0.59	0.39	0.212	0.80	0.53	3.50	3.60	2.250	2.116
4/2	107.373	193.774	86.401	2.35	82.31	99	233	4259	285	1022.29	3.00	3067	20	613	0.014	0.043	0.307	0.480	0.000	0.043	0.60	0.00125	0.188	0.67	0.075	0.50	0.40	0.226	0.82	0.54	3.60	3.63	2.116	2.008
4/3	193.774	445.000	251.226	3.10	85.41	99	307	4566	285	1109.76	3.00	3329	20	666	0.015	0.046	0.397	0.500	0.000	0.046	0.60	0.00125	0.188	0.67	0.082	0.62	0.41	0.246	0.84	0.56	3.63	3.76	2.008	1.694
4/4	445.000	696.000	251.000	2.58	87.99	99	255	4821	285	1182.55	3.00	3548	20	710	0.016	0.049	0.420	0.540	0.000	0.049	0.60	0.00125	0.188	0.67	0.087	0.63	0.42	0.262	0.85	0.57	3.76	3.38	1.500	1.186
4/5	696.000	936.500	240.500	2.48	90.47	99	246	5067	285	1252.53	3.00	3758	20	752	0.017	0.052	0.393	0.230	0.163	0.163	0.80	0.00125	0.406	0.81	0.043	0.51	0.41	0.129	0.70	0.56	3.38	3.40	0.986	0.686
4/6.4/8/1	936.500	1228.700	292.200	3.90	94.37	99	386	5453	285	1362.57	3.00	4088	20	818	0.019	0.057	0.476		0.476	0.639	1.00	0.00125	0.735	0.94	0.026	0.45	0.42	0.077	0.61	0.57	3.40	3.17	0.486	0.120
4/7-10	1228.700	~~1385.000~~ 1480	156.300	14.13	108.50	99	1399	6852	285	1761.24	3.00	5284	20	1057	0.024	0.073	1.458		1.458	2.097	1.5*1.2	0.00100	2.266	1.259	0.011	0.35	0.44	0.032	0.47	0.59	3.17	3.10	-0.080	-0.236

Project : NAKHON PATHOM
Subject : SEWER DESIGN

Line : L 1-4

DATE : 08-Jul-90

Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Increment Area A (Km 2)	Catchment Length L (Km.)	Difference Level H (m.)	Tc. Hour	Tc. Min.	Rainfall Intensity I (mm/Hr)	Run-off Coeff. C	Design Discharge Q (cu.m./s)	Cum. Design Discharge Od (cu.m./s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	n = 0.015 Capacity full (cu.m/s)	n = 0.015 Velocity full (m/s)	Ground Elev. At upper manhole	Ground Elev. At lower manhole	Invert Elev. At upper end	Invert Elev. At lower end
1/31	0.000	402.021	402.021	0.0327	0.50	0.15	0.88	53	65	0.40	0.24	0.236	0.80	0.00080	0.324	0.65	3.50	3.60	3.022	2.700
1/32,33	402.021	544.800	142.779	0.0206	0.32	0.15	0.53	32	83	0.40	0.19	0.426	0.9*0.9	0.00080	0.685	0.85	3.60	3.60	2.600	2.486
1/29/1.30	544.800	634.176	89.376	0.0575	0.67	0.15	1.24	74	52	0.40	0.33	0.759	1.2*0.9	0.00080	1.031	0.95	3.60	3.60	2.486	2.415
1/34	634.176	649.503	15.327	0.0324	0.25	0.15	0.40	24	93	0.40	0.34	1.094	1.2*0.9	0.00090	1.093	1.01	3.60	3.63	2.415	2.401
1/28-29	649.503	883.500	233.997	0.0452	0.34	0.15	0.57	34	81	0.40	0.41	1.501	1.2*1.2	0.00090	1.564	1.09	3.63	3.76	2.101	1.890
1/27	883.500	1333.500	450.000	0.0387	0.45	0.15	0.78	47	70	0.40	0.30	1.802	1.5*1.2	0.00090	2.150	1.19	3.76	3.38	1.890	1.485
1/23-26	1333.500	1464.719	131.219	0.1037	0.65	0.15	1.20	72	53	0.40	0.61	2.414	1.5*1.5	0.00090	2.835	1.26	3.38	3.38	1.185	1.067
1/35-39	1464.719	1824.100	359.381	0.0900	0.87	0.15	1.68	101	42	0.40	0.42	2.834	1.5*1.5	0.00090	2.835	1.26	3.38	3.17	1.067	0.744
1/40-41	1824.100	2196.200	372.100	0.1434	0.40	0.15	0.68	41	75	0.40	1.20	4.030	1.8*1.5	0.00110	4.068	1.51	3.17	3.10	0.744	0.334
1/52	2196.200	2225.000	28.800	0.1030	0.76	0.15	1.43	86	46	0.20	0.26	4.293	1.8*1.5	0.00125	4.337	1.61	3.40	0.00	0.334	0.298

Project : NAKHON PATHOM
Subject : SEWER DESIGN

Line : L-5

DATE : 04-Jun-90

Location				Area		Domestic flow						Infiltration		Design flow						Sewer design				Sewer layout			
							Design Population							Waste		Rain				Manning n = 0.015				Ground surface elevation		Invert elevation	
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Increment (ha).	Cum. total (ha).	Pop. density (pers./ha)	Increment (pers.)	Cum. Total (pers.)	Avg. unit flow (l/c/d)	Cum. avg. flow (cu.m/d)	Peaking factor	Cum. peak flow (cu.m/d)	Peak I/I allowance (%)	Cum. Peak I/I allowance (cu.m/d)	Cum. peak flow (cu.m/d)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Peak Runoff (cu.m/s)	Overflow pipe capacity (cu.m/s)	Cum. Peak Runoff (cu.m/s)	Design flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	At upper manhole	At lower manhole	At upper end	At lower end
1/42-45,53	0.000	431.262	431.262	15.57	15.57	99	1541	1541	285	439.31	3.00	1318	20	264	1582	0.0183	1.360	0.000	1.360	1.624	1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.50	0.00	1.325	0.894
886.406	795.167	91.239	91.291																									
601.226	598.145	3.081	9.000																									
8.9948729	786.172																											
0.3037429	597.841																											
																				0.425	1.20	0.00080	0.957	0.85				
																				1.360	1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144				
MH. No.1	0.000	30.000	30.000																									
2	30.000	60.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.83	3.79	1.325	1.295
3	60.000	90.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.79	3.75	1.295	1.265
4	90.000	120.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.75	3.72	1.265	1.235
5	120.000	150.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.72	3.70	1.235	1.205
6	150.000	180.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.70	3.68	1.205	1.175
7	180.000	210.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.68	3.67	1.175	1.145
8	210.000	240.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.67	3.90	1.145	1.115
9	240.000	270.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.78	3.96	1.115	1.085
10	270.000	300.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.90	4.03	1.085	1.055
11	300.000	330.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	3.96	4.03	1.055	1.025
	330.000	360.000	30.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144	4.03	4.17	1.025	0.995
	360.000	386.800	26.800																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144			0.995	0.965
	386.800	414.219	27.419																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144			0.965	0.938
	414.219	425.272	11.053																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144			0.938	0.911
	425.272	431.262	5.990																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144			0.911	0.900
	431.262	438.262	7.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144			0.900	0.894
	438.262	438.262	0.000																		1.2*1.2	0.00100	1.648	1.144			0.894	0.887
																											0.887	0.887

Project : NAKHON FATHOM
Subject : SEWER DESIGN

Line : A-1

DATE : 30-May-90

Location				Area		Domestic flow						Infiltration		Design flow						Sewer design				Sewer layout			
							Design Population							Waste		Rain				Manning n = 0.015				Ground surface elevation		Invert elevation	
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Increment (ha).	Cum. total (ha).	Pop. density (pers./ha)	Increment (pers.)	Cum. Total (pers.)	Avg. unit flow (l/c/d)	Cum. avg. flow (cu.m/d)	Peaking factor	Cum. peak flow (cu.m/d)	Peak I/I allowance (%)	Cum. Peak I/I allowance (cu.m/d)	Cum. peak flow (cu.m/d)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Peak Runoff (cu.m/s)	Overflow pipe capacity (cu.m/s)	Cum. Peak Runoff (cu.m/s)	Design flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	At upper mannole	At lower mannole	At upper end	At lower end
1/42-45.53	0.000	67.000	67.000	15.57	15.57	99	1541	1541	285	439.31	3.00	1318	20	264	1582	0.0183	1.360	0.000	1.360	1.360	1.50	0.00090	1.640	1.04	3.50	3.50	0.476	0.416
1/46	67.000	216.852	149.852	3.40	18.97	99	337	1878	285	535.24	3.00	1606	20	321	1927	0.0223	0.425	0.000	1.785	1.785	1.50	0.00090	1.840	1.04	3.50	0.00	0.416	0.281
																				0.425	1.00	0.00750	1.901	2.29				
																				1.360	1.5*1.0	0.00100	1.798	1.198				
MH. No.1	0.000	25.000	25.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.82	3.79	0.650	0.625
2	25.000	30.000	25.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.79	3.75	0.625	0.600
3	30.000	67.000	17.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.75	3.72	0.600	0.583
4	67.000	85.000	18.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.72	3.70	0.583	0.565
5	85.000	100.209	15.209																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.70	3.68	0.565	0.550
6	100.209	109.000	8.791																		1.5*1.0	0.00100	1.798	1.198	3.68	3.67	0.550	0.225
7	109.000	115.000	6.000																		1.5*1.0	0.00100	1.798	1.198	3.67	3.90	0.225	0.216
8	115.000	145.000	30.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.90	3.90	0.216	0.210
9	145.000	170.000	25.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	3.90	4.03	0.210	0.180
10	170.000	192.000	23.000																		1.50	0.00100	1.939	1.10	4.03	4.03	0.180	0.150
11	192.000	200.500	2.500																		1.50	0.00100	1.939	1.10	4.03	4.03	0.150	0.127
	200.500	212.152	11.652																		1.50	0.00100	1.939	1.10	4.03	4.17	0.127	0.125
	212.152	216.852	4.700																		1.50	0.00100	1.939	1.10	4.03	4.17	0.125	0.113
																									4.03	4.17	0.113	0.108

Project : NAKHON PATHOM

Subject : SEWER DESIGN

Line : A-2

DATE : 30-May-90

Location				Area		Domestic flow							Infiltration		Design flow					Sewer design				Sewer layout			
							Design Population								Waste		Rain				Manning n = 0.015				Ground surface elevation		Invert elevation	
Sub catchment No.	From STA.	To STA.	Length of sewer (m.)	Increment (ha).	Cum. total (ha).	Pop. density (pers./ha)	Increment (pers.)	Cum. Total (pers.)	Avg. unit flow (l/c/d)	Cum. avg. flow (cu.m/d)	Peaking factor	Cum. peak flow (cu.m/d)	Peak I/I allowance (%)	Cum. Peak I/I allowance (cu.m/d)	Cum. peak flow (cu.m/d)	Cum. peak flow (cu.m/s)	Peak Runoff (cu.m/s)	Overflow pipe capacity (cu.m/s)	Cum. Peak Runoff (cu.m/s)	Design flow (cu.m/s)	Pipe diameter (m.)	Slope (m/m)	Capacity full (cu.m/s)	Velocity full (m/s)	At upper mannole	At lower mannole	At upper end	At lower end
1/47=8	0.000	270.758	270.758	14.83	14.83	99	1468	1468	295	418.43	3.00	1255	20	251	1506	0.0174	1.624	0.588	1.036	1.036	1.20	0.00100	1.070	0.95	3.50	3.50	0.476	0.205
1/8	270.758	396.573	125.815	1.99	16.82	99	197	1665	285	474.58	3.00	1424	20	285	1708	0.0198	0.099	0.588	1.135	1.135	1.20	0.00125	1.196	1.06	3.50	0.00	0.205	0.048
																				0.425	1.00	0.00060	0.588	0.75				
																				0.425	1.20	0.00100	1.070	0.95				
																				0.425	1.50	0.00080	1.735	0.98				
																				1.360	1.5*1.0	0.00100	1.649	1.144				
MH. No.1	0.000	10.300	10.300																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.82	3.79	0.400	0.390
2	10.300	40.000	29.700																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.79	3.75	0.390	0.360
3	40.000	70.000	30.000																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.75	3.72	0.360	0.330
4	70.000	100.000	30.000																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.72	3.70	0.330	0.300
5	100.000	118.066	18.066																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.70	3.70	0.300	0.282
6	118.066	145.000	26.934																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.70	3.70	0.282	0.235
7	145.000	175.000	30.000																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.70	3.78	0.235	0.225
8	175.000	205.000	30.000																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.78	3.90	0.225	0.195
9	205.000	230.000	25.000																		1.20	0.00100	1.070	0.95	3.90	4.03	0.195	0.170
10	230.000	254.049	24.049																		1.20	0.00100	1.070	0.95	4.03	4.03	0.170	0.146
11	254.049	270.758	16.709																		1.20	0.00100	1.070	0.95	4.03	4.17	0.146	0.129
12	270.758	286.000	15.242																		1.20	0.00125	1.196	1.06	3.67	4.03	-0.330	-0.349
13	286.000	310.000	24.000																		1.20	0.00125	1.196	1.06	4.03	4.17	-0.349	-0.379
14	310.000	335.500	25.500																		1.20	0.00125	1.196	1.06	4.03	4.17	-0.379	-0.411
15	335.500	360.000	24.500																		1.20	0.00125	1.196	1.06	4.03	4.17	-0.411	-0.442
16	360.000	385.000	25.000																		1.20	0.00125	1.196	1.06	4.03	4.17	-0.442	-0.467
17	385.000	392.173	12.173																		1.20	0.00125	1.196	1.06	4.03	4.17	-0.467	-0.482
18	392.173	396.573	6.400																		1.20	0.00125	1.196	1.06	4.03	4.17	-0.482	-0.487

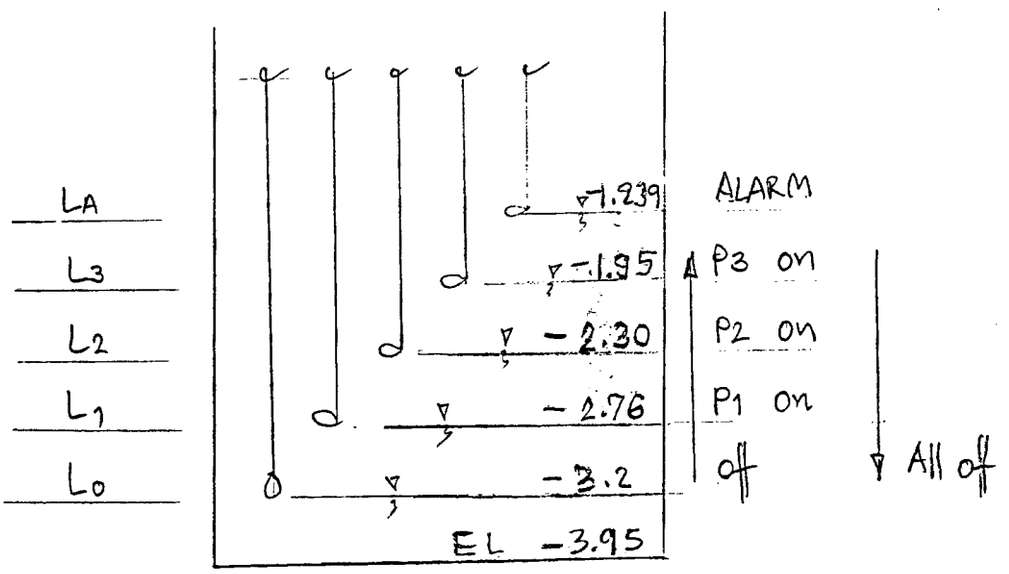
Calculation Sheets

Design Data of Pumping Stations & Rising Main

Description	Unit	PS. 1	PS. 2
1. Qpeak (B.E. 2553)	m^3/d	3 x 22,500	3 x 30,678
	l/s	781.25	1,065.21
2. Interceptor			
• diameter	m	1.20	1.20
• invert elevation	MSL	-1.239	-2,500
3. Ground elevation	MSL	+2,850	+3,000
4. max. discharging elevation	MSL	+3,500	+3,800
5. Rising main distance	m	183	2,944.50
6. no. of bend	unit		
70°-90°		1	6
30°-69°		10	14
<30°		2	19

การทำงานของเครื่องสูบน้ำ

Pumping Station no. 1



Concept : มี pump 4 ชุด ใช้งาน
on duty 3 ชุด
stand by 1 ชุด

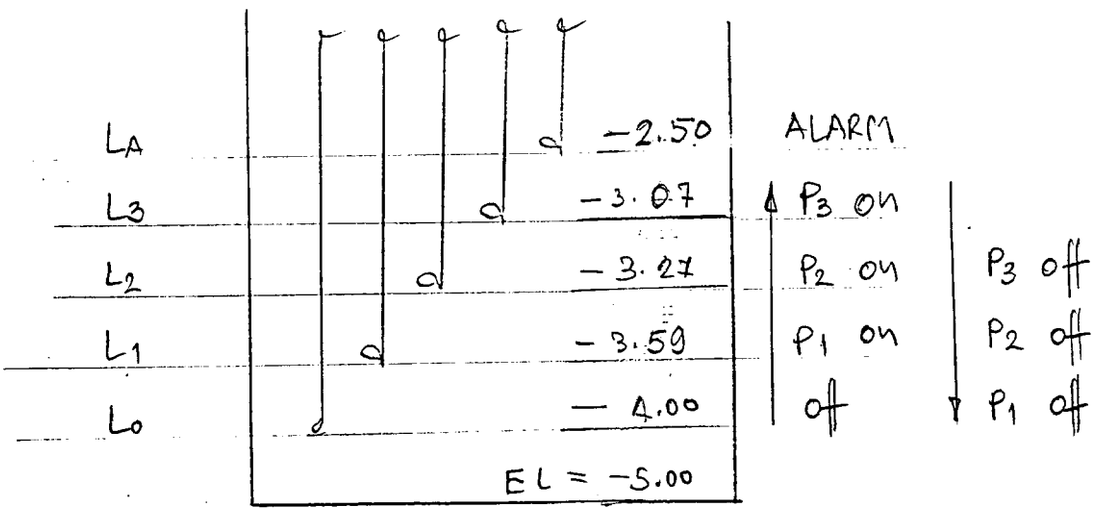
Design

1. ในกรณีที่ระดับน้ำไม่สูงเกินระดับ L_1 เครื่องสูบน้ำจะทำงานเพียง 1 ชุด และสลับหมุนเวียนกันไปทำงานตามลำดับ คือ P_1, P_2, P_3 และ P_4 โดยจะทำงานเมื่อระดับน้ำขึ้นถึงระดับ L_1 และจะหยุดทำงานเมื่อระดับน้ำลดลงถึงระดับ L_0

2. ในกรณีที่ระดับน้ำสูงกว่า L_1 เครื่องสูบน้ำชุดอื่นจะเริ่มทำงานเพิ่มขึ้นแต่ละชุดตามระดับน้ำที่สูงขึ้นจาก L_1 เป็น L_2 และ L_3 จนทำงานพร้อมกัน 3 ชุด และเมื่อระดับน้ำลดลงถึงระดับ L_0 pump ทุกตัวจะหยุดพร้อมกัน และเริ่มทำงานใหม่เมื่อระดับน้ำเพิ่มขึ้นใหม่ โดยเริ่มทำงานสลับกันดังนี้

การทำงานของเครื่องสูบน้ำ

Pumping Station no.2



Concept

มี Pump 4 ชุด โดย
on duty 3 ชุด
stand by 1 ชุด

Design

1. ในกรณีระดับน้ำไม่สูงเกินระดับ L_1 การทำงานของเครื่องสูบน้ำจะเหมือนกับการทำงานของเครื่องสูบน้ำที่ Pumping Station no. 1

2. ในกรณีระดับน้ำสูงกว่าระดับ L_1 เครื่องสูบน้ำชุดอื่นจะเริ่มทำงานเพิ่มขึ้นแต่ละชุดตามระดับน้ำที่สูงขึ้นจาก L_1 เป็น L_2 และ L_3 และเมื่อระดับน้ำต่ำลง เครื่องสูบน้ำจะหยุดทำงานตามลำดับตามระดับ L_3 L_2 และ L_1 ตามลำดับ

Cycle I	ระดับที่	L_1	L_2	L_3	ระดับที่	L_2	L_1	L_0
	ทำงาน	P_1	P_2	P_3	หยุดทำงาน	P_3	P_2	P_1
Cycle II	ระดับที่	L_1	L_2	L_3	ระดับที่	L_2	L_1	L_0
	ทำงาน	P_2	P_3	P_4	หยุดทำงาน	P_4	P_3	P_2
Cycle III	ระดับที่	L_1	L_2	L_3	ระดับที่	L_2	L_1	L_0
	ทำงาน	P_3	P_4	P_1	หยุดทำงาน	P_1	P_4	P_3
Cycle IV	ระดับที่	L_1	L_2	L_3	ระดับที่	L_2	L_1	L_0
	ทำงาน	P_4	P_1	P_2	หยุดทำงาน	P_2	P_1	P_4

3. เช่นเดียวกับข้อ 3 ของ pumping station no. 1 อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติ เมื่อ pumping station no. 2 ตามไม่มีโอกาสเพิ่มขึ้นสูงถึงระดับ LA ดังนี้

3.1 กรณีเครื่องสูบทั้งหมดหยุดทำงาน สถานีสูบที่ 2 ไม่ทำงาน และเครื่องสูบที่ทำงานอยู่สามารถสูบน้ำร่วมกันได้น้อยกว่าอัตราการสูบที่สถานีสูบที่ 1

3.2 กรณีที่มีการพัฒนาพื้นที่และก่อสร้างท่อเพิ่มในพื้นที่ปากน้ำ ดังนี้ของสถานีสูบที่ 1 ซึ่งอาจต่อท่อเข้ากับท่อที่เสียที่จุดที่ตามสถานีสูบที่ที่ 1 ในตาราง.

4. ในกรณีที่มีเครื่องเสียในอนาคต สถานีสูบที่ 2 (เหลือจากเครื่องสูบที่ได้ถูกตัดการทำงานไปแล้วหมายเลข 3) ที่อาจถูกระงับออกจากวงจรทั้งหมดนั้น ซึ่งมีระดับที่ต่ำเป็นต้นเสียระหว่างระดับที่สูงสุดและต่ำสุดแต่ละ +1.40.

ในช่วงที่ [illegible] ปากน้ำ [illegible] ปากน้ำ.

Calculation

Pumping Station no. 1

1. Modified H-Q Curve

From Hazen-William formular

$$Q = 0.285 C d^{2.63} S^{0.54}$$

C = steel pipe, 120

d = discharge pipe diameter of each pump, 14"

L = total equivalent length

elbow	=	2 x 10.7 = 21.4	m.
check valve	=	27.4	"
gate valve	=	2.4	"
sudden enlargement	=	6.7	"
pipe	=	6.1	"
		64	"

$$\therefore Q = \frac{0.285 \times 120 \times 14^{2.63}}{15.65} \left(\frac{h}{64}\right)^{0.54}$$

$$Q, \text{ l/sec} = 236.03\, h^{0.54}$$

Q, l/sec	h, m
0	0
100	0.20
200	0.74
300	1.56
400	2.66

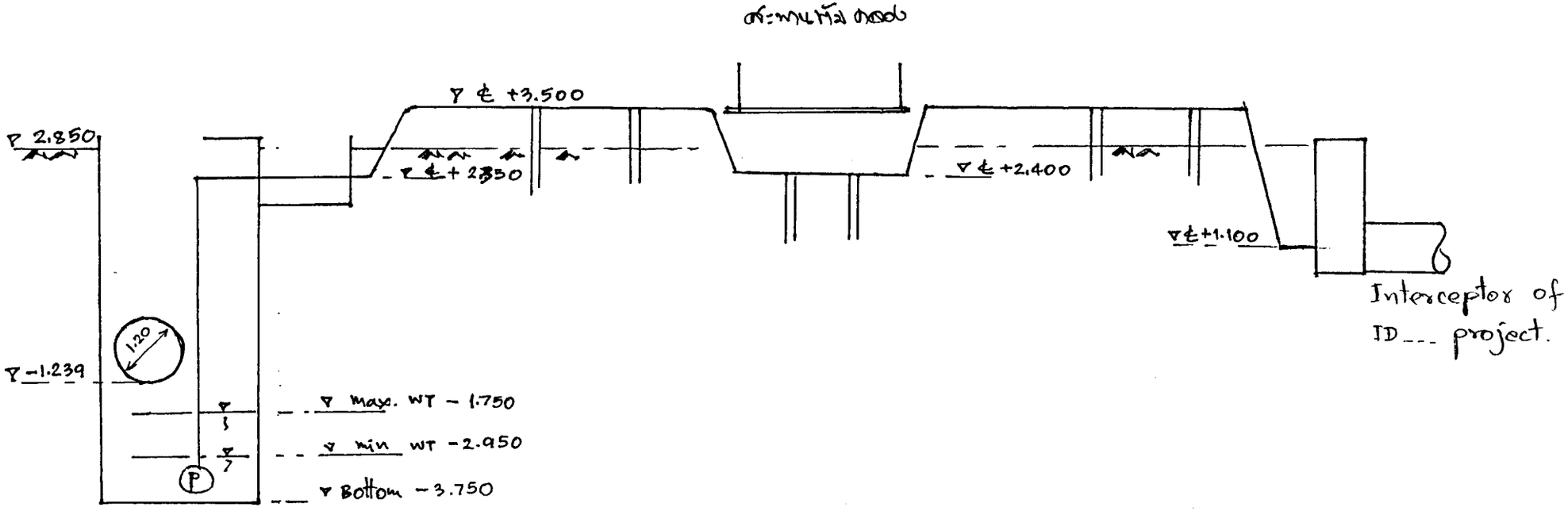


Diagram of PS.1 Rising Main.

Details of Modified H-Q Curve

Q, l/s	H, m
0	H_0
100	H_{100} - 0.20
200	H_{200} - 0.71
300	H_{300} - 1.56
400	H_{400} - 2.66

When H_0, H_{100} .... H_{400} are heads of selected pump at discharge of 0, 100 ... 400 l/sec.

2. System Head Curve

From Harzen-William formolar

$Q = 0.285\, C\, d^{2.63}\, S^{0.54}$

C = steel pipe 120

d = rising main diameter, 24"

L = total equivalent length

elbow	=	18.3	m.
≈ 45° bend	= 10 × 9.15	= 91.5	m
< 30° bend	= $\frac{2 \times 9.15}{2}$	= 9.2	m
pipe	=	183	m
		302	m

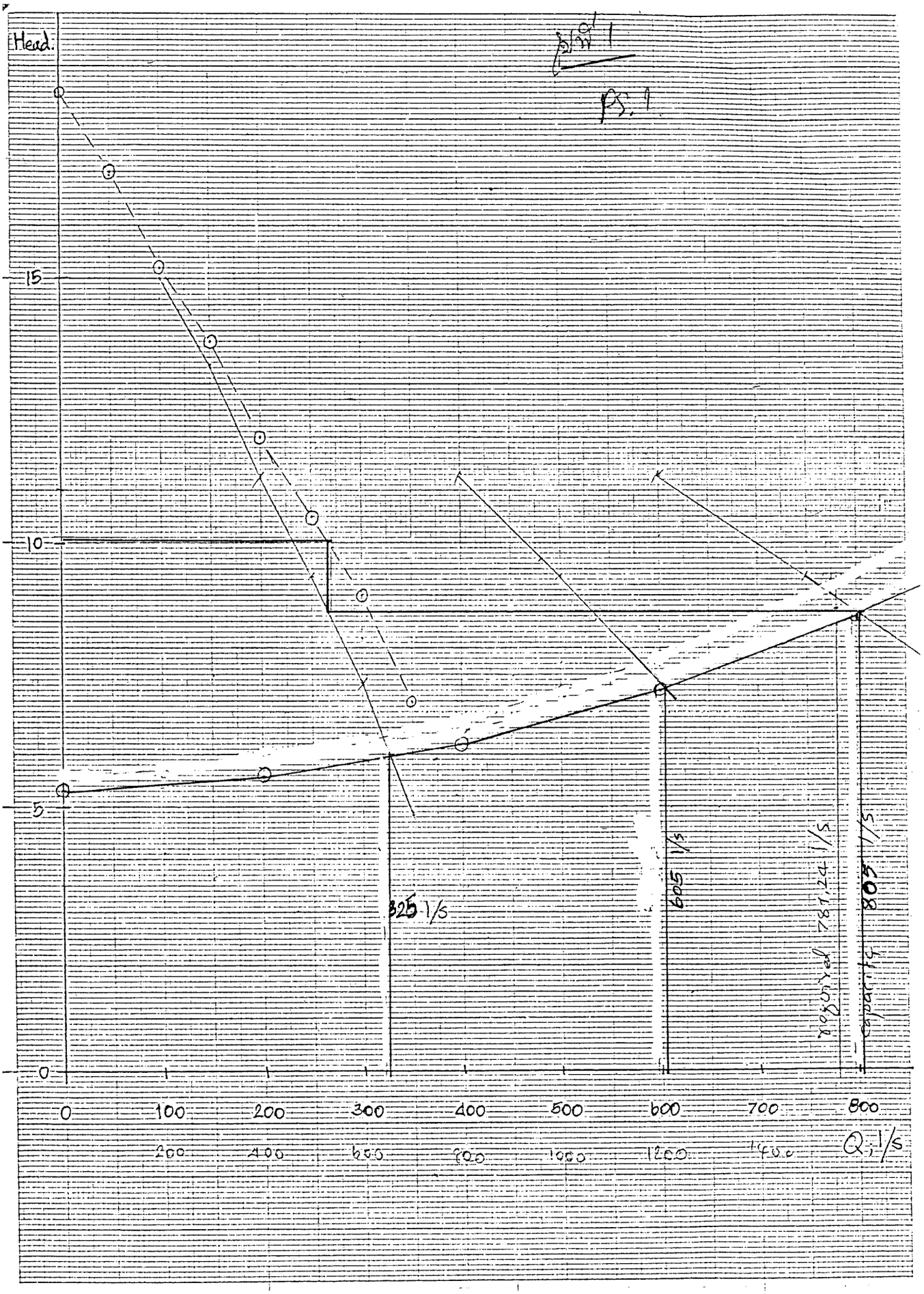
$$Q = \frac{0.285 \times 120 \times 24^{2.63}}{15.85} \left(\frac{h}{302}\right)^{0.54}$$

$$= 421.45\, h^{0.54}$$

static head = 3.500 + 1.750 = 5.25 m say 5.30 m.

∴ total head = static head + h

Q, l/sec	H, m
0	5.30
200	5.55
400	6.21
600	7.22
800	8.58
1,000	10.25


Head:
15
10
5
0
0
100
200
300
400
500
600
700
800
200
400
600
800
1000
1200
1400
Q - l/s
325 l/s
605 l/s
787.24 l/s
805 l/s
Capacity
Pump Head

3. Sump Volume

From H-Q curve and System head curve : given

1 pump operation : $\dot{Q}$ = 325 l/s

3 pump operation : $\dot{Q}$ = 805 "

$$\text{factor } P = \frac{3 \times 325}{805} = 1.2$$

From chart: minimum sump volumes

at p = 1.2 , 10 start/hr.

$$\frac{V_{Total}}{Q_{peak}} = 35$$

$$V_{total} = \frac{35 \times 805}{1{,}000} = 28.2 \text{ m}^3$$

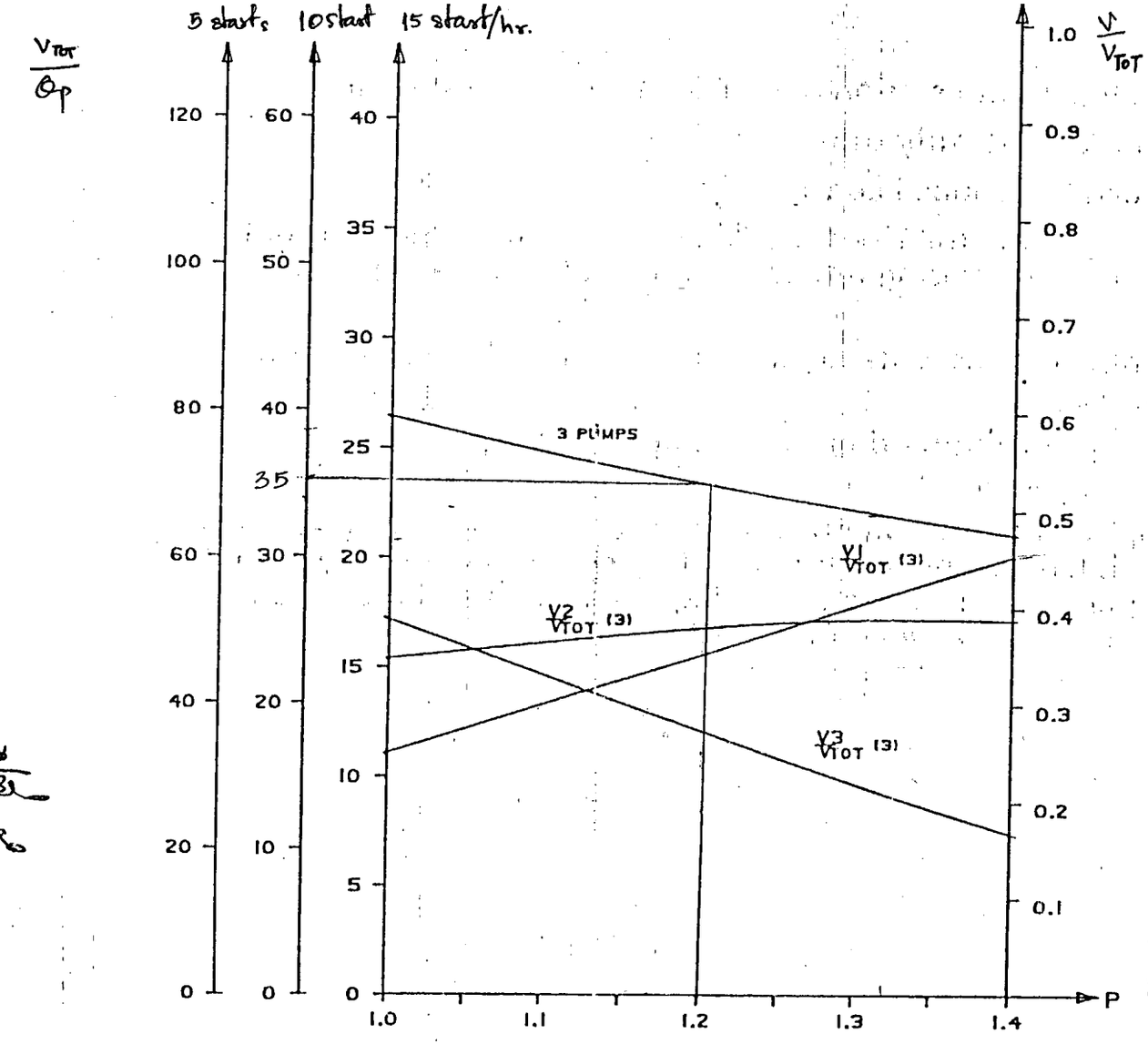
sump dimension = 7.50 x 3.0 m.

∴ ww depth = $\frac{28.2}{7.5 \times 3}$ = 1.25 m.

storage depth = 0.70 m.

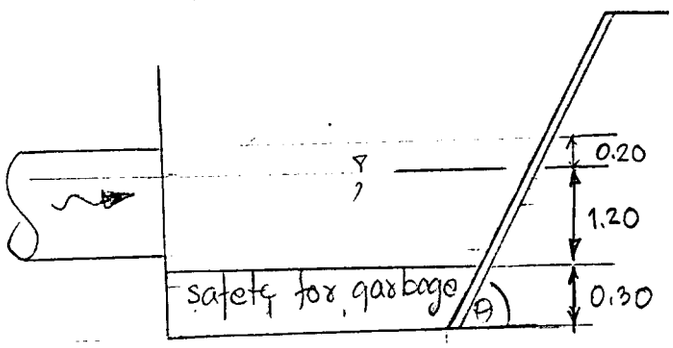
∴ total ww. depth = 1.25 + 0.70 = 1.95 m.

Say 2.00 m.



Minimum sump volumes for 3-pumps.
Sequence II, alternation.

4. Screening



Head loss through screening :

$$h = \beta\left(\frac{w'}{b}\right)^{4/3}\frac{v^2}{2g}\sin\theta$$

β = 2.42 , a bar-shape factor for sharp edged rectangular.

w' = maximum cross-sectional width of bar facing direction of flow = 0.012 m.

b = minimum clear spacing of bar = 0.05 m.

v = velocity of flow approaching rack = 0.6 m/s

g = gravity acceleration , 9.81 m/sec^2

θ = angle of rack with horizontal , 60°

$$\therefore \quad h = 2.42\left(\frac{0.012}{0.05}\right)^{4/3}\frac{0.6^2}{2\times 9.81}\sin 60^\circ$$

$$= 5.71\times 10^{-3} \text{ m}$$

From head loss formular

$$h = \left(\frac{V^2 - v^2}{2g}\right)\frac{1}{0.7}$$

when v = velocity through screen, m/s

$$\therefore \quad v = \left[0.6^2 - \left(5.74\times10^{-3}\times2\times9.81\times0.7\right)\right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 0.53 \quad m/s$$

Screening Dimension :

$$WD\left(\frac{b}{w'+b}\right) = \frac{Q}{v}$$

W = total width of screen

Q = flow approaching rack = 67,477.32 m^3/d

$= 0.781$ m/s

D = water depth in front of rack.

$= 1.20$ m.

$$\therefore \quad W = \frac{0.781}{0.53}\times\left(\frac{0.05+0.012}{0.05}\right)\times\left(\frac{1}{1.20}\right) = 1.52 \quad m$$

use $W = 1.80$ m

$\therefore \quad D = 1.0$ m OK

Calculation

Pumping Station no. 2

1. Modified H-Q Curve

$Q = 0.285\, C\, d^{2.63}\, s^{0.54}$

C = steel pipe, 120

d = discharge pipe diameter of each pump = 12"

L = total equivalent length

elbow	= 2 × 9.75	= 19.50	m
check valve	=	24.40	"
gate valve	=	2.10	"
sudden enlargement	=	7.60	"
pipe	=	6.50	"
		60.10	"

$$Q = \frac{0.285 \times 120 \times 12^{2.63}}{15.85} \left(\frac{h}{60.10}\right)^{0.54} = 162.8\, h^{0.54}$$

Q, l/s	h, m
0	0
100	0.41
200	1.46
300	3.10
400	5.28
500	7.99
600	11.20
700	14.90

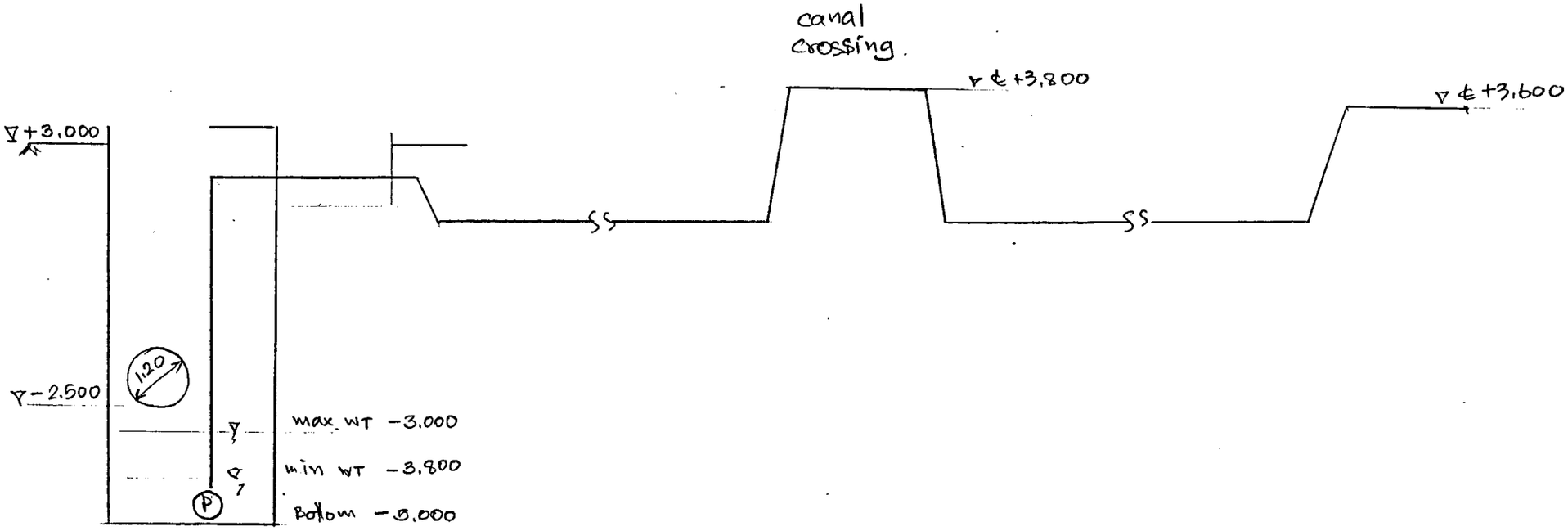


Diagram of P.S. 2 Rising Main.

Modified H-Q curve

Q, l/s	H, m
0	H_0
100	$H_{100} - 0.41$
200	$H_{200} - 1.46$
300	$H_{300} - 3.10$
400	$H_{400} - 5.28$
500	$H_{500} - 7.99$
600	$H_{600} - 11.20$
700	$H_{700} - 14.90$

when $H_0, H_{100} \cdots H_{700}$ are heads of selected pump at discharge of 0, 100 ... 700 l/s.

2. System Head Curve

From Harzen-William formular

$Q = 0.285\, C\, d^{2.63}\, s^{0.54}$

C = steel pipe : 120

d = rising main diameter, 32"

L = equivalent lougth

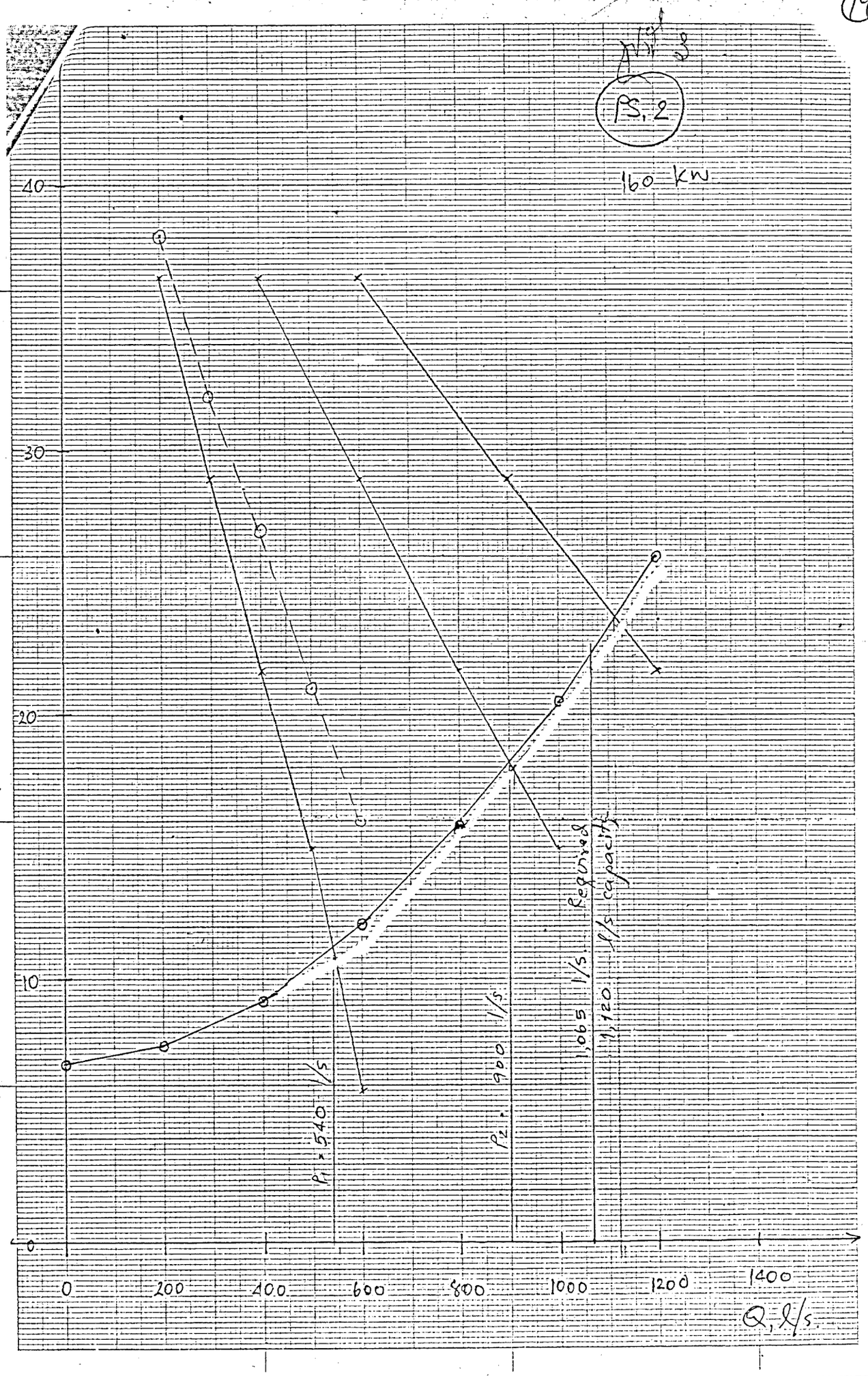
70-90° bend =	6 x 73.15	= 146.30 m.
30-69° bend =	14 x 12.20	= 170,80 "
<30° bend =	19 x 6.10	= 115.90 "
Pipe =		2,944.50 "
		3,377.50 "

$$Q = \frac{0.285 \times 120 \times 32^{2.63}}{15.85} \left(\frac{h}{3,377.50}\right)^{0.54} = 243,84\, h^{0.54}$$

static head = 3.800 + 3.00 = 6.80 m.

total head = static head + h

Q, l/s	H
0	6.80
200	7.49
400	9.31
600	12.11
800	15.84
1,000	20.47
1,200	25.96


PS, 2
160 kw
40
30
20
10
0
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Q, l/s
P1 = 540 l/s
P2 = 900 l/s
1220 l/s capacity
1000 l/s capacity

3. Sump Volume

From H-Q curve and system head curve.

given

1 pump operation : Q = 540 l/s
3 pump operation : Q = 1,120 "

$$\text{factor } P = \frac{3 \times 540}{1{,}120} = 1.45$$

From chart : minimum sump volumes
at : P = 1.45 , 10 start / hr.

$$\frac{V_{total}}{Q_{peak}} = 30$$

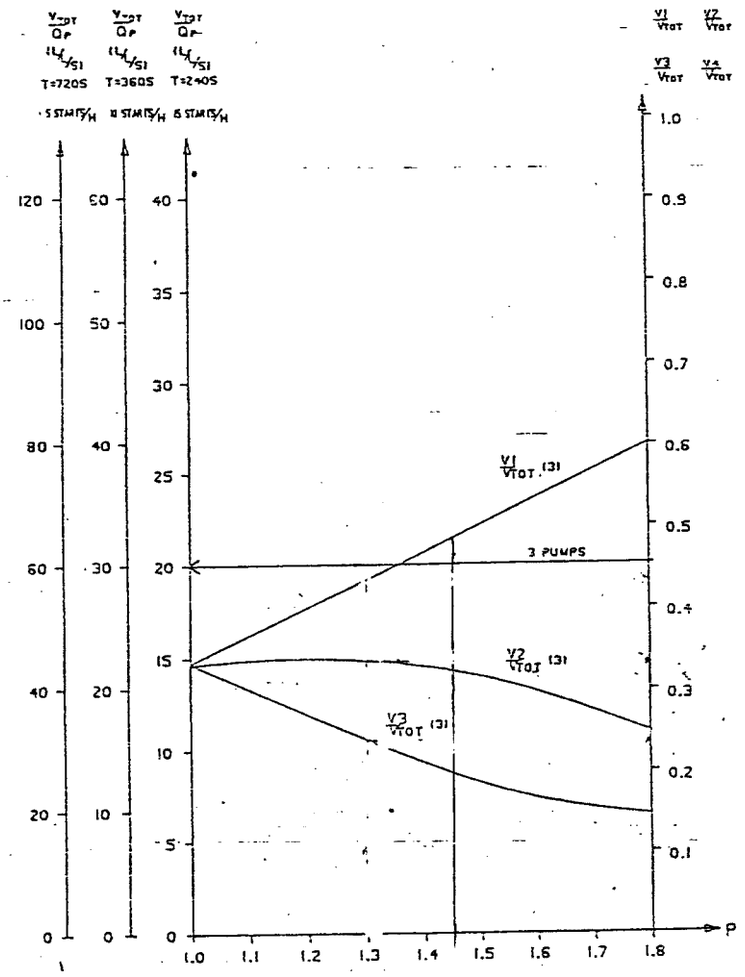
$$V_{total} = \frac{30 \times 1{,}120}{1{,}000} = 33.6 \ m^3$$

selected sump dimension = 9.0 x 4.80 m.

$$\therefore \text{ww. depth} = \frac{33.6}{9 \times 4.8} = 0.8 \ m.$$

storage depth = 1.20 m.

Total ww. depth = 1.20 + 0.80 = 2.00 m.



Minimum sump volumes for 3-pumps.
Sequence I, alternation.

4. Screening

Same as PS.1 screen

check D:

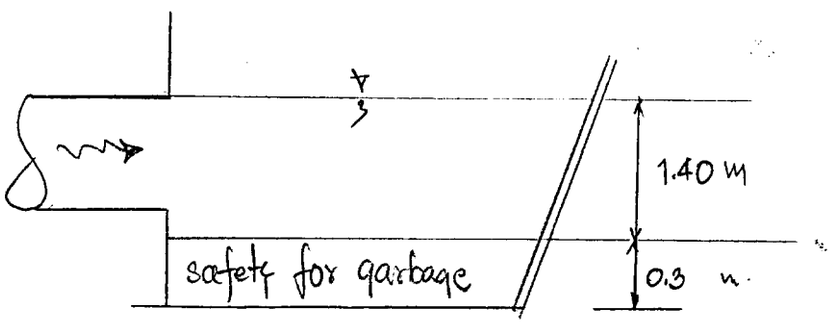
$$\frac{WD}{w+b}\frac{b}{} = \frac{Q}{v}$$

Q = 92,034 m^3/d

= 1.065 m/s

W = 1.80 m.

$$\therefore D = \frac{1.065}{0.53} \times \frac{0.05+0.012}{0.05} \times \frac{1}{1.80} = 1.40 \text{ m.}$$



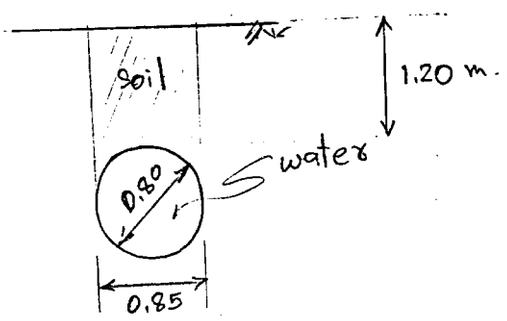
5. Restrained Length of underground rising main

From formular.

$$L = \frac{PA\,(1-\cos\theta)}{f(\Sigma W)}$$

L = restrained length
P = water pressure = 30 m. water
A = cross section area of rising main
f = friction coefficient = 0.30
ΣW = total weight
= water in pipe + soil over pipe + selfweight
θ = deflection angle

for max. restrained length : $\theta = 90^\circ$

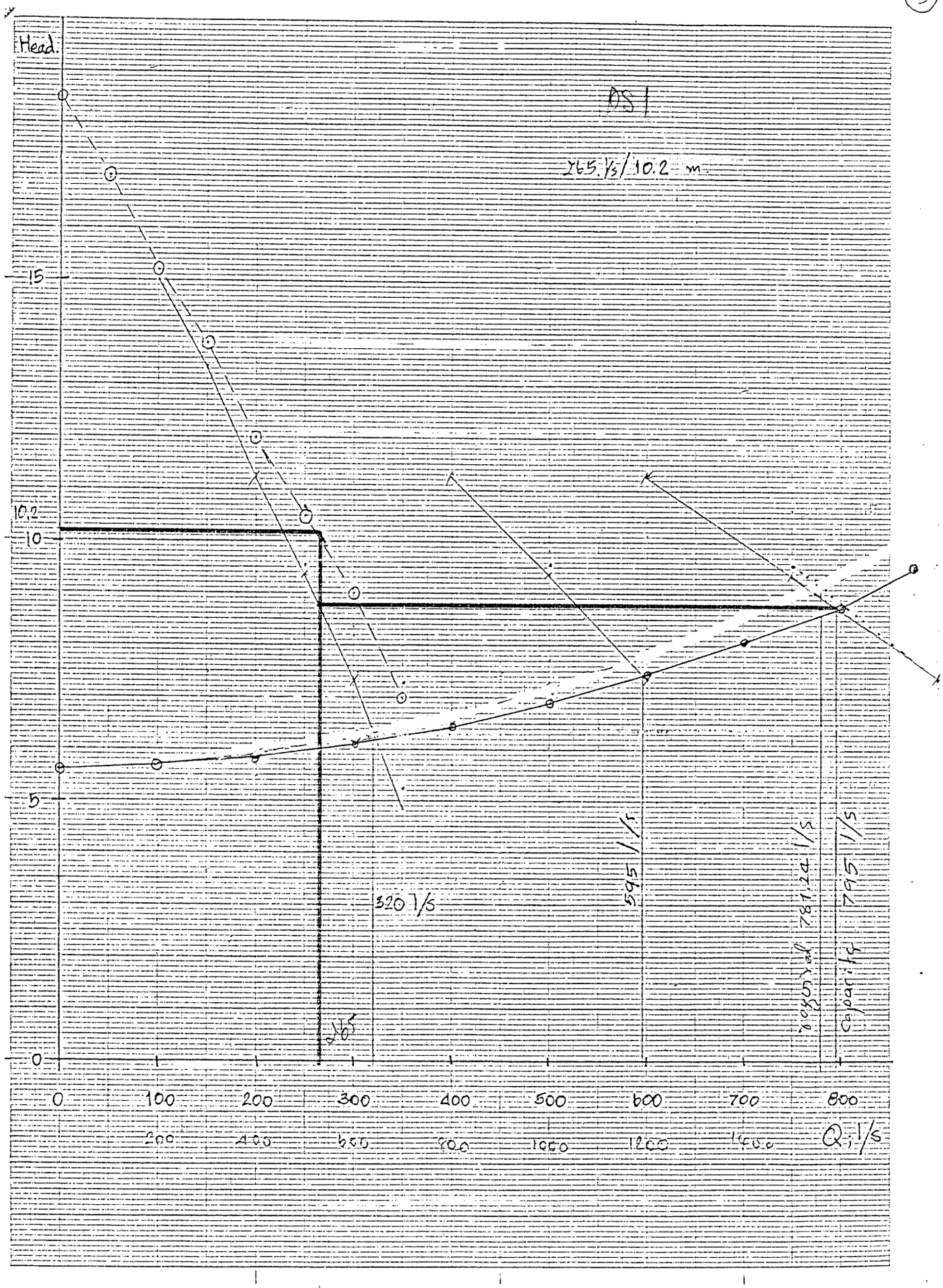


water weight = $\frac{\pi}{4} 0.8^2 \times 1000 = 503$ kg/m
soil weight = $(1,800-1,000)\,0.85 \times 1.20 = 816$ kg/m
self weight = 300 kg/m.
$\therefore \Sigma W$ = 1,619 kg/m.

$$L = \frac{30\times10^3 \times \frac{\pi}{4} 0.8^2}{0.3 \times 1619} = 31 \text{ m.}$$

At deflection angle = 45°

$$L = 31\,(1-\cos 45^{\circ}) = 9.10 \quad m.$$


Head.
DS 1
265 l/s / 10.2 m
15
10.2
10
5
0
320 l/s
265
595 l/s
780 l/s Yearly
795 l/s Capacity
0
100
200
300
400
500
600
700
800
200
400
600
800
1000
1200
1400
Q, l/s

FLYGT

PERFORMANCE CURVE

PROD	TYPE
CP 3300.180	LT

CURVE NO: 53-802-0-6010

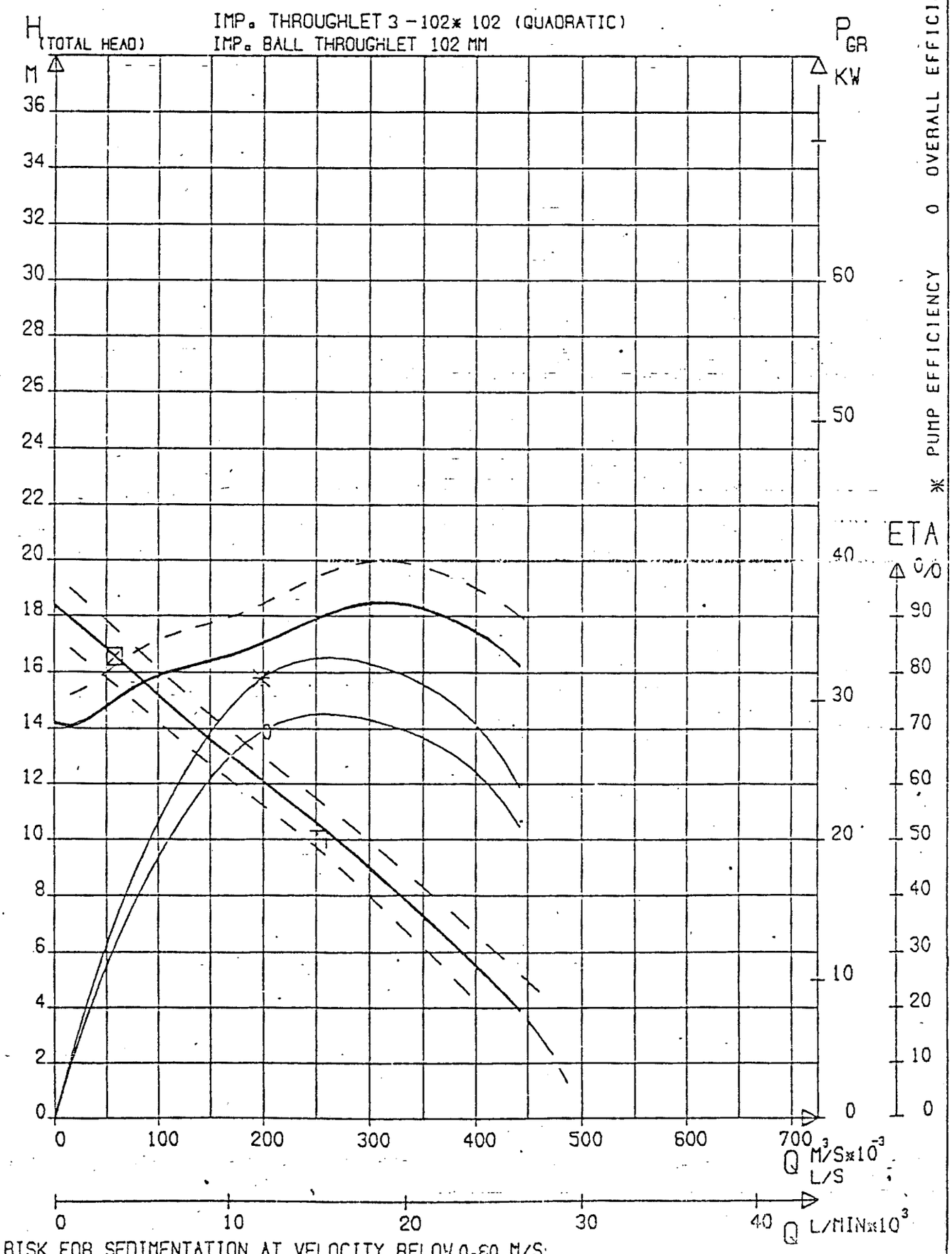
DATE	QN M3/S	HN M	ETA MAX	ETA GR MAX
1985-03-11	0.2594	10.3	83 0/0	73 0/0

ID NO	VOLT	MAX AMP	P GR MAX WATT
84052415154	380	70.17	36971

ISSUE	TESTS	IMPELLER PART NO	PUMPHOUSING PART NO
1	4	435 14 11	319 34 00

COMMENTS: IMP.DIAM. 455 MM

ACCEPTANCE-TEST IN ACC. WITH ISO 2548 (FLYGT(404) A 3204.1)



RISK FOR SEDIMENTATION AT VELOCITY BELOW 0.60 M/S
CHANGE TO SMALLER PIPE DIAM AT POINT ▽ (STANDARD DIAM 350 MM)

3300.180 Technical Specifications

The Flygt 3300.180 submersible pump with a capacity of up to 400 l/s covers a number of applications.

The electric motor and the pump comprise a compact and robust unit which requires little space and is easy to handle.

The pumped liquid may contain particles up to a size which corresponds to the throughlet of the pump.

The C version is designed to pump liquid containing solid particles, such as waste water.

For pumping salt water or corrosive liquids in industrial applications, the C version is available in some models in *bronze* or stainless steel respectively.

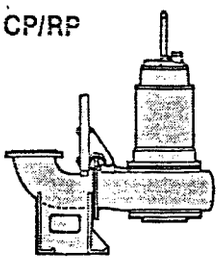
The R version with high efficiency is used for pumping clean or raw water.

The L version, is used for land drainage, reclamation and dam projects. The pump section, which contains a two-vane impeller combined with a diffuser with three guide vanes, is connected (nominal diameter 600 mm) on the suction side. The diffuser slows up the rotation of the water and directs it outwards and upwards.

INSTALLATION ALTERNATIVES

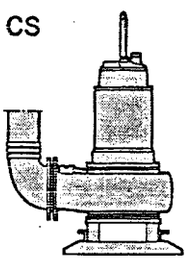
The pump is submersible, compact and it is simple to install. The different models are available in one or more versions, depending on the type of installation.

CP/RP



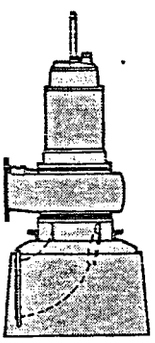
This system with guide bar and discharge connection permits automatic connection of the pump to the discharge line. The pump can be lifted up for inspection without anyone having to climb down into the sump. The pump works completely or partially submerged.

CS



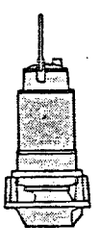
A portable pump intended for operating completely or partially submerged in the pumped liquid. It is equipped with base stand and hose connection.

CT/RT



The pump is installed dry on a concrete base and is connected directly to the inlet and outlet lines. The submersible design of the pump prevents damage in the event of flooding.

LL

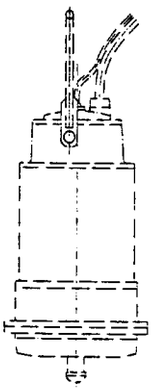


The pump is installed in a station which consists of two sections, a lower inlet section and an upper outlet section, divided by an intermediate deck. The pump is placed in a hole in the intermediate deck, whereby the diffuser rests on a plate against which it is sealed by a rubber ring. The pump is lowered and hoisted by means of a simple lifting arrangement. The pump operates completely submerged.

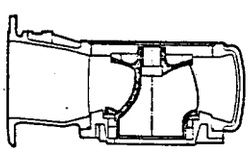
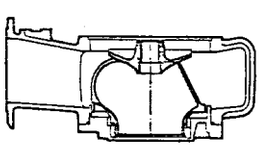
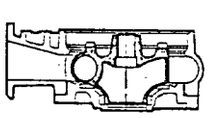
Different versions of the hydraulic section

Depending on desired performance, the pump is available for clean water, waste water and sludge in low-, medium- and high-head versions, as well as a special high-head R version for clean and raw water.

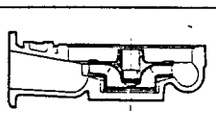
The L version, also intended for raw water, is available in a low-head version.



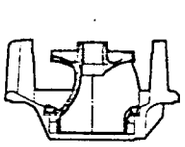
C version

		Impeller		
		Curve No.	Number of vanes	Throughlet mm
LT low-head version for CP, CT and CS installation		801—807	3	Square 102
MT medium-head version for CP, CT and CS installation		632	1	Circular 190
				Elliptical
		636	1	176 x 180
		638	1	150 x 180
		640	1	134 x 180
				Square
		641*	2	100
		642*	2	100
		644*	2	100
		646*	2	100
* Impeller available in stainless steel.		648*	2	100
HT high-head version for CP, CT and CS installation		452	1	Rectangular 90 x 96
		454	1	76 x 90
		460—468	2	Square 76

R version

		Impeller		
		Curve No.	Number of vanes	Throughlet mm
HT high-head version for RP and RT installation		480	6	Square 37
		484	6	32

L version

		Impeller		
		Curve No.	Number of vanes	Throughlet mm
LT low-head version with guide vanes for LL installation				Elliptical
		612	2	146 x 180
		614	2	132 x 170
		616	2	125 x 160
		812	2	146 x 180
		814	2	132 x 170
		816	2	125 x 160

TECHNICAL DATA

Pump type	Motor: Squirrel-cage, 3-phase AC motor Insulation class F 50 Hz							Power cable*					
	Rated power		Rated current					Direct on-line start			Star-delta start		
	kW	rev/min	220 V	380 V	415 V	500 V	660 V	220 V	380—500 V	660 V	220 V	380—500 V	660 V
C version CP, CT, CS-3300, LT	20	730	78 A	44 A	40 A	33 A	25 A	4 x 25 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²
L version LL-3300, LT	37	725	138 A	80 A	73 A	61 A	46 A	4 x 25 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²
C version CP, CT, CS-3300, LT, MT **L version** LL-3300, LT	44	970	144 A	83 A	76 A	63 A	48 A	4 x 35 mm²	4 x 25 mm²	4 x 10 mm²	4 x 25 mm²	4 x 25 mm²	4 x 10 mm²
C version CP, CT, CS-3300, HT, LT, MT	34	970	116 A	67 A	62 A	51 A	39 A	4 x 35 mm²	4 x 16 mm²	4 x 10 mm²	4 x 16 mm²	4 x 10 mm²	4 x 10 mm²
C version CP, CT, CS-3300, HT **R version** RP, RT-3300, HT	54	1470	180 A	105 A	96 A	80 A	61 A	4 x 35 mm²	4 x 35 mm²	4 x 16 mm²	Autotransformer start only		

* For details of local cable requirements contact your local Flygt agent.

Weights

Weight without motor cable in kg.

Pump type	Pump unit	Discharge connection
CP 3300 LT CP 3300 MT CP 3300 HT	1090 1120 930	210 205 66
CS 3300 LT CS 3300 MT CS 3300 HT	1145 1218 1425 1008 1135	incl. base stand incl. hose conn. and base stand
		Discharge connection
RP 3300 HT	930	66
CT 3300 LT CT 3300 MT kruva 632—640 CT 3300 MT kurva 641—642 CT 3300 HT	1320 1350 1275 1040	incl. inlet bend and base stand
RT 3300 HT	1210	
LL 3300 LT	755	—

Access frame with cover: 138 kg.

Materials

		BS	DIN
Cast parts in all versions:	Cast iron	1452 Grade 14	1691 GG 20
Shaft:	Carbon steel	970 En 5 c	17200 C 35
Studs, nuts, screws and washers:	Stainless steel	304 S 15	17440 X5 CrNi 18/9
Lifting handle and casing:	Galvanized steel	970 En 3	17100 St 37
O-rings:	Nitrile rubber (70° IRH)		
Stationary wear ring:	Brass or nitrile-rubber-clad steel	1400 LG 2	1705 Rg 5
Rotating wear ring:	Stainless steel	304 S 15	17440 X5 CrNi 18/9
Mechanical shaft seals:			
— upper	Carbon/tungsten carbide		
— lower	Tungsten carbide/tungsten carbide		
Surface treatment			
Impeller, special for raw and clean water:	Primed		
Impeller, two-vane for high-head version:	Primed		
Impeller, other versions:	Coated with amide plastic, RILSAN		
Outer casing:	The outer casing is primed with PVC Epoxy and then painted with black chloric rubber paint.		

Impeller of stainless steel

The C version's closed two-vane impellers, curves 641—648, are also available in stainless steel, grade DIN 17440 X8 CrNiMo 27 5 or DIN 17440 X5 CrNiMo 18 12 (BS En 58 J).

Practical limitations

- The 3300 is also available in 60 Hz.
- The 3300 in its standard version can pump liquids at temperatures of up to 40°C (~105°F).
- The pump can be submerged down to 20 m (65 ft) below the surface.
- The pump section, including seals, is designed for working pressures of up to 0.9 MPa.
- The motors are designed to supply their rated outputs at deviations of up to ±5% of the rated frequency and voltage. Voltage variations of up to ±10% are possible without overheating.
- The 3300 can be started up to 15 times per hour.
- Starting methods: Direct on-line start or star-delta start.
- The pump shall not be used in explosive or flammable environments or with flammable liquids.

DESIGN

1. Junction box

The junction box is completely sealed off from the surrounding liquid.

2. Cooling

A built-in cooling system enables the pump to work continuously at its rated output regardless of whether the electric motor is above or below the surface of the liquid.

A portion of the pumped liquid is circulated from the pump casing up between the cooling jacket and the stator casing and carries away the heat generated by the motor.

Where external cooling is required, the cooling jacket can be sealed off from the pump casing and connected to a separate cooling system.

The lift model has no cooling jacket, the stator being cooled by the liquid circulating around the pump.

3. Motor

Flygt motors are tested according to IEC 34-1.

Motor insulation to Class F means a maximum working temperature of 155°C (310°F) and permits a temperature rise of 100°C (210°F).

The temperature rise in Flygt motors does not normally exceed 80°C (175°F). The insulation material is chosen with the greatest care, and most materials are classified as Class H 180°C (355°F) materials or very close to Class H. This means an expected service life far beyond what is required for Class F.

4. Bearings

The upper bearing consists of a roller bearing and the lower bearing is a two-row angular contact ball bearing

5. Shaft seals

3300.180 has two mechanical seals.

The seals work independently of each other and seal off the motor from the pump section casing.

6. Oil casing

The oil lubricates and cools the seals and acts as a buffer between the pumped liquid and the electric motor.

Pressure build-up within the oil casing is reduced by means of a built-in air volume.

7. Impellers

The pump is available with the following types of impellers: single-vane impeller, two-vane impeller, three-vane impeller or multi-vane impeller.

8. Wear rings

The pump casing bottom and the impeller are equipped with easily replaceable wear rings.

Monitoring system

The stator incorporates three thermal switches connected in series.

The thermal switches open at 125°C (255°F).

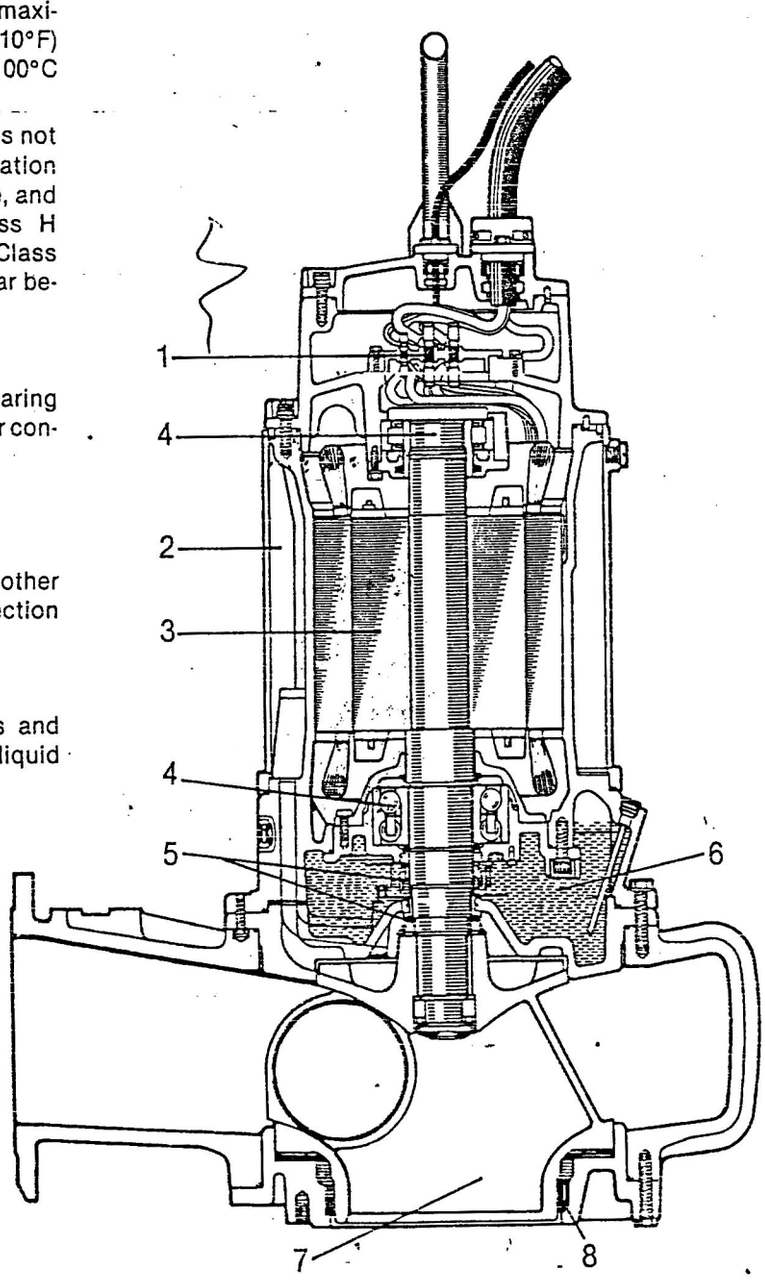
3300.180 is available with built-in leakage sensors for sensing the presence of any water in the oil and/or stator housing.

Special executions

This size pump is available in special executions for:

- — explosive enviroments approved according to PTB, BASEEFA or NEC by FM certified (3300.180 in its standard version is CSA approved).
- — pumping salt water, the C version is available in some models in bronze.
- — pumping corrosive liquids in industrial applications, the C version is available in some models in stainless steel.

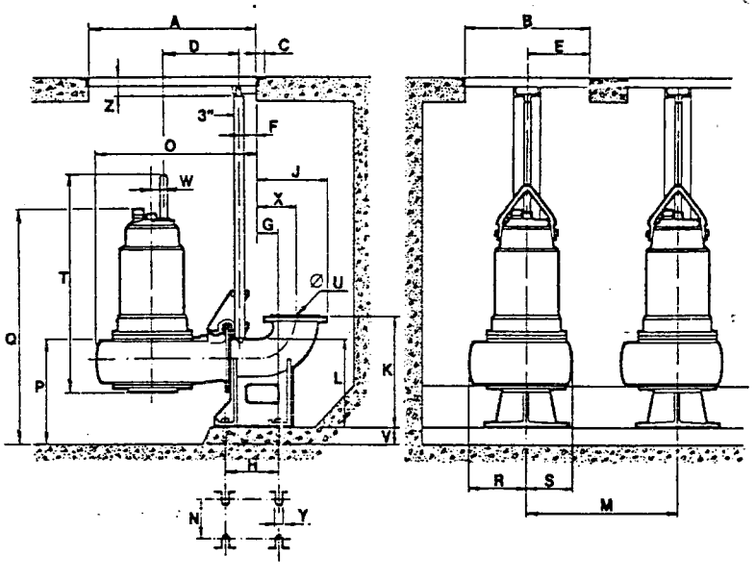
Contact your local Flygt representative.



DIMENSIONS

All dimensions in mm

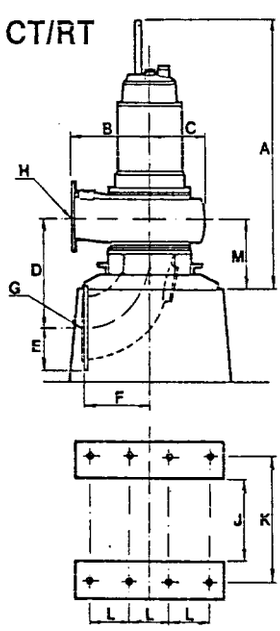
CP/RP



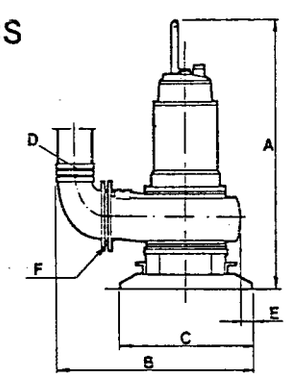
CP/RP version	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M Dim. min.
CP LT	1455	1150	50	681	523	135	194	500	591	850	685	2000
MT	1455	1150	50	681	523	135	194	500	540	800	660	2000
HT	1455	1150	50	581	523	135	89	280	344	450	360	2000
RP	1455	1150	50	581	523	135	89	280	344	450	346	2000

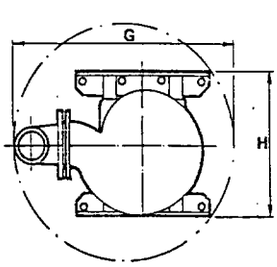
CP/RP version	N	O	P	Q	R	S	T	U	V Dim. min.	W	X	Y	Z
CP LT	530	1233	756	1730	450	311	1660	Ø 350	150	35	324	23	130
MT	530	1292	728	1705	501	378	1654	Ø 300	150	35	299	23	130
HT	245	1070	523	1500	341	305	1566	Ø 200	200	35	174	23	130
RP	245	1056	582	1457	320	305	1614	Ø 200	230	35	174	23	130

CT/RT



CS



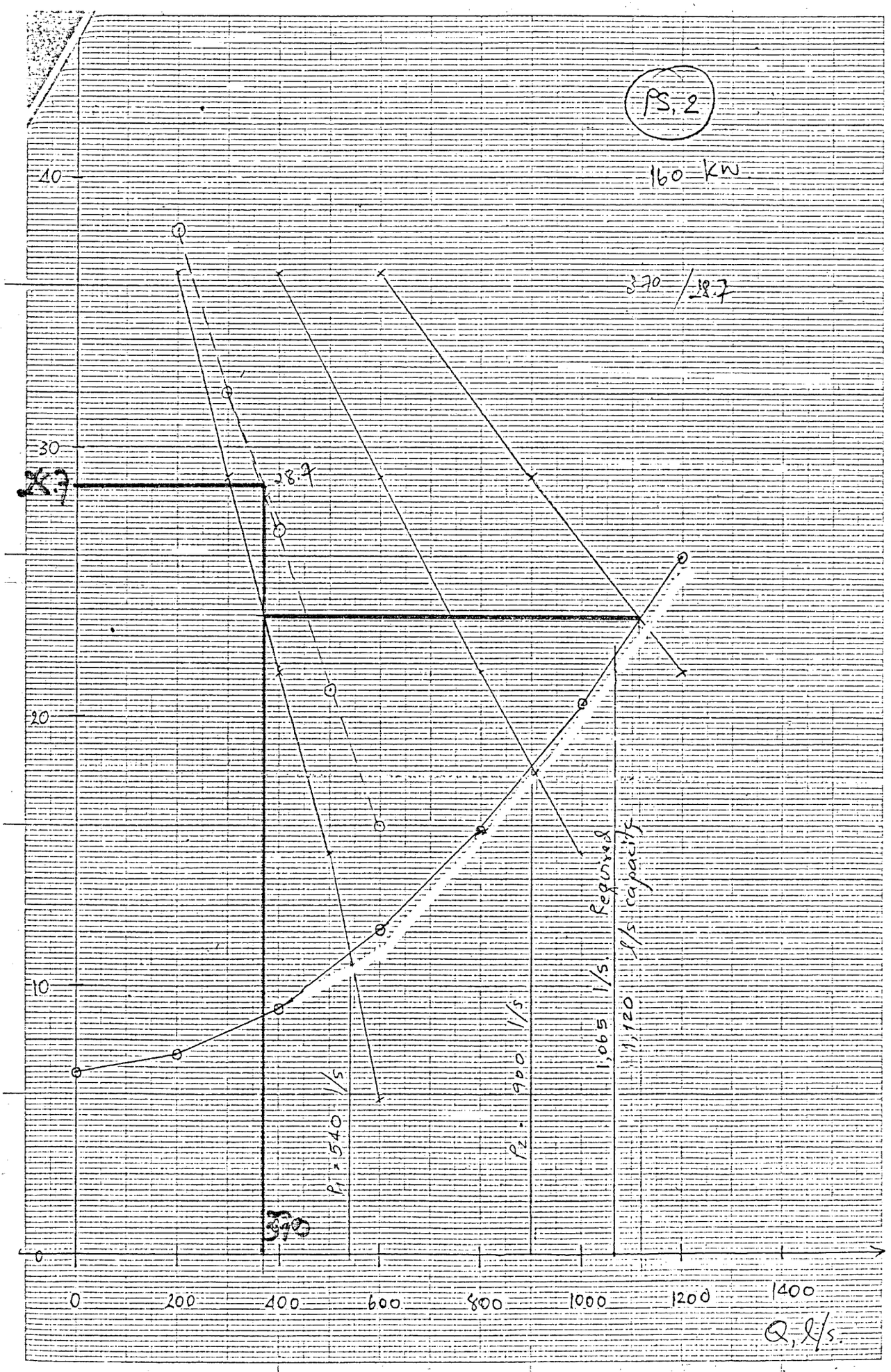


CS version	A	B	C	D	E	F	G	H
LT (flange conn.)	1920	1470	1050	—	143	[1] Ø 250	1675	1000
MT (flange conn.)	1915	1419	1050	—	84	[1] Ø 200	1624	1000
HT (hose conn.)	1827	1289	1050	Ø 200	206	[1] Ø 150	1494	1000

CT/RT version	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M
CT LT MT												
curve 632—640	1915	600	441	810	298	500	[1] Ø 400	[1] Ø 250	680	900	300	530
curve 641—648	1895	600	441	553	241	400	[1] Ø 300	[1] Ø 250	680	900	300	507
HT	1827	500	319	484	175	450	[1] Ø 200	[2] Ø 150*	680	900	300	454
RT	1838	500	305	675	200	350	[1] Ø 250	[2] Ø 150	680	900	300	439

[1] Flange connection drilled to SMS 342, DIN 2532 or BS 4622:1970 table 11.

[2] Flange connection drilled to SMS 342, DIN 2533 or BS 4622:1970 table 11.


PS. 2
160 kW
370 / 18.7
40
30
20
10
0
18.7
P1 : 540 l/s
P2 : 900 l/s
1,065 l/s. Required
1,120 l/s capacity
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
Q, l/s

FLYGT

PERFORMANCE CURVES

PROD. 3311

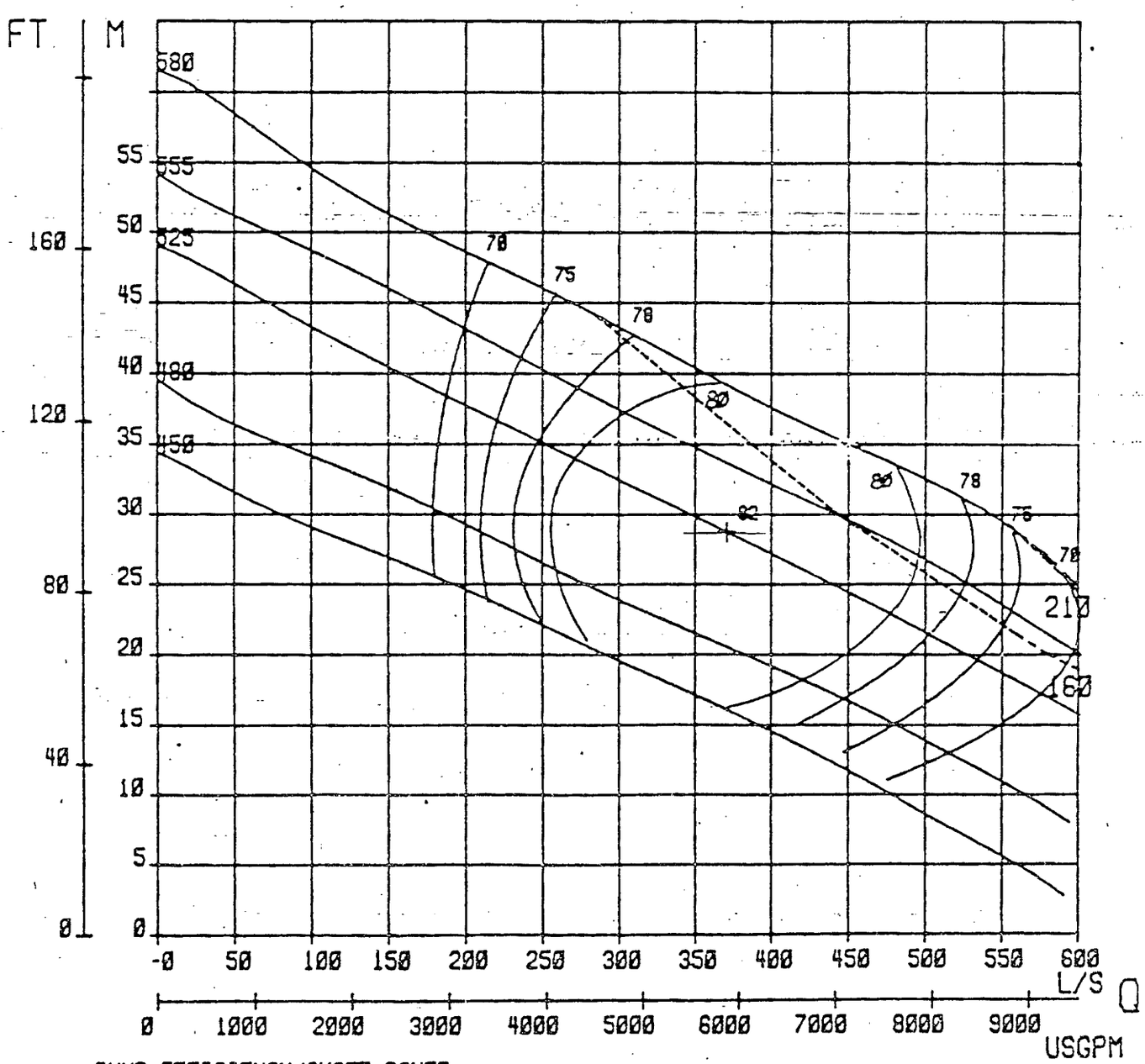
DATE	ISSUE	HZ	NOMINAL PUMP SPEED.RPM	CURVE NO
1982-09-16	1	50	985	53-632-1

IMPELLER PART NO	PUMPHOUSING PART NO	OUTLET/INLET	NO OF VANES	IMP.THROUGLET
435 12 00	373 86 01	300 / 350	3	103 * 103 CIRCULAR

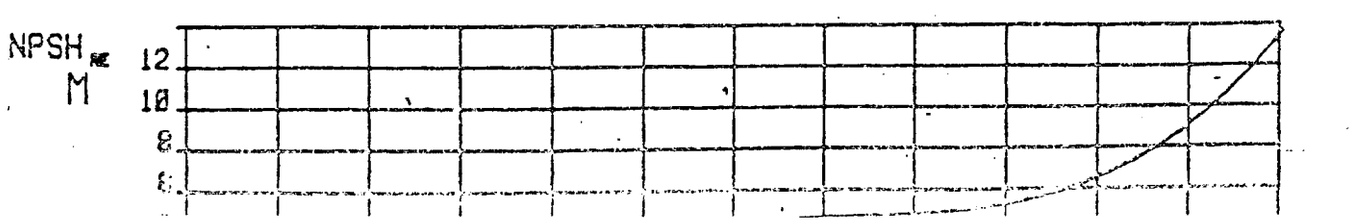
DRIVE UNIT	MOTORS	POLES	SHAFT POWER.KW	RATED PUMP SPEED.RPM
820	51-43-6	6	160	986
860	51-56-6	6	210	986

H

NOTE: CURVES ARE BASED ON NOMINAL PUMP SPEED
CURVES SHOW PERFORMANCE WITH CLEAR WATER



PUMP EFFICIENCY/SHAFT POWER.

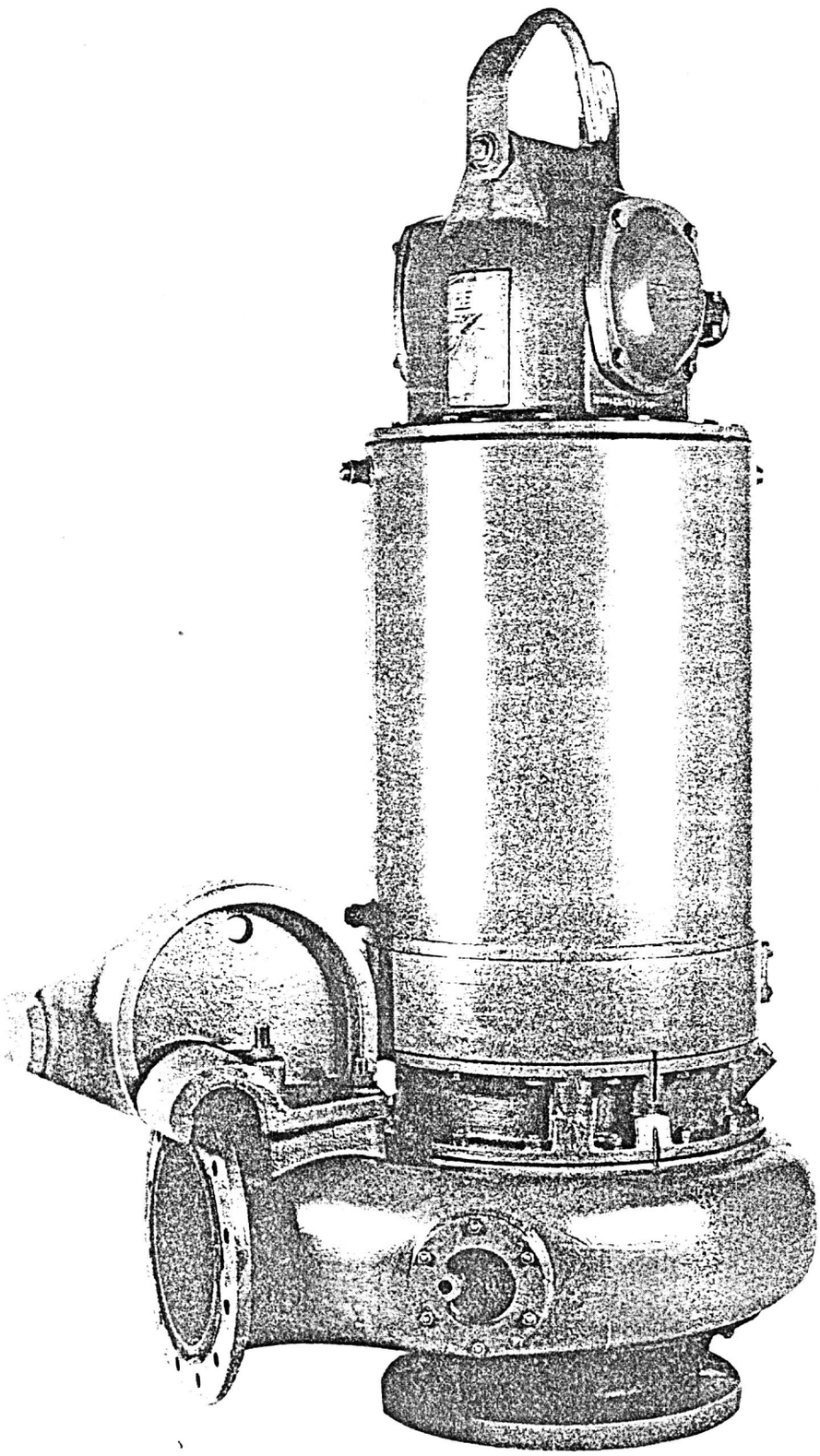


for P.S. 2

3311

FLYGT

Technical specification



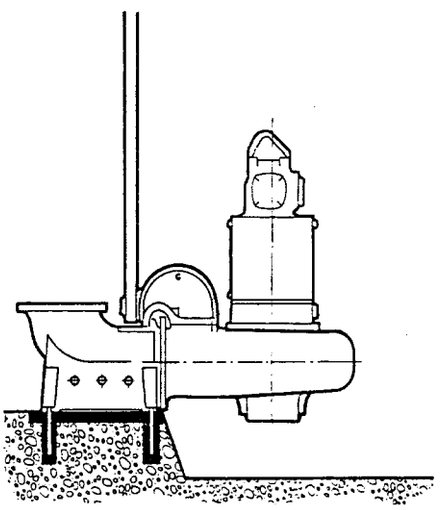
3311 Technical specification

The Flygt 3311 submersible pump is designed to pump liquids containing solid particles, such as waste water. Pump capacity up to 600 l/s.

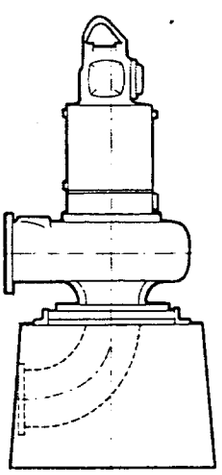
The electric motor and the pump comprise a compact and robust unit which reguires little space and is easy to handle. The pump housing (Nom. size 300 mm) and the 3-vane impeller can pass solids of diametres up to 103 mm.

Installation alternatives

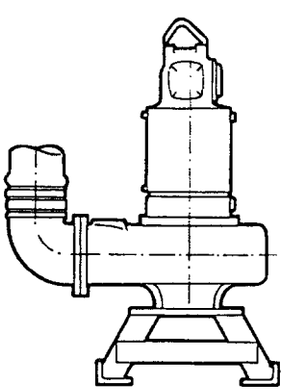
The pump is submersible, compact and simple to install. The 3311 is available in three versions, depending on the type of installation:



CP This system with guide bar and discharge connection permits automatic connection of the pump to the discharge line. The pump can be lifted up for inspection without anyone having to climb down into the sump. The pump works completely or partially submerged under water.



CT The pump is installed dry on a concrete base and is connected directly to the inlet and outlet lines. The submersible design of the pump prevents damage in the event of flooding.



CS A portable pump intended for operating completely or partially submerged in the pumped liquid. It is equipped with base stand and hose connection.

Technical data

Pump/Drive unit type	Motor: Squirrel-cage, 3-phase, 50 Hz Insulation Class F according to IEC 34-1				
	Rated power		Rated current		
	kW	rev/min	380V	415V	500V
3311/820	160	985	296A	281A	232A
3311/860	210	985	384A	352A	292A

Power cables

— Cable entry diametres 23 through 90 mm.
— For details of local cable requirements contact your local Flygt agent.

Hydraulic section

Curve No.	No. of vanes	Throughlet
632	3	Circular 103

— The pump housing design permits the impeller to be pulled out either from the top or the bottom.
— Replaceable wear ring in pump housing in brass or rubber. Wear ring on impeller in stainless steel.
— The impeller is also available in stainless steel.

Weights in kg

Pump type	Pump unit	Discharge connection
CP 3311/820 CP 3311/860	1950 2250	dia. 300 mm: 240 dia. 350 mm: 270
CT 3311/820 CT 3311/860	1900 2200	Inlet bend: 235
CS 3311/820 CS 3311/860	2150 2350	Incl. base stand and hose connection

Materials

		BS	DIN
Cast parts	Cast iron	1452 Grade 14	1691 GG 20
Shaft	Carbon steel	970 En 5 c	17200 C 35
Studs, nuts, screws and washers	Stainless steel	304 S 15	17440 X5 CrNi 18/9
Lifting handle and casing	Galvanized steel	970 En 3	17100 St 37
O-rings	Nitrile rubber (70° IRH)		
Stationary wear ring	Brass or nitrile-rubber-clad steel	1400 LG 2	1705 Rg 5
Rotating wear ring	Stainless steel	304 S 15	17440 X5 CrNi 18/9
Mechanical shaft seals:			
— upper	Carbon/Tungsten carbide		
— lower	Tungsten Carbide/ tungsten carbide		
Impeller of stainless steel			17440 X8 CrNiMo 27 5
Shaft of stainless steel		En 57	17440 X22 CrNi 17

Surface treatment

Impeller	Primed
Outer casing	The outer casing is primed with PVC Epoxy and then painted with blue chlorinated rubber paint.

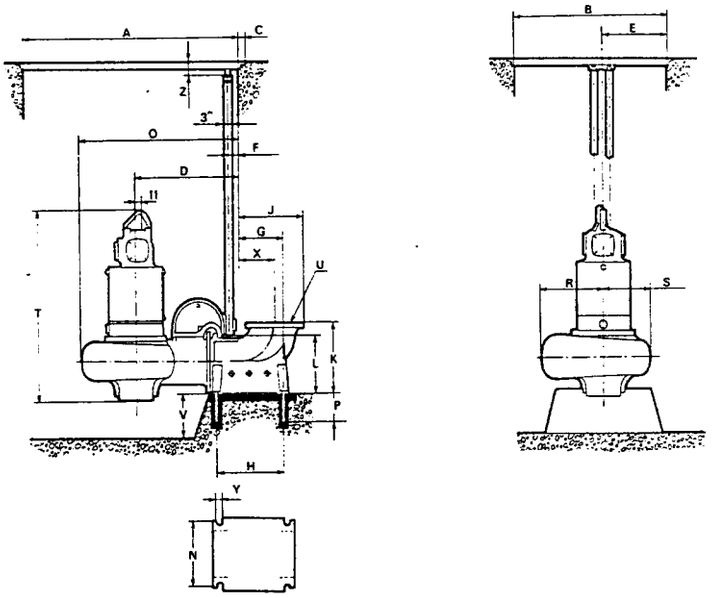
Practical limitations

- The 3311 can pump liquids at temperatures of up to 40°C.*
- The pump can be submerged down to 20 m below the surface of the liquid.
- The pump section, including seals, is designed for working pressures of up to 1,0 MPa.
- The motors are designed to supply their rated outputs at deviations of up to ±5% of the rated frequency and voltage. Voltage variations of up to ±10% are possible without overheating.
- The 3311 can be started up to 15 times per hour.
- Starting methods: Direct on-line start or stardelta start.

* For details of local cable requirements contact your local Flygt agent.

Dimensions in mm

CP



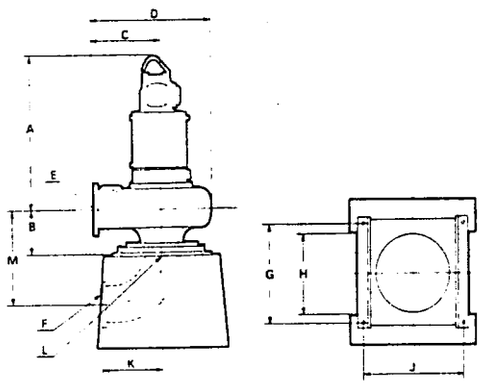
Version	A	B	C	D	E	F	G (dia. 300)	G (dia. 350)	H	J (dia. 300)	J (dia. 350)	K	L (dia. 300)	L (dia. 350)	N
CP 3311	1960	1425	50	959	662	135	411	406	650	557	608	600	450	475	600

Version	O	P	R	S	T (drive unit 820)	T (drive unit 860)	U*	U*	V min. dim.	X (dia. 300)	X (dia. 350)	Y	Z
CP 3311	1375	400	490	405	2055	2185	dia. 300	dia. 350	350	316	341	30	130

* Flange dimensions in accordance with SMS 342, DIN 2532 or BS 4622: 1970 table 11.

Consult your local Flygt representative for sump dimensions and access frame sizes.

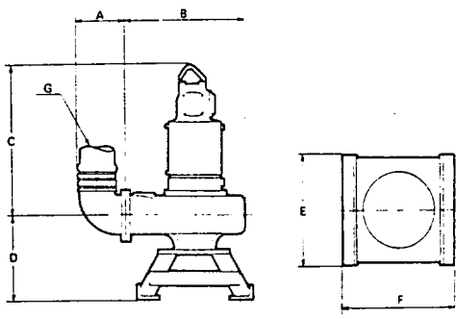
CT



Version	A (dr. u. 820)	A (dr. u. 860)	B	C	D	E*	F*	G	H	I	K	L*	M
CT 3311	2080	2210	333	650	1066	dia. 300	dia. 400	850	650	800	525	dia. 350	885

* Flange dimensions in acc. with DIN 2532, SMS 342 or BS 4622: 1970 table 11.

CS



Version	A	B	C	D	E	F	G
CS 3311/820	320	1066	2080	676	1200	1370	250
CS 3311/860	320	1066	2210	676	1200	1370	250

The manufacturers reserve the right to alter performance, specifications or design without notice.

FLYGT

Design of the pump

1. **The junction box** is completely sealed off from the motor.
2. **Built-in cooling system**

   The cooling system enables the 3311 to operate continuously at its rated output, regardless of whether the electric motor is above or below the surface of the liquid. Some of the pumped liquid is circulated through the cooling jacket which surrounds the motor and dissipates the heat generated by the motor.

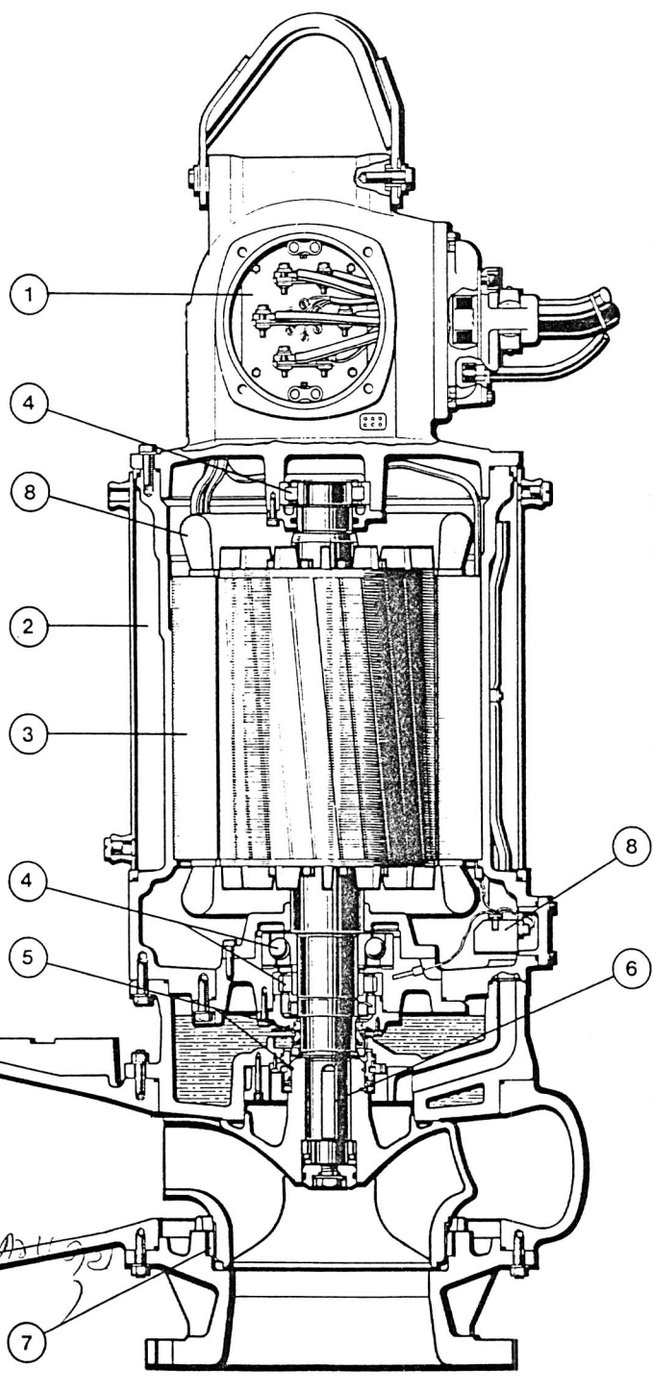
   Where external cooling is required, the cooling jacket can be sealed off from the pump housing and instead be connected to an external cooling medium system.
3. **Class F motor insulation**

   Class F means that the maximum operating temperature is 155°C and that a temperature rise of 100°C is permitted. The temperature rise in Flygt motor does normally not exceed 80°C. This temperature reduction increases the service life of the motor by a factor of nearly 4. The stator is impregnated three times.
4. **Bearings**

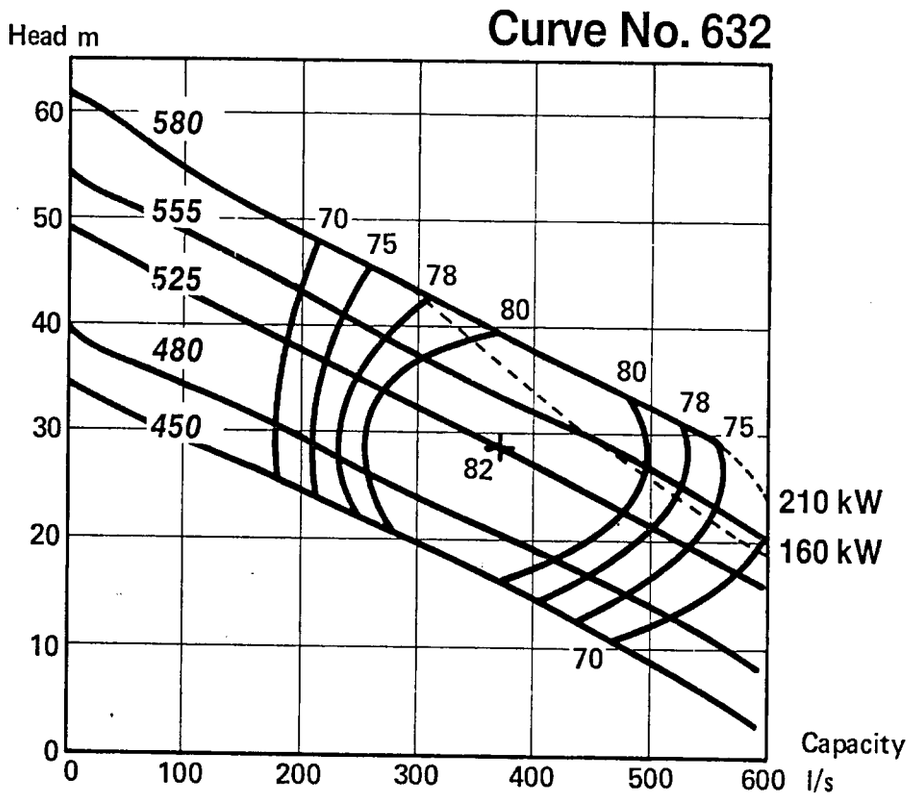
   Upper bearing: Roller bearing
   Lower bearing: Angular contact ball bearings and roller bearings

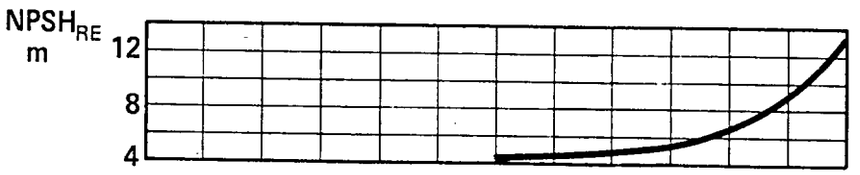
   The bearings are greased and do not have to be regreased until after three years of continuous operation.
5. **Two mechanical face seals** operating independently of each other seal off the motor from the pump housing. The two seal rings in the lower seal are made of tungsten carbide for long life. The upper seal, which rotates in an oil bath, has a stationary seal ring made of tungsten carbide and a rotating ring made of graphite.
6. **The common pump/motor** shaft does not come into contact with the pumped liquid.
7. **Replaceable wear rings**

   The pump housing bottom and the impeller are equipped with easily replaceable wear rings.
8. **Monitoring system.** The motor temperature is sensed by three thermistors, one for each phase. The temperature of the lower bearing is sensed by 1 thermistor. There is a leakage detector in the stator casing. All three systems are connected to an external monitoring unit, in which an overtemperature in the motor normally trips the pump, whilst excessive bearing temperature or leakage trigger an alarm. All three functions can, however, be connected in such a manner that the pump switches off whichever system is activated. (The motor temperature system is activated if the motor attains an absolute temperature of 130°C. The corresponding value for the bearing system is 95°C.)



3311 Performance curves

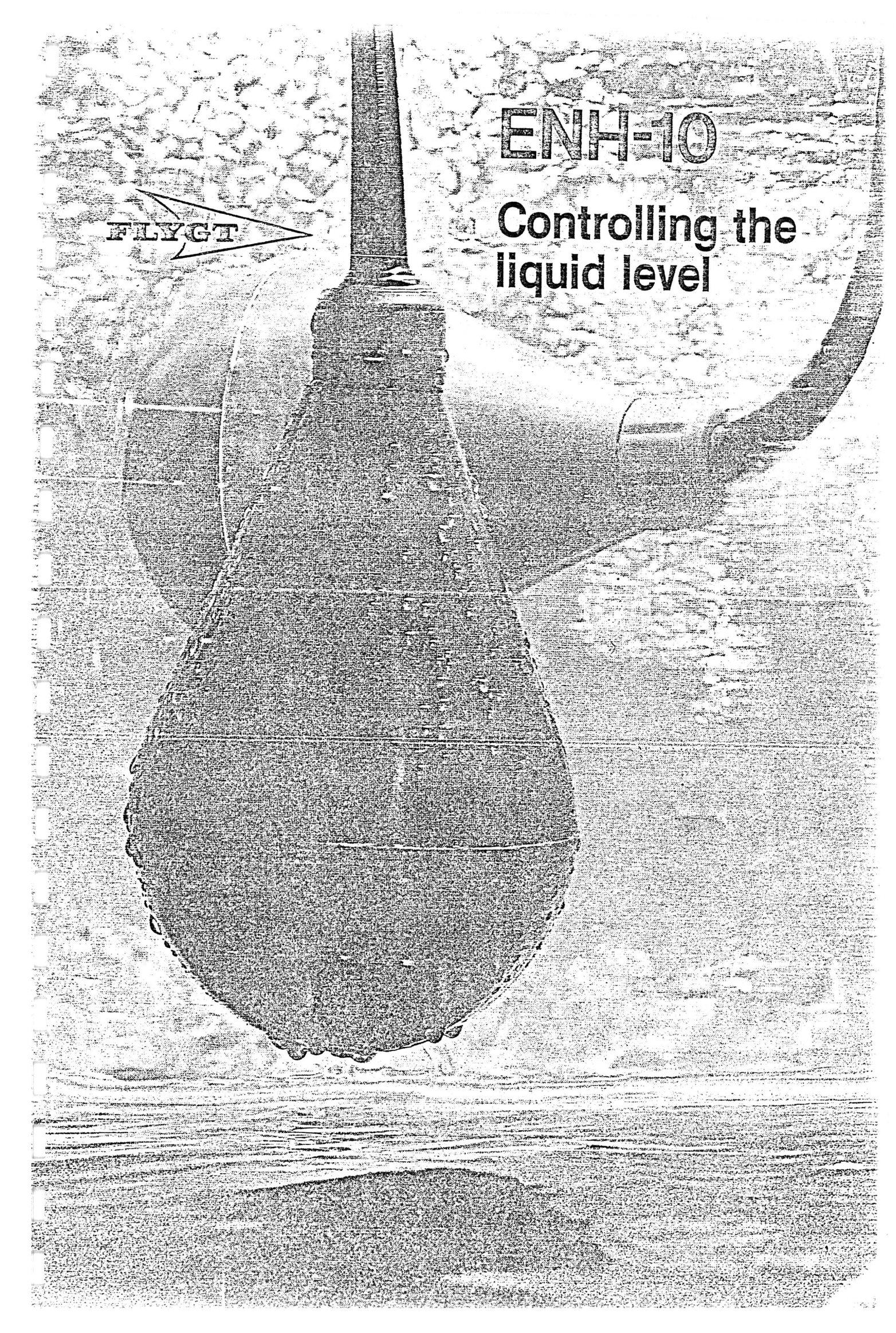




— The performance is given for different diameter steps of the impeller at constant motor speed.

— Pump efficiency is indicated.

— The power limit for available motors are indicated by the dashed lines along the curve.



ENH-10

Controlling the liquid level

ENH-10
Level regulator

The simplest possible method for level control! A mercury switch in a plastic casing, freely suspended at the desired height from its own cable. When the liquid level reaches the regulator, the casing will tilt and the mercury switch will close or break the circuit, thereby starting or stopping a pump or actuating an alarm device. No moving parts, no wear, no maintenance! In sewage pumping stations, for ground water and drainage pumping — in fact, for most level control applications — the ENH-10 is the ideal solution.

The regulator casing is made of polypropylene and the cable is sheathed with a special PVC compound. The plastic components are welded and screwed together — adhesive is never used. Impurities and deposits will not adhere to the smooth casing.

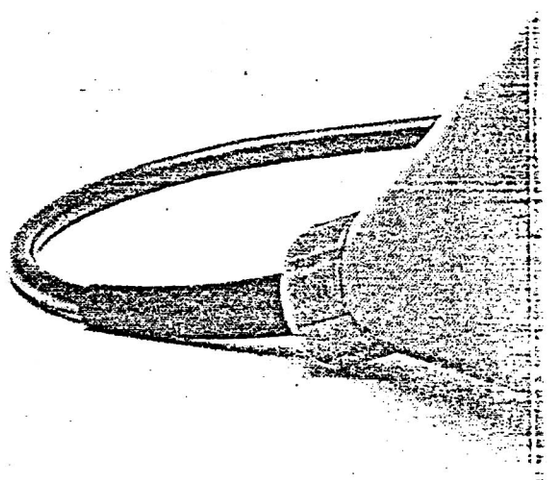
This level regulator is available in different versions, depending upon the medium in which it is to be used. As standard, the regulator can be obtained with 6, 13 or 20 metres (20, 45 or 66 feet) of cable for liquids with specific gravities between 0.95 and 1.10; for other specific gravities, the regulator is only available with 20 metres (66 ft) of cable. The regulator can withstand up to 60°C (122°F).

Technical data

Suitable for media with specific gravity	0.65—1.50
Max. working temperature	+60°C
Min. working temperature	± 0°C
Max. working pressure at +20°C	4 kgf/cm²
Interrupting capacity	250V—10A 380V— 6A

Note that local regulations may limit the voltage.

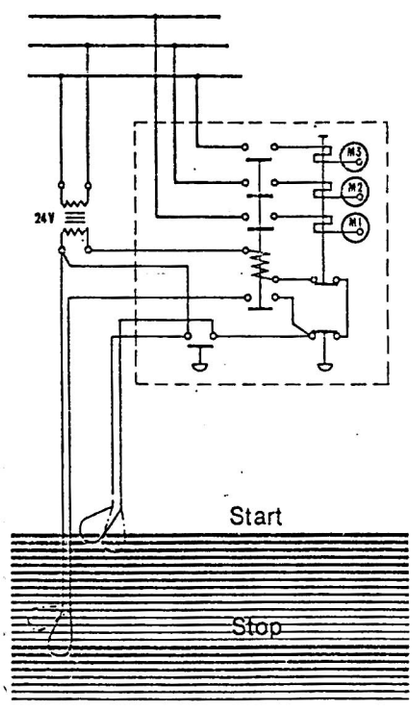
Length of casing	190 mm (7.5 in)
Diameter of casing	100 mm (3.9 in)
Weight with 6 m of cable	1.3 kg (2.9 lb)



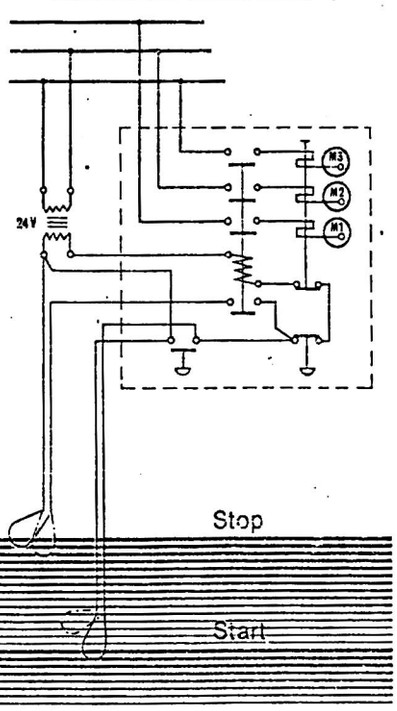
Wiring alternative

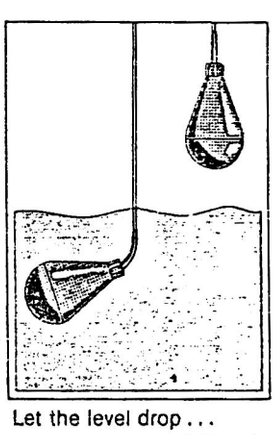
To conform to local regulations, the level regulators are normally connected through a transformer to a low-tension control circuit. Two regulators are used — one for starting and one for stopping. A third regulator can be connected if an alarm is required at a given level. Identical regulators can be used for all functions.

A. Connected for emptying
Connect the blue and black leads.
Insulate the brown lead.

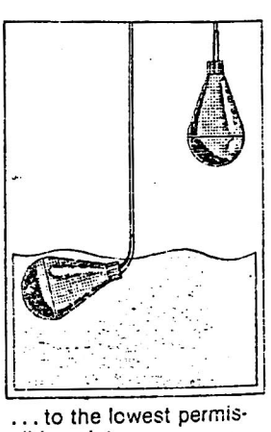


B. Connected for filling
Connect the blue and brown leads.
Insulate the black lead.





Let the level drop . . .



. . . to the lowest permissible point.

Can regulate the level in different kinds of liquid

The liquid in which level regulation is practiced most frequently is, of course, water. Of the millions of regulators in use all over the world today, it is estimated that nine out of ten work in water.

But with a float body of polypropylene and a cord of PVC, the ENH-10 is virtually insensitive to many aggressive liquids.

The table shows how resistant the material is to different chemicals at two different temperatures. The classification is broken down into three categories:

A = fully resistant, B = partially resistant and C = non-resistant. The sign — means that information is not available.

Keep in mind also that the density of the liquid determines the buoyancy of the regulator. The ENH-10 is made for seven different densities: 0.65—0.80; 0.80—0.95; 0.95—1.10; 1.05—1.20; and 1.3, 1.4 and 1.5.

Always observe local regulations: Take particular note of: • risk of fire/explosion • risk of poisoning • hygiene requirements

Acids	20°C	60°C
Benzoic Acid	C	C
Boric Acid	A	—
Hydrobromic Acid 25 %	A	A
Citric Acid	A	A
Hydrocyanic Acid	A	—
Phosphoric Acid	A	C
Phosphoric Acid 25 %	A	A
Phosphoric Acid 85 %	—	—
Phthalic Acid	A	A
Tannic Acid	A	—
Chromic Acid	C	C
Maleic Acid	C	C
Oleic Acid	B	—
Oxalic Acid	A	A
Nitric Acid 5 %	A	B
Nitric Acid 65 %	C	C
Hydrochloric Acid 10 %	A	A
Hydrochloric Acid 37 %	A	C
Butyric Acid	A	—
Sulphuric Acid 10 %	A	A
Sulphuric Acid 78 %	C	C
Sulphuric Acid 93 %	C	C
Tartaric Acid	A	—
Acetic Acid 10 %	A	—
Acetic Acid 50 %	A	B
Acetic Acid 75 %	C	C
Acetic Acid 100 %	C	C
Hypochloric Acid	B	C

Bases		
Ammonium Hydroxide	A	—
Calcium Hydroxide	A	—
Potassium Hydroxide	A	C
Sodium Hydroxide	A	C

Acid salts	20°C	60°C
Aluminum Chloride	A	A
Aluminum Phosphate	A	A
Copper Chloride	A	A
Copper Sulphate	A	A
Ferrous Sulphate	A	A
Ferric Chloride	A	A
Tin Chloride	A	A
Zink Chloride	A	A
Zink Sulphate	A	A

Basic salts		
Potassium Dicarbonate	A	A
Potassium Carbonate	A	A
Sodium Dicarbonate	A	—
Sodium Carbonate	A	—
Trisodium Phosphate	A	A

Neutral salts		
Calcium Chloride	A	A
Calcium Nitrate	A	A
Calcium Sulphate	A	A
Magnesium Chloride	A	A
Potassium Nitrate	A	A
Potassium Sulphate	A	A
Sodium Chloride	A	A
Sodium Nitrate	A	A
Sodium Sulphate	A	A

Organic substances and solvents		
Aceton	C	C
Aniline	C	C
Benzene	C	C
Gasoline	—	C
Butyl Alcohol	A	—

Organic substances and solvents	20°C	60°C
Diesel Oil	C	C
Ethyl Acetate	C	C
Ethyl Alcohol	A	—
Ethylene Dichloride		
Ethylene Chloride	C	C
Ethyl Ether	C	C
Phenol	C	C
Formaldehyde 37 %	A	B
Kerosene	C	C
Chlorobenzene	C	C
Chloroform	C	C
Carbon Disulphide	C	C
Carbon Tetrachloride	C	C
Linseed Oil	C	C
Methylene Alcohol	A	A
Methylene Chloride	C	C
Methyl Ethyl Ketone	C	C
Mineral Oils	C	C
Nitrobenzene	C	C
Castor Oil	B	C
Silicone Oils	A	A
Turpentine	C	C
Toluene	C	C
Trichlorethylene	C	C
Vegetable Oils	B	C
Xylene	C	C

Gases		
Chlorine (wet)	C	C
Chlorine (dry)	C	C
Carbon Dioxide	A	A
Carbon Monoxide	A	A
Sulphur Dioxide (wet)	C	C
Sulphur Dioxide (dry)	A	A
Hydrogen Sulphide	A	—

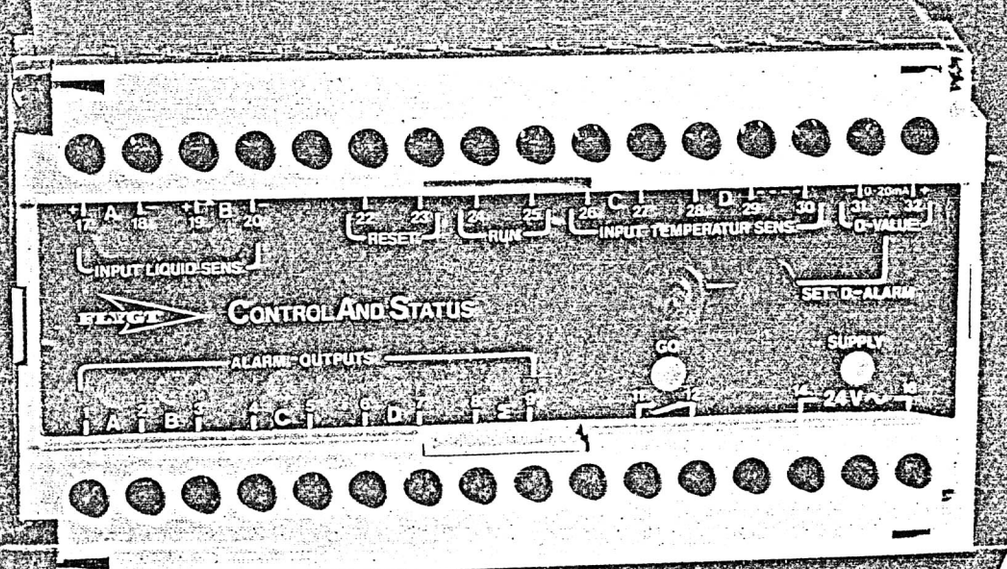
The manufacturers reserve the right to alter performance specification or design without notice.

FLYGT

ENH 10.02.09. Eng. 10M. 01.90 © FLYGT AB

Printed in Sweden KT 71321

FLYGT


INPUT LIQUID SENS
RESET
RUN
INPUT TEMPERATUR SENS
0-VALUE
SET DC ALARM
CONTROL AND STATUS
ALARM OUTPUTS
SUPPLY
24V

CAS

Flygt's monitoring unit, CAS is designed for use in all pumps from model 3230 and larger models equipped with drive units 720-940. Turbines equipped with generators 760—930 are also covered by the monitoring system.

The monitoring unit is connected to the sensors incorporated in all the products covered. CAS has four channels designed for monitoring different functions.

The pump/turbine is equipped with sensors which activate alarms on the CAS unit if: liquid penetrates into the statorhousing, the oil pressure in the lubrication system of the gear is too low, the temperature in the stator is too high or if the temperature in the lower bearing of the drive unit/ generator is too high.

CHANNEL A
liquid level

This channel is used, for example, for monitoring of liquid leakage into the stator casing. A sensor is incorporated in the lower part of the stator casing. If liquid enters the alarm function will be activated after about 5 seconds. The alarm will stop the pump/turbine.

CHANNEL B
oil pressure or liquid level

This channel has basically the same function as channel A but with RUN connected it is used to monitor the oilpressure on machines equipped with a gear unit. If the oilpressure is too low alarm is activated after about 5 seconds. The alarm will stop the pump. A pilot lamp will be lit to indicate interruption or shortcircuit.

CHANNEL C
temperature monitoring

This channel is intended to monitor the stator temperature with thermal switches or up to 3 PTC thermistor. If the stator's temperature reaches 155°C (310°F) ±5° alarm is activated and the pump/turbine is stopped immediately. Resetting can only be done when the stator has cooled down.

CHANNEL D
Pt-100 thermistor

This channel is used to monitor the drive unit/ generator lower bearing temperature.

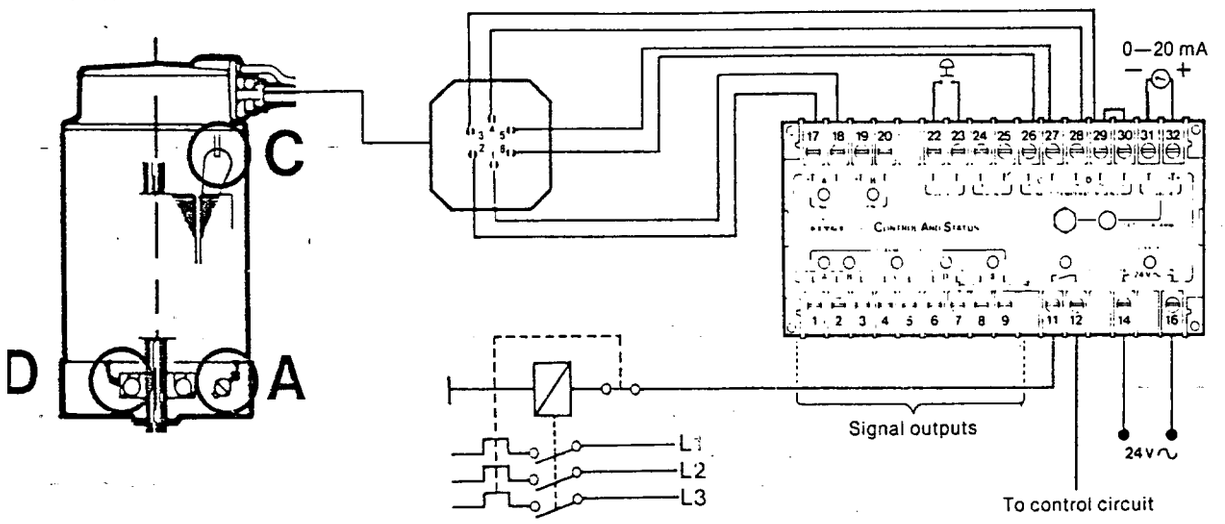
The channel operates with a type Pt-100 (DIN 437 60) temperature sensor. The unit is delivered with the alarm value preset to 100°C (212°F) but it is adjustable between 50°C (122°F) and 150°C (302°F).

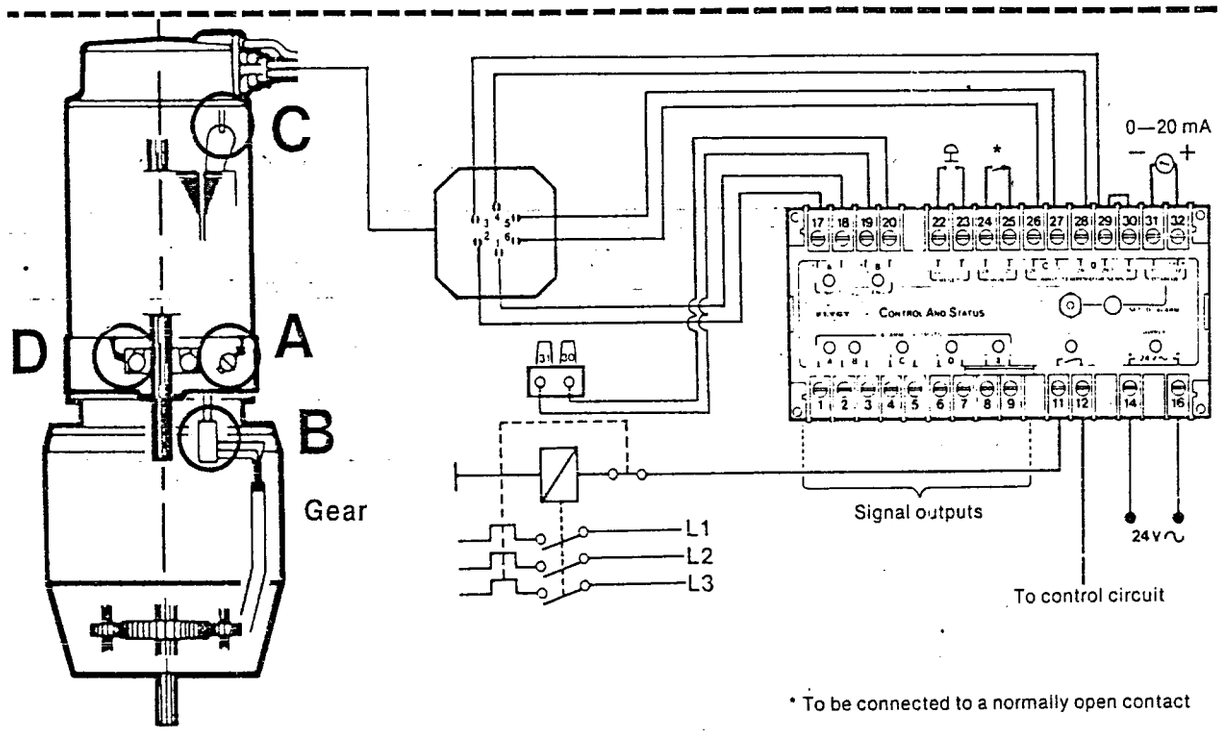
The monitoring unit gives an analogue (0—20 mA) output of the sensed lower bearing temperature, for connection, as extra, to an analogue indicator.

Reset

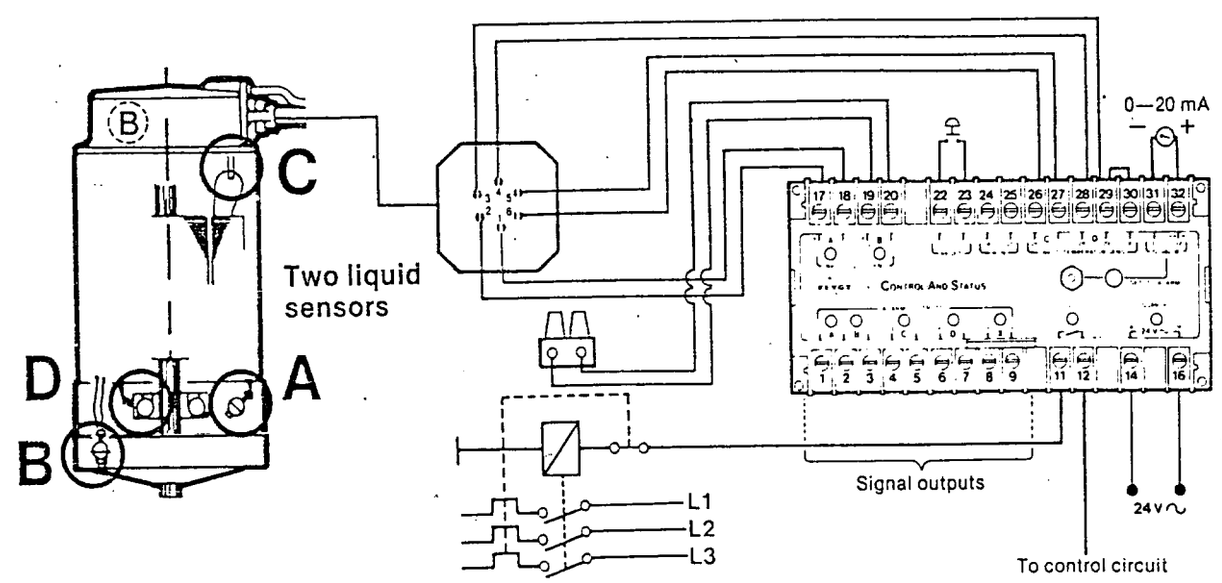
Resetting can only be done manually.

Connection to machine





* To be connected to a normally open contact



TECHNICAL DATA

Supply voltage	24 V ±10 % 50—60 Hz
Power consumption	Ca 5 VA
Dimensions mm (in)	(W × H × D) 150 × 70 × 112 (59 × 27.5 × 44)
Temperature range	0°C — +50°C (32°F—122°F). Max 80 % RH
Mounting	On a 35 mm symetric DIN rail or on a flat face

Channel A

Voltage to detector	12 V
Alarm	I > 20 mA
Output alarm	Solid state relay 24 VAC 100 mA

Channel B

Voltage to detector	12 V
Alarm	I > 20 mA (I < 20 mA. If RUN is activated)
Output alarm	Solid state relay 24 VAC 100 mA

Channel C

Alarm	R ≷ 3 kΩ
Output alarm	Solid state relay 24 VAC 100 mA
Reset	Manual when R ≶ 900 Ω

Channel D

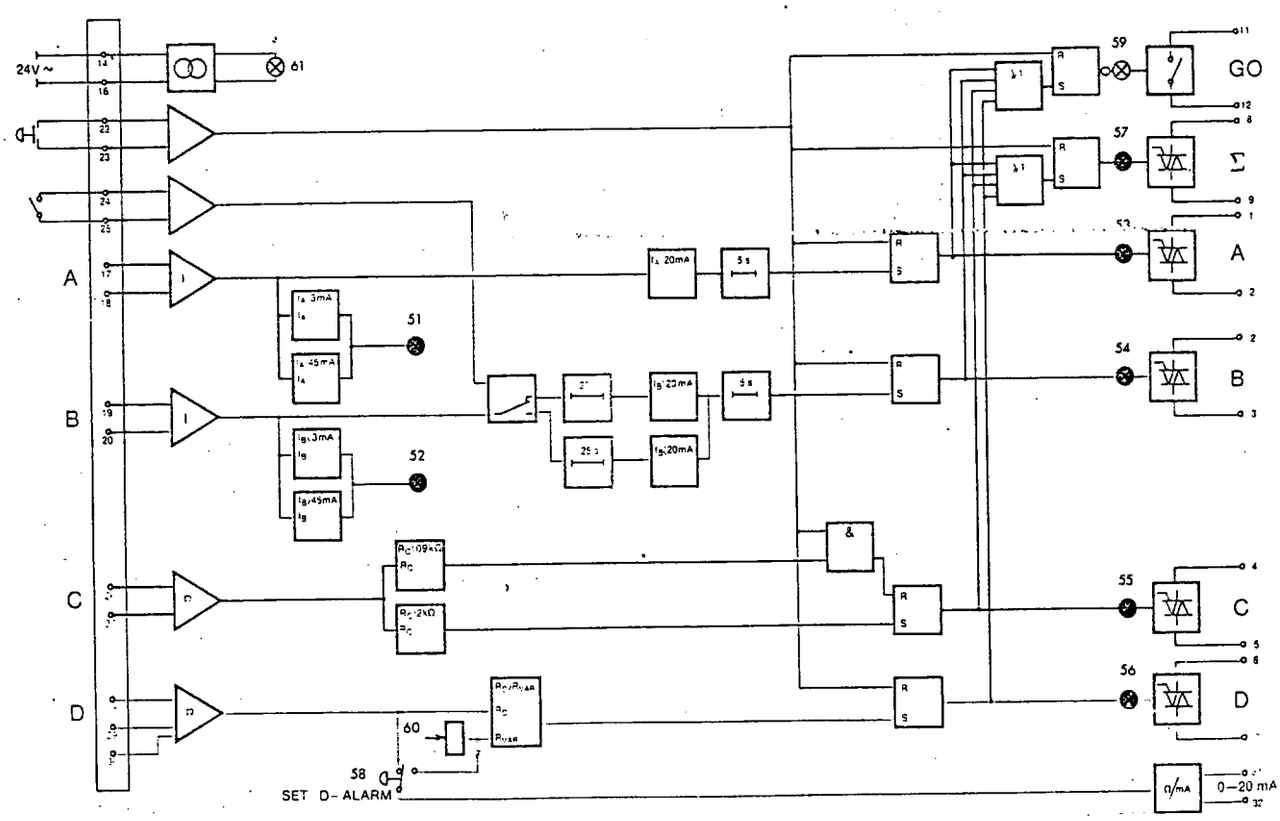
Alarm	R > Rset
Output alarm	Solid state relay 24 VAC 100 mA
Output	0—20 mA range 50°C—150°C (122°F—302°F). (0.2 mA/°C ±2,5 %)

Σ-alarm

Alarm	Activated by alarm from each individual channel
Output alarm	Solid state relay 24 VAC 100 mA.

Interlock

Alarm	Activated by alarm and supply failures
Function	Normally closed
Breaking capacity	240 V 4 A at cos φ = 1



FLYGT

Printed in Sweden Wikströms 871352

บริษัท ออนโน จำกัด
ONNO CO., LTD.
150/22 Soi Boromnivas Rama 1 Road,
Patumwan, Bangkok 10500 Thailand.
Tel. 214-4125 Fax: (662) 215-5520

ระบบบันทึกอัตราการไหลแบบ DOPPLER AQUASONIC SYSTEM

1. LEVEL SENSOR วัดระดับน้ำโสโครก และส่งสัญญาณไปยังตัวควบคุม (Controller)

วัสดุ : ทำด้วย PVC
ส่งสัญญาณความถี่ : 40 KHz

2. DOPPLER SENSOR IND/CHA วัดความเร็วของน้ำโสโครกที่ไหลผ่านฝังอยู่ก้นราง

วัสดุ : สแตนเลสป้องกันการเกิดสนิม
ส่งสัญญาณความถี่ : 625 KHz

3. FLOW TRANSMITTER ทำหน้าที่รับสัญญาณของความเร็ว เพื่อส่งต่อและแปลงสัญญาณต่อไปยังภาคควบคุมคือ ตัว controller ในตัว transmitter จะแสดงค่า velocity ของสิ่งของในขณะนั้น

4. CONTROL UNIT แสดงค่าอัตราการไหลและค่าผลรวมของปริมาณน้ำโสโครกที่ไหลผ่านทั้งหมด แสดงออกมาทางตัวเลขที่หน้าปัดเครื่อง

ค่าวัดสูงสุดของการไหล : 1999 ลิตร/วินาที (3½ digit)
ค่าความถูกต้อง : ± 1% ของค่าที่อ่านได้
สัญญาณออก : 4-20 มิลลิแอมป์
ใช้ไฟฟ้า : 220/240 VAC 50Hz
ช่วงอุณหภูมิการทำงาน : -20°C to 45°C
มาตรฐานการป้องกันของกล่องใส่ (enclosure)
: weatherproofing IP 65 polycarbonatehousing with window to observe keyboard display

5. DISPLAY UNIT จะแสดงค่าอัตราการไหลในเวลาขณะนั้น และจะติดไว้ในชุด control unit

6. RECORDER เครื่องบันทึกการไหล ชนิด 1 ปากกา

สัญญาณเข้า : 4-20 มิลลิแอมป์
ช่วงการวัด : 0-1500 ลิตร/วินาที
ความไวในการรับสัญญาณ : 5 วินาที สามารถปรับค่าเป็น 1วินาที
ความคลาดเคลื่อนเนื่องจากอุณหภูมิ : 0.2%
ชนิดของกระดาษบันทึก : แบบพับ
การบันทึก : ใช้ปากกาแบบ fibre-tip
ค่าความผิดพลาด : class 0.5 to din 43782
ความเร็วในการเคลื่อนกระดาษ : 20/120 มม./ซม.
ใช้ไฟ : 220 VAC 50 Hz

สถานที่ติดตาม :

1. สถานีสูบน้ำที่ PS-1
2. บ่อสูบน้ำที่ PS-1
3. สถานีสูบน้ำที่ PS-2
4. บ่อสูบน้ำที่ PS-2
5. Thrust Block
6. เสาธง กสพ.

PS-1.

ಸಮಸ್ಯೆಯು PS-1.

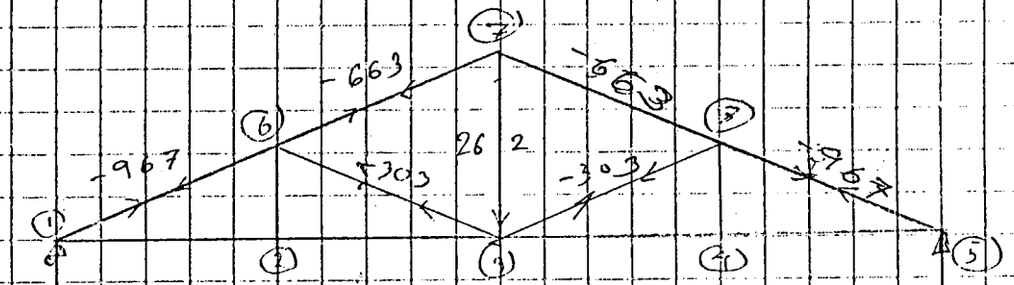
control house. PS 7

criteria Design.

f'_c	=	200	kg/cm²	(166)
f_c	=	80	kg/cm²	
f_s	=	1200	kg/cm²	
n	=	9		
k	=	0.375		
j	=	0.875		
R	=	13.12	kg/cm².	
v	=	$0.20\sqrt{f'_c}$ =	4.1	kg/cm²
	=	$0.32\sqrt{f'_c}$ =	7.5	kg/cm²
	=	$1.32\sqrt{f'_c}$ =	4.5	kg/cm²
	=	$0.53\sqrt{f'_c}$ =	18.7	kg/cm²

PS-1

Load 2 910 kg/m



ઉપરના પ્રશ્નનો

Design m.

Total Load = 70 kg/m²

$M = \frac{1}{8} w l^2$

$= \frac{1}{8} \times 70 \times 3^2$

$= 78.75$ kg-m

$S = \frac{78.75 \times 100}{1440}$

$= 5.46$ cm³

S-1 $t = 0.1$ 2.5×2 $m = 0.2$

LL = 300 kg/m²
DL = 210 kg/m² } 510 kg/m² $d = 0.07$

หา $m = 0.064 w l^2$
$= 0.064 \times 510 \times 2.5^2$
$= 216$ kg-m

A_s 2.74 cm²

⇒ use RB 9 @ 0.20 ⇐

W_s = 450 kg/m

W_L = 531 kg/m.

B-1.

Assume section 0.2×0.4 m_c = 2400 kg-m d = 36

W_{D-SI} = 2×450 kg/m

W_{DL} = 192 kg/m } 1560 kg/m

W_{WALL} = 468 kg/m (2.6×180)

$M = \frac{1}{8} w l^2$

$= \frac{1}{8} \times 1560 \times 2.5^2$

= 1219 kg-m

1950 1950 1950 1950

3900

$A_s = \frac{1219 \times 100}{1200 \times 0.875 \times 36}$

= 3.22 cm² ⇒ 2-RB15 ⇒ 3.54 cm²

STIRRUP RB 6 @ 0.20

B-2 ⇒ Use B-1

Assume section 0.2×0.4

W_{I-SI} = 531 kg/m } 1191 kg/m

W_{DL} = 192 kg/m

W_{WALL} = 468 kg/m

1986.5

3.75

$M = \frac{1}{8} \times 1191 \times 3^2$

= 1340 kg-m

A_s = 3.54 cm² = 2-RB12 = 3.54 cm²

STIRRUP RB 6 @ 0.20

B-2 0.2×0.4

W_{23-1} = 2×531 kg/m
W_{DL} = 192 kg/m
} 1254 kg/m

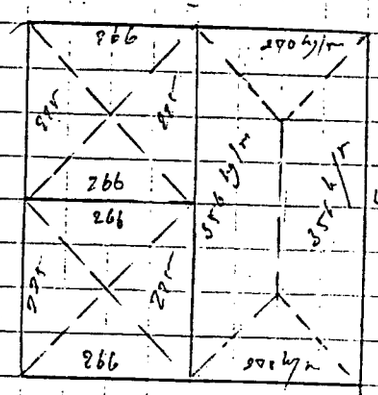
$m = \frac{1}{8} w l^2$

$= \frac{1}{8} \times 1254 \times 3^2$

= 1411 kg-m

A_s - 3.73 cm² ใช้ 2-RB 19

stirrup : RB 6 @ 0.20



B-1 = คาน B-2

W_s = 225+356
DL = 192
Wall = 468
} 1041 kg/m

Point load = $\frac{1112 \times 1.5}{2}$ = 834

$m = \frac{1}{8} w l^2 + \frac{PL}{4}$

$= \frac{1}{8} \times 1041 \times 2.5^2 + \frac{834 \times 2.5}{4}$

= 970 + 521

= 1491 kg-m

A_s = 3.94 cm²

ใช้ 2-RB 19 ที่ B-2

m = 1045 + 521 = 1566

A_s = 4.14 cm² 2-RB-19 ที่ B-2

B-3 : W_s = 270 + 531
W_{DL} = 192
W_{wall} = 468
} 1269 kg/m

Point load = 1962 kg

B-3 Adj

Assume section 0.6×0.4

W_{DL} =

W_{LIVE} =

660

491 1092

9 9

2681

M = 3750

M_1 = 2307 kg-m

M_2 = 1349 kg-m

A_{s1} = 6.2 | 10.1 cm^2 4-RB-19

A_{s2} = 3.9 |

STIRRUP RB 6 @ 0.15

C1

Check for Column

Assume 0.2×0.2

P_c = 0.25×0.85×2400×400

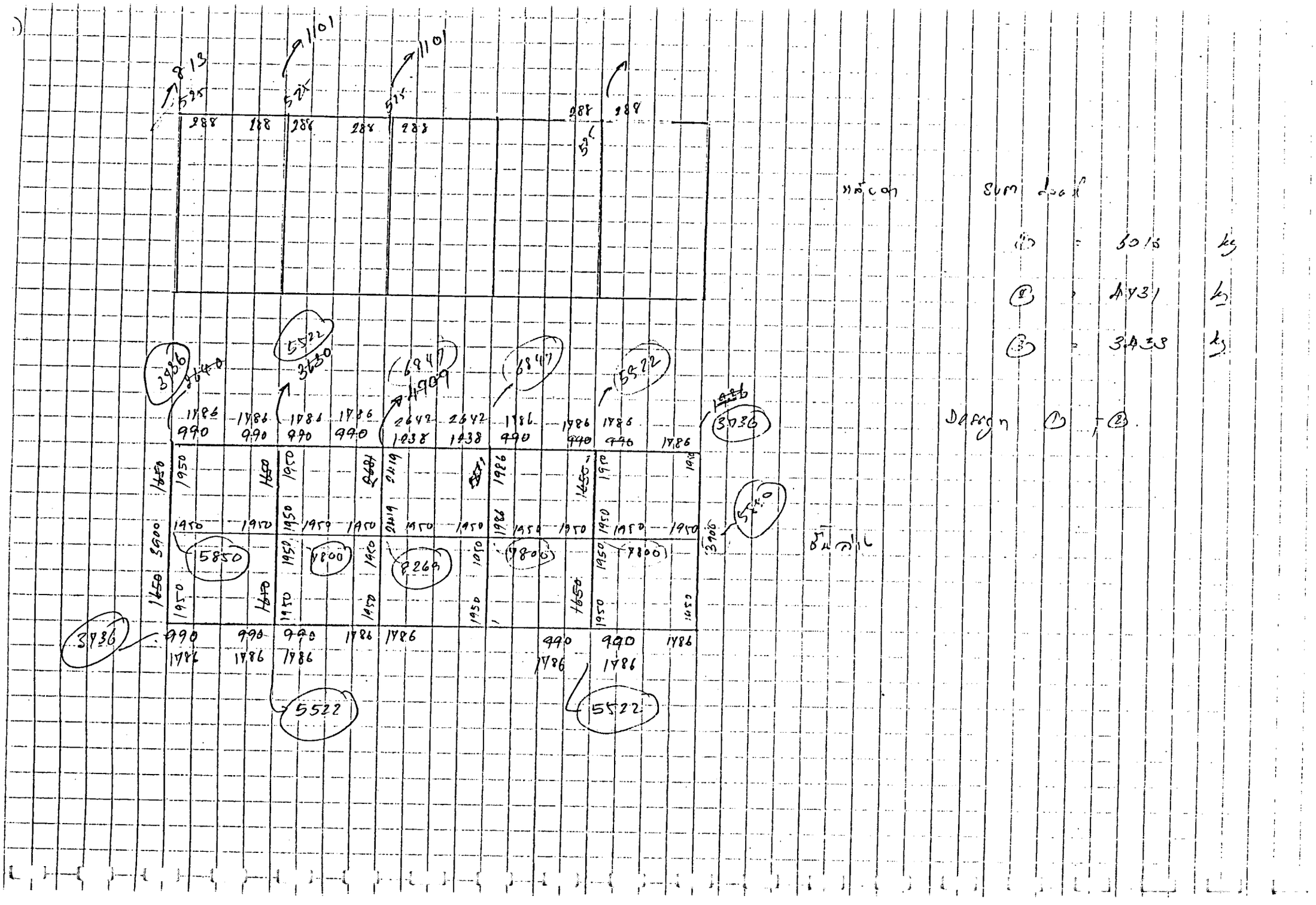
= 17.0 ton.

P_s = 0.25 × 1200 × 4 × 1.13

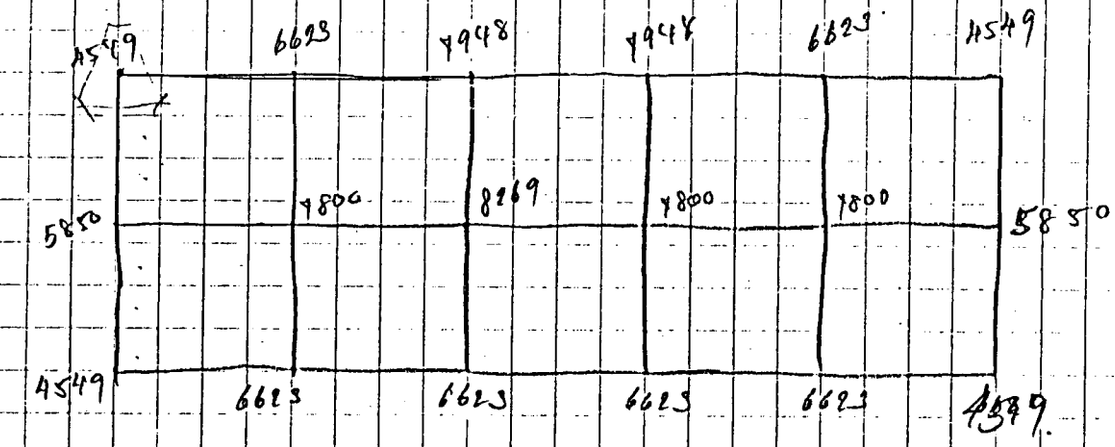
= 4.6 ton

P = 17.0 + 4.6 ton

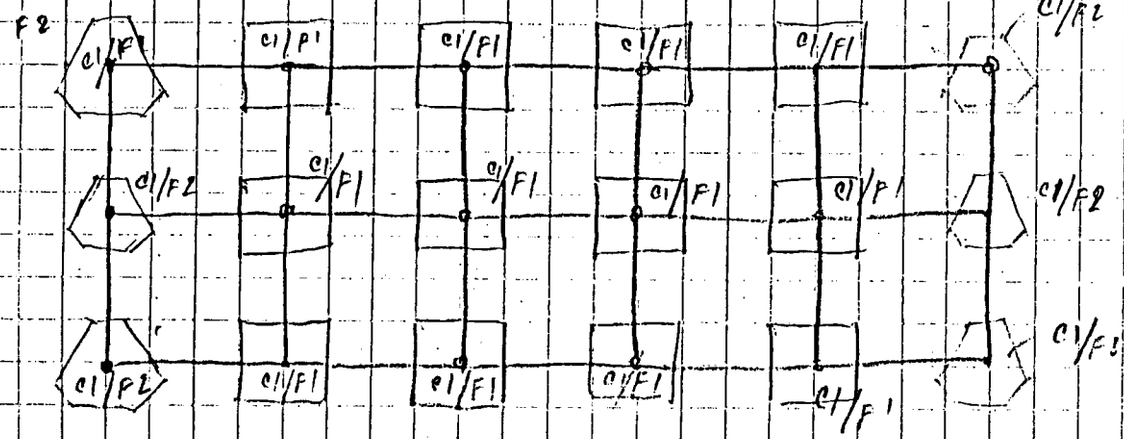
= 30.6 ton ok


Sum Loads
Design
kg
kg
kg

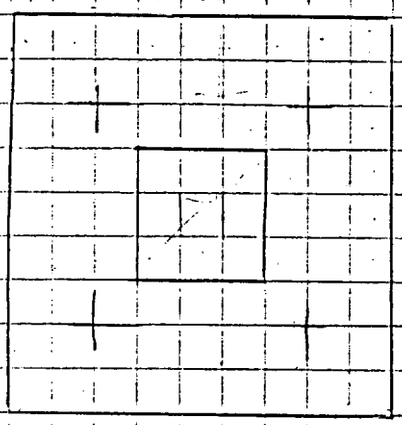
(10)



E Load on Footing



F-1 יסודות מבודדים ש. safe load 1.8 kg/cm²



1.8×4 = 7.2 ton.

עומק 0.30

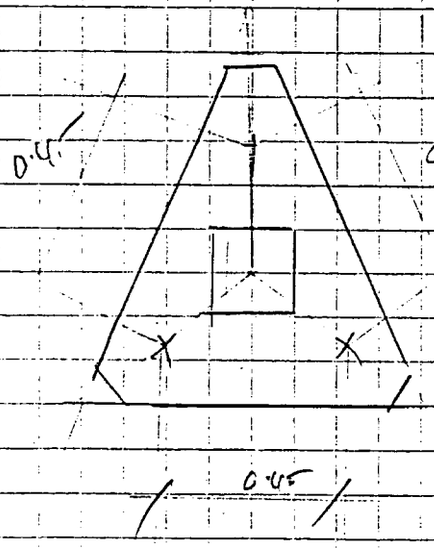
M = 1.8×2×0.125

= 450 kg-m

A_s = 1.9 cm²

5 - RB-9. @ 0.20. #

F-2



18 ר 3 ע"מ

1.8×3 = 5.4 ton/מ"ר

Criterior Design

f'_c = 200 kg/cm² (กำหนดให้)

f_c = 80 kg/cm²

f_s = 1400 kg/cm² (SD-30)

Check for shear

v = $0.29\sqrt{f'_c}$ = 4.1 kg/cm²

= $0.53\sqrt{f'_c}$ = 7.50 kg/cm²

= $0.32\sqrt{f'_c}$ = 4.5 kg/cm²

= $1.32\sqrt{f'_c}$ = 18.7 kg/cm²

n = 9

k = 0.339

j = 0.887

R = 12.03 kg/cm²

Note ใช้ค่าต่ำสุดจากการคำนวณ

B-1 CASE ①

Assumption 0.2×0.4

M_c = 3400 kg-m

d = 36 cm.

W_{SE-1} = 2450 kg/m

W_{DL} = 192 kg/m

W_{wall} = 3.6×180 = 648

} 1740 kg/m

$M = \frac{1}{8} w l^2$

$= \frac{1}{8} \times 1740 \times 9.5^2$

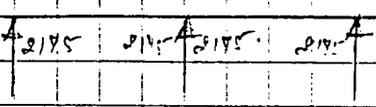
$= 1360$ kg-m

$A_s = \frac{1360 \times 100}{1400 \times 0.827 \times 36}$

$= 3.04$ cm²

Use. → 2-DB 16

Stirrup RB 6 @ 0.20



B-1 CASE 2

W_{I-S1} = 531 kg/m

W_{DL} = 192 "

W_{wall} = 648 "

} 1371 kg/m

$M = \frac{1}{8} w l^2$

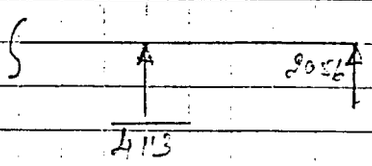
$= \frac{1}{8} \times 1371 \times 9.5^2$

$= 15212$ kg-m

A_s = 3.25 cm²

Use. 2-DB 16

Stirrup RB 6 @ 0.20.



8 - 2.

$W_{s.w}$ = 231 kg/m
W_{SL} = 192
} 154 kg/m

$M = \frac{1}{8} \times 154 \times 3^2$

$= 144$ kg-m

$A_s = 3.88 - cm^2$

Use 2 - DB 16

Sengkang RB 6 @ 0.20.

1-5d ปฏิบัติการ PS-1

Criteria Design.

f_c' = 200 kg/cm² (rencana)

f_c = 80 kg/cm²

f_s = 1400 kg/cm² (SD-30)

check for shear

v = $0.20\sqrt{f_c'}$ = 4.1 kg/cm²

= $0.53\sqrt{f_c'}$ = 7.50 kg/cm²

= $0.32\sqrt{f_c'}$ = 4.5 kg/cm²

= $1.32\sqrt{f_c'}$ = 18.7 kg/cm²

n = 9

k = 0.339

j' = 0.887

R = 12.03 kg/cm²

Concept. Design. P-1 & P-2

① Lateral soil pressure.

② Lateral earth pressure & water Table

③ Inside water pressure.

④ ① − ③

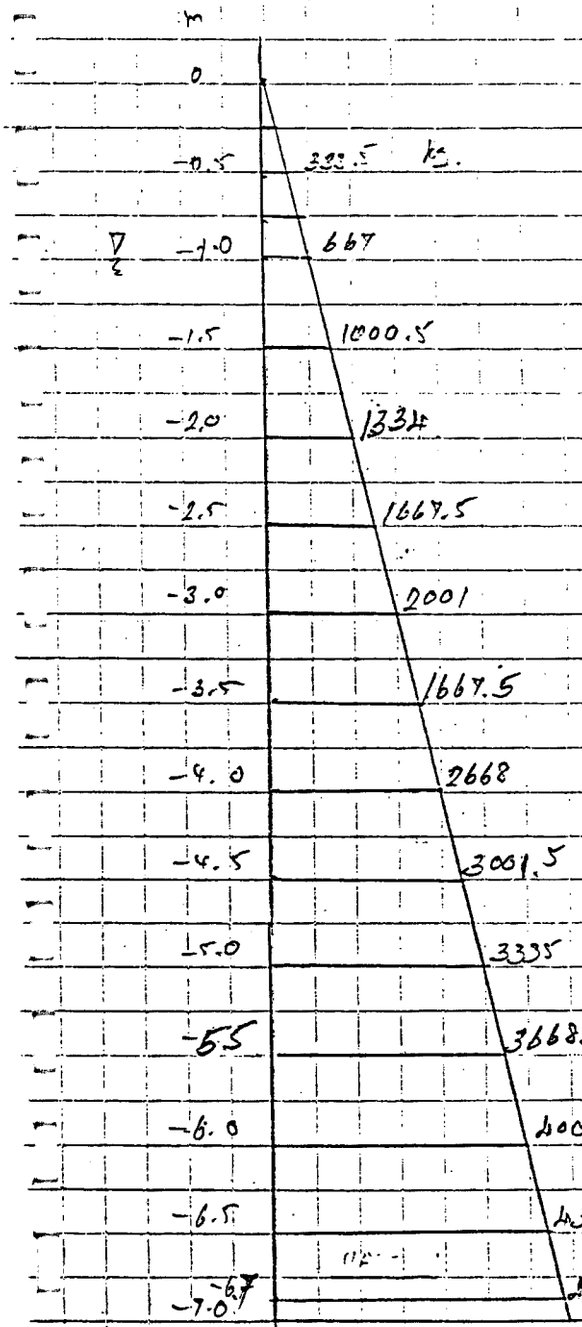
⑤ 2 − ③

Inside soil ಮತ್ತು water ಎರಡೂ ಕೂಡ maximum ಆಗಿರುವಾಗ ಈ condition occurs.

Pumping Station PS1

(1) Lateral earth pressure

CASE I sand fill. ϕ 30



$P_a = k_a \gamma h$, F.S. = 1.15

$= \tan^2(45 - \frac{\phi}{2}) \gamma' h$, γ_{sand} = 1.0

$= \tan^2(45 - \frac{30}{2}) 2000 h$

$= 667 h$ kg.

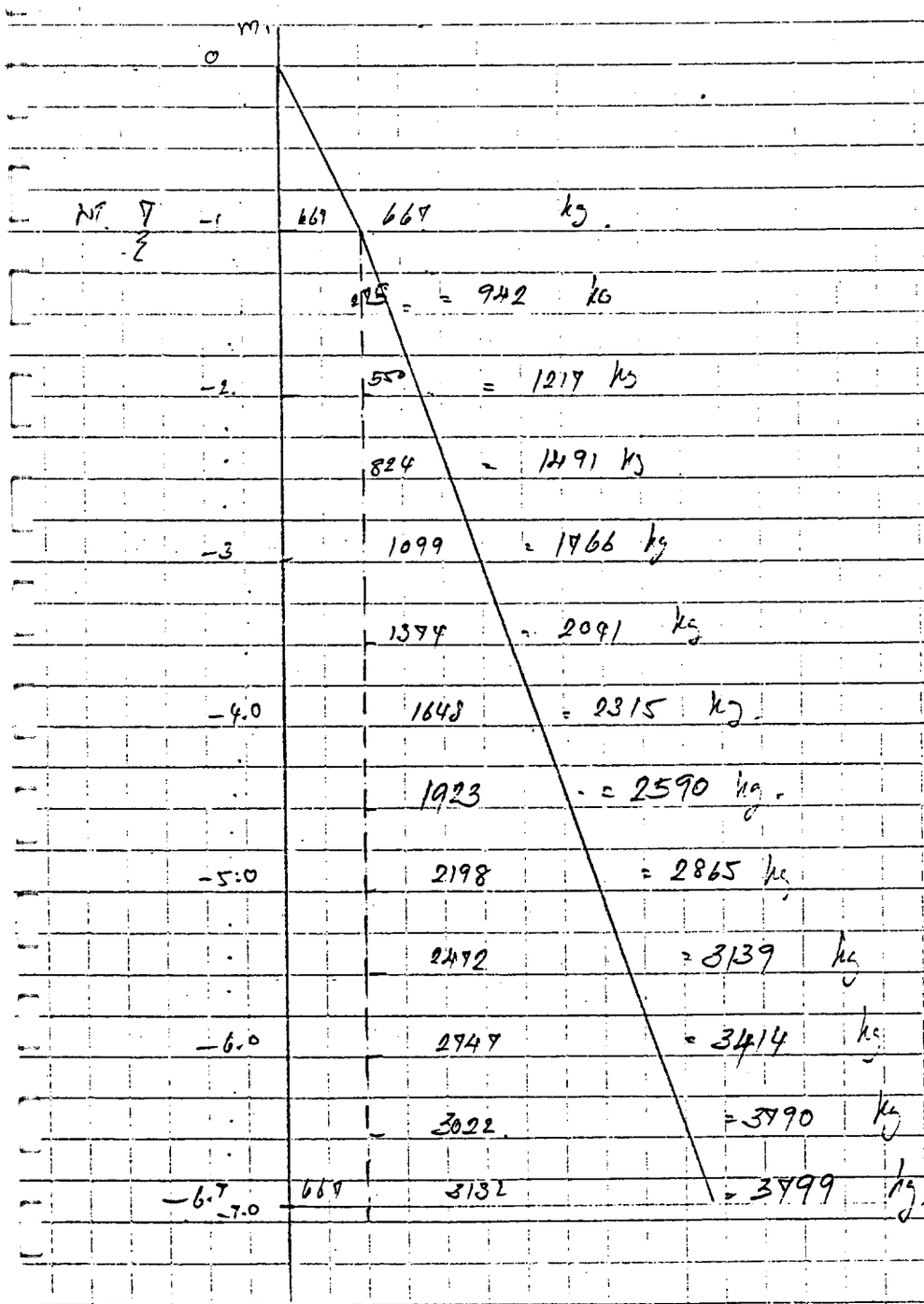
(เพิ่มน้ำหนักรถบรรทุก)

Note - ที่ความลึกมาก maximum case

Lateral earth pressure = water pressure.

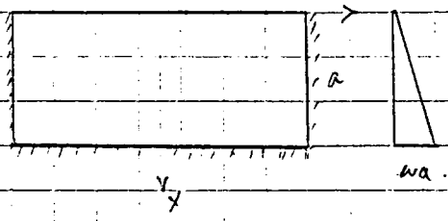
(2) מים WT. γ_{sub} = 1.65

$p = 0.333 \times 1650\ h.$



CAST I from wall b/a b/a

Inside WATER



$M_0 = C_{0.f} \cdot wa^3$. $t = 0.3$

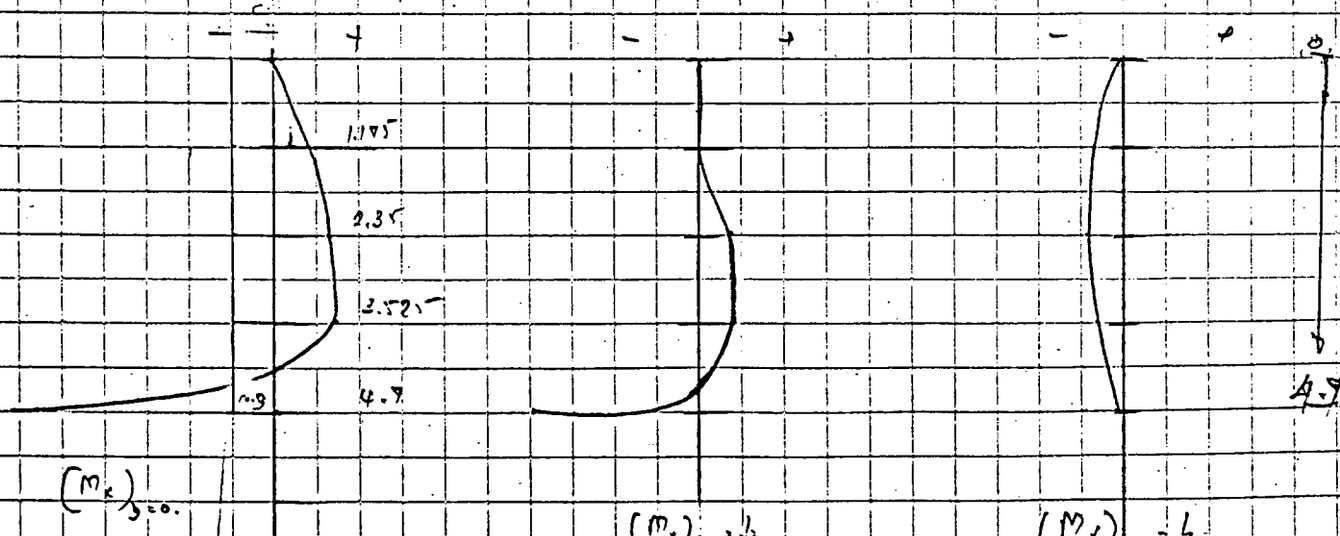
$wa =$

$b = 4.25$

$a = 4.70$

$b/a = 0.90$ Interpolate between 0.75 - 0.90.

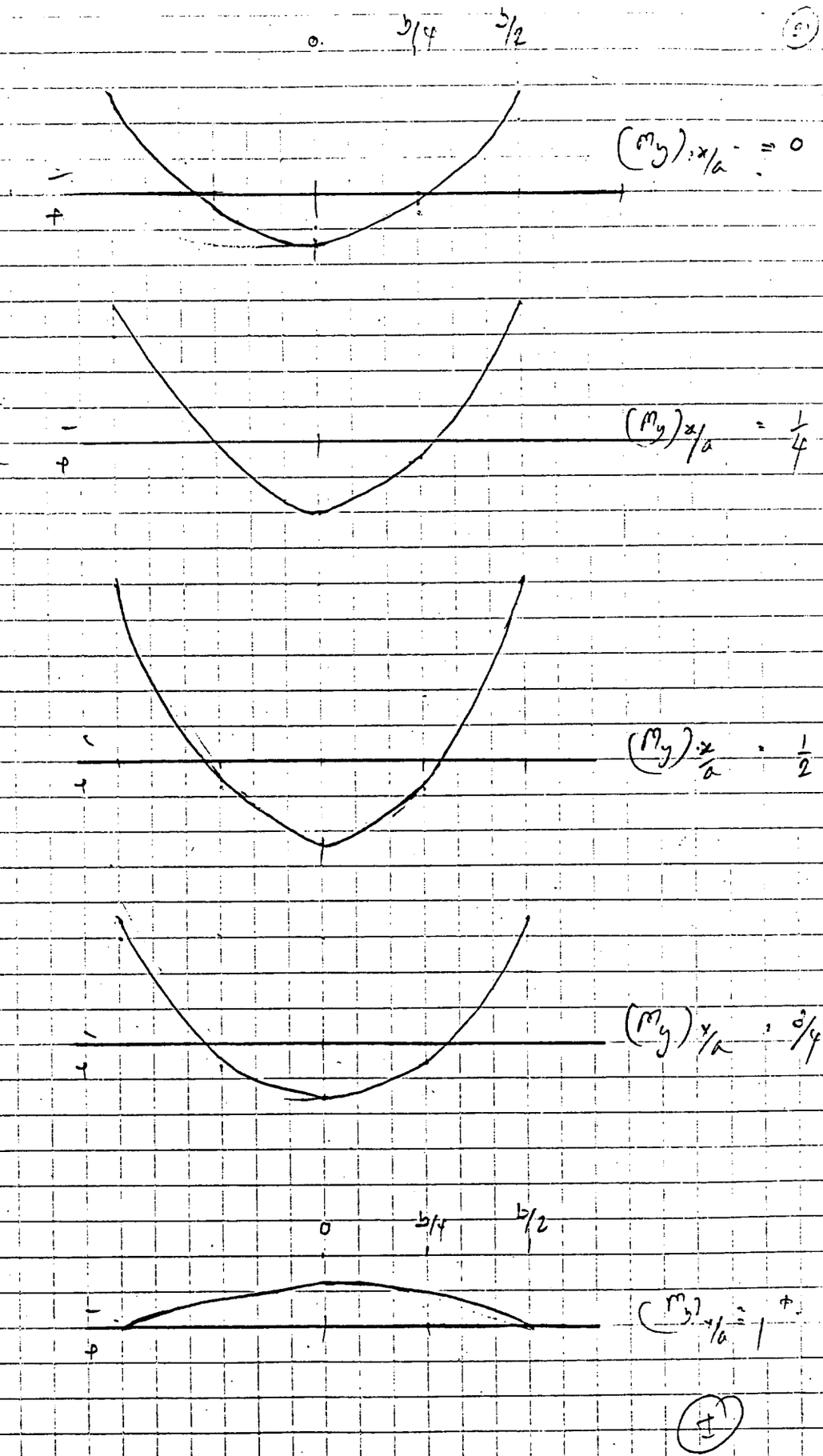
x/a		y = 0		y = b/4		y = b/2.		Unit.	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y		
0	$C_{0.f.}$	0	+0.007	-	+0.0016	-	-0.0136		
	M_0.	-	+706	-	+166	-	-1412	kg-m	
	A_s.	-	2.4		0.55	-	4.72	cm^2	0
1/4	$C_{0.f.}$	+0.0016	+0.0098	-	+0.0026	-0.0038	-0.0182		
	M_0	166	+1017	-	+270	-394	-1890		
	A_s	0.55	3.40	-	0.90	1.32	6.31		1.175
1/2	$C_{0.f.}$	+0.0074	+0.0118	+0.0032	+0.0042	-0.0098	-0.0242		
	M_0	768	+1025	+395	+436	-498	-2512		
	A_s	2.56	4.04	1.32	1.46	1.66	8.29		2.35
3/4	$C_{0.f}$	+0.0076	+0.0076	+0.0042	+0.0036	-0.0036	-0.0172		
	M_0	+789	+789	+436	+373	-374	-1786		
	A_s	2.64	2.64	1.46	1.24	1.25	6.00		3.525
1	$C_{0.f.}$	-0.0306	-0.0062	-0.0192	-0.0042	-	-		
	M_0	-3177	-644	-1993	-436	-	-		
	A_s	10.67	2.15	6.66	1.46	-	-		4.7



(M_x) Moment diagram.

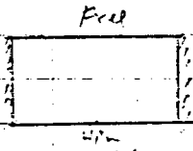
wall thickness = 0.30 ; d = 0.25

Working stress f_s ϕf_s = 0.9 · 1500 = 1250 kg/cm²



Moment diagram

Shear - b/a : 0.9



mid-point of bottom edge. $= +0.2217\ wa^2$
$= +1897$ kg

Corner at bottom edge $= -0.4074\ wa^2$
$= -8934$ kg

Top of fixed side edge $= +0.0084\ wa^2$
$= 197$ kg.

Mid point of fixed side edge. $= +0.232\ wa^2$
$= 5125$ kg.

Lower third-point of side edge $= +0.284\ wa^2$
$= 6274$ kg.

Lower quarter point of side edge $= +0.240\ wa^2$
$= 6006$ kg.

Total at bottom edge $= +0.6264\ wa^2b$
$= 8096$ kg $\quad \frac{5.03 \times 20}{6 \times 100} = \frac{8096}{6 \times 100} = 14$ cm/m

Total at one fixed side edge $= 0.207\ wa^2b$
$= 19431$ kg $\quad \frac{19431}{6 \times 100} = 33$ cm/m.

Total at all joint edge $= 0.5\ wa^2b$
$= 41941$ kg.

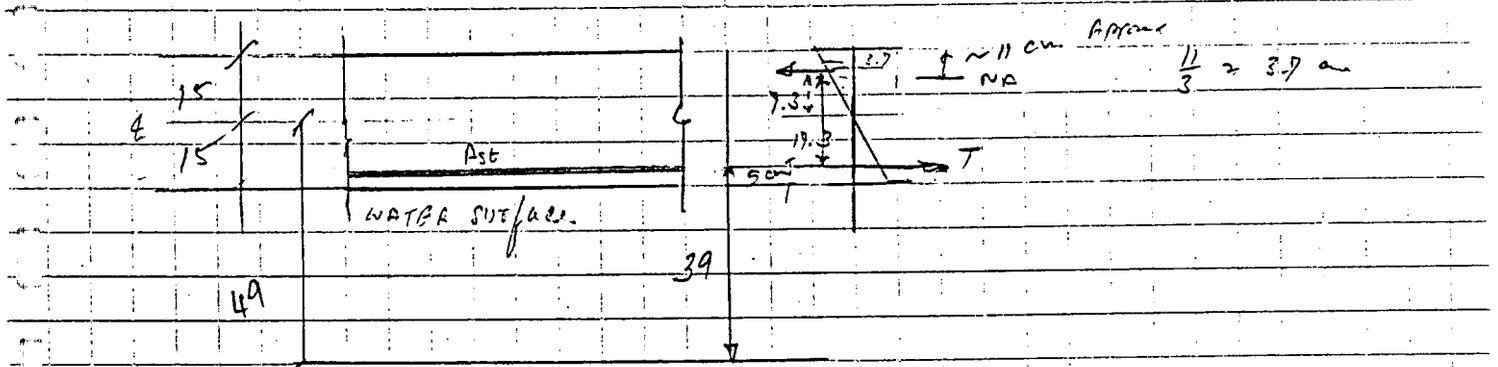
Design for Horizontal steel for eccentric load.

Maximum Moment (Eig.)

M_y = 2512 kg-m

Shear = 5125 kg.

e of tensile force = $\frac{2512}{5125}$ = 0.49 m



$5125 (39 + 19.3) = A_{st} \times 1350 \times 19.3$

$285279.5 = A_{st}\ 23355$

$A_{st} = 12.4\ cm^2$

DB 16 @ 0.15 ~ 12.06 cm^2 (13.5) ok

Maximum moment middle point

$e = \frac{1225}{6406} = 19$

$6406 (9 + 19.3) = A_{st} \times 1350 \times 19.2$

$A_{st} = 7.21$

DB 16 @ 0.30 ~ 6.03 cm^2 (6.7)

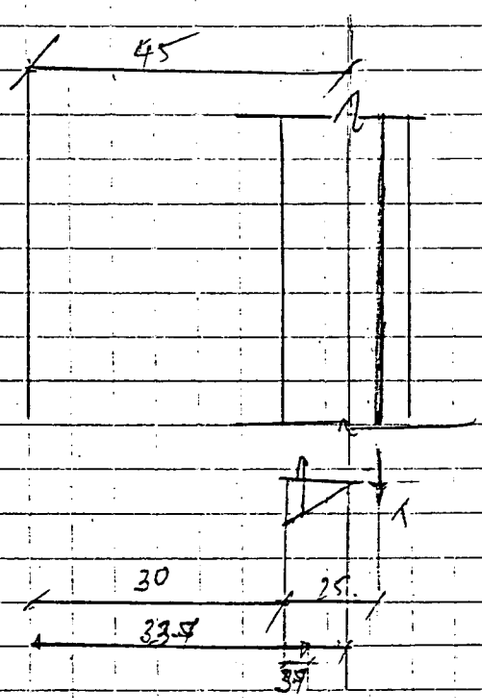
DB 16 @ 0.25 = 8.04 cm^2

Vertical Moment check for eccentric load

DL = $\frac{4.7 \times 0.3 \times 2400}{2}$ (mid point)

= 1692 kg/m.

$\frac{m}{P}$ = e = $\frac{768}{1692}$ = 0.45



1692 × 33.7 = A_s × 1350 × (25 − 3.7)

A_s = 2.0 cm^2

Minimum = 0.002 × 100 × 30

= 6 cm^2

DB 16 @ 0.30.

ใช้ case ที่มี maximum case ของ wall H.

CASE II, III from Lateral earth pressure. ∴ ගැබෙ Table.

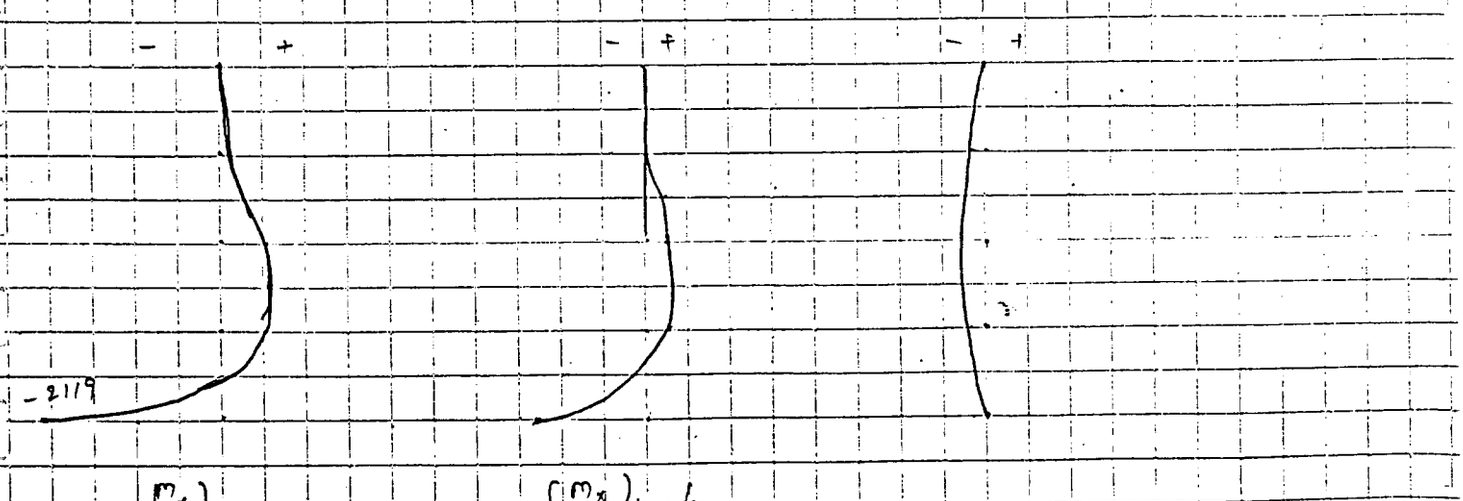
අපගණනය කරපු test moment වලට වඩා වැඩි නිසා ∴ design කිරීමට

(water pressure සැලකිල්ලට ගනිමින්)

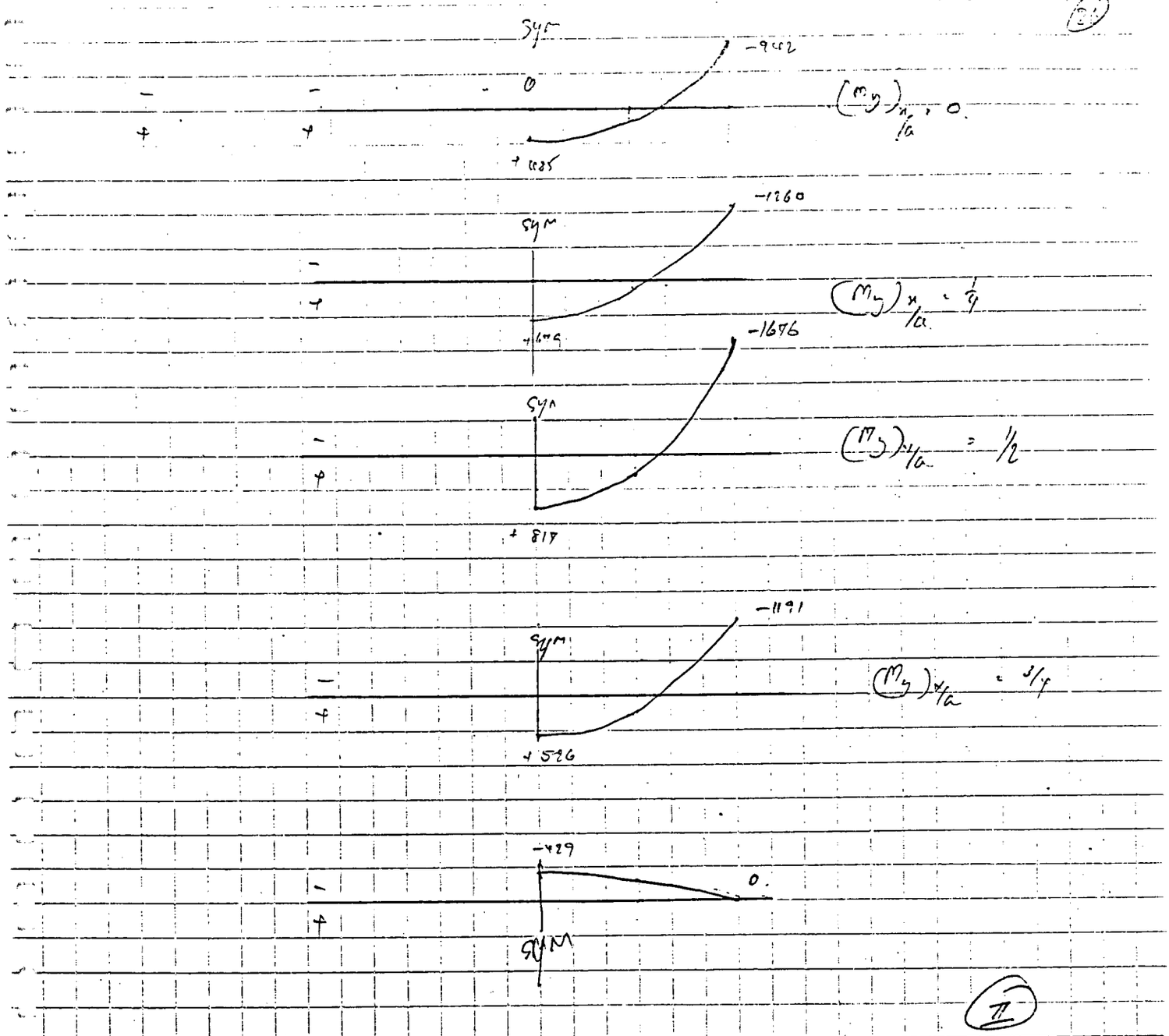
Check.

CASE II සඳහා Lateral earth pressure.

x/a		y = 0		y = b/4		y = b/2	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
0	Coef	0	+0.007	-	+0.0016	-	-0.0186
	M_0	-	+485	-	+111	-	-942
	A_s	-	1.6	-	0.4	-	3.1
1/4		+0.0016	+0.0098	-	+0.0026	-0.0038	-0.0182
		+111.0	+679	-	+180	-263	-1060
		0.4	2.2	-	0.6	0.9	4.2
1/2		+0.0074	0.0118	+0.0038	+0.0042	-0.0048	-0.0202
		+512	+817	+264	+291	-333	-1676
		1.7	2.7	0.9	1.0	1.1	5.6
3/4		+0.0076	+0.0076	+0.0042	+0.0036	-0.0036	-0.0182
		+526	+526	+291	+249	-249	-1191
		1.7	1.7	1.0	0.8	0.8	3.9
1		-0.0306	-0.0062	-0.0192	-0.0042	-	-
		-2119	-429	-1330	-291	-	-
		7.0	1.40	4.4	1.0	-	-



$(M_x)_{y=0}$ $(M_x)_{y=b/2}$

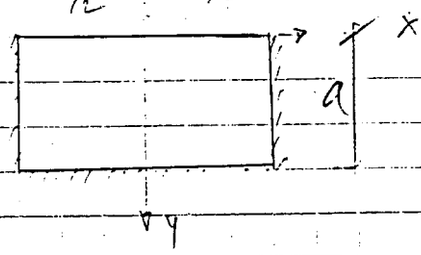

SyM
-9402
0
$(M_y)_{x/a} = 0$
+1085
-1260
SyM
$(M_y)_{x/a} = 1/4$
+1049
-1676
SyM
$(M_y)_{x/a} = 1/2$
+818
-1191
SyM
$(M_y)_{x/a} = 3/4$
+526
-429
0
SyM

II

CASE 2 Interior panel (w-2)

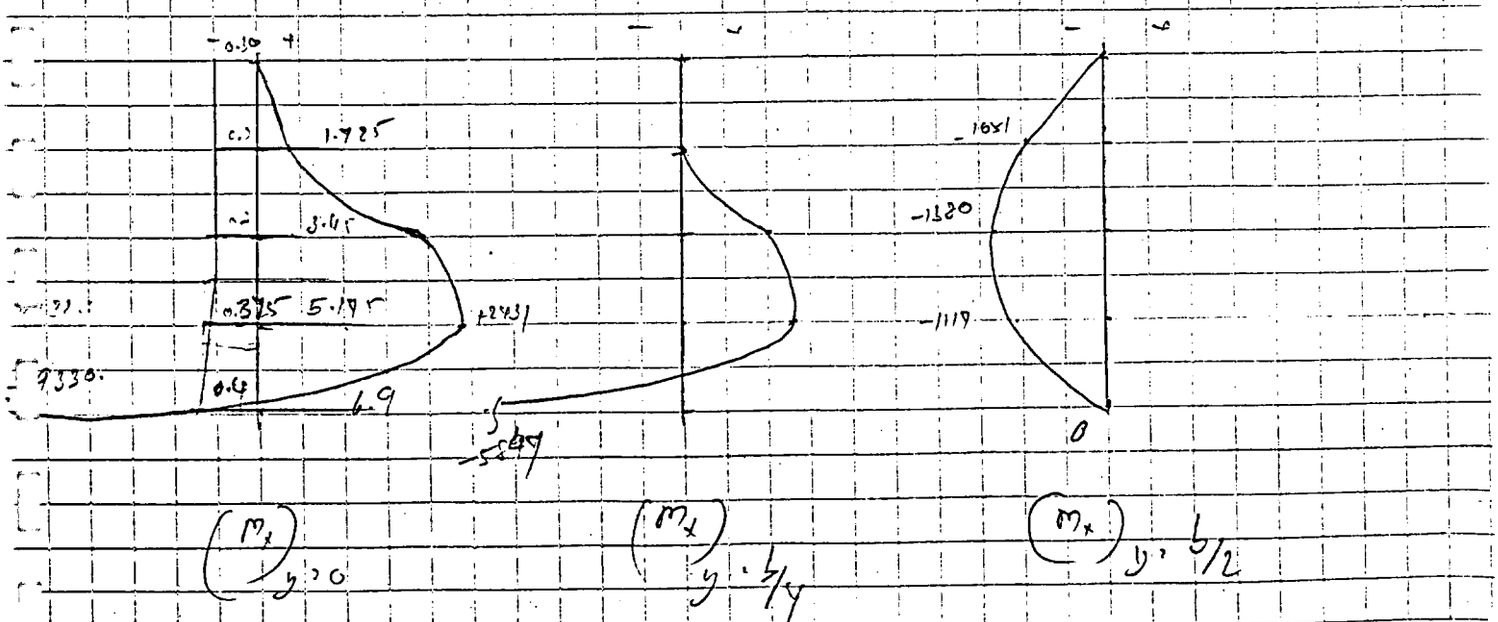
w-2

a = 6.9
b = 8.1
b/a = 0.85



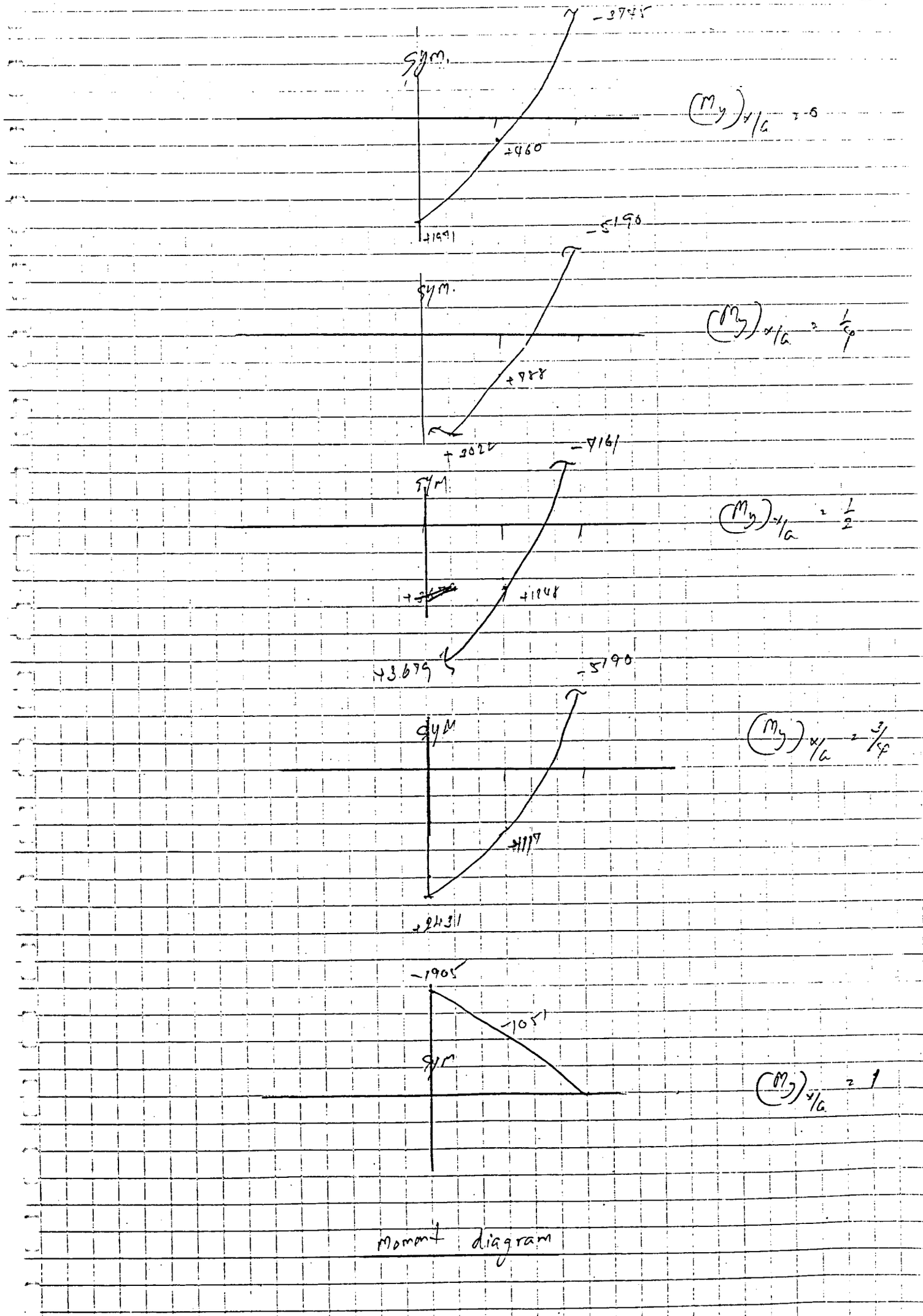
x/a		y = 0		y = 3/4		y = b/2	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
0	Coef.	-	+0.006	-	+0.0014	-	-0.0114
	M_1	-	+1991	-	+460	-	-3785
	A_s	-	6.5	-	1.5	-	12.5
1/4	Coef.	+0.0014	+0.0092	-	+0.0024	-0.0032	-0.0158
	M_1	+460	+3051	-	+788	-1051	-5190
	A_s	1.5	10.1	-	2.6	3.5	17.3
1/2	Coef.	+0.0066	+0.0112	+0.0032	+0.0038	-0.0042	-0.0218
	M_1	+1991	+3679	+1051	+1248	-1380	-7161
	A_s	6.6	12.3	3.5	4.2	4.6	23.9
3/4	Coef.	+0.0094	+0.0094	+0.0038	+0.0034	-0.0034	-0.0158
	M_1	+2831	+2831	+1248	+1117	-1117	-5190
	A_s	6.2	6.2	3.2	2.9	2.9	13.3
1	Coef.	-0.0084	-0.0058	-0.0178	-0.0032	-	-
	M_1	-2820	-1905	-5847	-1051	-	-
	A_s	22.86	4.5	14.0	2.5	-	-

DB 20 @ 0.12 c/c



$(M_x)_{y=0}$ $(M_x)_{y=3/4}$ $(M_x)_{y=b/2}$

Moment diagram


sym.
$(M_y)_{x/a} = 0$
+460
-3745
sym.
$(M_y)_{x/a} = \frac{1}{4}p$
+828
-5190
sym.
$(M_y)_{x/a} = \frac{1}{2}$
+1848
-7161
sym.
$(M_y)_{x/a} = \frac{3}{4}p$
-5190
sym.
$(M_y)_{x/a} = 1$
-1905
-1051
Moment diagram

Shear.

$b/a = 0.85$

Midpoint of bottom edge = $+0.2117\ wa^2$
= 10079 kg

Corner of bottom edge = $-0.3850\ wa^2$
= −18349 kg

Top of fixed side edge = $+0.007\ wa^2$
= +333 kg

Midpoint of fixed side edge = $+0.219\ wa^2$
+10426 kg

Lower third-point of side edge = $+0.2699\ wa^2$
= +12850 kg

Lower quarter point of side edge = $+0.2781\ wa^2$
= +13240 kg

Total at bottom edge = $+0.0816\ wa^2$
+3885 kg

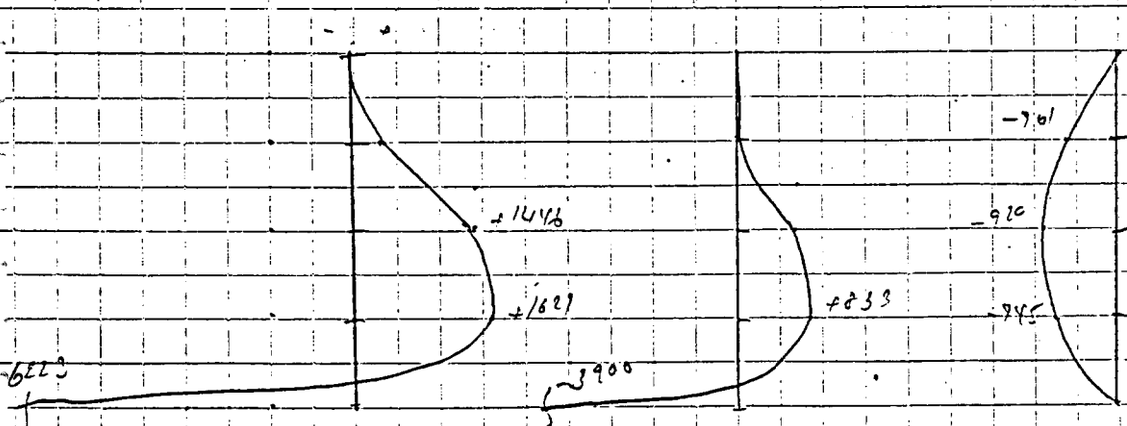
Total at one fixed side edge = $+0.2092\ wa^2$
= +9960 kg

Total at all four sides = $0.5\ wa^2$
= 23805 kg

CASE 1 Lateral earth pressure + wt.

x/a		y = 0		y = b/4		y = b/2	
		m_x	m_y	m_x	m_y	m_x	m_y
0	Coef.	-	+0.006	-	+0.0014	-	-0.0114
	M_0	-	+1315	-	+307	-	-2495
	A_s	-	4.4	-	1.0	-	8.3
1/4	Coef.	+0.0014	+0.0092	-	+0.0024	-0.0032	-0.0158
	M_0	+307	+2016	-	+526	-701	-3462
	A_s	1.0	6.7	-	1.9	2.3	11.5
1/2	Coef.	+0.0066	+0.0112	+0.0032	+0.0038	-0.0042	-0.0218
	M_0	+1446	+2454	+701	+833	-920	-4777
	A_s	4.8	8.1	2.3	2.8	3.0	15.8
3/4	Coef.	+0.0074	+0.0074	+0.0038	+0.0034	-0.0034	-0.0158
	M_0	+1621	+1621	+833	+745	-745	-3462
	A_s	4.1	4.1	2.1	1.9	1.9	8.8
1	Coef.	-0.0224	-0.0058	-0.0178	-0.0032	-	-
	M_0	-6223	-1271	-3900	-701	-	-
	A_s	14.0	3.0	9.2	1.6	-	-

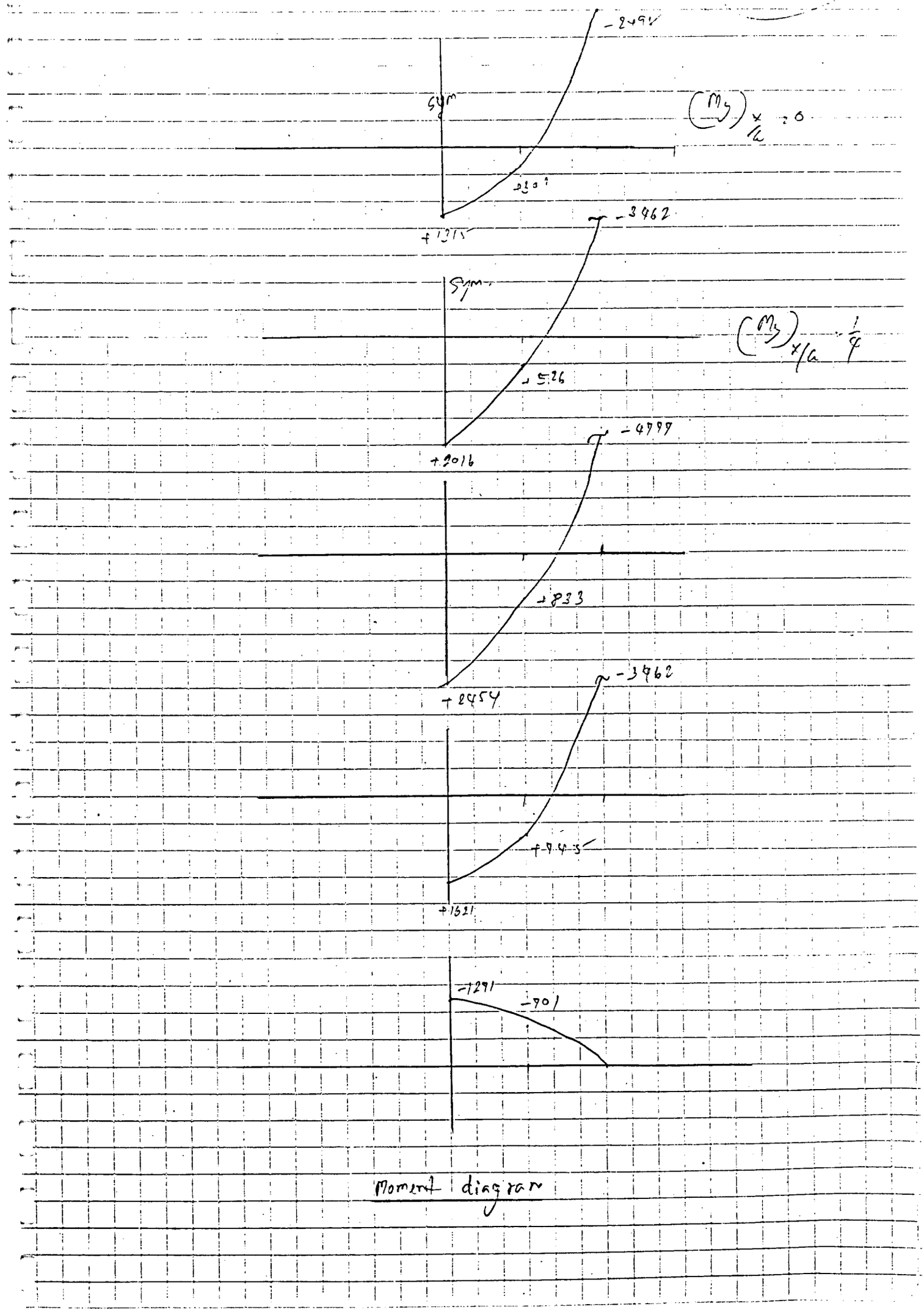
DB 16 @ 0.125 = 16.2 cm²



$(m_x)_{y=0}$ $(m_x)_{y=b/4}$ $(m_x)_{y=b/2}$

moment diagram

II W-2



Moment diagram

Design for slab on Ground d = 0.25 m t = 0.40

DL = 840 kg/m²
Water = 6000 kg/m²

m = 1/8 wl²

= 1/8 × 7700

= 962 kg-m

A = 2.7 cm²/m

Temperature Stic = 8.75 cm² DB 12 @ 0.20 m Con!
DB 16 @ 0.25 m

uplift pressure.

uplift pressure. (ระดับ)

@. 2.7+1.8+2.5+0.4 = 7.10 T/m²

พื้นที่ของอาคาร = 0.96 T/m²

uplift pressure ที่ต้องรับ

= 6.5 T/m²

m = 1/8 wl²

= 1/8 × 6500 × 3²

= 7312.5 kg-m

A = 17.21 cm²

DB 20 @ 0.15

น้ำหนักคอนกรีต

① $6.5 \times 3 \times 7.5 = 146$ ตัน

② $4.0 \times 1.80 \times 3.0 = 22$ ตัน

③ $1.0 \times 2.5 \times 7.5 = 20$ ตัน

188 ตัน

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
Vol. =	1.00	+ 1.00	+ 18.0 × 2	+ 14.5	0.23	5.07	7.14	11.9	2.32

SUM = 83.3 m^3

$W_f = 83.3 \times 1900 = 200$ ตัน > 180 ตัน

$F.S. = \frac{200}{180} = 1.11$

(เพิ่มน้ำหนักคอนกรีต เพื่อ Balance uplift).

Check for Load Service

ಈ Bearing Capacity ಇರುವ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಕೆಳಗಿನಿಂದ 6.9 ಮೀ ಆಳದಲ್ಲಿ ಗಟ್ಟಿ 3.80

$B = 3.80$ m.

$$q_u = cN_c + \gamma D N_q + \frac{1}{2}\gamma B N_\gamma$$

$\phi = 0.$

$N_c = 5.14$

$N_q = 1$

$N_\gamma = 0.$

$$q_u = 5.14 S_u + \gamma D$$

$$= 5.14 S_u + 2.0 \times 6.9$$

S_u ಕೊಟ್ಟಿಲ್ಲ - Undrain shear strength ಇರುವ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಅಲ್ಲಿರುವ ಮಣ್ಣಿನ ಪ್ರಕಾರ

ಇಲ್ಲಿ ಮಣ್ಣಿನ ಪ್ರಕಾರ ಮಧ್ಯಮ ಗಟ್ಟಿ ಜೇಡಿ ಮಣ್ಣು ಇದೆ (ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಮಾಹಿತಿಯಲ್ಲಿ)

- ಕೊಟ್ಟಿರುವ ಜಾಗದಲ್ಲಿ ಜೇಡಿ ಮಣ್ಣಿನ ಪದರ ಎಷ್ಟು ದಪ್ಪ ಇದೆ ಎಂಬುದರ ಮಾಹಿತಿ ಕೊಟ್ಟಿಲ್ಲ.

6.9 ಮೀ ಆಳದಿಂದ ಕಲ್ಲು ಪದರ 6.9 + 22 = 14.5 m.

Note : S_u ಮೌಲ್ಯವನ್ನು ಪ್ರಯೋಗಾಲಯದಲ್ಲಿ ಪರೀಕ್ಷಿಸಿ ಪಡೆಯಬೇಕು

ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಜೇಡಿ ಮಣ್ಣಿನ S_u ಅನ್ನು ಕನಿಷ್ಠ 5-5 ಮೀ. ಆಳಕ್ಕೆ Design.

ಉದಾ 1.62

$$q_u = 5.14 \times 1.62 + 2.0 \times 6.9 =$$

$$= 22.13 \text{ T/m}^2$$

$$q_{allo} = \frac{22}{2} = 11 \text{ T/m}^2$$

SF = 2.

or $\frac{22.13}{7.86} = 2.82$

SF = 2.82 ok

Case (b)

Check for Bearing capacity (From Seed Soil Data)

$q = 1.3cN_c + \gamma D_f N_q + 0.4\gamma B N_\gamma$

$= 1.3 \times 1.22 \times 5.14 + 5.8$

$= 12.16 + 5.8$

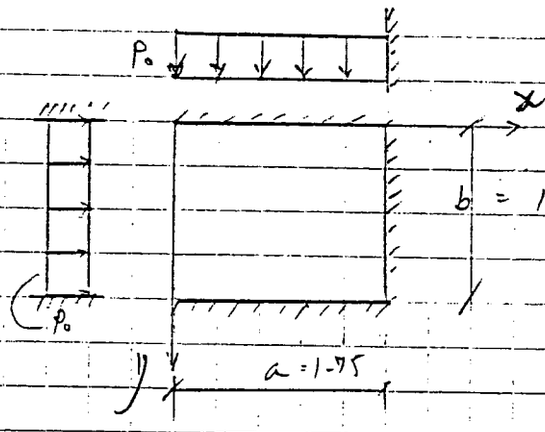
$= 17.96 \ T/m^2$

Max. Pressure $= 6.9^{T/2} + 0.96^{T/m^2}$

$= 7.86 \ T/m^2$

$S.F = \frac{17.96}{7.86} = 2.28$ ok

ห้องนอน



$\gamma = 0.15$

2400 kg/m²

$P_o = 2400 + 288 = 3188$ kg/m²

$a/b = b/a = 1.0$

CASE

① $(m_x)_{x=a,\ y=b/2} = \alpha P_o a^2 = -0.0559 \times 3188 \times 1.75^2 = -546.0$ kg-m.

② $(m_x)_{x=a/2,\ y=b/2} = c_1 P_o b^2 = +0.0084 \times 3188 \times 1.8^2 = +87.0$ kg-m

③ $(m_y)_{x=a/2,\ y=b/2} = c_2 P_o b^2 = +0.0275 \times 3188 \times 1.8^2 = +284.0$ kg-m

④ $(m_y)_{x=0,\ y=b/2} = c_3 P_o b^2 = +0.0435 \times 3188 \times 1.8^2 = +429.0$ kg-m

⑤ $(m_y)_{x=a/2,\ y=0,b} = \beta P_o b^2 = -0.0664 \times 3188 \times 1.8^2 = -687.0$ kg-m

⑥ $(m_x)_{x=0,\ y=0,b} = \gamma P_o b^2 = -0.0851 \times 3188 \times 1.8^2 = -879.0$ kg-m

from $a/b = 1$

$c_1 = +0.0084$
$c_2 = +0.0275$
$\alpha = -0.0559$
$\beta = -0.0664$
$c_3 = +0.0435$
$\gamma = -0.0851$

CASE

① $A_s = 5.6$ cm²

② $A_s = 0.9$ cm²

③ $A_s = 2.9$ cm²

④ $A_s = 4.6$ cm²

⑤ $A_s = 7.06$ cm²

⑥ $A_s = 9.05$ cm² ใช้ DB 12 @ 0.125

$t = 0.12$ m เผื่อไว้ $t = 0.15$ เมตร.

$d = 0.08$ m.

أوراق عمل PS-2

Criteria Design — Pump

Control Horiz. (2)

f_c = 300 kg/cm²

f_c = 80 kg/cm²

f_c = 2100 kg/cm²

Criteria Design

v = $0.29\sqrt{f_c}$ = 5.1 kg/cm²

= $0.53\sqrt{f_c'}$ = 7.50 kg/cm²

= $0.32\sqrt{f_c'}$ = 5.5 kg/cm²

= $1.32\sqrt{f_c'}$ = 18.7 kg/cm²

n = 9

k = 0.337

j = 0.887

R = 12.53 kg/cm²

S-1 t = 0.10

LL = 200 kg/m²
DL = 240 kg/m²
440 kg/m²

m = 0.875 4×3.5

m = 0.08 × 440 × 3.5²

= 385 kg-m

A_s = 385 × 100 / (1400 × 0.875 × 7)

= 4.22 cm² DB 12 @ 0.20

W_L = 595 kg/m
W_s = 513 kg/m

S-2

m = $\frac{1}{8} wl^2$

= $\frac{1}{8} \times 440 \times 1.5^2$

= 124 kg-m

A_s = 124 × 100 / (1400 × 0.875 × 7)

= 1.4 cm² DB 12 @ 0.20

W_L = 330 kg/m

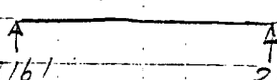
B-1

W_{SL} = 513 × 2 = 1026

W_{WALL} = 3 × 180 = 540

W_{DL} = 0.2 × 0.5 × 2400 = 240

1806 kg/m



$M = \frac{1}{8} w l^2$

$= \frac{1}{8} \times 1806 \times 3.5^2$, $= \frac{1}{8} \times 1806 \times 11^2$

= 2765 kg-m , = 3612 kg-m

$A_s = \frac{2765 \times 100}{1400 \times 0.875 \times 35}$, $= \frac{3612 \times 100}{1400 \times 0.875 \times 35}$

= 6.2 cm² , = 8.3 cm²

→ 6-D16 , → 5-D16

V - φ6 @ 0.20 , V = (3161 − 813) 1.5 = 2708

$v = \frac{3.0 \times 10^3}{}$ kg/cm²

B-2

W_{SS} = 330 × 2 = 660 kg/m

W_{WALL} = 2 × 180 = 360 kg/m

W_{DL} = 240 kg/m

1260 kg/m

$M = \frac{1}{8} \times 1260 \times 2.5^2$

= 984.4

A_s = 5.3 cm² → 2-D16

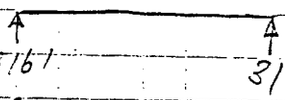
V : φ6 @ 0.20

B-1

$W_{2.SL}$ = 513 × 2 = 1026
W_{WALL} = 3 × 180 = 540
W_{DL} = 0.2 × 0.5 × 2400 = 240
} 1806 kg/m

$M = \frac{1}{8} wl^2$

3.5 m



$= \frac{1}{8} \times 1806 \times 3.5^2$, $= \frac{1}{8} \times 1806 \times 11^2$

$= 2765$ kg-m , $= 3612$ kg-m

$A_s = \frac{2765 \times 100}{1400 \times 0.9 \times 35}$, $= \frac{3612 \times 100}{1400 \times 0.9 \times 35}$

$= 6.2$ cm² , $= 8.3$ cm²

→ 6 - D 13 16. , → 5 - D 13 16.

V - φ 6 @ 0.20 , V = (3.161 − 0.13) 1.5 = 2.28 t

v = 3.0 < 6.1 kg/cm² ok

B-2

W_{2S} = 330 × 2 = 660 kg/m
W_{WALL} = 3 × 180 = 540 kg/m
W_{DL} = 2200 kg/m
} 1200 kg/m

$M = \frac{1}{8} \times 1200 \times 2.5^2$

= 937.5

A_s = 2.3 cm² → 2 - D 13 16

V : φ 6 @ 0.20

W_{FLL} = 2 × 180 = 360

W_{DS} = 2 × 330 = 660

W_{DL} = 240

1260 kg/m

1260

1575 1575

← 2.5 →

β = 3

1575

654 kg/m

1.8 m 1.7 m

1.5 1.5

W_{WALL} = 2.1 × 190 = 414

W_{DL} = 240

654 kg/m

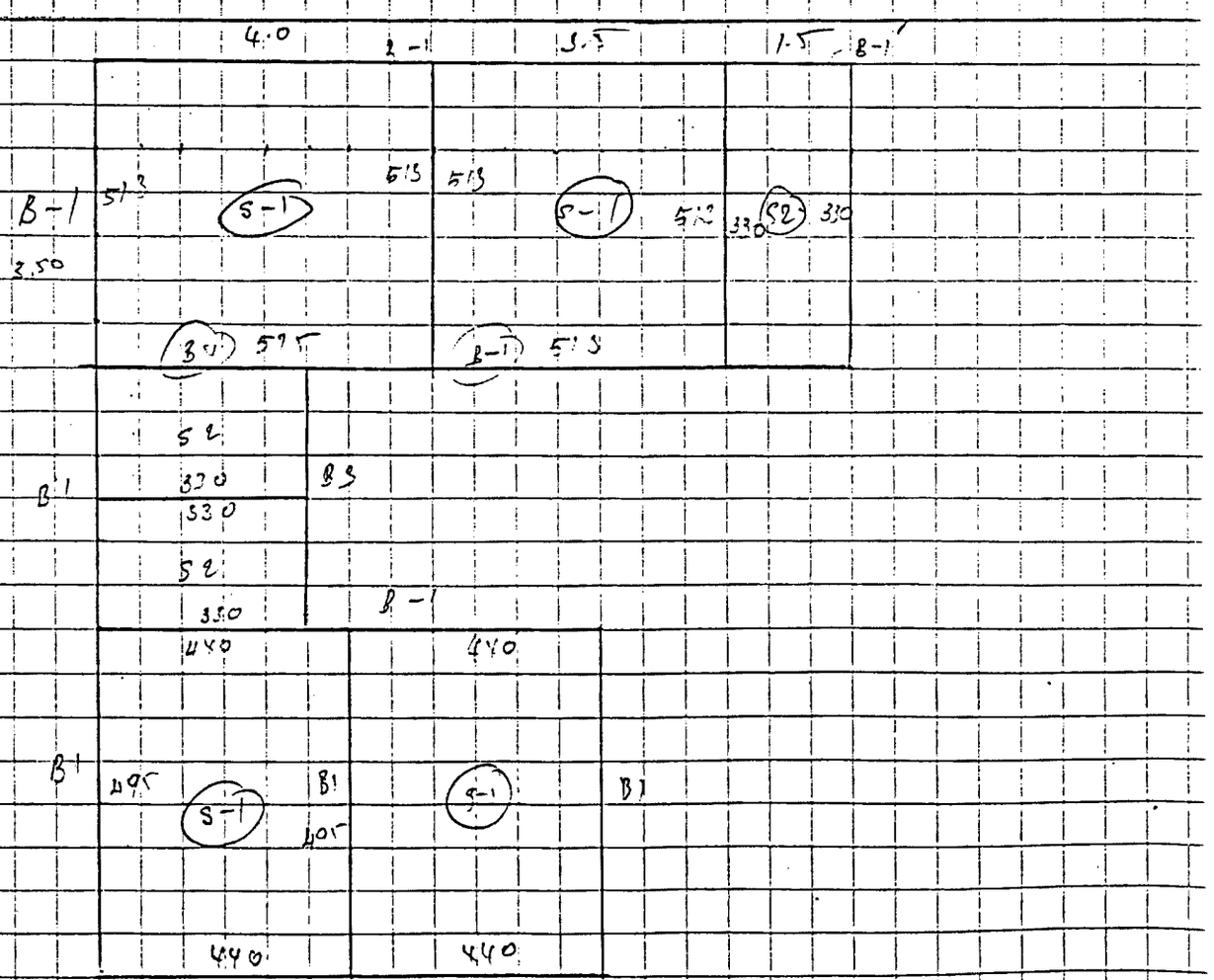
m = 1917

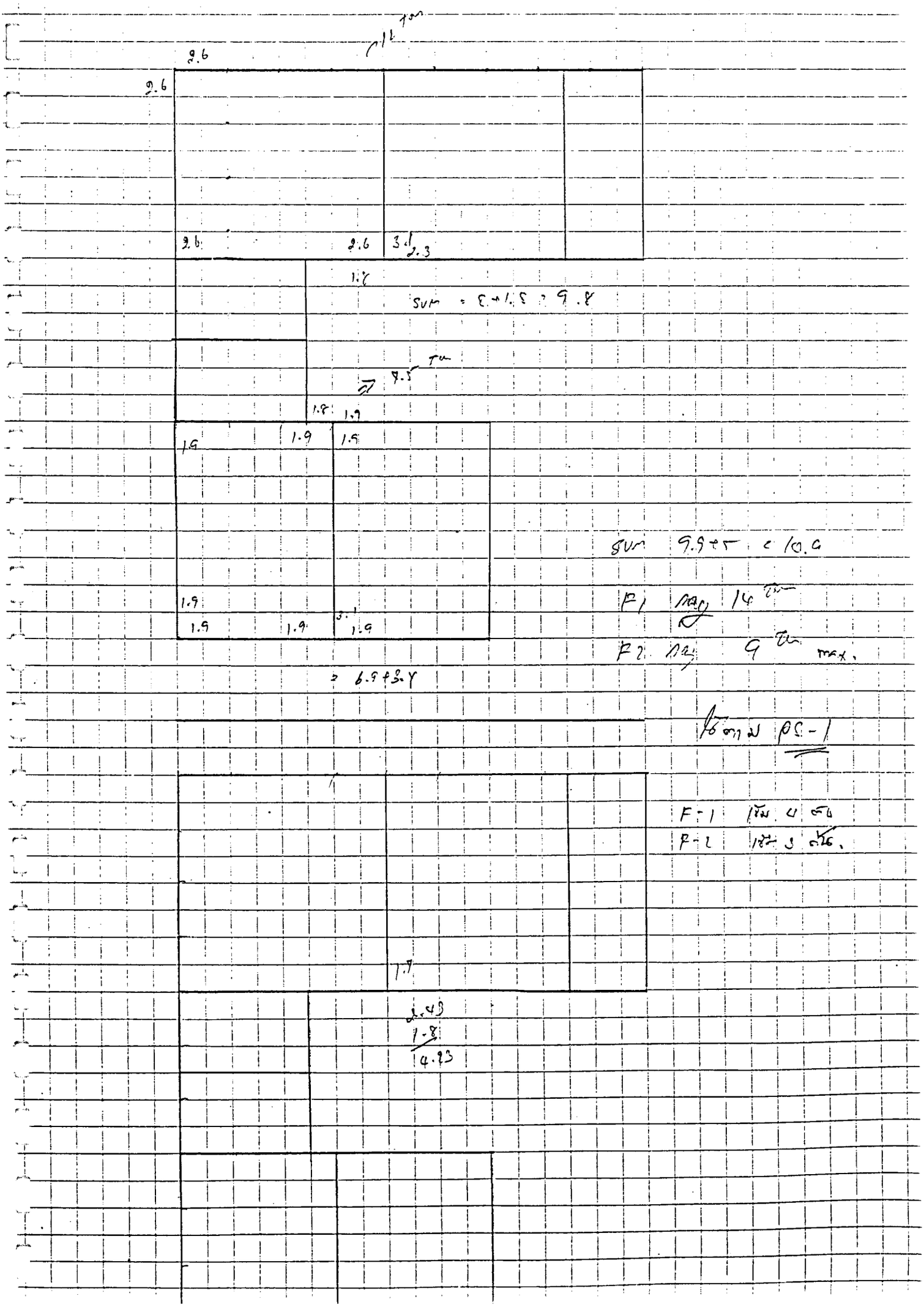
A_s = 1917 × 100 / (1400 × 0.871 × 21)

= 6.2 cm²

Use 4 - D16

@ ϕ 6 @ 0.20




2.6
2.6
2.6
2.6
3.1
2.3
1.7
1.8
1.9
1.6
1.9
1.5
1.9
1.9
1.9
3.1
1.9
1.9
1.9

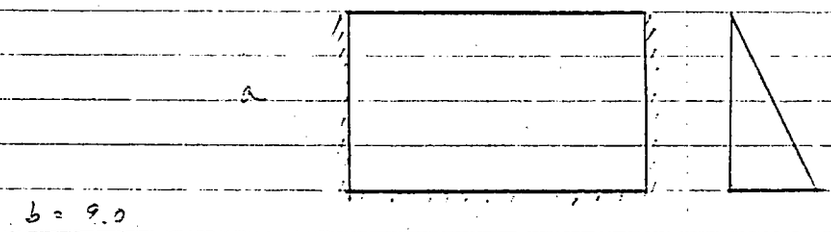
ಸಂಯುಕ್ತಾಕ್ಷರಗಳು. ಪಾಠ-2

(Continuation of ಪಾಠ-1)

Scope

CASE I

Four wall Fully fixed



$M = Coef \times wa^2$

$b/a = 9/8 = 1.125$

$b = 9.0$

$a = 8.0$

$w = 1000$

x/a		y = 0		y = b/10		y = b/2	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
0	Coef.	0	+0.012	0	+0.0025	0	−0.0235
	M_0	−	6144	−	1280	−	12032
	A_s	−	14.5	−	3.0	−	28.0
1/4	Coef.	+0.0035	+0.013	+0.001	+0.004	−0.006	−0.0285
	M_0	1792	6656	512	2048	3072	14592
	A_s	3.0	11.0	0.8	3.4	5.0	24.0
1/2	Coef.	+0.0115	+0.014	+0.0065	+0.006	−0.0065	−0.033
	M_0	5888	7168	3328	3072	3328	16896
	A_s	10.8	13.12	6.1	5.6	6.0	30.9
3/4	Coef.	+0.007	+0.0095	+0.001	+0.0045	−0.0045	−0.022
	M_0	3584	3840	2560	2304	2304	11264
	A_s	5.9	6.3	4.22	3.8	3.8	18.6
1	Coef.	−0.041	−0.008	0.0285	−0.0055	0	0
	M_0	20992	4096	13566	2816	−	−
	A_s	31.4	6.7	22.4	4.6	−	−

0 t = 0.40

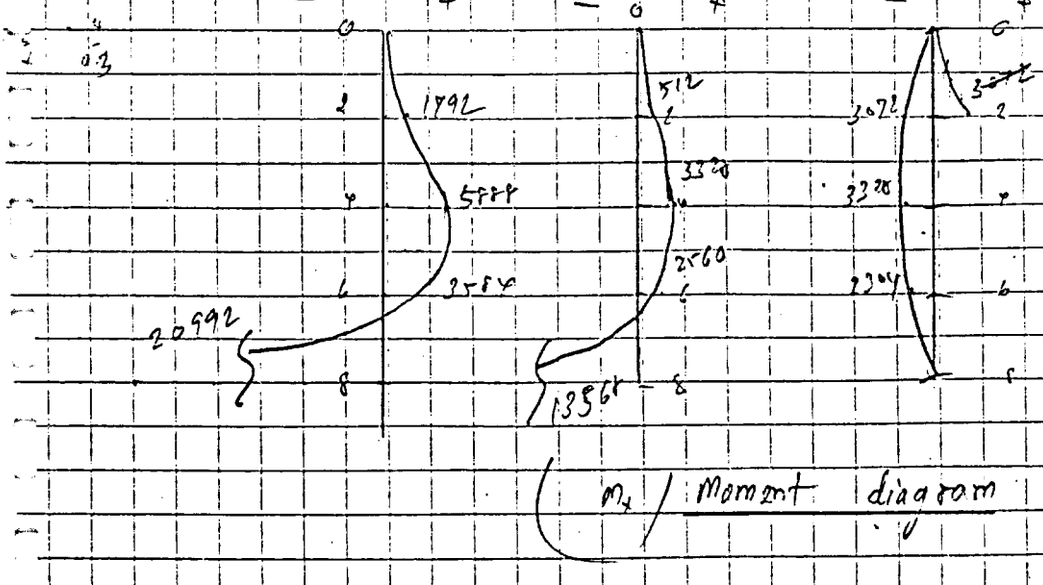
2.0 = 0.45

4.0 = 0.50

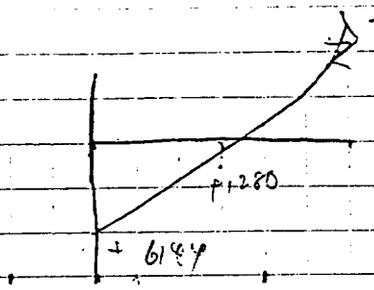
6.0 = 0.55

8.0 = 0.60

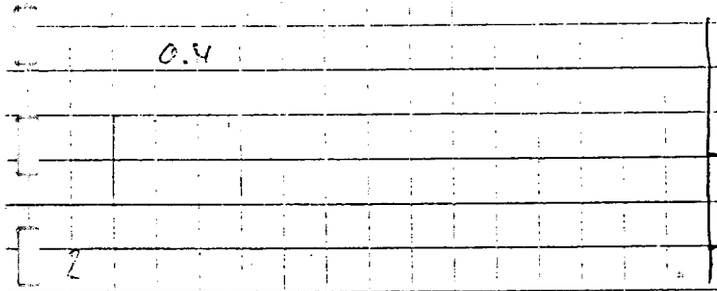
acc/c 0.05.

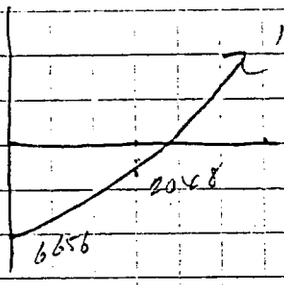


M_x / Moment diagram

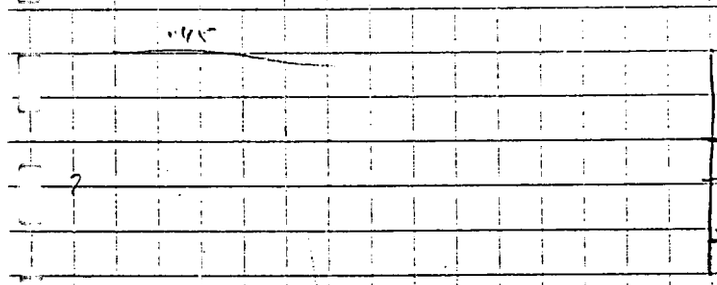


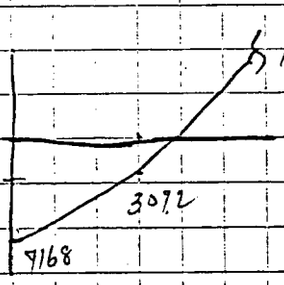
$\frac{x}{c} = 0$



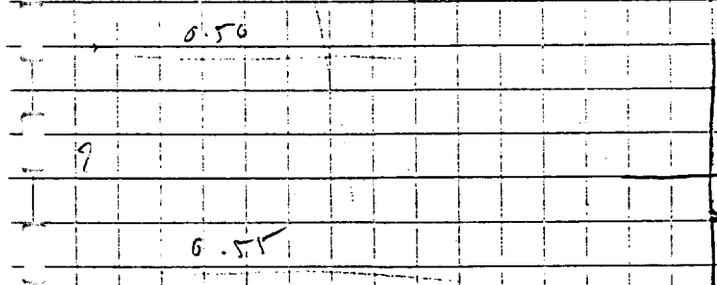


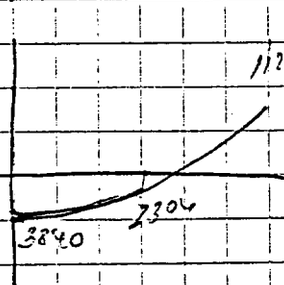
$\frac{x}{c} = \frac{1}{4}$



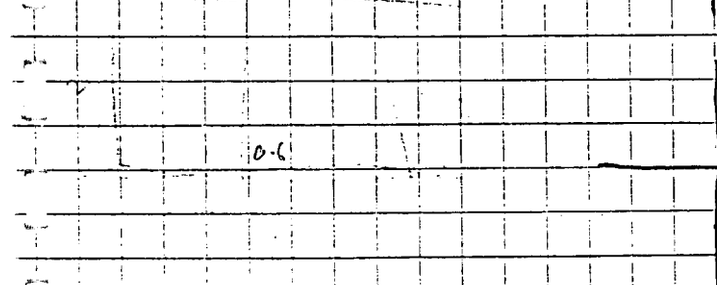


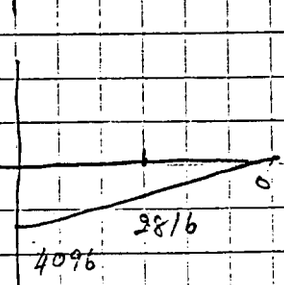
$\frac{x}{a} = \frac{1}{2}$





$\frac{x}{a} = \frac{3}{4}$





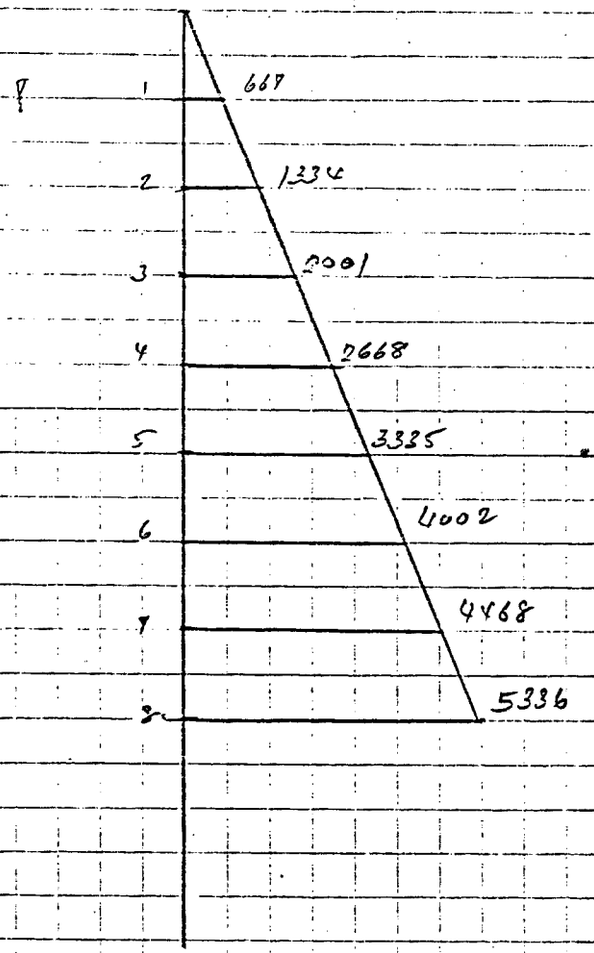
CASE 2 Lateral Earth pressure

$P_a = k_a \gamma h$.

$= \tan^2(45° - \frac{\phi}{2}) \gamma h$

$= \tan^2(45° - \frac{35}{2}) \gamma h$

$= 667 h$ kg



x/a		y = 0		y = b/4		y = b/2	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
0	Coef	-	+0.012	-	+0.0025	-	-0.0235
	M_0	-	+4098	-	854	-	8025
	A_s	-	11.75	-		-	22.0
						-	
1/4	Coef	+0.0035	+0.012	+0.001	+0.004	-0.006	-0.0285
	M_0	+1195	4420	341	1366	2049	9733
	A_s	2.7	10.1	6.7	3.1	4.6	22.12
1/2	Coef	+0.0115	+0.010	0.0065	+0.006	-0.0065	-0.033
	M_0	3927	4781	2220	2049	2220	11270
	A_s	7.6	9.3	4.3	4.0	4.3	21.8
3/4	Coef	+0.007	+0.0225	+0.005	+0.0045	-0.0045	-0.022
	M_0	2390	+2561	1707	1537	1536	7513
	A_s	4.0	4.3		2.6	2.6	12.7
1	Coef	-0.041	-0.008	-0.0265	-0.0055	-	-
	M_0	-14002	2732	-9050	1878	-	-
	A_s	20.	4.1	13.6	2.8	-	-
		21.0					

0 2 4 6 8 10 12

0 t 0.31-

0 0

2 t 0.4125

0 t 0.475

t = 0.5375

6

t - 0.6

8

Shear:

Midpoint of bottom edge. $= 0.296\,wa^2 = +11782$ lb.

Corner at bottom edge. $= -0.476\,wa^2 = -20319$ lb

Top of fixed side edge $= +0.032\,wa^2 = +1366$

Midpoint of fixed side edge $= +0.287\,wa^2 = 12251$

Lower third-point of side edge. $= +0.335\,wa^2 = 14290$

Lower quarter-point of side edge $= +0.334\,wa^2 = 14258$

Total at bottom edge. $= 0.123\,wab$

$= 47256$ $v = \frac{47256}{9.00 \times 55} =$

Total at on fixed side edge

$= 0.188\,wa^2b = 72228$

Total at all for edge $= 0.5\,wab = 192056$

Maximum M.

bottom edge. $= \frac{47256}{20 \times 8}$ lb $= \frac{295}{6.28}$ cm²/cm $\approx$ 47 cm/m

$\therefore$ use $\sim$ 50 cm/m.

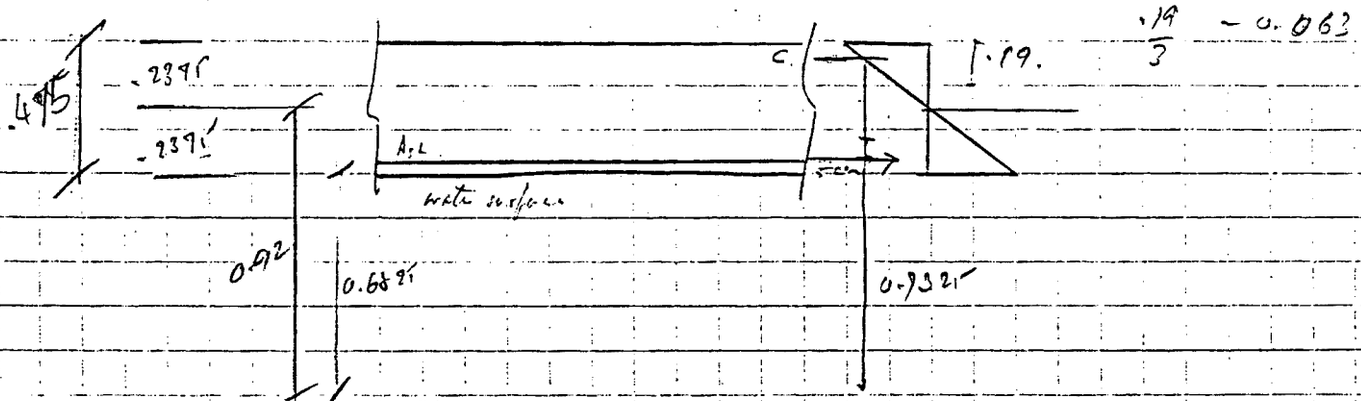
$\frac{172228}{20 \times 8 \times 6.28} = 72$ cm/m

Check for Horizontal Thrust From eccentric Load

Maximum Moment (edge)

$M_{ec} = 11270$ $\quad e = \frac{11270}{12251} = 0.92$

Shear = 12251



$12251(0.6875 + 0.2375 + 0.126) = A_{st} \times 14001(.126 + 0.2375)$

$12814 = A_{st}\ 509.$

$A_{st} = 25.2.$

Db 20 @ 0.125 = 25.12 ok

WALL on l_4

$b/2 = 0.5$

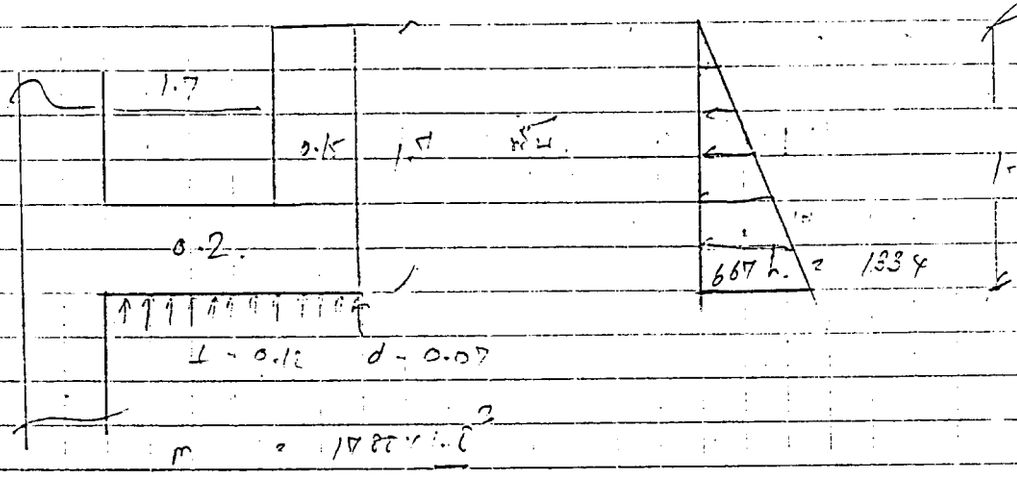
5

$L = 0.2$

x/a		y = 0		y = b/2		x = a/2	
		M_x	M_y	M_x	M_y	M_x	M_y
0	Coef.	-	+0.00[illegible]	-	+0.00[illegible]	-	-0.0[illegible]
	M_a	-	+[illegible]	-	200	-	1000
	A_s	-	[illegible].87	-	1.1	-	9.46
1/4	Coef.	+0.0016	+0.0098	-	+0.0026	-0.0038	-0.0182
	M_a	+200	+1225	-	325	475	-2275
	A_s	1.1	6.82	-	1.81		12.66
1/2	Coef.	+0.0074	+0.0118	+0.0038	+0.0042	-0.0044	-0.0242
	M_a	+925	+1475	+475	525	600	3025
	A_s	5.15	8.21	2.64	2.92		16.84
3/4	Coef.	+0.0076	+0.0076	+0.0042	+0.0036	-0.0036	-0.0214
	M_a	+950	950	+525	450	450	3375
	A_s	5.29	5.29	2.92	2.5	2.5	18.79
1	Coef.	-0.0303	-0.0054	-0.0192	-0.0462	-	-
	M_a	-3825	-675	-2400	525	-	-
	A_s	21.3	3.76	13.36	2.92	-	-

DG 20 @ 0.12

DB 16 @ 0.10



d = 0.05 T = 0.12

$M = \frac{1.7^2 \times 1334}{2}$

$= 1928$

$A_s = 5.3 \text{ cm}^2$ ⌀12 @ 0.125

WALL $M = \frac{1.7^2 \times 1334}{3} \times 1.7$

$= 642$

$A_s = 5.4 \text{ cm}^2$ ⌀12 @ 0.15

check for uplift.

$= 1000 - 250 = 1250$ kg/m

$M = \frac{1250 \times 1.5^2}{2}$

$= 1406$ kg-m (מומנט מקסימלי)

$A_s = 9.7 \text{ cm}^2$ ⌀18 @ 0.125

בדיקת גלישה סביב סלע

$M = \frac{1}{3} \times 1250 \times 1.7^2$

$= 440$

$A_s = 2.4 \text{ cm}^2$ לא קובע

1250 kg/m²

EC 2. CRANE HOIST

น้ำหนัก pump	=	2500	kg.
น้ำหนัก กลไก	=	100	kg
น้ำหนัก คน	=	20	kg
		2620	kg.

impact load 25 %

W_T = 1.25 (2620)

= 3275 kg.

น้ำหนัก ท่อ = 60 kg/m.

M = $\frac{1}{4} \times 3275 \times 2.5 + \frac{1}{8} \times 60 \times 4.5^2$

= 3684 + 152

= 3836 kg-m

F_a = 0.6 × 2400

= 1440 kg/cm²

S = $\frac{3836 \times 100}{1440}$

= 266.4 cm³

I 200 × 150 × 50.4 kg/m		I 250 × 125 × 38.3 kg/m.	
t_1	9		7.5
t_2	16		10.5
r_1	15		12
r_2	7.5		6
A	64.16		48.79
I_x	4060 cm⁴		5180
I_y	853		337
i_x	8.34		10.3
i_y	3.93		2.63
Z_x	446 cm³		414
T_1	10		53.9
r_f	0.86 b_f = 39		3.85

ตรวจสอบหน้าตัดรับแรงอัดแกนเดียว

$\frac{b_f}{2t_f} = \frac{150}{2\times 8} = 9.3$

$\frac{h}{t_w} = \frac{450}{3.9} = 115.4$

$\frac{155}{2\times 8.5} = 9.3 < 9.4$

$\frac{h}{t_w} < \frac{638}{\sqrt{F_y}}$

$F_y = 2400$

$\frac{450}{6.35} = 138.5$

$\frac{638}{\sqrt{2400}} = 13$

$138.5 < 13$

$F_a = 960$

$S = 504$

$C_b = 1.85$

$\frac{638.2\, b_f}{\sqrt{F_y}} = 195 < L_b$

$\frac{1,106000}{F_y(d/A_f)}$

$C_b < 2.32$

$\sqrt{\frac{\pi^2 \times 10^6 \times 2.32}{2400}} = 83 < L/r_y$ ⇒ > 9.3 ⇒ $F_b = 1195$

$S = \frac{38636\times 100}{1195}$

$= 3231 < 4446\ cm^3$

$\sqrt{\frac{2\pi^2\times 10^6\, C_b}{F_y}} = 186 > L/r_y$ ⇒ $137 < 138$

$F_b = \frac{1170\times 10^3 C_b}{(L/r_y)^2}$

$= 1302$

$S = \frac{38636\times 100}{1092}$

$= 3540\ cm^3$

$L/r_y = 115$

$L/r_y = 138$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{F_y(l/r)^2}{1075.6\times10^3 C_b}\right] F_y$$

$$= \left[\frac{2}{3} - \frac{2400\,(118)^2}{1075.6\times10^3\times2.33}\right] 2400$$

$$= 1190.7 \text{ kg/cm}^2$$

$$C = \frac{3236\times10^3}{1190.7} = 2718 \text{ cm}^2$$

$$F_b = \left[\frac{2}{3} - \frac{2400\times118^2}{1075.6\times10^3\times2.33}\right] 2400$$

$$= 1160 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = \frac{3236\times10^3}{1160} = 2789.7 \text{ cm}^3$$

$$V = \frac{3275\times60\times4.5}{2}$$

$$= 34410$$

$$f_v = \frac{34410}{0.9(200-2\times16)}$$

$$= 22.6 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_v = \frac{34410}{0.85(250-2\times12.5)}$$

$$= 20.2 \text{ kg/cm}^2$$

Deflection

$$\Delta = \frac{PL^3}{48EI} + \frac{5wL^4}{384EI}$$

$$\Delta = \frac{32.5\times450^3}{2\times2.04\times10^6\times4460} + \frac{5\times1.9\times450^4}{384\times2.04\times10^6\times21460}$$

$$= 0.6 + 0.009$$

$$= 0.7 \text{ cm} < 2.5 \text{ cm}$$

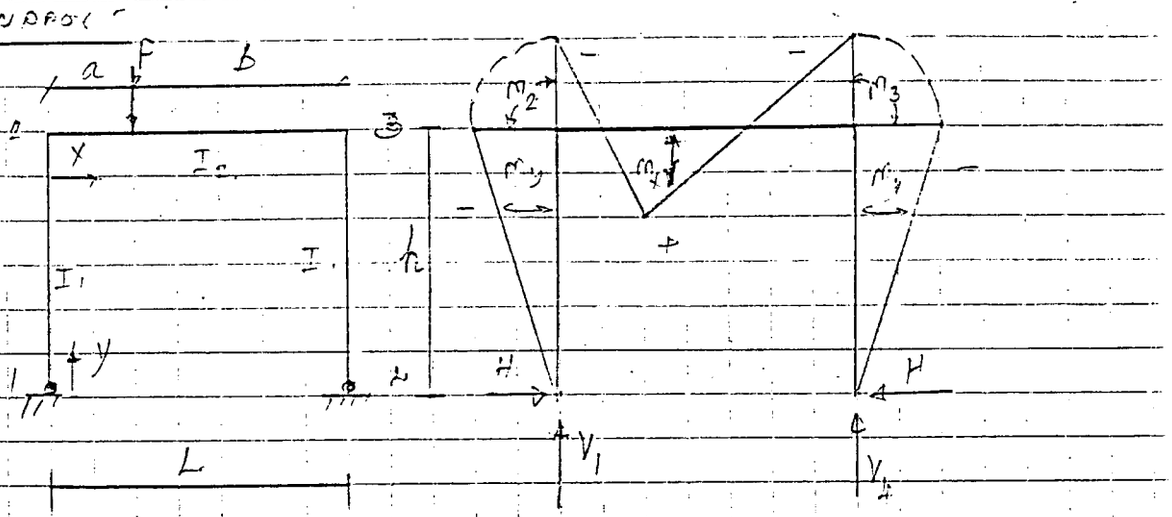
$$\Delta = \frac{32.5\times450^3}{2\times2.04\times10^6\times21460} + \frac{5\times1.9\times450^4}{384\times2.04\times10^6\times21460}$$

$$= 0.6 + 0.009$$

$$= 0.7 < 2.5 \text{ cm}$$

USE I-280×119 @ 38.3 kg/m.

Pin support



$$M_2 = M_3 = -\frac{3Pkab}{2L}$$

$$M_y = M_2 \frac{y}{h}$$

$$V_1 = P\left(1 - \frac{a}{L}\right)$$

$$V_2 = \frac{Pa}{L}$$

$$H = -\frac{M_2}{h}$$

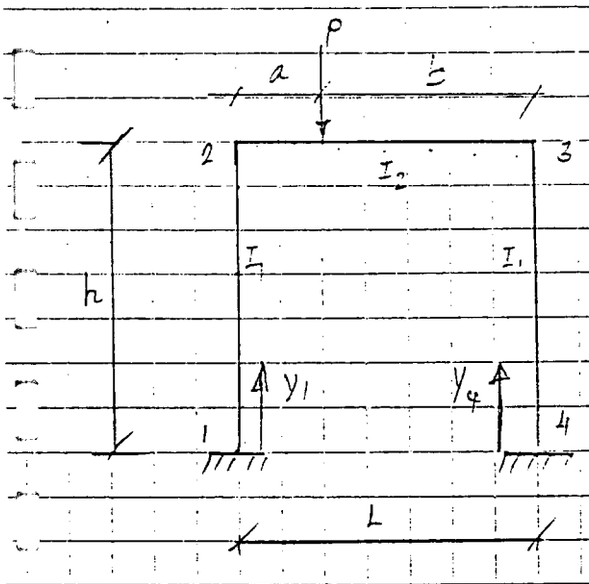
When $x \leq a$,

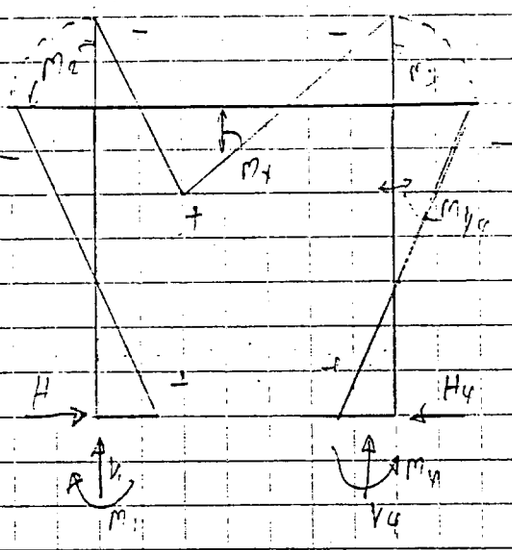
$$M_x = \frac{Pbx}{L} + M_2$$

When $x > a$

$$M_x = Pa\left(1 - \frac{x}{L}\right) + M_2$$

Fixed Supports





$$M_1 , M_4 = \frac{Pab}{2L}\left[\frac{1}{D} \pm \frac{L-2a}{LE}\right]$$

$$H = \frac{3Pab}{2hD}$$

For $\pm M_1 = -M_4 = +$

$$M_2 , M_3 = \frac{Pab}{L}\left[\frac{1}{D} \mp \frac{L+2a}{2LE}\right]$$

where $M_2 = +$ and $M_3 = -$

$$V_4 = \frac{Pa}{L}\left[1 - \frac{b-(2a/L)}{LE}\right]$$

$$V_1 = P - V_4$$

when $x \le a$ $\quad M_x = (Pb + M_2)\frac{x}{L} \pm M_3\left(1 - \frac{x}{L}\right)$

when $x > a$ $\quad M_x = \left(Pa + M_1\right)\left(1 - \frac{x}{L}\right) \pm M_2\frac{x}{L}$

$$M_{y_1} = M_2\frac{y_1}{h} \pm M_1\left(1 - \frac{y_1}{h}\right)$$

$$M_{y_4} = M_4\left(1 - \frac{y_4}{h}\right) \pm M_3\frac{y_4}{h}$$

$F = \frac{I_2}{I_1}\left(\frac{L}{b}\right)$ $\quad C = \frac{I_2}{I_1}\left(\frac{L}{L}\right)$

G = 3.33 $\quad$ C = 2.00

D = 2+3 $\quad$ E = 1.35

$k = \frac{1}{3+3C}$ $\quad E = F\left(1-\frac{k^2}{h^2}\right)$

h = Beam width in.

b = Horizontal component of beam width L

I = Moment of inertia in⁴.

$C = \frac{I_2}{I_1}\left(\frac{h}{L}\right) = \frac{1}{1}\left(\frac{h}{3}\right) = 1.35$

$D = 2+1.33 = 3.33$

$E = 1+6\times1.35 = 2.98$

$m_1 m_2 = \frac{7150\times40\times80}{2\times120}\left[\frac{1}{3.33} \pm \frac{120+2\times40}{120\times898}\right]$

$= 95333\left[\frac{1}{3.33} \pm 0.037\right]$

$\Rightarrow M = 35101$ lb-in = 285 kg-m

$\circlearrowleft M = 32456$ lb-in = 365 kg-m

$S = \frac{365}{1440} = 25.35$ cm³

ISMB 150×150 @ 30.31.5 kg/m $\quad S = 919$ cm³

ISMB 15 @ 250 = 125×257.1 kg/m.

$M_m = 992$

حساب قدرة مضخة الحريق / Fire pump calculation

Fire pump capacity: P-1 : 1.5 ton/hr
P-2 : 2.2 ton/hr

Overall head: ف.ع : 30 م
ف.ط : 30 م

ف ع ط : 2.116 كج/سم² = 21.2 م/ث
2.2 ك/ث

Q : 1.065 م³/ث
1065 لتر/ث

: 3833
: 2.2 ton

Design For Thrust Block.

- Calculation of Resultant Thrust Bend.

$$R = 2(PA + \rho QV)\sin\frac{\theta}{2} \quad - (1)$$

R : Resultant thrust (N)

P : pressure. (Pa)

A : cross-sectional area (m^2)

ρ : density (kg/m^3) for water at 20°C.

Q : discharge (m^3/s)

V : velocity of flow (m/s)

θ : Angle of Bend (degree).

- Since the velocity head is negligible in most water supply system the above formula can be rewritten in the form

$$R = 1.541 \times 10^{-5} H.D.^2 \sin\frac{\theta}{2} \quad - (2)$$

R = resultant thrust (kN)

H = total head (m)

D = pipe external diameter (mm)

ข้องอ 45° ขนาด ϕ 80 cm. 45° Bend

$P = 0.35 \times 10^6$ (Pa) (80 m)

$A = \frac{\pi \times 0.8^2}{4}$ (m^2)

$\rho = 1000$ (kg/m^3)

$Q = 1.26$ m^3/s

$V = 2.5$ m/s.

$\theta = 45°$.

$$R = 2\left(0.35 \times 10^6 \times \frac{\pi \times 0.8^2}{4} + 1000 \times 1.26 \times 2.5\right) \sin\frac{45°}{2}$$

$= 137061$ N

$= 13972$ kg

ประมาณ 14 ton.

⇒ Velocity head is negligible

$$R = 1.541 \times 10^{-5} (30)(800)^2 \sin\frac{45}{2}$$

$= 113.22$ kN.

$= 11.5$ ton.

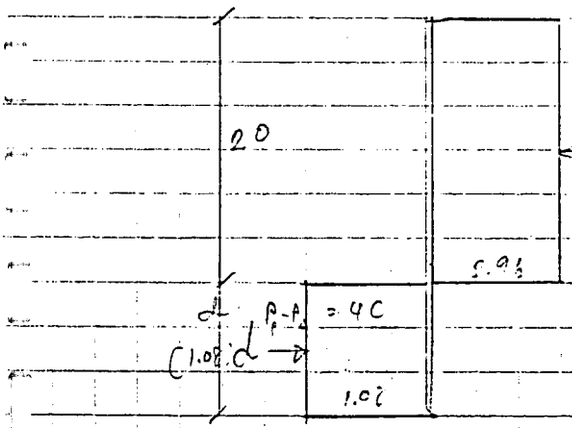
For Design use 14 ton.

if use 5 Time to increase

R = 70 ton For eq (1).

R = 57.5 ton For eq (2).

CASE (1) [illegible]



$\sigma_A = \sigma_2 - 2c$

$= (1.75)2 - \frac{0.5^{\circ} \times 2}{2}$

$= 2.96$

$P_A = [illegible]$

$= 5.92$

$\Delta C = \frac{0.54 \times 2}{2}$

$= 1.08$

$\Sigma M_0 = 0$

$5.92(d+1) - (1.08d)\frac{d}{2} = 0$

$5.92d + 5.92 - \frac{1.08d^2}{2} = 0$

$10.96d + 10.96 - d^2 = 0$

$d^2 - 10.96d - 10.96 = 0$

$d = 1.1$

Use 50% d min. $= 1.65$ 2 6 m d_2

Check for Overturning

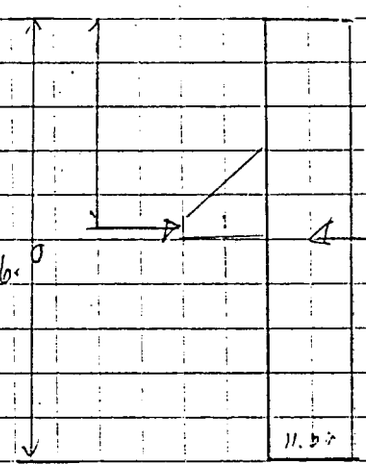
P_a = 21 ton

Approximately 50% for Earthquake

P_p = 21.0 ton

Use 3.0 m Sheet Pile 3.0 m

Use 3.0 m



P_p = 2.0 + 32

σ_p = 1.75 × 6 + 0.5 × 1.75 × 6 × 2

P_p = 11.04

P_p = 11.04 × 6 × 2

= 132.48 ton

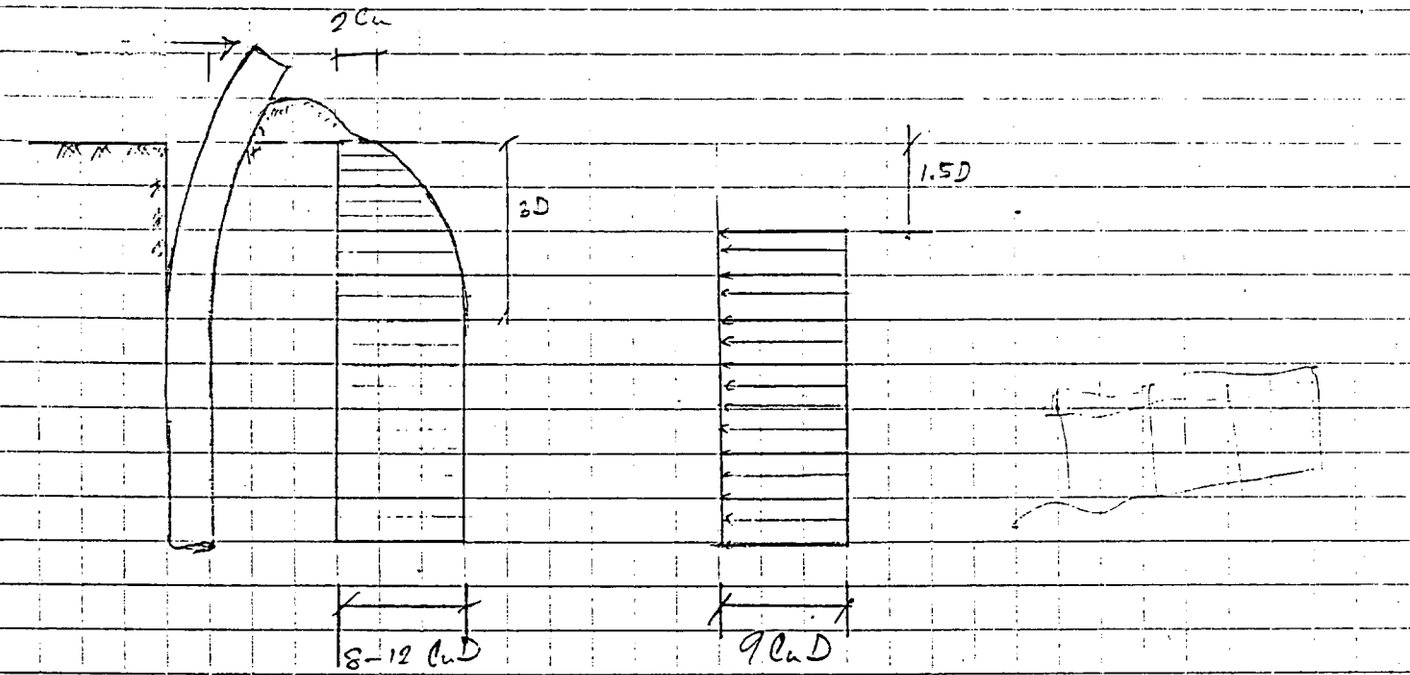
S.F = $\frac{132.48}{21.0}$ = 6.3 OK

Area required: 21 ton = 0.75 × 0.85 × 200 × A

A = 148 cm^2

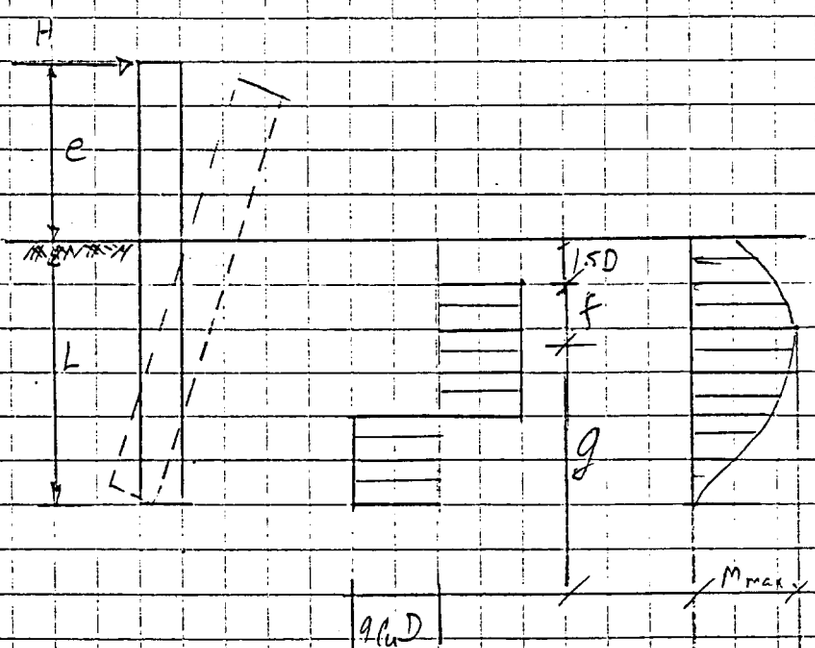
A_{min} Provided = 240 cm^2

Design of Laterally Loaded pile in cohesive soil



CASE (1).

เสาสั้นรับหัวอิสระ:



กรณีดินเหนียว ปานกลางถึงอ่อน

$f = H_{ult} / 9C_uD$

$M^+_{max} = H_{ult}(e + 1.5D + 0.5f)$

$M_{max} = 2.25 C_u g^2$

ដែល

M_{max} : ម៉ូមង់ប៉ែងច្រើនបំផុត

I_{xx} : ម៉ូមង់អាំងទីស៊ីនៃក្រឡាផ្ដេក

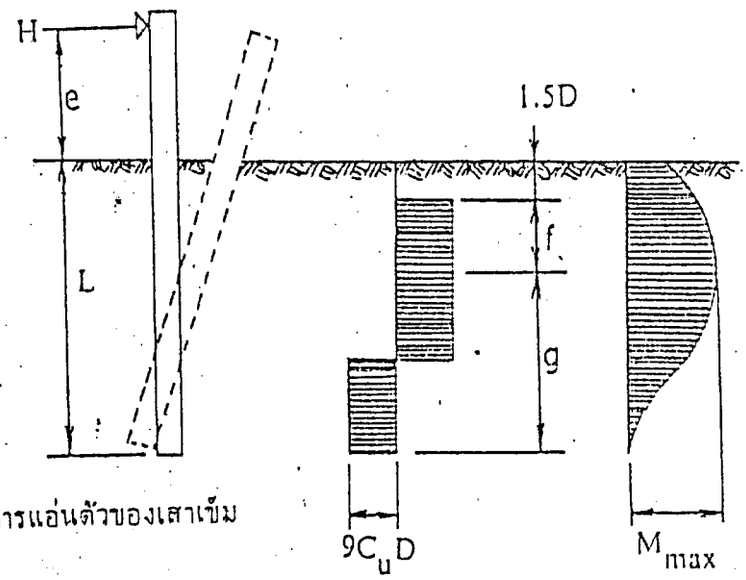
D : ចម្ងាយពីចំណុចខាងក្រៅបំផុតនៃផ្នែកកាត់ទៅអ័ក្សកណ្ដាលផ្ដេក

f_c, g : កម្លាំងសង្កត់ដែលអនុញ្ញាត

ಕೆಳಗಿನ ಪ್ರಶ್ನೆಗಳಿಗೆ ಉತ್ತರಿಸಿ.

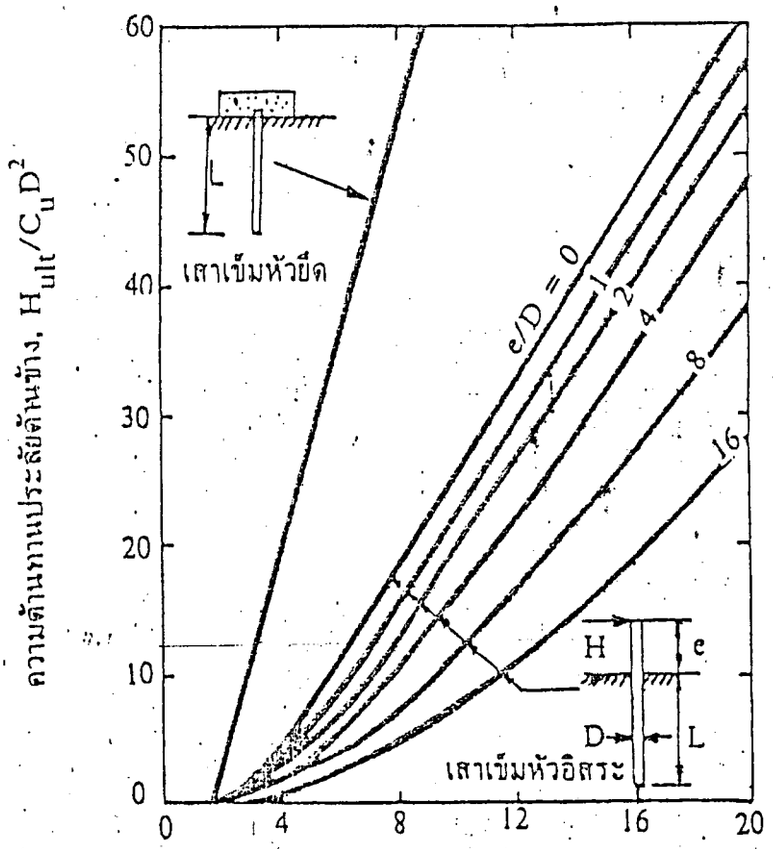
1. ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಸಂಕಲನ ಮತ್ತು ವ್ಯವಕಲನಗಳ ನಡುವಿನ ಸಂಬಂಧವನ್ನು ವಿವರಿಸಿ.

ಸಂಖ್ಯೆಗಳ ಸಂಕಲನ ಮತ್ತು ವ್ಯವಕಲನಗಳ ನಡುವೆ ಅವಿನಾಭಾವ ಸಂಬಂಧವಿದೆ. ಸಂಕಲನದಲ್ಲಿ ಎರಡು ಸಂಖ್ಯೆಗಳನ್ನು ಕೂಡಿಸಿದಾಗ ಮೊತ್ತ ಬರುತ್ತದೆ. ಆ ಮೊತ್ತದಿಂದ ಒಂದು ಸಂಖ್ಯೆಯನ್ನು ಕಳೆದಾಗ ಇನ್ನೊಂದು ಸಂಖ್ಯೆ ಬರುತ್ತದೆ.

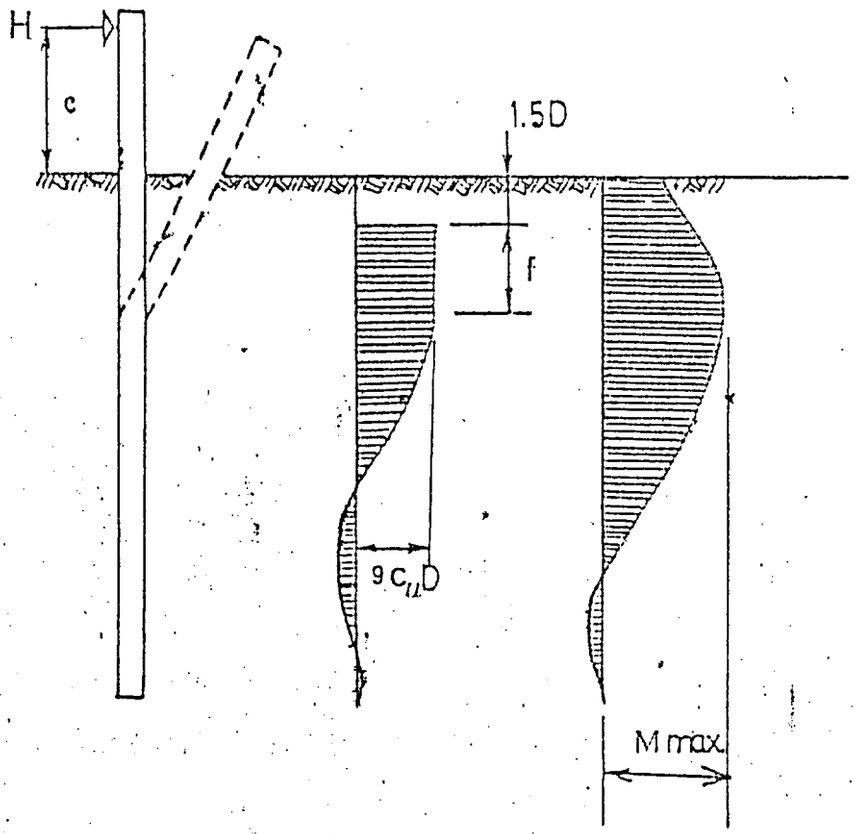


(ก) การแอ่นตัวของเสาเข็ม (ข) แรงปฏิกิริยาของดิน (ก) โมเมนต์ดัด

แสดงการแอ่นตัวด้านข้าง แรงปฏิกิริยาของดิน และการกระจายโมเมนต์ดัดของเสาเข็มสั้นหัวอิสระ

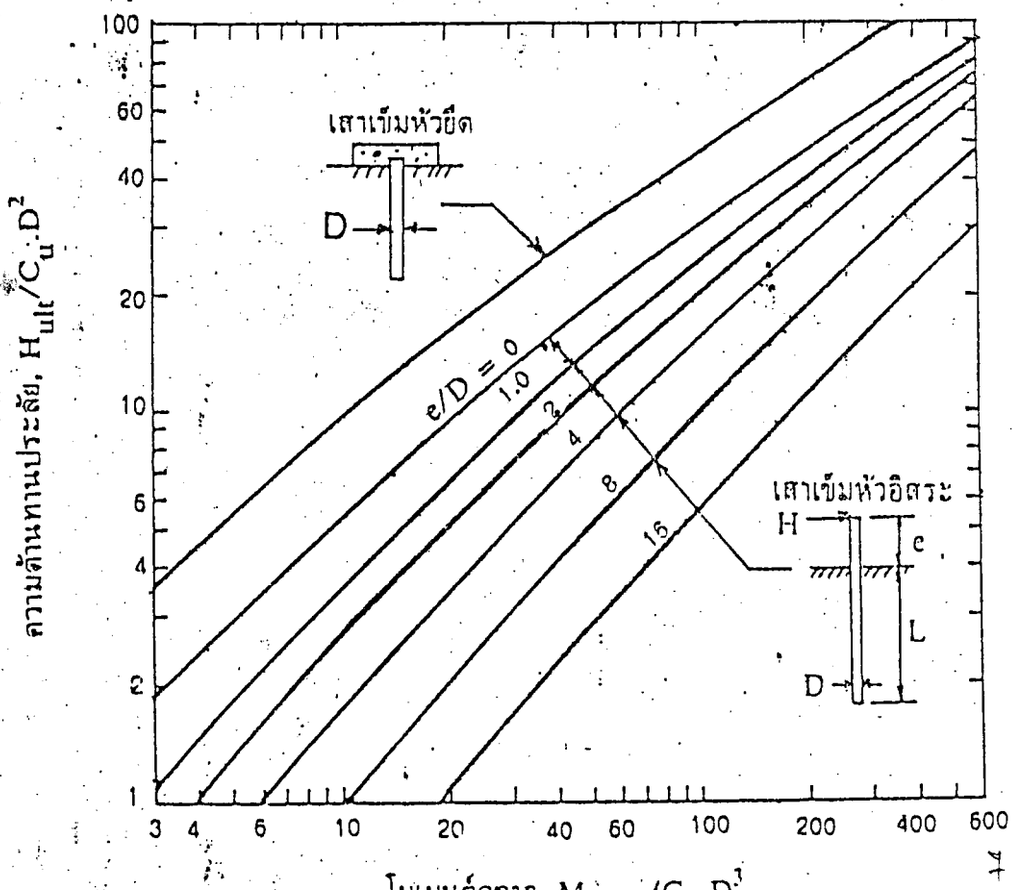


แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานประลัยกับความยาวจมลึกของเสาเข็ม

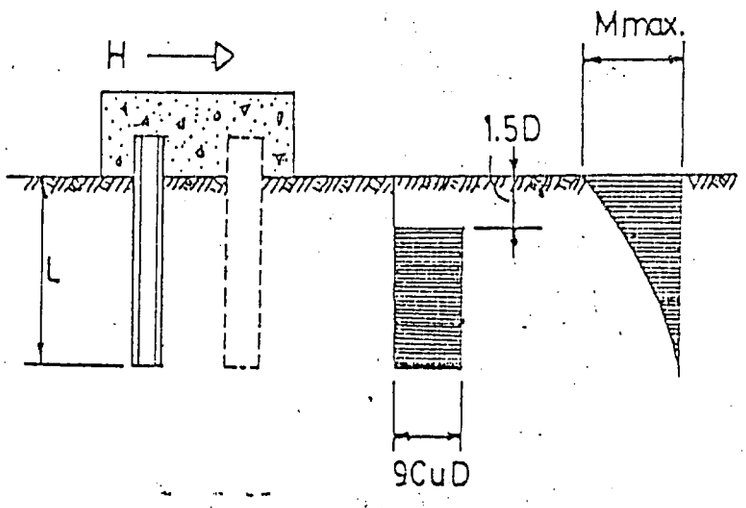


(ก) การแอ่นตัวของเสาเข็ม (ข) แรงปฏิกิริยาของดิน (ค) โมเมนต์ดัด

แสดงการแอ่นตัวด้านข้างแรงปฏิกิริยาของดิน และการกระจายโมเมนต์ดัดของเสาเข็มยาวหัวอิสระ



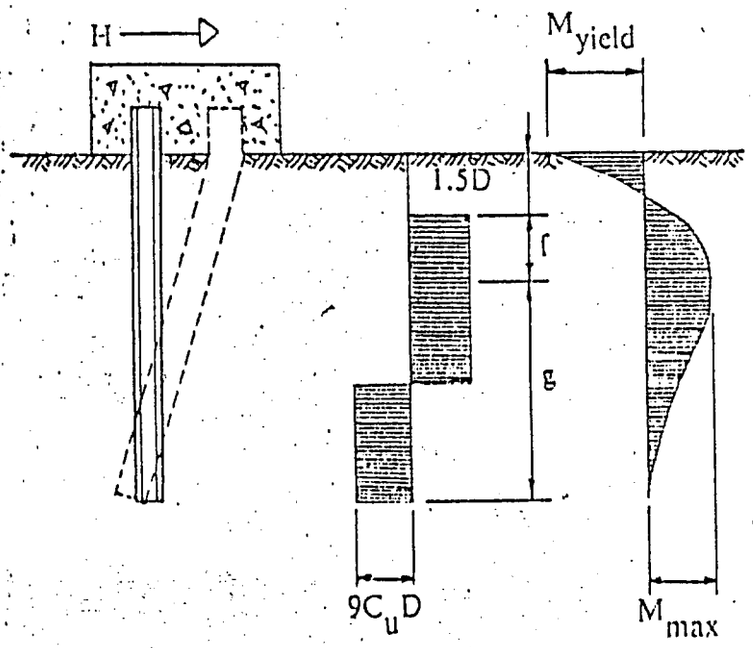
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานด้านข้างประลัยกับโมเมนต์คลาก



(ก) การแอ่นตัวของเสาเข็ม (ข) แรงปฏิกิริยาของดิน (ค) โมเมนต์ดัด

๘

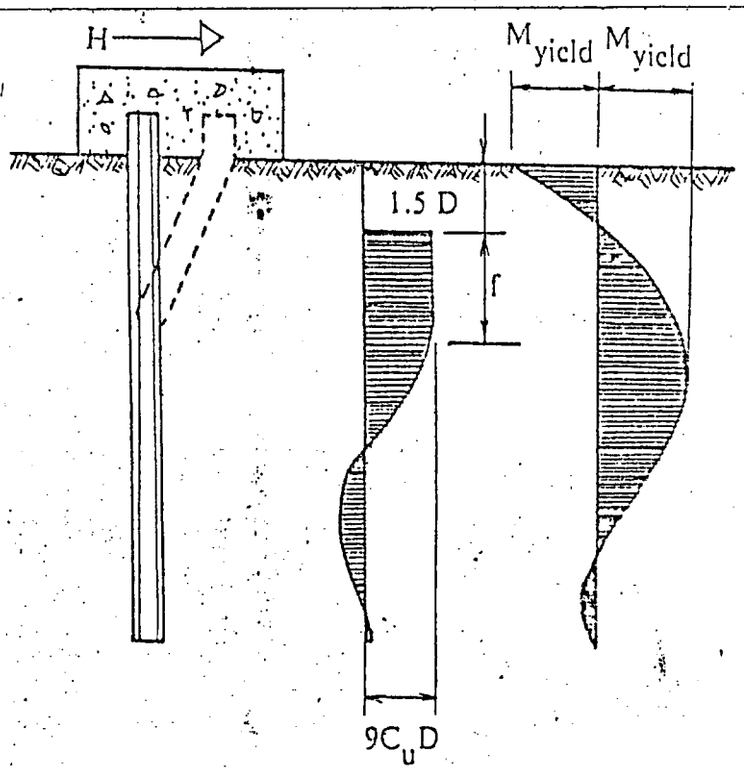
แสดงการแอ่นตัวด้านข้าง แรงปฏิกิริยาของดิน และการกระจายโมเมนต์ดัดของเสาเข็มสั้นหัวยึด



๙

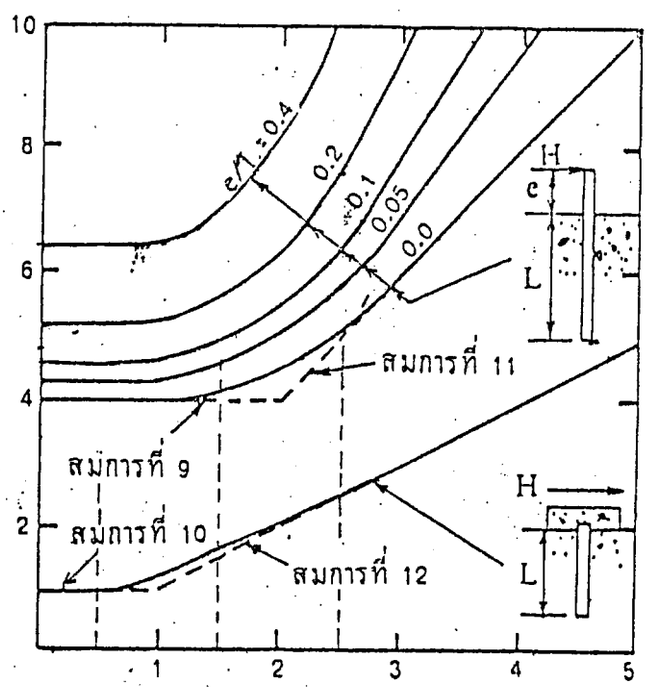
(ก) การแอ่นตัวของเสาเข็ม (ข) แรงปฏิกิริยาของดิน (ค) โมเมนต์ดัด

แสดงการแอ่นตัวด้านข้าง แรงปฏิกิริยาของดิน และการกระจายโมเมนต์ดัดของเสาเข็มยาวปานกลางหัวยึด

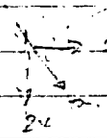


(ก) การแอ่นตัวของเสาเข็ม (ข) แรงปฏิกิริยาของดิน (ค) โมเมนต์ดัด

แสดงการแอ่นตัวด้านข้าง แรงปฏิกิริยาของดิน และการกระจายโมเมนต์ดัดของเสา เข็มยาวหัวยึด



แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวจมลึกและระยะแอ่นตัวด้านข้างที่ผิวดินของเสาเข็ม



F = 21

f_{ck} = 4

P_{cl} = 3 Ton

ρ_{cl} 30

Design load 3T

ultimate = 3T

use 10 - □ 0.18 × 0.18 × 10.00 m & 6 - □ 0.18 × 0.18 × 10.00 m SF = 4.22

Pg load = 5T

S.F = 4.16 > 2.5 ok

Design

m = 4 × 3.5 × 0.1T

= 2.1 T-m

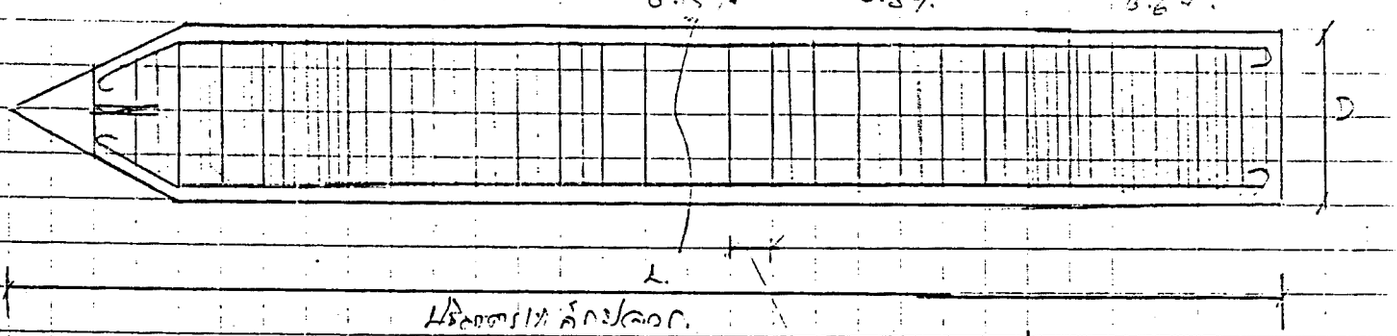
A_s = $\frac{2.1 \times 10^5}{1500 \times 0.85 \times 30}$

= 6.67 cm^2 ϕ12 @ 0.10 = 11.3 cm^2 ok

Check for ultimate load

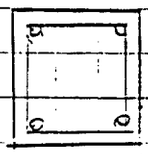
การเสริมเหล็กเส้นรับแรงอัดตามยาว

3D	3D		2D	1D
ใช้เหล็กปลอก 0.6 %	ใช้เหล็กปลอก 0.3 %	ใช้เหล็กปลอก 0.15 %	ใช้เหล็กปลอก 0.3 %	ใช้เหล็กปลอก 0.6 %



ในกรณีที่ไม่มีการคำนวณ ต้องมีเหล็กปลอกเกลียวหรือเหล็กปลอกสี่เหลี่ยมมัดรูปตามข้อกำหนด

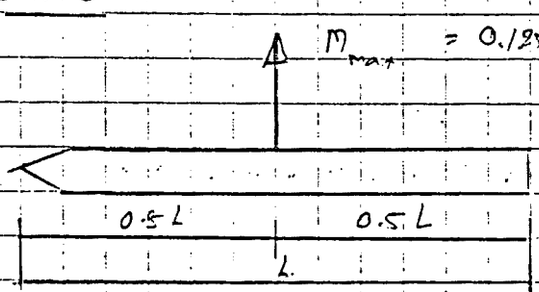
D - 50 มม. ≥ 300 มม.



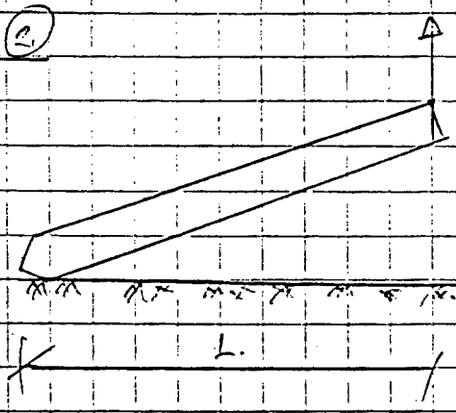
หน้าตัดเสาสี่เหลี่ยม

ตัวอย่างที่ 1 จงออกแบบเสาสี่เหลี่ยมรับแรงอัดตามแกน

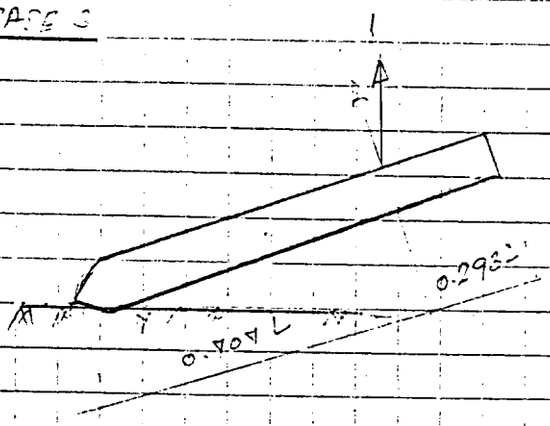
CASE ①



CASE ②

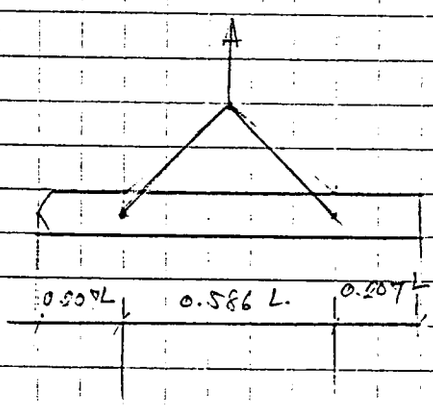


CASE 3



$M_{max} = 0.0423 wL^2$

CASE 4



$M_{max} = 0.0321 wL^2$

حيث

M_{max} = العزم الأقصى في البحر

w = الحمل الموزع بانتظام (وحدة الطول)

L = طول البحر

รายการคำนวณบ่อบำบัดน้ำเสียเทศบาล

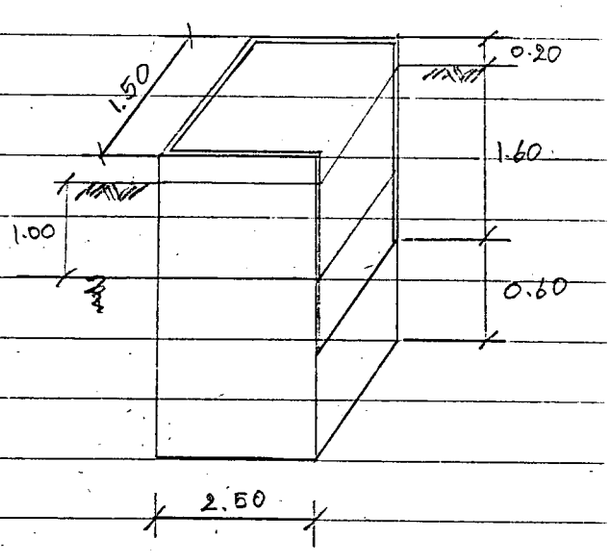
Inlet Sump

size 2.5 × 2.4

Simplified to be 1.8 m retaining wall

$P_a = .4 \times 1800 \times 1.80 + 1000 \times .80$

$= 2096 \ kg/m^2$



$M = \frac{1}{2} \times 2096 \times \frac{1.8}{3}^2$

$= 1132 \ kg-m$

$d = \sqrt{\frac{1132}{8.69 \times 1}} = 11.4$

use: $d = 15 + \text{cover } 5$

$A_s = \frac{1132}{1500 \times .89 \times .15}$

$= 5.65 \ cm^2/m \quad \phi \ 12 @ .20$

size $1.5 \times 2.4 \Rightarrow LH/LV = \frac{1.70}{2.4} = .7$

M_b use steel = size 2.5×2.4

earth pressure

$P_a = .5 (1800) \times 1 + .5 (1800 - 1000) 1.2 + 1000 \times 1.2$

$= 2640 \ kg/m^2$

$M_b^- = .02 \times 2640 \times 2.2^2$

$= 255 \text{ kg-m}$

$M_s^- = .06 \times 2640 \times 1.7^2$

$= 458 \text{ kg-m}$

$A_s = 2.3 \text{ cm}^2/\text{m}$ ϕ 10 @ .25

bottom slab

wall $(2.5 + 2.5 + 1.9 + 1.9) \times 2.4 \times .2 \times 2400$

$= 4224 \text{ kg} \Rightarrow \frac{4224}{1.5 \times 3.2} = 528$

พื้นล่าง $= 6750 \text{ kg/m}$

bottom slab $= 1.5 \times 3.2 \times .2 \times 2400 = 3840 \text{ kg/m}$

Total net $= 14814 \text{ kg}$

unit area net $= \frac{14814}{2.5 \times 3.2} = 1.8 \text{ Ton/m}^2$

bottom slab

$M^+ = .055 \times 528 \times 1.7^2$

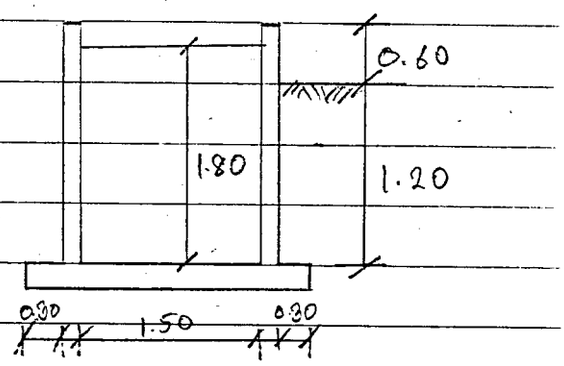
$= 84 \text{ kg-m}$

use ϕ 10 @ 25

Inlet channel

$P_a = 1.6 \times 1000$

$= 1600 \ kg/m^2$



$M = \frac{1}{2} \times 1600 \times \frac{1.6}{3}^2$

$= 683 \ kg-m$

$d = \sqrt{\frac{683}{8.65 \times 1}} = 8.9$

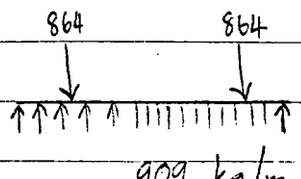
use $d = .15 + .05$

$As = \frac{683}{1500 \times .89 \times .15}$

$= 3.4 \ cm^2 \quad \phi 12 @ .25$

bottom slab

wall $= 864 \ kg/m$



$M^- = \frac{1}{8} \times 909 \times 1.7^2$

$= 328 \ kg/m$

$As = 1.6 \ cm^2/m$

01:1105 $= 500 \ kg/m$

Channel wt $= 2448 \ kg/M$

Water wt $= \frac{2400}{5348}$

Bearing $= \frac{5.3}{2} = 2.65$

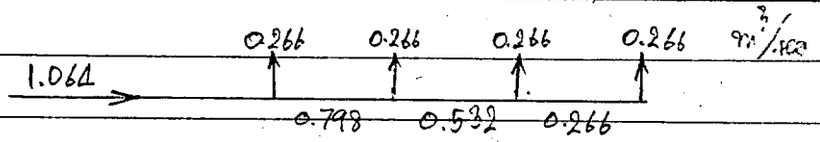
Inlet Chamber

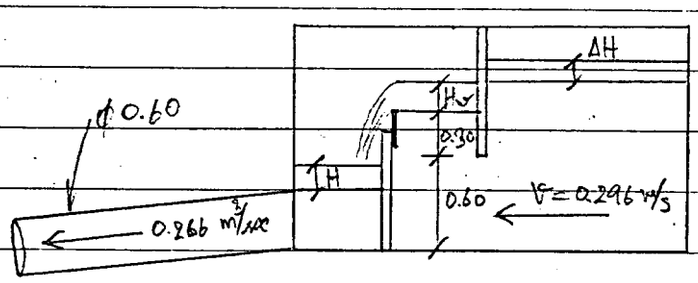
Q_{avg} = 0.355 m^3/sec

Q_{peak} = 3 × 0.355

= 1.065 m^3/sec

use 4 outlet





Flowing with outlet control

$H = H_v + H_e + H_f$

from Figure C-8 (for 3m600 mm/12,000 Malaysia)

H = 0.3 ft = 9 cm.

Weir use 1.5 m weir length

$$Q = 1.73 \cdot B \, H_w^{3/2}$$

$$0.226 = 1.73 (1.5) H_w^{3/2}$$

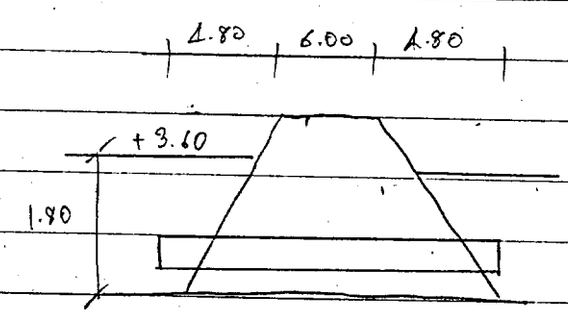
$$H_w = 0.22 \text{ m.}$$

$$\Delta H = H_v + H_L$$

$$= \frac{.296^2}{2(9.81)} + \frac{0.5 (.296)^2}{2(9.81)}$$

$$= 0.0067$$

Interpond Connection Pipe



Q_{peak} = 1.065 m^3/sec L = 50'

RCP 2 ϕ 0.80 M n = .015 L_1 = 75'

from Fig C-8, Q = 12.50 cfs, H = 0.15 ft ⇒ 5.2 cm

Q_{avg} = 0.355 m^3/sec L = 50'

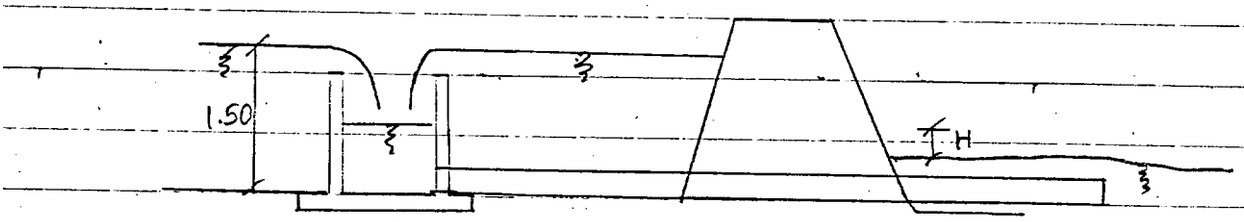
RCP 3 ϕ 0.80 M n = 0.015 L_1 = 75'

$\frac{Q_{avg}}{3}$ = 4.2 CFS, H ⇒ 0

Outlet Sump

use overflow sump with pipe culvert 2. ϕ 80

Q_p = 1.065 m^3/sec



Pipe Culvert $\frac{Q_p}{2}$ = 0.53 m^3/sec L = 100'

= 18.8 cfs, n = .015

Figure C-8, H = 0.38 ft.

= 11.6 cm

Q_{avg} = 0.355 m^3/s

$\frac{Q_{avg}}{2}$ = 6.3 cfs, L = 100'

n = .015

H = 0.05' = 1.5 cm.

Over flow weir

Q_{peak} = 1.065 m^3/sec L = 8.00

$Q/2 = 1.73\ L\ (H)^{3/2}$

$0.532 = 1.73 \times 8\ (H)^{3/2}$

$H = 0.114 \Rightarrow 11.4$ cm

$Q_{avg/2} = .1775$ cumsec, $L = 8.00$ km

$.1775 = 1.73\,(8)\,(H)^{3/2}$

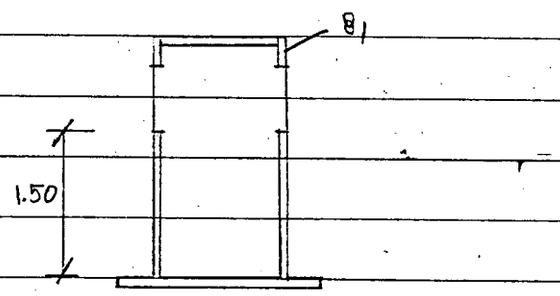
$H = 0.055$ m $\Rightarrow$ 6 cm

Outlet sump

$P = \gamma_N H$

$= 1000 \times 1.5$

$= 1500 \text{ kg/m}^2$



$M = \frac{1}{2} \times 1500 \times \frac{1.5^2}{2}$

$= 563 \text{ kg-m}$

$d = \sqrt{\frac{563}{8.65 \times 1}} = 8$

use $d = 15 + \text{cowing } 5 \text{ cm}$

$As = \frac{563}{1500 \times .89 \times .15} = 2.8 \text{ cm}^2 \quad \phi 12 @ .30$

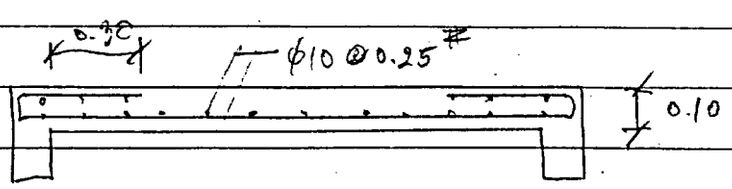
Top slab $.10 \text{ m} + LL .500 = 740 \text{ kg/m}^2$

(S1)

$M = \frac{1}{8} \times 740 \times 1.7^2$

$= 267$

$As = 2.9 \text{ cm}^2/\text{m} \quad \phi 10 @ .25$



$B_1 = 20 \times 35 = 168$

ϕ Lab. = 555

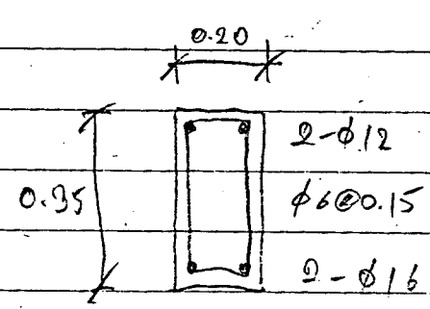
723 kg/m

$$M = \frac{1}{8} \times 723 \times 4.2^2$$

$$= 1594 \quad kg-m$$

$$d = \sqrt{\frac{1594}{8.6 \times .25}} = 30.4 \ cm$$

$$As = \frac{1594}{1500 \times .89 \times .32} = 3.7 \ cm^2 \quad 2\phi 16$$



ตัวอย่างการคำนวณ

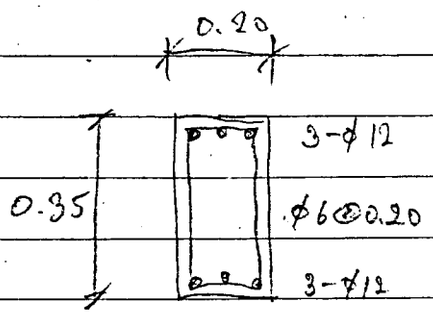
B_1 20×35 168

slab + LL $\frac{555}{723}$ kg/m

$$M = \frac{1}{10} \times 723 \times 3.4^2$$

$$= 1045 \text{ kg-m}$$

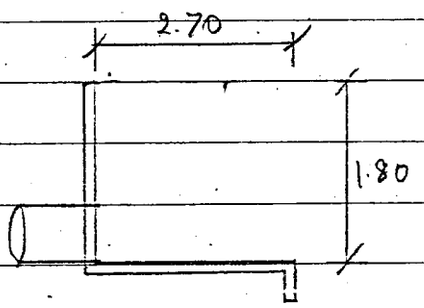
$$A_s = 2.4 \text{ cm}^2 \quad 3\phi 12$$



Culvert Head Wall (พิจารณาแนวทางช่องเปิด)

$P_a = 0.5 \times 1800 \times 1.8$

$= 1620 \quad kg/m^2$



$M = \frac{1}{2} \times 1620 \times \frac{1.8}{3}^2$

$= 875 \quad kg-m$

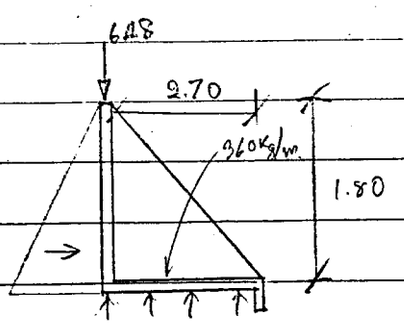
$d = \sqrt{\frac{875}{8.65 \times 1}}$

$= 10 \quad cm + \text{covering } 5\ cm$

$A_s = \frac{875}{1500 \times .875 \times .10}$

$= 6.7 \quad cm^2 \quad \phi\ 12\ @\ 15$

Appron slab



$M^- = 0$

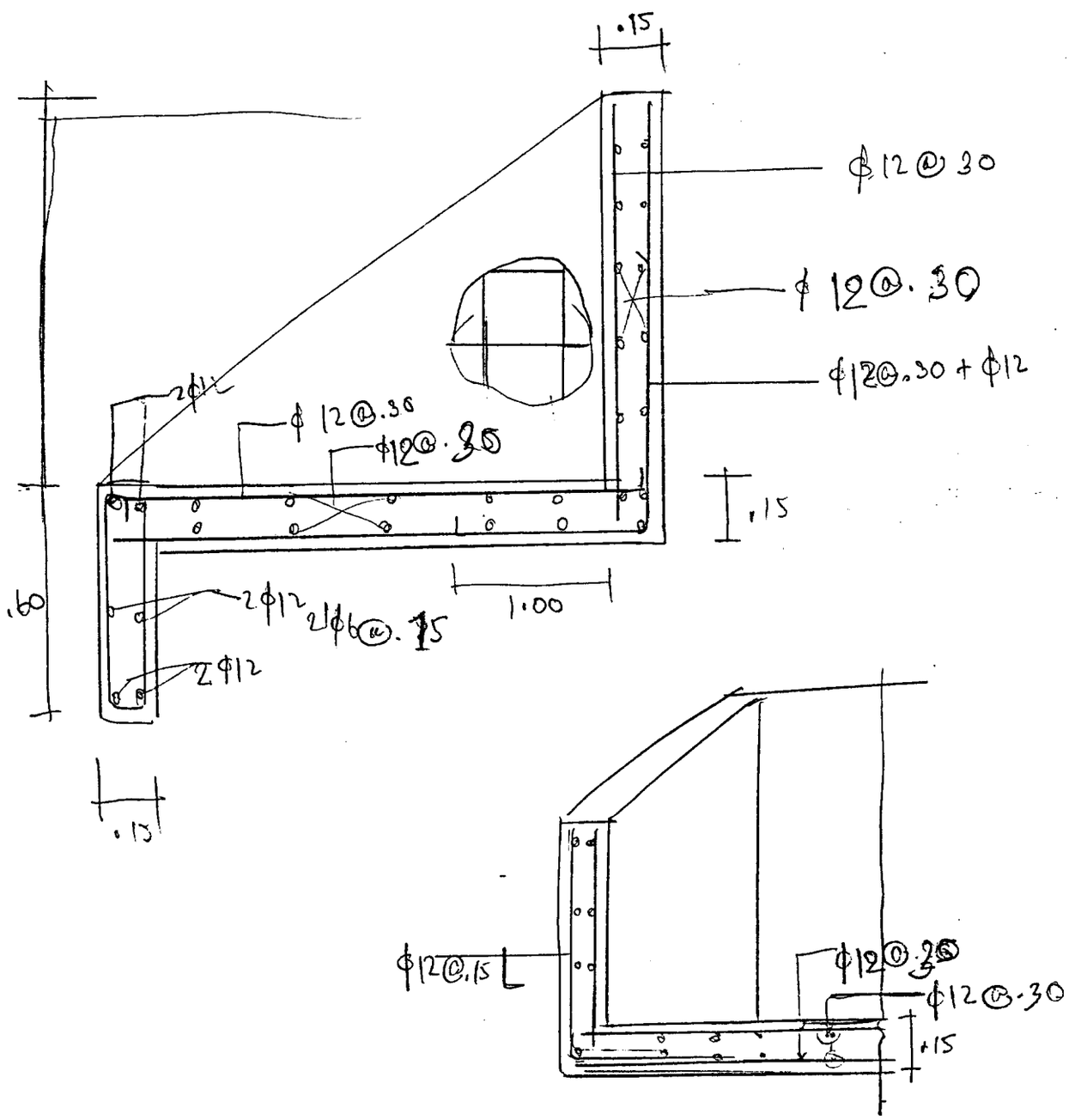
$a = \frac{875}{648}$

$= 1.35 \quad m.$

INDEX INTERNATIONAL GROUP CO.,LTD.

Job:		No.	
By	Date		Sheet of
Checked by	Date		

Subject :



Concrete Support c/o ϕ 600 sec (cor force Main PS 1)

pipe of 600 mm. = wt = 200 kg/m

Water wet $1000 \times \pi .3^2$ = 283 kg/m

483 kg/m

span spacing 6.00 m

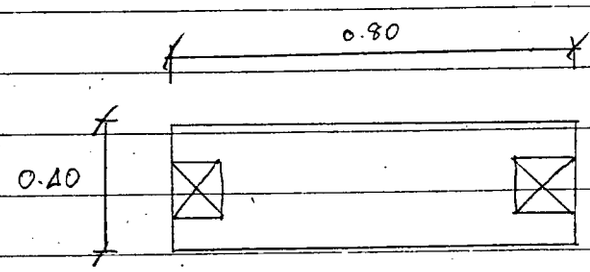
∴ wt of each support = 6×483

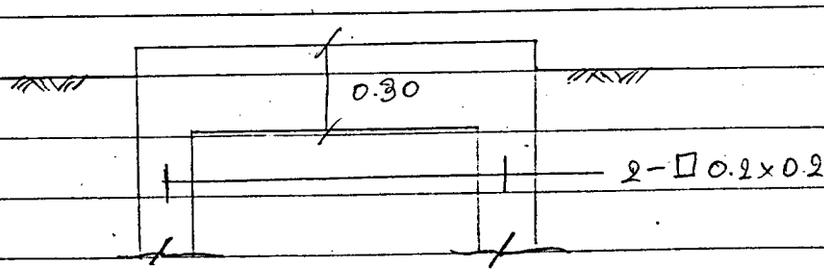
= 2898 kg

support beam $.40 \times .80 \times .30$ = 230 kg

3128 kg

use 2 □ 20 × 20 − 5.00 @ 12 Ton/pile





ANNUNOOSW CIROP

A.D. 2553

population	Qpop	=	24925	m^3/day
	BOD	=	150	mg/l
		=	3742	kg/day
Industry	Qin	=	620	m^3/day
	BOD	=	905	kg/day
	Qpop + Qin	=	25565	m^3/day

Infiltration 20% of (Qpop + Qin)

Total Q = 1.2 (Qpop + Qin) = 30678 m^3/day

BOD = 3742 + 905 = 4647 kg/day

Inf BOD (Li)	= 151	mg/l
Eff BOD (Le)	= 40	
Temperature (min mean) (t)	= 25.5	°C
Inf. Feacal coliform (MPN/100 ml)		24×10^7
Eff Feacal coliform (MPN/100 ml)		4×10^3
Surface loading (Facultative pond)		275 kg/ha/day

K_1 (20°C)	(d^{-1})	= 0.3
K_b (20°C)	(d^{-1})	= 2.6

Facultative Pond (2553)

Temperature 25.5 °C

$$K_1(25.5^\circ) = K_1(20^\circ)(1.05)^{T-20}$$
$$= 0.3(1.05)^{25.5-20}$$
$$= 0.392$$

assume BOD_5 removal follows first order kinetics

$$\therefore Le = \frac{Li}{1 + k_1 t}$$

$$40 = \frac{151}{1 + 0.392t}$$

$$t = \frac{1}{0.392}\left(\frac{151}{40} - 1\right)$$

$$= 7.1 \text{ days} \Rightarrow 7.5 \text{ days}$$

Water depth = 1.50 m + 0.50 m. sludge storage
0.50 m free board

Req. area $= \frac{7.5 \times 30678}{1.5}$
$= 153390 \ m^2 \Rightarrow 95.87$ Rai

Surface loading $= \frac{4647}{15.3} = 304$ kg/ha/day
> 275 not o.k.

re-calculat use water depth 1.30 m.

req. Area $= \frac{7.5 \times 30678}{1.3} = 176988$
$= 110.62$ rai

Check surface loading = $\frac{46.47}{17.7}$ = 262.5 kg/ha/day

< 275 O.K.

use 1.3 m water depth

0.5 m Sludge storage

0.5 m free board

Detention time

$t_{min} = \frac{1.3 \times 176988}{30678} = 7.5$ day

$t_{max} = \frac{1.80 \times 176988}{30678} = 10.38$ day

Maturation Ponds

(1) K_b (25.5°C) = K_b (20°C) $(1.19)^{T-20}$

$= 2.6 \ (1.19)^{25.5-20}$

$= 6.768 \ d^{-1}$

(2) by 2 maturation ponds in series, each pond has retention time 5 days.

$$N_e = \frac{N_i}{(1+k_b t_1)(1+k_b t_2)(1+k_b t_3)}$$

$$= \frac{24 \times 10^7}{(1+6.768\times 75)(1+6.768\times 5)(1+6.768\times 5)}$$

$= 3.82 \times 10^3$ MPN < 4×10^3

use 1.5 m pond depth
0.5 m free board

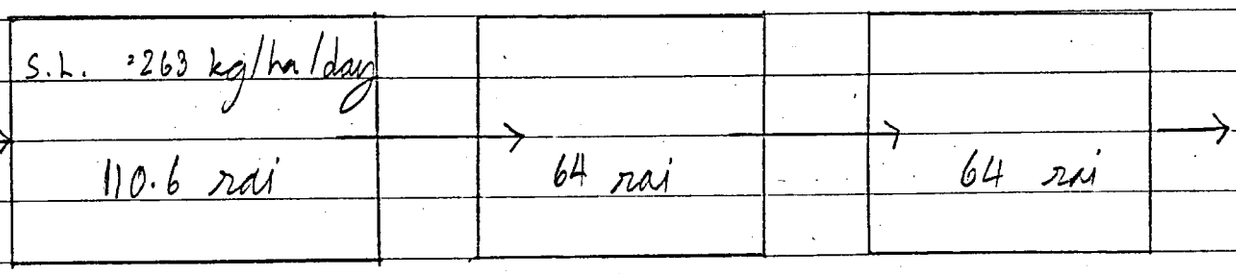
∴ each pond req. area $= \frac{5 \times 30678}{1.5}$

$= 102262 \quad m^2$

$= 64 \quad rai$

Q = 30678 m^3/day
BOD = 4647 kg/day
Ni = 24×10^7 MPN

Ne = 3.82×10^3



Design year 2553.

รายการตำแหน่งและเงินเดือนข้าราชการ

6 การออกแบบระบบท่อส่งน้ำและอุปกรณ์

การพิจารณาออกแบบ ระบบท่อส่งน้ำ ต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ ดังนี้

1. ความสูญเสียของแรงดันในท่อต้องมีค่าน้อย
2. ความเร็วของน้ำในท่อต้องไม่ทำให้เกิดการกัดกร่อนของท่อ
3. ความดันภายในท่อต้องไม่ทำให้ท่อแตกหรือรั่ว

ในการออกแบบ ระบบท่อส่งน้ำ ต้องคำนึงถึงหลักเกณฑ์ ดังนี้

6.1 ระบบท่อ (Pipe system)

6.1.1 การคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ ที่ทำให้เกิดการสูญเสียแรงดันในท่อ

ใช้สมการของแมนนิ่ง

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

โดยที่ Q = อัตราการไหล, ม.^{3}/วินาที

A = พื้นที่หน้าตัดของการไหล, ม.^{2}

R = รัศมีชลศาสตร์ของท่อ หาได้จากพื้นที่หน้าตัดของการไหลหารด้วยเส้นรอบรูปเปียก, ม.

S = ความชันของเส้นพลังงานหรือความสูญเสียของแรงดัน

n = ค่าสัมประสิทธิ์ความขรุขระของท่อ

1.1.1 n = 0.013 สำหรับท่อคอนกรีต

1.1.2 ความเร็วต่ำสุดของน้ำในท่อ เมื่อมีการไหลเต็มที่ 0.60 ม./วินาที

ความเร็วสูงสุดที่ยอมให้ 0.90 ม./วินาที

6.1.2 ข้อมูลที่ใช้ในการออกแบบระบบท่อส่งน้ำ

ปริมาณน้ำที่ต้องการ	40 ลิตร/คน/วัน
ความดันน้ำต่ำสุดที่ปลายท่อ	3 เมตร
ปริมาณน้ำที่ใช้ในเวลาที่ใช้น้ำมากที่สุด	80 %

6.1.3 ตำแหน่งที่ตั้ง และจำนวนของก๊อก 6-1

6.1.4 ความยาว และความสูงของแต่ละช่วงของท่อ ระบบท่อ

ตาราง 6-2

รูปที่ D-3.1, D-3.2

6.1.5 ความจำเป็นในการติดตั้งระบบท่อ

ตาราง 6-3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของท่อ และอัตราการไหลของน้ำ

ตาราง 6-4 แสดงค่าความสูญเสียของแรงดันในท่อ ต่อความยาว 100 ม.

ตารางที่ 8-1

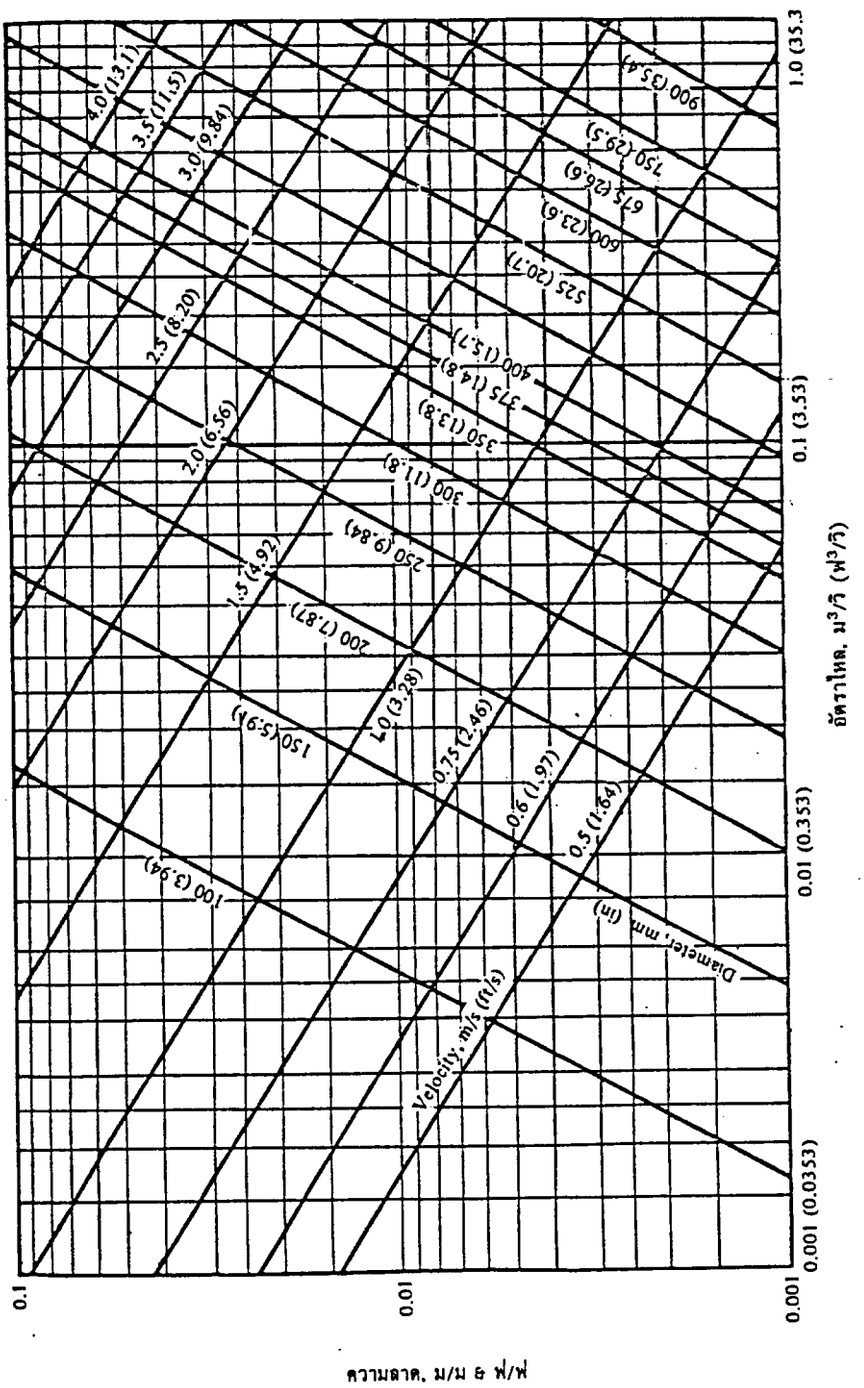
แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดท่อส่งน้ำดับเพลิงและปริมาณน้ำดับเพลิง

ขนาดท่อส่งน้ำดับเพลิง	ความยาวท่อส่งน้ำดับเพลิง (เมตร)	ปริมาณน้ำดับเพลิงที่ต้องการ (ลบ.ม./นาที)
สถานีดับเพลิงและกู้ภัยเมืองพัทยา	15,000	600
สถานีดับเพลิงและกู้ภัยเมืองพัทยา	21,000	840
สถานีดับเพลิงและกู้ภัยเมืองพัทยา	1000	40
	2500	100
	5,000	200
	10,000	400

ภาคผนวก ข.3

โนโมกราฟสำหรับสมการแมนนิ่ง

อัตราไหล 0.001-1.0 ม^3/วิ ความลาด 0.001-0.1 ม/ม n = 0.015

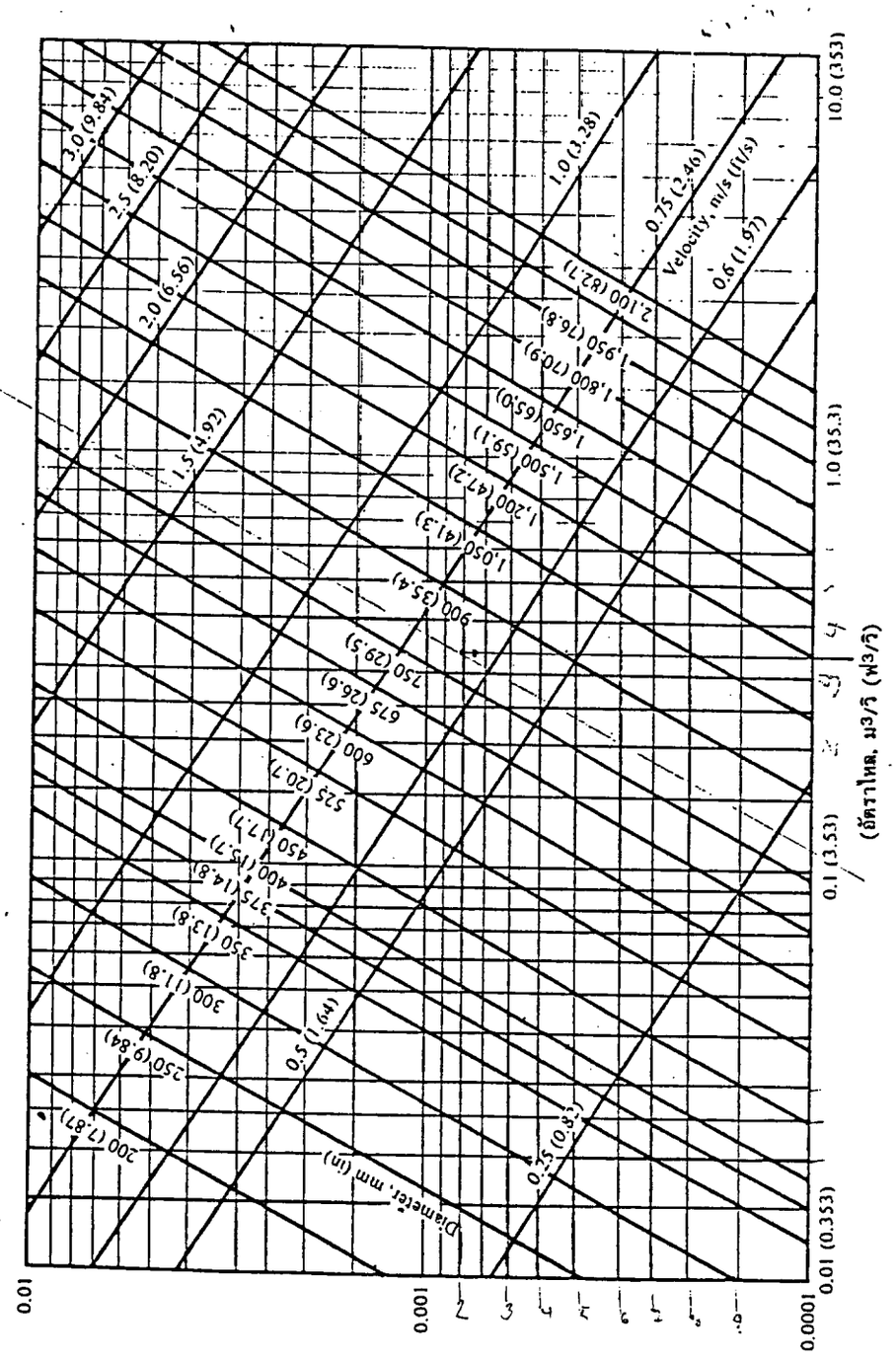


ภาคผนวก ข-3.1

ภาคผนวก ข.4

โนโมกราฟสำหรับสมการแมนนิ่ง

อัตราไหล 0.01-10.0 ม3/วิ ความลาด 0.0001-0.01 ม/ม n = 0.015



ดูหน้า D-3.2

ตาราง 6-2

ภาคผนวก ค.2

ตารางสำหรับการออกแบบท่อกรณีไหลไม่เต็มท่อกลม (เพิ่มเติม)

หมายเหตุ :- จากสูตรการไหลของ Prandtl-Colbrook

Q_{full}, V_{full} = อัตราไหลและความเร็วกรณีเต็มท่อ

Q, V = อัตราไหลและความเร็วกรณีไม่เต็มท่อ

d = ความลึกของการไหล

D = ขนาดท่อ

R = รัศมีชลศาสตร์

$\frac{Q}{Q_{full}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{V}{V_{full}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{Q}{Q_{full}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{V}{V_{full}}$	$\frac{R}{D}$	$\frac{Q}{Q_{full}}$	$\frac{d}{D}$	$\frac{V}{V_{full}}$	$\frac{R}{D}$
0.001	0.023	0.17	0.0152	.210	.309	.80	.1751	0.805	0.701	1.08	0.2964
2	.032	.21	.0210	.220	.316	.81	.1784	.810	.705	1.08	.2969
3	.038	.24	.0249	.230	.324	.82	.1820	.815	.709	1.08	.2974
4	.044	.26	.0287	.240	.331	.83	.1851	.820	.713	1.08	.2979
5	.049	.28	.0319	.250	.339	.84	.1887	.825	.717	1.08	.2984
6	.051	.29	.0345	.260	.346	.85	.1981	.830	.721	1.08	.2989
7	.057	.30	.0370	.270	.353	.86	.1946	.835	.725	1.08	.2993
8	.061	.32	.0395	.280	.360	.86	.1978	.840	.729	1.07	.2997
9	.065	.33	.0420	.290	.367	.87	.2007	.845	.734	1.07	.3002
0.010	0.068	0.34	0.0439	0.300	0.374	0.88	0.2037	0.850	0.738	1.07	0.3006
11	.071	.35	.0458	.310	.381	.89	.2066	.855	.742	1.07	.3010
12	.074	.36	.0476	.320	.387	.89	.2090	.860	.747	1.07	.3014
13	.077	.36	.0485	.330	.374	.90	.2118	.865	.751	1.07	.3018
14	.080	.37	.0513	.340	.401	.90	.2145	.870	.756	1.07	.3022
15	.083	.38	.0532	.350	.407	.92	.2170	.875	.761	1.07	.3025
16	.086	.39	.0550	.360	.414	.92	.2197	.880	.766	1.07	.3028
17	.088	.39	.0562	.370	.420	.93	.2220	.885	.770	1.07	.3031
18	.091	.40	.0581	.380	.426	.93	.2243	.890	.775	1.07	.3033
19	.093	.41	.0593	.390	.433	.94	.2269	.895	.781	1.07	.3036
0.020	0.096	0.41	0.0606	0.400	0.439	0.95	0.2291	0.900	0.786	1.07	0.3038
22	.100	.42	.0635	0.410	0.445	0.95	0.2313	.905	.791	1.07	.3040
24	.104	.43	.0658	.420	.451	.96	.2334	.910	.797	1.07	.3041
26	.108	.45	.0683	.430	.458	.96	.2358	.915	.803	1.06	.3042
28	.112	.45	.0707	.440	.464	.97	.2380	.920	.808	1.06	.3043
30	.116	.46	.0731	.450	.470	.97	.2401	.925	.814	1.06	.3043
32	.120	.47	.0755	.460	.476	.98	.2420	.930	.821	1.06	.3043
34	.123	.48	.0772	.470	.482	.98	.2441	.935	.827	1.06	.3042
36	.127	.49	.0796	.480	.488	.99	.2461	.940	.834	1.05	.3040
38	.130	.50	.0813	.490	.494	1.00	.2481	.945	.841	1.05	.3032
0.040	0.134	0.50	0.0837	0.500	0.500	1.00	0.2500	0.950	0.848	1.05	.3033
45	.141	.52	.0877	.510	.506	1.00	.2519	.955	.856	1.05	.3029
50	.148	.54	.0923	.520	.512	1.01	.2538	.960	.865	1.04	.3022
55	.156	.55	.0962	.530	.518	1.01	.2556	.965	.874	1.04	.3014
60	.163	.57	.1002	.540	.525	1.02	.2577	.970	.883	1.04	.3004
65	.170	.58	.1042	.550	.531	1.02	.2595	.975	.894	1.03	.2989
70	.176	.59	.1075	.560	.537	1.02	.2612	.980	.905	1.03	.2972
75	.182	.60	.1108	.570	.543	1.03	.2629	.985	.919	1.02	.2946
80	.188	.61	.1141	.580	.550	1.03	.2649	.990	.935	1.02	.2908
85	.194	.62	.1174	.590	.556	1.03	.2665	.995	.956	1.01	.2844
0.090	0.200	0.63	0.1206	0.600	0.562	1.04	0.2681	1.000	1.000	1.00	0.2500
0.095	0.205	0.64	0.1232	.610	.568	1.04	.2692				
.100	.211	.65	.1265	.620	.575	1.04	.2715				
.105	.216	.66	.1291	.630	.581	1.05	.2731				
.110	.221	.67	.1317	.640	.587	1.05	.2745				
.115	.226	.68	.1343	.650	.594	1.05	.2762				
.120	.231	.69	.1369	.660	.600	1.05	.2776				
.125	.236	.69	.1385	.670	.607	1.06	.2793				
.130	.241	.70	.1421	.680	.613	1.06	.2806				
.135	.245	.71	.1441	.690	.620	1.06	.2821				
0.140	0.250	0.72	0.1466	0.700	0.626	1.06	0.2834				
.145	.255	.72	.1481	.710	.633	1.06	.2846				
.150	.259	.73	.1511	.720	.640	1.07	.2862				
.155	.263	.74	.1531	.730	.646	1.07	.2874				
.160	.268	.74	.1556	.740	.653	1.07	.2887				
.165	.272	.75	.1576	.750	.660	1.07	.2900				
.170	.276	.76	.1595	.760	.667	1.07	.2912				
.175	.281	.76	.1619	.720	.675	1.07	.2925				
.180	.285	.77	.1636	.780	.682	1.07	.2936				
.190	.293	.78	.1676	.790	.689	1.07	.2947				
0.200	0.301	0.79	0.1714	0.800	0.697	1.07	0.2958				

جدول رقم ٥ — نتائج حساب أبعاد الأنابيب وفقد الضغط في شبكة مياه الشرب

المنطقة	التصرف (لتر/ث)	التصرف التراكمي (لتر/ث)	التصرف الخاص (لتر/ث/م)	الطول (م)	القطر المحسوب (م)	القطر المختار (م)	السرعة (م/ث)	فقد الضغط (م)	ملاحظات
B	2800	0.016	0.019	0.30	0.002	0.045	0.63	0.96	0.61	0.452	13.60	-
A	A-500	0.024	0.029	0.30	0.002	0.045	0.63	1.06	0.595	0.66	13.56	-
	A+B	0.04	0.048	0.40	0.002	0.045	0.63	1.06	0.503	0.66	20.12	-
C	4500	0.025	0.03	0.30	0.002	0.045	0.63	1.06	0.447	0.62	18.15	-
	11000	0.042	0.05	0.40	0.0015	0.032	0.66	1.04	0.61	0.69	28.79	-

المقياس ١/٥٠٠٠ — الشبكة B — مخطط توضيحي لشبكة مياه الشرب مع مواقع الخزان والمضخة

J ಉಷ್ಣವಲಯದಲ್ಲಿ (ಕೆರೆಗಳನ್ನು ಆಧರಿಸಿ ಸಂಸ್ಕರಣೆ)

6.1 ಸಣ್ಣ ಮತ್ತು ಮಧ್ಯಮ ಗಾತ್ರದ ಸಮುದಾಯಗಳಿಗೆ ಅನ್ವಯವಾಗುವ ಸಂಸ್ಕರಣೆ

ಪ್ರತಿ ವ್ಯಕ್ತಿಯಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿಯಾಗುವ	40 ಗ್ರಾಂ/ವ್ಯಕ್ತಿ/ದಿನ.
ಪ್ರತಿ ಲೀಟರ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಘನ	116 ಮಿಲಿ ಗ್ರಾಂ BOD/ಲೀಟರ್.
ಅಂದಾಜಿಸಬೇಕಾದ ಘನ BOD	3,400 ಮಿ.ಗ್ರಾಂ/ಲೀಟರ್.
ಸಂಸ್ಕರಣೆಯ ಸಮಯ ಅಂದಾಜಿಸಬೇಕಾದ ಅವಶ್ಯಕತೆ	2–3 ದಿನ

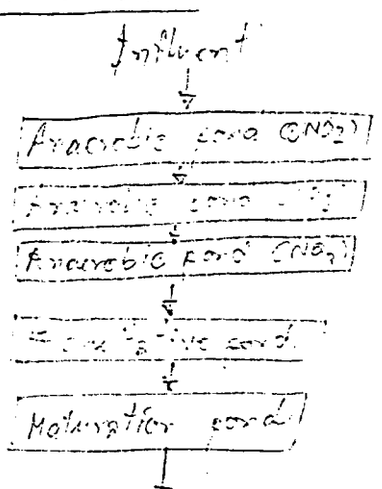
6.2 ಈ ಕೆಳಗಿನ ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಜನಸಂಖ್ಯೆಗೆ ಅಗತ್ಯವಿರುವ ಕೆರೆಯ ಗಾತ್ರವನ್ನು ಲೆಕ್ಕ ಹಾಕಿರಿ.

ಜನಸಂಖ್ಯೆ ಸಂಖ್ಯೆ (ವ್ಯಕ್ತಿ)	ಪ್ರತಿಯೊಬ್ಬರಿಂದ ಉತ್ಪತ್ತಿ (ಮಿ.ಲೀ/ದಿ)	ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಲೀಟರ್‌ನಲ್ಲಿರುವ ಘನ BOD (ಮಿ.ಗ್ರಾಂ/ಲೀ)
1000	40	116
2,500	100	289
5,000	200	578
10,000	400	1,156
15,000	600	1,734
21,000	840	2,428

6.3 ಸರಣಿ ಸಮಾನ. Anaerobic – ಆಮ್ಲಜನಕ pond.

ಸಂಸ್ಕರಣೆಯಲ್ಲಿ Anaerobic pond ಎಂದರೆ ಸಂಪೂರ್ಣವಾಗಿ Aerobic pond (Facultative pond ಅಥವಾ Maturation pond)

ಸಂಸ್ಕರಣೆ ಪ್ರಕ್ರಿಯೆ:



6.4 ಶೇಖರಣಾ ಕೊಳ BOD ಭಾರ ಮಿತಿಗಳು

Anaerobic pond surface loading = 4,000 ಕ್ಕೆ BOD/ha/d.

Facultative pond surface loading = 250 ಕ್ಕೆ BOD/ha/d

Final effluent on Facultative pond = < 100 mg/l/BOD

Maturation pond surface loading = 150 ಕ್ಕೆ BOD/ha/d

Final effluent on Maturation pond < 50 mg/l/BOD

ಆಳಗಳ ವಿವರ

Anaerobic pond 4.50 ಮೀ.

Facultative pond 3.00 ಮೀ

Maturation pond 0.90 ಮೀ

ಅಡ್ಡಳತೆಯ ಮಿತಿ

Anaerobic pond 3 ಮೀ

Facultative pond 2.50 ಮೀ

Maturation pond 1.50 ಮೀ

ಗಮನಿಸಬೇಕಾದ ಅಂಶಗಳು

ಸುತ್ತಳತೆ 3 ಮೀಟರ್

ಕಟ್ಟೋಣ 1:0.5

ಉದಾಹರಣೆ

(ಸಾಮಾನ್ಯವಾಗಿ ಕೊಳಚೆ ನೀರಿನಲ್ಲಿ BOD ಪ್ರಮಾಣ 300 mg/l ಇರುತ್ತದೆ, ಪ್ರತಿ ವ್ಯಕ್ತಿಗೆ ಸರಾಸರಿ ನೀರಿನ ಬಳಕೆ 135 ಲೀಟರ್)

1. Anaerobic pond

ಪ್ರಮಾಣ ಸಂಸ್ಕರಣೆಗೆ ಬೇಕಾಗುವ ಪ್ರದೇಶ 65%

1.1 Anaerobic pond:

- Surface loading 4000 ಕ್ಕೆ BOD/ha/d
- Load Influent 2500 ಕ್ಕೆ BOD/d
- ∴ Surface area $\frac{1,734}{4000}$ = 1.60 ha = 8,670 m²

square pond = 70.8 × 122.8

- depth = 3 m (assumed)
- BOD removed = 1,734 − 0.1 × 1,734 = 607 ಕ್ಕೆ BOD/d
- [illegible] = 70.5 × 123.8 = 434 [illegible]

1-2. An. aerobic pond ②

- Load Influent = 607 kg BOD/d.
- Surface loading = 2000 kg BOD/ha/d.
- Surface area = $\frac{607}{2000}$ = 0.304 ha
  = 3040 m²
  used 36.12 × 72.25 = 2610 m²
- BOD removal = 607 − 0.65 × 607 = 212 kg BOD/d
- detention time = $\frac{36.12 \times 72.25 \times 3}{600}$ = 13. d. OK.

1-3. An. aerobic pond ③

- Load Influent = 212 kg BOD/d.
- Surface loading = 2000 kg BOD/ha/d
- Surface area required = $\frac{212}{2000}$ = 0.106 ha
  = 1060 m²
  = 27 × 39.2 m
  used = 25 × 54 m ok ?
- BOD removal = 212 − 0.65 × 212
  = 74.2 kg BOD/d.
- detention time = $\frac{27 \times 54 \times 3}{600}$ = 7.29 day ok

2. Facultative Pond (No. ④)

- Load Influent = 94.2 ≃ 75 kg BOD/d
- Surface loading = 250 kg BOD/ha/d
- Surface area = $\frac{75}{250}$ = 0.30 ha
  = 3000 m²
  = 51 × 58.8 m. 21.7 × 92.8
  used = 51 × 102.
- ∴ detention time = $\frac{51 \times 102 \times 2.5}{600}$
  = 21.675 d

- check of.

eff. = $\frac{L_o - L_t}{L_o} \times 100$ = 75 %

assume 75% removal ∴ BOD outlet = 74.2 × 0.25 = 18.55 kg/d

9. Maturation pond (pond 5)

- Load influent = 18.5 kg BOD/d
  ≈ 20 kg BOD/d
- Surface loading = 150 kg BOD/ha d
- Surface area = $\frac{20}{150}$ = 0.134 ha
  = 1340 m²

Area = 0.5 × 83 = 3445.5 m²

detention time = $\frac{3445.5 \times 1.50}{600}$ > 0.5

= 8.61 day

- check BOD removal (Effluent)

$L_t = \frac{20}{1 + 0.5 \times 2.61}$

= 7.69 kg BOD/d.

< 20

OK

ස්ථාවර කලාපය සඳහා ගණනය කිරීමේ දී භාවිත කරන ලද සූත්‍රයන්හි අදාළ විස්තර
පහත දැක්වේ

ตารางที่ 1

ขนาดบ่อบำบัดน้ำเสียสำหรับฟาร์มสุกร

สำหรับเลี้ยงสุกร ขนาด,ตัว	ระยะของล้าบ ยาว, กว้าง		บ่อ (1)				บ่อ (2)				บ่อ (3)				บ่อ (4)				บ่อ (5)			
	ย	ก	ย1	ล1	ก1	ข1	ย2	ล2	ก2	ข2	ย3	ล3	ก3	ข3	ย4	ล4	ก4	ข4	ย5	ล5	ก5	ข5
1,000	87.00	66.00	54.00	35.00	26.00	7.00	31.00	12.00	21.00	2.00	23.00	4.00	21.00	2.00	28.00	11.50	32.00	15.50	28.00	16.50	18.00	6.50
2,500	111.00	88.00	73.00	54.00	36.00	17.00	45.00	26.00	26.00	7.00	31.00	12.00	26.00	7.00	40.00	23.50	49.00	32.50	40.00	28.50	20.00	8.50
5,000	132.00	110.00	83.00	64.00	48.00	29.00	48.00	29.00	37.00	18.00	50.00	31.00	24.00	5.00	50.00	33.50	62.00	45.50	50.00	38.50	30.00	18.50
10,000	170.00	147.00	111.00	92.00	69.00	50.00	69.00	50.00	47.00	28.00	66.00	47.00	32.00	13.00	66.00	49.50	81.00	64.50	66.00	49.50	41.00	24.50
15,000																						
21,000																						

6.3 ...

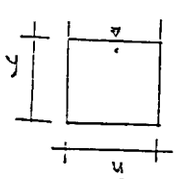
...

...	...	...
1. ...	0.10	0.163
2. ...	40	61.35
3 n	0.015	0.015
4. S	0.0015	0.0015

...

$$Q = \frac{1}{n} A R_h^{2/3} S^{1/2}$$

1) ... $y = 0.40$ m.



$\therefore A = 0.40 \times 0.40 = 0.16$

$R_h = \frac{0.40 \times 0.20}{3 \times 0.40} = 0.134$

$\therefore Q = \frac{1}{0.015} (0.16)(0.134)^{2/3} (0.0015)^{1/2}$

$Q = 0.1078$ m^3/s ... ...

2) ... $y = 0.50$ m.

$A = 0.50 \times 0.50 = 0.25$ m^2

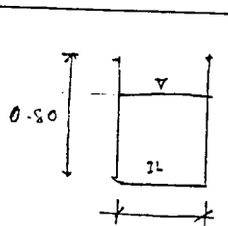
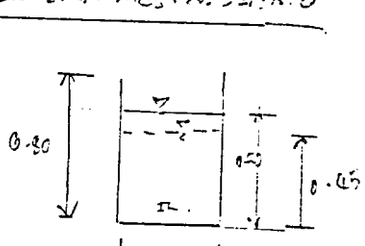
$R = \frac{0.50 \times 0.50}{3(0.50)} = 0.167$

$R^{2/3} = 0.3028$

$\therefore Q = \frac{1}{0.015} (0.25)(0.3028)^{2/3} (0.0015)^{1/2}$

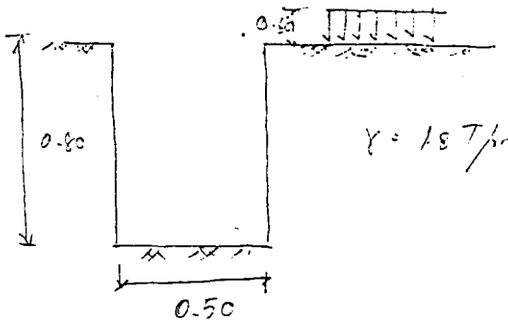
$= 0.195 > 0.163$ ...

3) ...

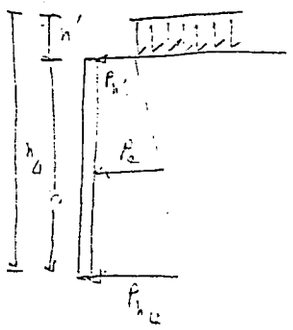
...	...
	

6.4

1.



Section showing dimensions



from small dam (case 3)

Cal $h_1' = 0.6$ m

$\beta = 0$

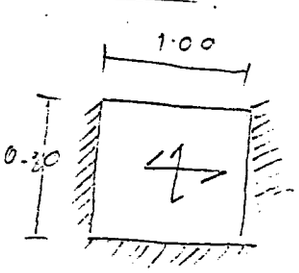
$\phi \approx 45°$ $\therefore k \simeq 0.165$

$\therefore p_{h_1}' = k\gamma h_1' = 0.165 \times 1.8 \times 0.6 = 0.178$ Ton/m²

$p_{h_2} = k\gamma h_2 = 0.165 \times 1.8 \times 1.4 = 0.415$ Ton/m²

$\therefore p_q = \left(\frac{p_{h_1}' + p_{h_2}}{2}\right) = 0.296$ Ton/m²

DESIGN (Design for 1 m)



assume $t = 0.15$ m

Weight of concrete = 360 kg/m²

Two-way slab $M = CwS^2$

$\therefore w = 596 + 360 = 956$ kg/m²

$m = \frac{S}{L} = \frac{0.8}{1} = 0.8$

$C^- = 0.055$

$C^+ = 0.041$

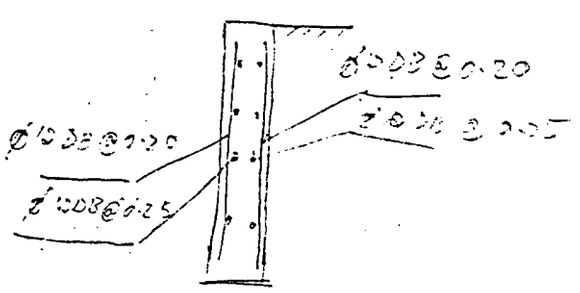
(Select Max. Coeff.)

$\therefore M^- = 0.055 \times 6200 \times 0.8^2$

$= 221.75 < 300$ kg-m

$A_S = \frac{M}{f_s j d} = \frac{30^0}{1200 \times 0.83 \times 0.13}$

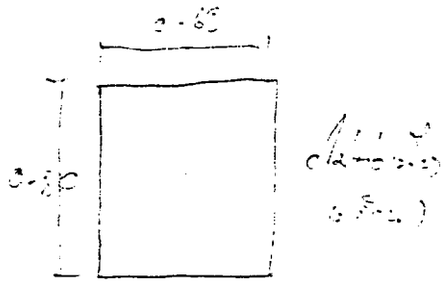
$= 2.21$ cm²/m.



Use - الحديد الرئيسي Φ10 DB @ 0.20 (As = 5.45 cm²/m)

- حديد التوزيع Φ10 DB @ 0.25 (As = 4.52 cm²/m)

Reinforcement details of Cantilever wall

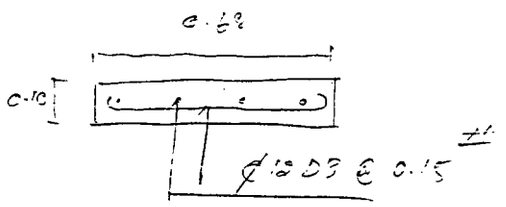


$m = \frac{0.65}{0.35} = 0.54$

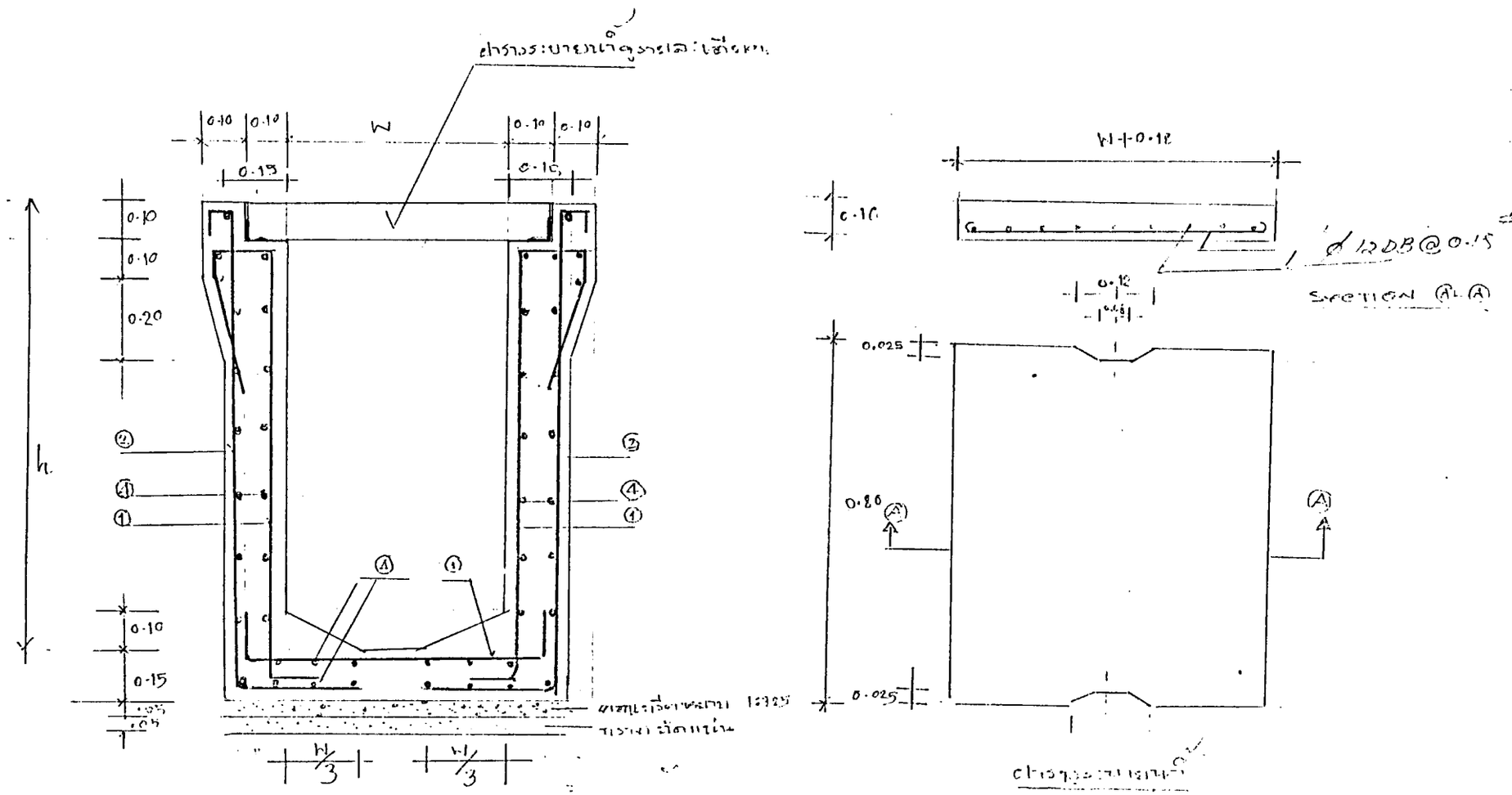
$C^- = 0.62$

$C^- = 0.11$

C للبعد الأقصر

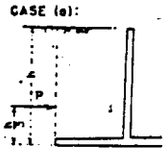


Detail


0.10
0.10
0.20
0.10
0.15
0.05
h
W
0.10
0.10
0.15
0.10
W/3
W/3
0.10
W+0.10
0.12
0.025
0.80
0.025
Section A-A

(17)

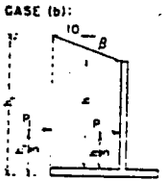
CASE (a):



$P = K \frac{wh^2}{2}$

where K is obtained from chart below, for β is 0 and w is the weight of backfill in lbs per cubic foot

CASE (b):

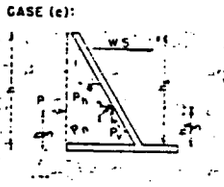


$P = K \frac{wh^2}{2}$

$P_1 = K \frac{wh_1^2}{2}$

where K is obtained from chart below, for $\beta > 0$

CASE (c):



P same as for case (a)

$P_h = K \frac{wh^2}{2}$

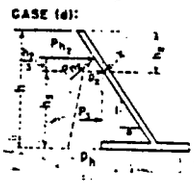
where K is obtained from chart below, for appropriate value of e

$P_h = \frac{P_n}{\sqrt{1+e^2}}$

$P_v = \frac{eP_n}{\sqrt{1+e^2}}$

If stem is subjected to hydrostatic load on the channel side, assume fill has shrunk away from wall and check stem design for hydrostatic load only, using allowable steel stress of 1.4 f_s

CASE (d):



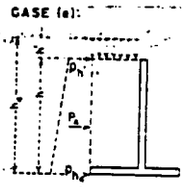
P_{h_2} and P_{h_1} computed above point x as in case (c)

$P_3 = \left(\frac{p_s + p_h}{2}\right) h_3$ where

$p_s = K\,wh_2$ and $p_h = K\,wh$

P_3 is applied at $\frac{h_3}{3}\left(\frac{2p_s + p_h}{p_s + p_h}\right)$ above base

CASE (e):



For uniform surcharge, convert to equivalent height of fill h'

Then $P_s = \left(\frac{p_{h_s} + p_{h'}}{2}\right) h$ where

$p_{h_s} = K\,wh_s$ and $p_{h'} = K\,wh'$

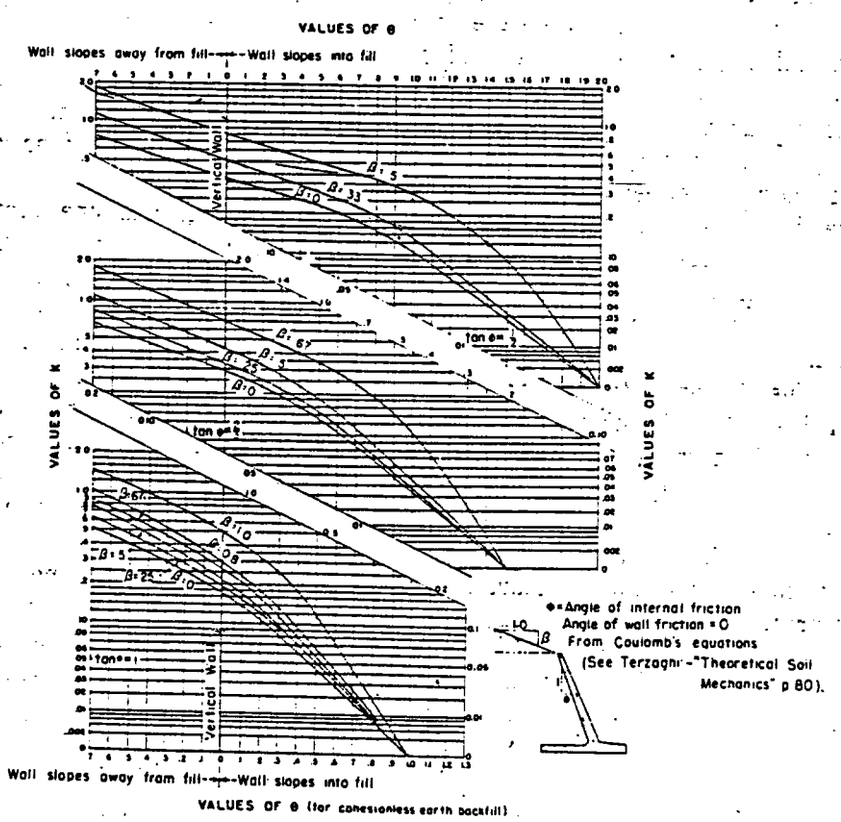
P_s is applied at $\frac{h}{3}\left(\frac{2p_{h'} + p_{h_s}}{p_{h'} + p_{h_s}}\right)$ above base.

NOTE: For fully saturated pervious backfill or backfill retaining water:

Vertical unit weight = unit weight of dry fill plus 62.5 lbs per cu ft x percent of voids in the fill

Horizontal unit pressure p = full hydrostatic pressure plus 0.4 of dry equivalent fluid pressure.

EARTH PRESSURES ON RETAINING WALLS



φ = Angle of internal friction
Angle of wall friction = 0
From Coulomb's equations
(See Terzaghi-"Theoretical Soil Mechanics" p 80).

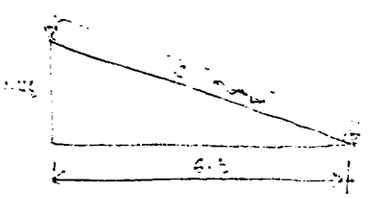
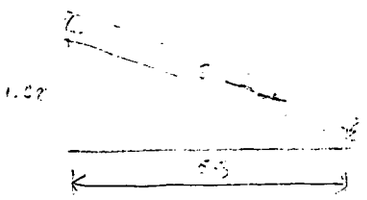
Active pressure coefficients for earthfill loads on walls

Figure C–1. Earth pressures on retaining walls. 288–D–2892.

6.5 مسائل - مناقشة - مسودة 2019/20

1) مسائل

1. مسألة مسودة مراجعة

مسألة: تصميم مجرى مفتوح	مسألة: تصميم مجرى مفتوح
المعطيات	**المعطيات**
1) Q_{design} = 0.05 m^3/s	1) Q_{design} = 0.142 m^3/s
2) مواد التبطين:	2) مواد التبطين:
3) ميل القاع:	3) ميل القاع:
$S = \frac{1.43}{6.5}$ = 0.0033 أو 0.33%	$S = \frac{1.03}{6.5}$ = 0.0158 أو 1.58%
	
$1-\phi$ = 0.35	$1-\phi$ = 0.30
n = 0.015	n = 0.025
الحل: نفرض أن S = 0.20	**الحل:** نفرض أن S = 0.20
نفرض ابتدائيا أن $V_{design} < 0.8$ m/s	$V_{design} < 0.4$ m/s
Q_{full} 9 m^3/s	Q_{full} 6 m^3/s
$\frac{Q_{act}}{Q_{full}} = \frac{0.05}{9} = 0.017$	$\frac{Q_{act}}{Q_{full}} = \frac{0.142}{6} = 0.0237$
$\frac{V_{act}}{V_{full}}$ = 0.39	$\frac{V_{act}}{V_{full}}$ = 0.05
$\frac{d}{D}$ = 0.330	$\frac{d}{D}$ = 0.11
$\therefore V_{act} = > 0.936$ m/s	$V_{act} = > 1.03$ m/s
d = 19.80 cm	d = 9 cm
الحل	**الحل**

2.) [illegible]

[illegible]

2.1 [illegible] (Equivalent Circuit)

2.1.1 [illegible] 0.5 [illegible]

2.1.2 [illegible] 0.63 [illegible]

2.2 [illegible]

Resistance: Equivalent

σ = 0.00000[illegible]

x_0 : [illegible] (%)

C = [illegible]

I = [illegible]

A = [illegible]

2.3 [illegible]

2.3.1 $H_f = [illegible]$ (0.[illegible])

2.3.2 $H_{fm} = [illegible]$ (= 0.85)

2.3.3 $H_b = [illegible]$ (= 0.30)

2.3.4 $H_{ex} = [illegible]$ (Kex = 1)

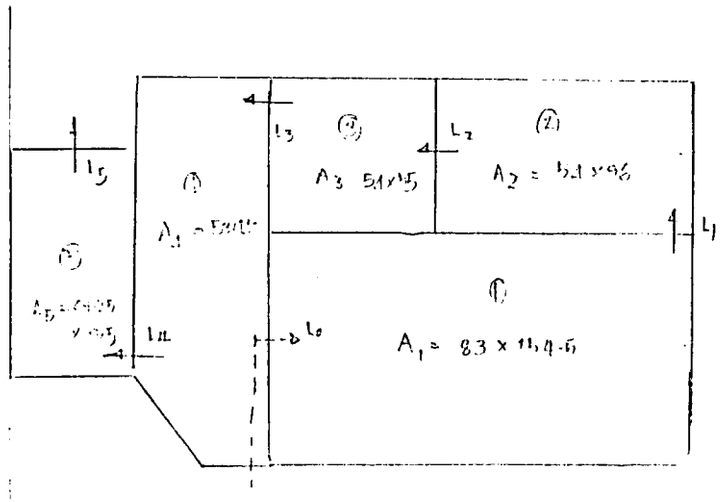
2.3.5 [illegible]

2.4 [illegible]

2.4.1 [illegible]

2.4.2 [illegible]

PLAN showing A



Assuming final head = 0.40 m.

Table A-1 Calculation of ΣK_d (Calculation of ΣK_d for different combinations)

NO.	Q in m^3/s	Size C1A	$K_d = \Sigma(1 + m^2 K_R)$	Remark
1	0.10	0.295	0.385	$h_f = 0.1A$
2	-	0.115	0.500	$= \frac{1 \times 2.0 A}{1000 \times 3600}$
3	-	0.066	0.566	
4	-	0.111	0.949	$= 2.24 \times 10^{-5} A$
5	-	0.099	0.816	

Calculation for final

Select 1- ϕ 800 mm (A = 0.503 m^2) , L = 12.0 m

Check Head loss

At point ⑤ Q = 0.214 m^3/s

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.214}{0.503} = 1.03$ m/s

⑤ $H_f = 0.015 \times 12 \frac{(1.03^2)}{0.80} \frac{}{2 \times 9.81} = 0.0203$ m

⑥ $H_{pri} = 0.01 \times \frac{(1.03)^2}{2 \times 9.81} = 0.0$

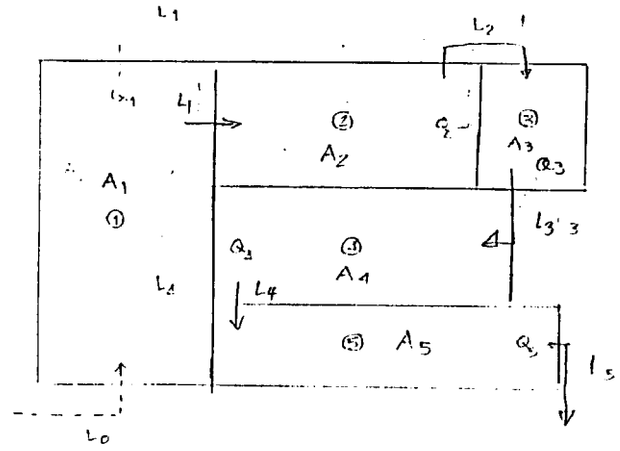
⑦ $H_b = 0.30 \times \frac{(1.03)^2}{2 \times 9.81} = 0.031$ m

⑧ $H_{ex} = 1 \times \frac{(1.03^2)}{2 \times 9.81}$ m = 0.107

Total Head loss = 0.0203 + 0.031 + 0.107 = 0.162 < 0.40 m

ok

รายละเอียดการคำนวณ ตารางที่ B



แผนผังระบายน้ำตารางที่ A

A_1 = 26 × 180.5

A_2 = 61.5 × 111.5

A_3 = 61.5 × 53.5

A_4 = 26.25 × 130.25

A_5 = 41.5 × 149

ตารางที่ B-1 แสดงผลการคำนวณปริมาณน้ำ (Q) ที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำแต่ละช่วง

No.	Q_m (ม.³/ว.)	$Q_k = CIA$	$Q_d = \xi(Q_{m\text{-}1} + Q_k)$	หมายเหตุ
1	0.163	0.385	0.548	$Q_k = CIA$
2	-	0.152	0.700	$= 2.23 \times 10^{-3} A$
3	-	0.073	0.773	
4	-	0.203	0.976	
5	-	0.136	1.112	

แสดงการคำนวณปริมาณน้ำฝนที่ไหลผ่านท่อระบายน้ำแต่ละช่วง

Select 1-ท่อ mm ($A = 0.503$ ม.²), $L = 1.0$ ม.

Check Head loss ที่ point ⑤

$Q = 0.926$ ม.³/ว.

$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.926}{0.503} = 1.84$ ม./ว.

① $H_f = 0.015 \times \frac{1.0}{0.50} \times \frac{1.84^2}{2g} = 0.053$ ม.

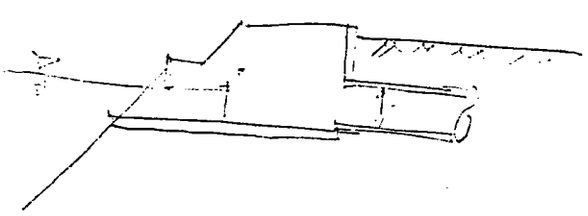
② $H_{ex} = 0.05 \times \frac{1.84^2}{2g} = 0.010$ ม.

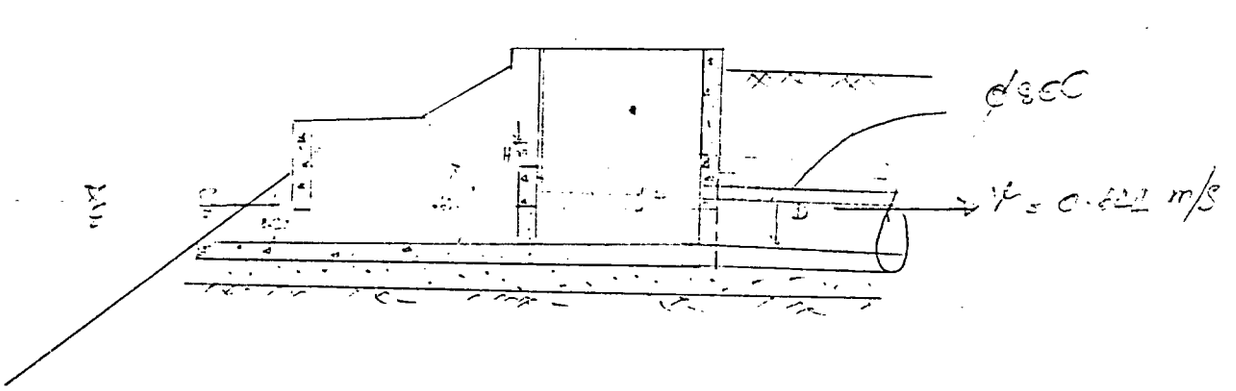
③ $H_b = 0.30 \times \frac{1.84^2}{2g} = 0.052$ ม.

④ $H_{ex} = 1.0 \times \frac{1.84^2}{2g} = 0.173$ ม.

Total Head loss = 0.288 ม. = 0.30 < 0.40 ม. OK.

3)





$$\mu = \mu_{e.n} + \mu_f + \mu_p$$

DATA ϕ 800 mm

L 1.5 m.

$\therefore$ ① $\mu_f = 0.015 \times \frac{1.5}{13} \times \frac{0.800^2}{2g} = 0.0004$ m.

② $\mu_{eh} = 0.5 \times \frac{0.800^2}{2g} = 0.001$ m.

③ $\mu_v = \frac{v^2}{2g} = 0.01356$ m.

$\therefore$ $\mu = 0.0352$ m ตอบ

Height 2 m above ground.

$$Q = 1.83\ b\ \mu_w^{3/2}$$

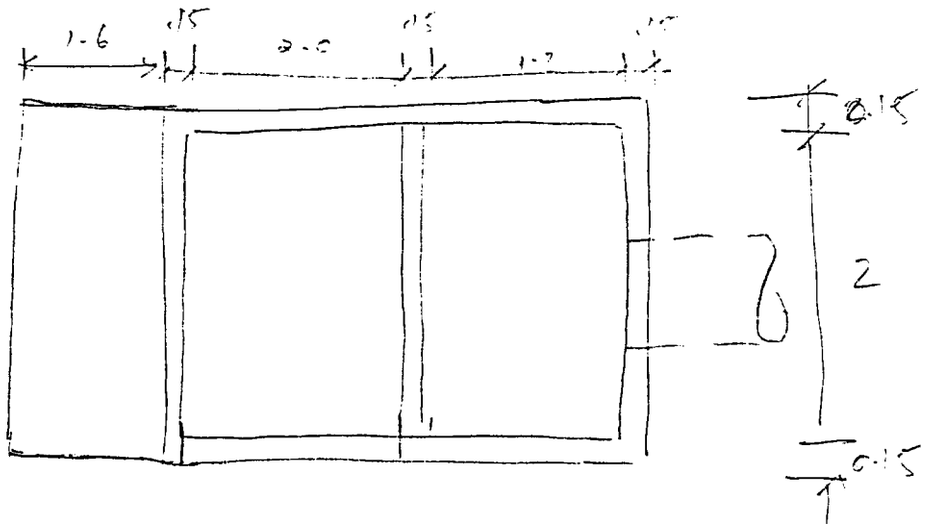
$$0.143 = 1.83\ (2.)\ \mu_w^{3/2}$$

$$\mu_w^{3/2} = 0.01311$$

$$\mu_w = 0.13045 \text{ m.}$$

$\therefore$ $0.60 + \mu_w = 0.65$ < 0.80 ตอบ

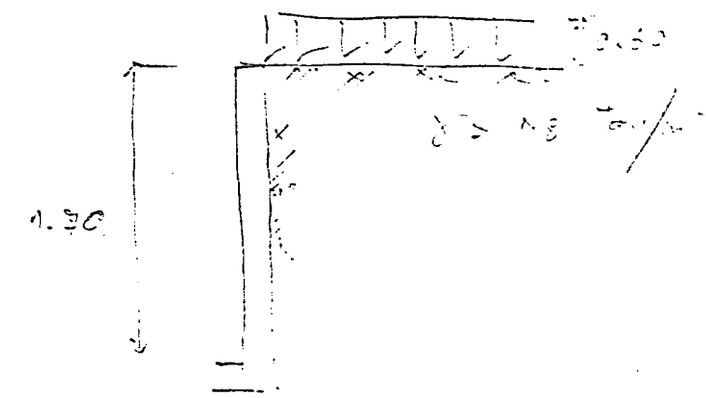
③ Design Structure

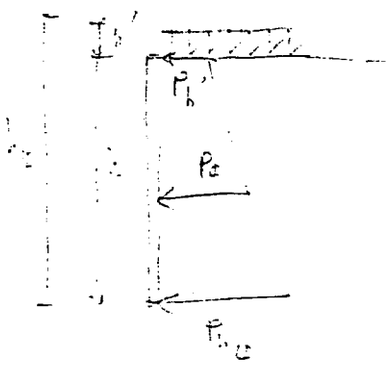


Plan

Design

3.1 Earth Pressure at Rest





Earth pressure at depth z:

Assume: $\gamma_t' = 0.5$ m

$\beta = 0$

$\phi = 25^\circ$ ∴ $K_o \approx 0.58$

∴ $P_h' = K_o \gamma_t' z = 0.58 \times 0.5 \times 1.50$

$= 0.1462$ Ton/m²

$P_{h2} = K_o \gamma_t z = 0.58 \times 1.5 \times 1.50$

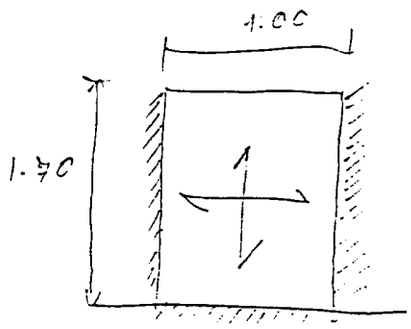
$= 0.6381$ Ton/m²

$P_2 = \frac{P_{h2} + P_h'}{2}$

$= 0.3922$ Ton/m²

Wall Design as Slab

Design strip $b = 1$ m



$m = \frac{1}{1.50} = 0.60$

$C^+ = 0.052$

$C^- = 0.069$

(Moment Coef. Table)

Design Two-way Slab

Assume $t = 0.15$

Moment = 62 kg/cm

$M^- = C w s^2$

$= 0.069 \times 430 \times 1^2$

$= 29.67$ kg-m/m

$A_s^- = \frac{29.67}{1500 \times 0.85 \times 0.12}$

$= 1.85$ cm²/m

Use Φ12 @ 0.25 m

(As = 4.89 cm²/m)

Check deep beam

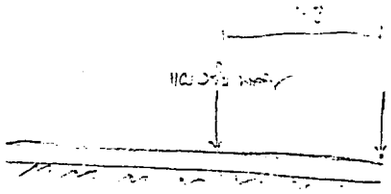
$\frac{L}{b} = \frac{2}{0.15} = 13.34 < 30$ ไม่ใช่ deep beam

$A_S = \frac{M}{f_s j d} = \frac{136.67}{1500 \times .892 \times .95} = 0.10252$ ตร.ม.

CL use $4-\phi 12$ DB

$4-\phi 10$ DB

3.5. Bottom slab



Load wall = 615 กก./ม.

น้ำหนักตัวเอง = 438 กก./ม.

น้ำหนักดิน = $0.6 \times 1.5 \times 1000$

= 6300 กก.

$\therefore \Sigma V = (615+438) \times 2500$

= 6388 กก.

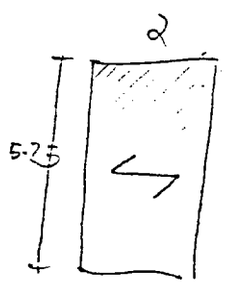
Height of slab = $5.25 \times .15 \times 2400$

= 3780 กก.

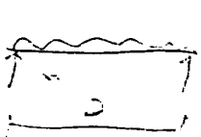
ΣV load = 3780 − 6388

= 10,168 กก.

$\therefore$ unit area wt = $\frac{10,168}{5.25 \times 2} = 1.16$ ตัน/ม.^{2}



$m = \frac{2}{5.25} = 0.38$



Design one-way slab

$M = 1.16 \times 500$ กก./ม.^{2}

$M = \frac{1}{8} w l^2 = \frac{1}{8} \times 1.16 \times 500 \times 2^2$ ม.

= 580 กก.-ม./ม.

$A_S = \frac{M}{f_s j d} = \frac{580}{1500 \times .892 \times .13}$

= 3.33 ซม.^{2}/ม.

use $\phi 10$ DB @ 0.20 c/c

($A_S = 3.93$ ซม.^{2}/ม.)

OK

Design of Retaining Wall

Data Given

f_{ck} = 25 kg/cm²

f_y = 4200 kg/cm²

γ = 1.8 t/m³

ϕ = 30°

μ = 0.45

q_a = 15 t/m²

Required Soil Pressure

f_{ck} = 65 kg/cm²

q_a = 1500 kg/cm²

γ = "

ϕ = 15.42°

μ = 0.45

K_a = 0.589

1. Proportioning of Retaining Wall

Assume K_a = 0.333

P_a = 0.5 × 0.333 × 1.8 × 5.0² × 1.0

= 0.5 × 0.333 × 1.8 × 25 × 1.0

= 7.49 t

Assume Overturning Moment about toe

M_o = 7.49 × 5.0/3 = 12.48 t-m

Assume Factor of Safety against Overturning = 2.0

Required Resisting Moment = 2.0 × 12.48 = 24.96 t-m

2
2.0
1.0

0.45
0.05

2.0

[illegible]

[illegible]

1. [illegible] = 150 kg/sqm

2. [illegible]

[illegible] 10 kg/sqm

3. [illegible]

(i) [illegible]

[illegible] 250 mm = 0.25 kg

[illegible] 500 mm = 500 kg

[illegible]

1) [illegible] 300 dia. [illegible]

∴ [illegible] = 500 × 10 = 5000 kg

Safe bearing load = 0.5 kg/sqcm

∴ [illegible] 5000 kg [illegible]

$= \frac{5000}{0.50} = 10000 \text{ cm}^2$

$= 1.0 \text{ m}^2$

[illegible] = 1 × 1.0 = 1.0 m²

∴ [illegible] = 1.0 × 10,000 × 0.5

= 6000 kg > 5000 kg

2) [illegible]

Take t = 0.15 m

[illegible] 1 sqm

Load Concrete = 0.15 × 1 × 2400

= 360 kg/sqm

Σ load = 6000 + 360 = 6360

= 6.36 kg/sqcm

From, P = C m B²

M = 0.023 × 6360 × 1² = 146 kg-m

M = 0.045 × 6360 × 1² = 286 kg-m

$$A_s = \frac{M_u}{f_y j d} = \frac{\text{[illegible]}}{1000 \times 0.9 \times 0.9} = \text{[illegible]}$$

ϕ [illegible] @ [illegible] c/c

BT 17146

ศูนย์ความรู้ (ศคร.)
BT17145