การเตรียมความพร้อมเพื่อขอรับใบอนุญาต ประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุมระดับวุฒิวิศวกร สาขาวิศวกรรมโยธา

งานโครงสร้าง
(งานออกแบบและคำนวณ)

ศาสตราจารย์ ดร.ทักษิณ เทพชาตรี
อนุกรรมการ สาขาวิศวกรรมโยธา

16 พฤศจิกายน 2566

งานออกแบบและคำนวณ
(กฎกระทรวง)

การใช้หลักวิชาและความชำนาญ เพื่อให้ได้มาซึ่งรายละเอียดในการก่อสร้าง (การสร้าง,การผลิต การวางผังโรงงานและเครื่องจักร) โดยมีรายการคำนวณ แสดงเป็นรูปแบบข้อกำหนด หรือประมาณการ

งานออกแบบและคำนวณ ที่เป็นผลงานดีเด่น

1. ใช้ความรู้เชิงวิชาการและเทคโนโลยี และใช้ความรู้ความชำนาญ เพื่อ

   1.1 ทำแบบรายละเอียดการก่อสร้าง

   1.2 บริหารจัดการงานออกแบบว่าด้วย รายการคำนวณ รูปแบบ และข้อกำหนด

   1.3 แก้ไขอุปสรรคต่าง ๆ (หากมี) ในระหว่างการก่อสร้าง และการดำเนินงาน

2. เป็นผลงานที่ประสบความสำเร็จลุล่วงดี และมีความโดดเด่น
3. เป็นผลงานที่แสดงถึงความรู้ ความสามารถ ความชำนาญการเฉพาะทาง สามารถนำเป็นแบบอย่าง และถ่ายทอดสู่สังคมได้
4. อื่น ๆ

ตัวอย่างที่ 1

1. ข้อมูลโครงการ

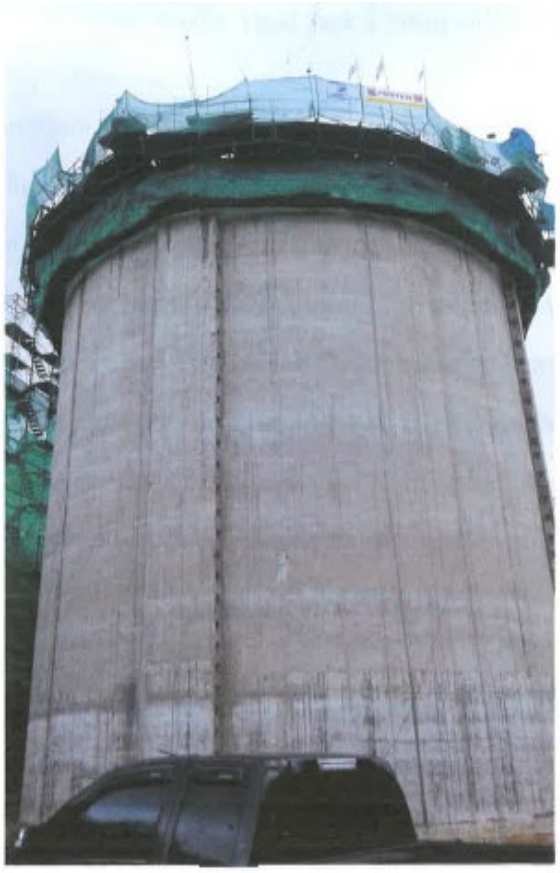
1.1 โครงการก่อสร้างถังเก็บน้ำ Dia. 20 m Height 25 m

1.2 สถานที่ก่อสร้าง

1.3 มูลค่าการก่อสร้าง

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

1.5 อื่น ๆ



2. ตำแหน่งหน้าที่

2.1 ผู้ออกแบบและคำนวณระบบอัดแรงภายหลังโครงสร้างผนังอ่างเก็บน้ำ (ระบุเฉพาะงานที่ตนรับผิดชอบ กรณีมีผู้ร่วมงาน ให้ระบุรายชื่อผู้ร่วมงานด้วย)

2.2 ผู้ประสานงานวางแผนงานก่อสร้างระบบอัดแรง

2.3 ผู้ประสานงาน ดูแล และควบคุมงานก่อสร้างระบบอัดแรง

3. งานวิเคราะห์และออกแบบ

3.1 มาตรฐานอ้างอิง

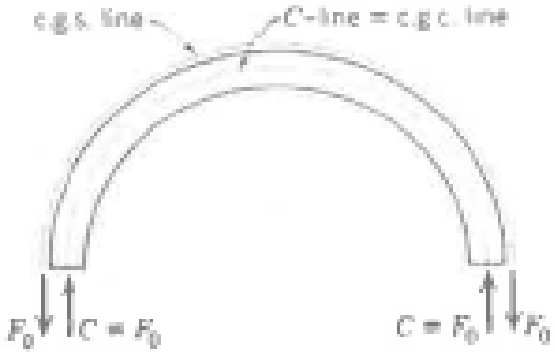
- ACI 318-02 Building Code Requirements for Structural Concrete

- ACI 350R-01 Environmental Engineering Concrete Structures

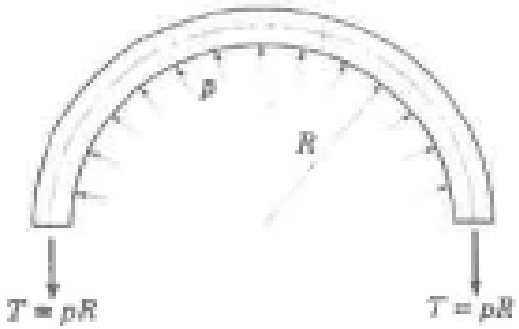
- ACI 373R-97 Design and Construction of Circular Prestressed Concrete Structures with Circumferential Tendons

3.2 หลักการออกแบบและคำนวณ

1. ระบบอัดแรงในแนวเส้นรอบรูปของผนังช่วยต้านทานหน่วยแรงดึงที่เกิดจากแรงดันน้ำขณะใช้งาน



(a) Due to Prestress F_0



(b) Due to Internal Pressure p

3.2 หลักการออกแบบ (ต่อ)

2. ระบบอัดแรงในแนวดิ่ง ช่วยต้านทานหน่วยแรงดึงที่เกิดจากโมเมนต์ดัดในผนัง อันเนื่องมาจากแรงดันน้ำขณะใช้งานและแรงกระทำด้านข้าง

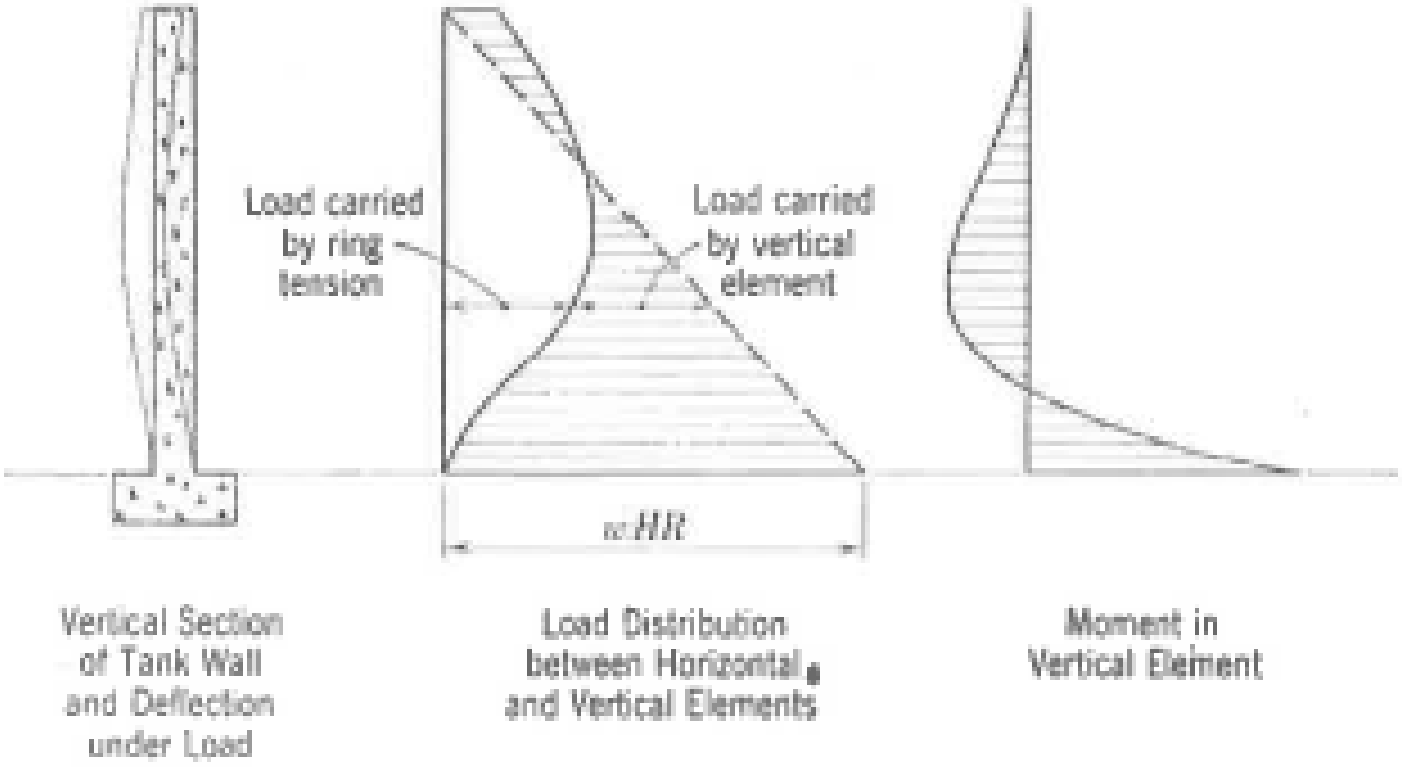


Fig. 13-4. Moment and deflection in vertical element of tank wall.

3.2 หลักการออกแบบ (ต่อ)

3. เหล็กเสริมในผนังคอนกรีต

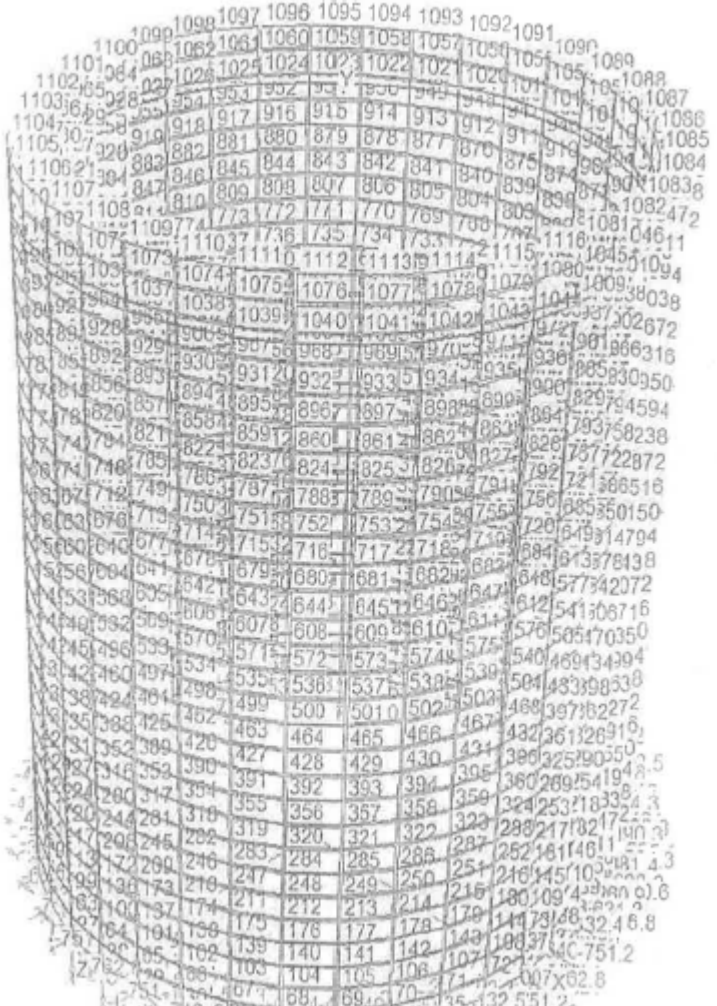
3.1 ทำหน้าที่รับน้ำหนักของผนังขณะทำการก่อสร้าง โดยคำนึงถึงขั้นตอนการก่อสร้างระบบ Slip Form

3.2 ป้องกันรอยแตกของผนัง เนื่องจากการหดตัว

3.3 วิธีการวิเคราะห์

วิเคราะห์ด้วย Finite Element Method โดยพิจารณา 2 สภาวะ

1. สภาวะใช้งาน เมื่อมีน้ำกักเก็บเต็มถัง
2. สภาวะขณะก่อสร้าง และ/หรือ ถังเปล่า เมื่อมีแรงอัดจากระบบอัดแรงในแนวเส้นรอบรูป



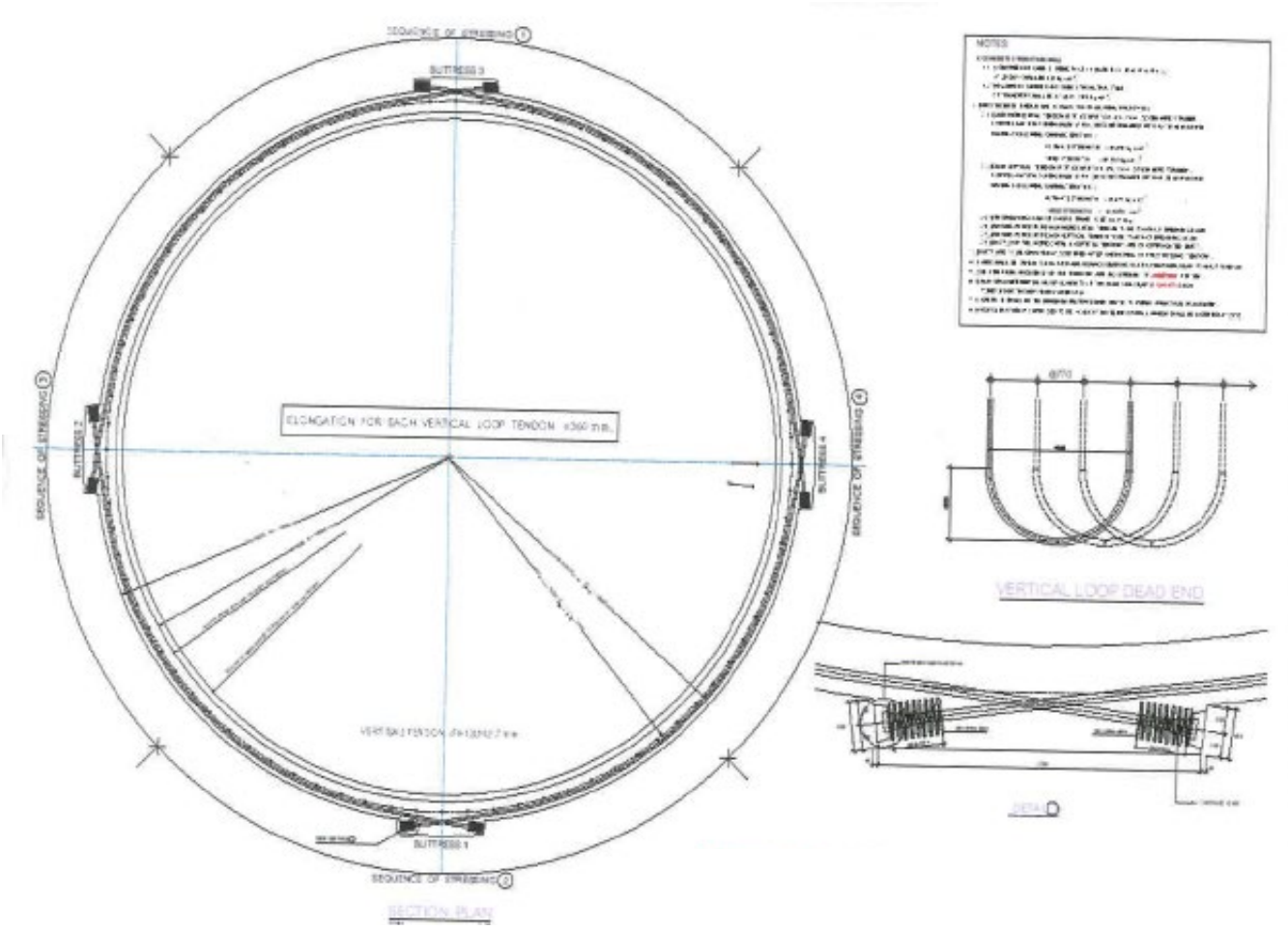
3.4 นำผลการวิเคราะห์คำนวณจำนวนลวดอัดแรง

HEAD TANK Dia.20.00 m. Height 25.00 m. ✓ Date 06-05-2558
Wall thickness 0.60 m.
Liquid Water Density 1000 kg. per cu.m.

Elevation (m)		Interval (m)	Sx (ksc)	Force (ton)	Tendon (No.@.m.)	Hy.Press (kg/m2)	Tension (ton)	Sx,h (ksc)	Sx+10 (ksc)	Force+10 (ton)	Sx,h+10 (ksc)
25.000	0.000		-0.94						9.06		
24.138	0.862	0.862	-0.20	-1.03		862	7.65	1.48	9.80	50.69	11.48
23.276	1.724	0.862	0.60	3.10		1724	15.31	2.96	10.60	54.82	12.96
23.000	2.000	0.276	0.86	1.42		2000	5.69	3.43	10.86	17.98	13.43
22.414	2.586	0.586	1.53	5.38		2586	15.61	4.44	11.53	40.54	14.44
21.552	3.448	0.862	2.70	13.96		3448	30.61	5.92	12.70	65.68	15.92
20.690	4.310	0.862	4.06	21.00		4310	38.27	7.40	14.06	72.72	17.40
19.828	5.172	0.862	5.54	28.65		5172	45.92	8.88	15.54	80.37	18.88
18.966	6.034	0.862	7.08	36.62		6034	53.57	10.36	17.08	88.34	20.36
18.103	6.897	0.863	8.64	44.74		6897	61.31	11.84	18.64	96.52	21.84
17.241	7.759	0.862	10.20	52.75		7759	68.89	13.32	20.20	104.47	23.32
16.379	8.621	0.862	11.73	60.67		8621	76.54	14.80	21.73	112.39	24.80
15.517	9.483	0.862	13.26	68.58		9483	84.20	16.28	23.26	120.30	26.28
14.655	10.345	0.862	14.79	76.49		10345	91.85	17.76	24.79	128.21	27.76
13.793	11.207	0.862	16.32	84.41		11207	99.50	19.24	26.32	136.13	29.24
12.931	12.069	0.862	17.85	92.32		12069	107.16	20.72	27.85	144.04	30.72
12.069	12.931	0.862	19.38	100.23		12931	114.81	22.20	29.38	151.95	32.20
11.207	13.793	0.862	20.91	108.15		13793	122.46	23.68	30.91	159.87	33.68
10.345	14.655	0.862	22.44	116.06		14655	130.12	25.16	32.44	167.78	35.16
9.483	15.517	0.862	24.17	125.0b		15517	137.77	26.64	34.17	176.73	36.64
8.621	16.379	0.862	26.01	134.52		16379	145.42	28.12	36.01	186.24	38.12
7.759	17.241	0.862	27.95	144.56		17241	153.08	29.60	37.95	196.28	39.60
6.897	18.103	0.862	29.99	155.11		18103	160.73	31.08	39.99	206.83	41.08
6.034	18.966	0.863	31.93	165.33		18966	168.59	32.56	41.93	217.11	42.56
5.172	19.828	0.862	33.35	172.49		19828	176.04	34.04	43.35	224.21	44.04
4.310	20.690	0.862	33.35	172.49		20690	183.70	35.52	43.35	224.21	45.52
3.448	21.552	0.862	31.11	160.90		21552	191.35	37.00	41.11	212.62	47.00
2.586	22.414	0.862	25.40	131.37		22414	199.00	38.48	35.40	183.09	48.48
1.724	23.276	0.862	16.01	82.80		23276	206.66	39.96	26.01	134.52	49.96
0.862	24.138	0.862	4.68	24.20		24138	214.31	41.44	14.68	75.92	51.44
0.000	25.000	0.862	-2.17	-11.22		25000	221.96	42.92	7.83	40.50	52.92

3.5 ทำรายละเอียดแบบก่อสร้าง

1. การติดตั้งลวดอัดแรงแนวเส้นรอบรูป



2. การติดตั้งลวดอัดแรงแนวดิ่ง

2.1 ระบบ Onion Dead End

เป็นระบบที่ใช้กันทั่วไป มีข้อเสีย

ก. ต้องฝังลวดก่อนจำนวนมาก

ข. ต้องมีนั่งร้านค้ำยัน

ได้นำเสนอระบบ Loop Dead End

2.2 ระบบ Loop Dead End

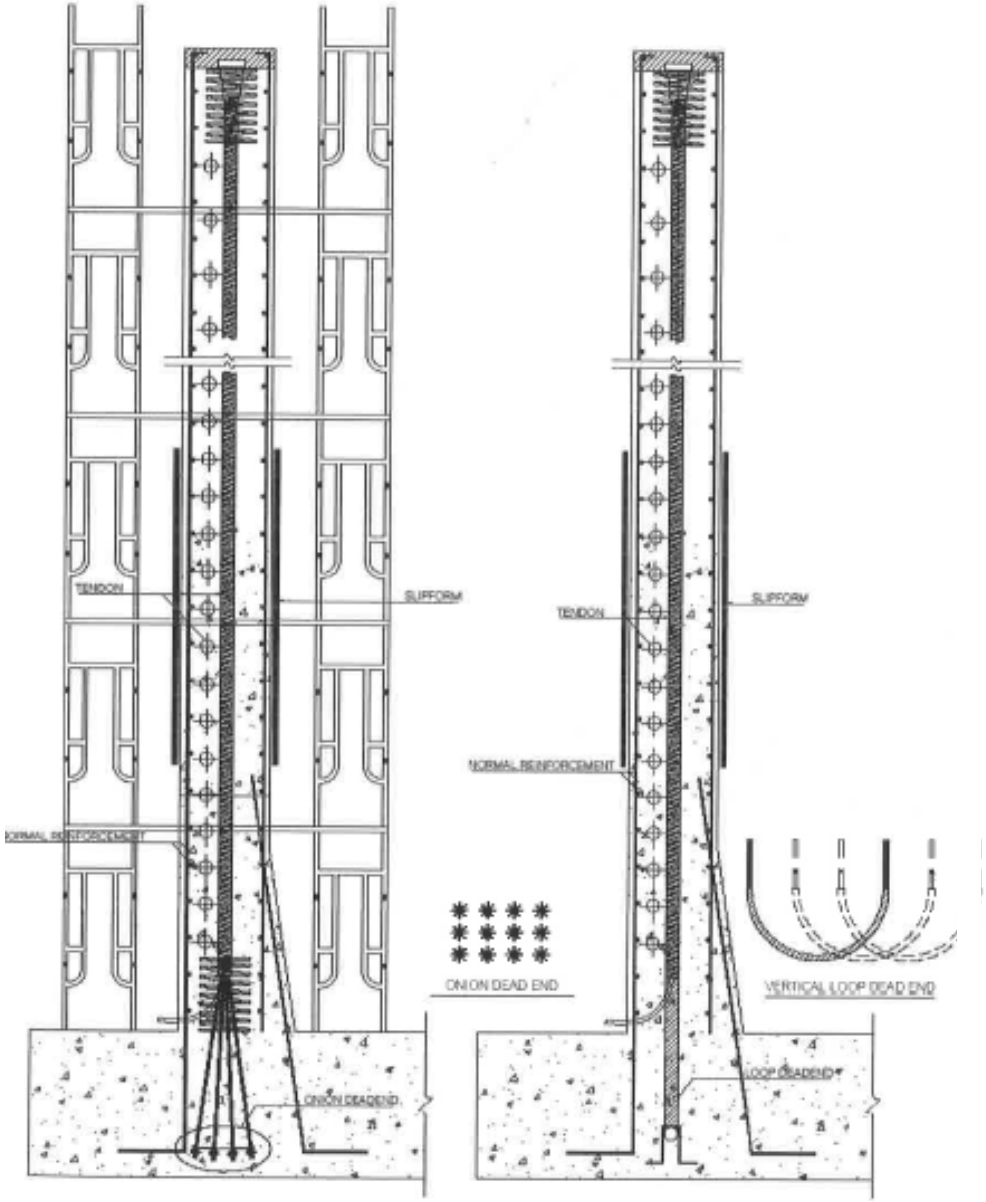
มีข้อดี

ก. ฝังเฉพาะท่อ Sheath ในฐาน

คอนกรีตก่อน

ข. ต่อท่อทีละส่วนภายหลัง

ค. เทคอนกรีตเสร็จ จึงค่อยร้อยลวด



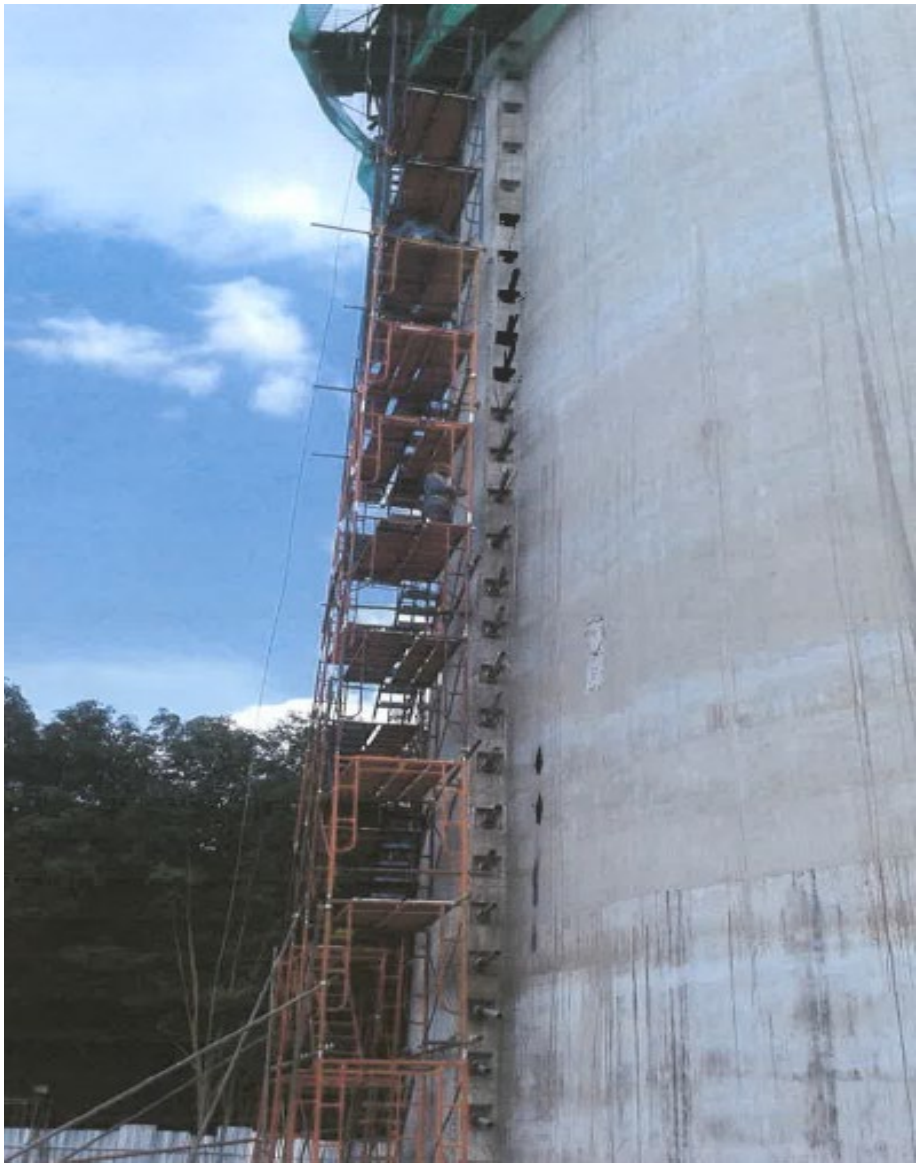
ก. Onion Dead End ข. Loop Dead End

4. งานติดตั้ง Loop Dead End

ภาพแสดงการติดตั้ง Loop Dead End ในส่วนพื้นของฐานผนังคอนกรีต

ภาพแสดงท่อ Sheath ของลวดอัดแรงแนวดิ่งกับ Loop Dead End

5. งานเทคอนกรีต และติดตั้งลวดอัดแรงแนวเส้นรอบ



โครงการก่อสร้างถังเก็บน้ำได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ และใช้งานได้โดยสมบูรณ์ดีจนถึงปัจจุบัน

6. ปัญหาอุปสรรค

1. การรั่วของท่อ Sheath ที่จะทำให้น้ำปูนเข้าไปอุดตัน

   แก้ปัญหาล่วงหน้า โดยทำการตรวจเช็คด้วยการใช้รอกชักตรวจสอบ และแก้ไขการอุดตันอย่างต่อเนื่องตลอดเวลาขณะเทคอนกรีตจนจบ

2. การร้อยลวดอัดแรง

   งานร้อยลวดในแนวเส้นรอบรูป อาศัยเครื่องร้อยลวด Pushing Machine ส่วนงานร้อยลวดในแนวดิ่ง เลือกใช้เทคนิคการเกี่ยวด้วยตะขอนำ เพื่อนำลวดขึ้นจากท่อ Sheath ที่เป็น Loop

7. ความโดดเด่น

1. นำเสนอวิธีการออกแบบ งานวางแผนก่อสร้าง และการควบคุมงานโครงการก่อสร้างถังเก็บน้ำขนาด Dia. 20 m Height 25 m
2. โครงสร้างถังเก็บน้ำเป็นผนังคอนกรีตอัดแรงทั้งในแนวนอนและแนวดิ่ง
3. งานก่อสร้างแล้วเสร็จ และใช้งานได้โดยสมบูรณ์ดีจนถึงปัจจุบัน

ตัวอย่างที่ 2

1. ข้อมูลโครงการ

1.1 โครงการ ปรับปรุงและเสริมกำลังอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น

1.2 สถานที่ก่อสร้าง

1.3 มูลค่าการก่อสร้าง

1.4 ระยะเวลาดำเนินการ

1.5 อื่น ๆ

2. ตำแหน่งหน้าที่

2.1 ออกแบบงานปรับปรุง และเสริมกำลังพื้นอาคารด้วย CFRP

2.2 สำรวจพื้นที่ วางแผนงานรื้ออาคารบางส่วน

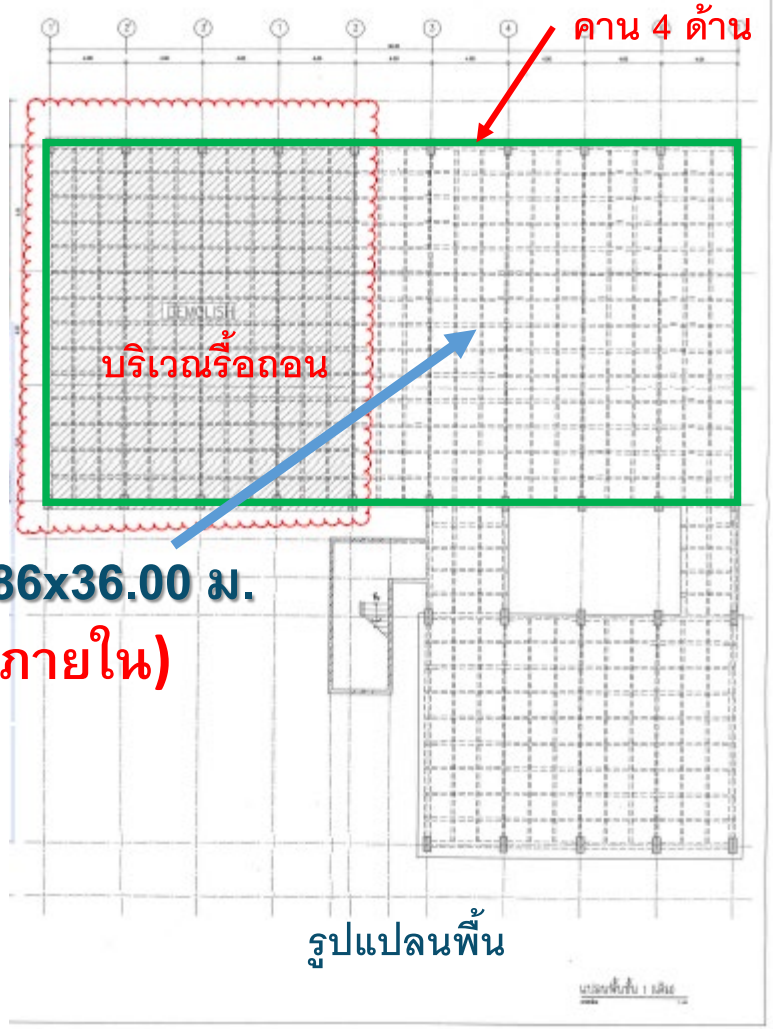
2.3 ประสานงาน ดูแลการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP

3. สำรวจพื้นอาคารเดิม และส่วนที่จะทำการรื้อถอน

ลักษณะอาคารเดิม

- อาคารคอนกรีตเสริมเหล็กสูง 4 ชั้น
- ช่วงห่างเสาในแนวนอน 4 ม.
- ช่วงห่างเสาในแนวตั้ง 6 ม. และ 6.66 ม.
- พื้นเดิมเป็นระบบ waffle slab ขนาด 18.86x36.00 ม.

(ไม่มีเสาภายใน)



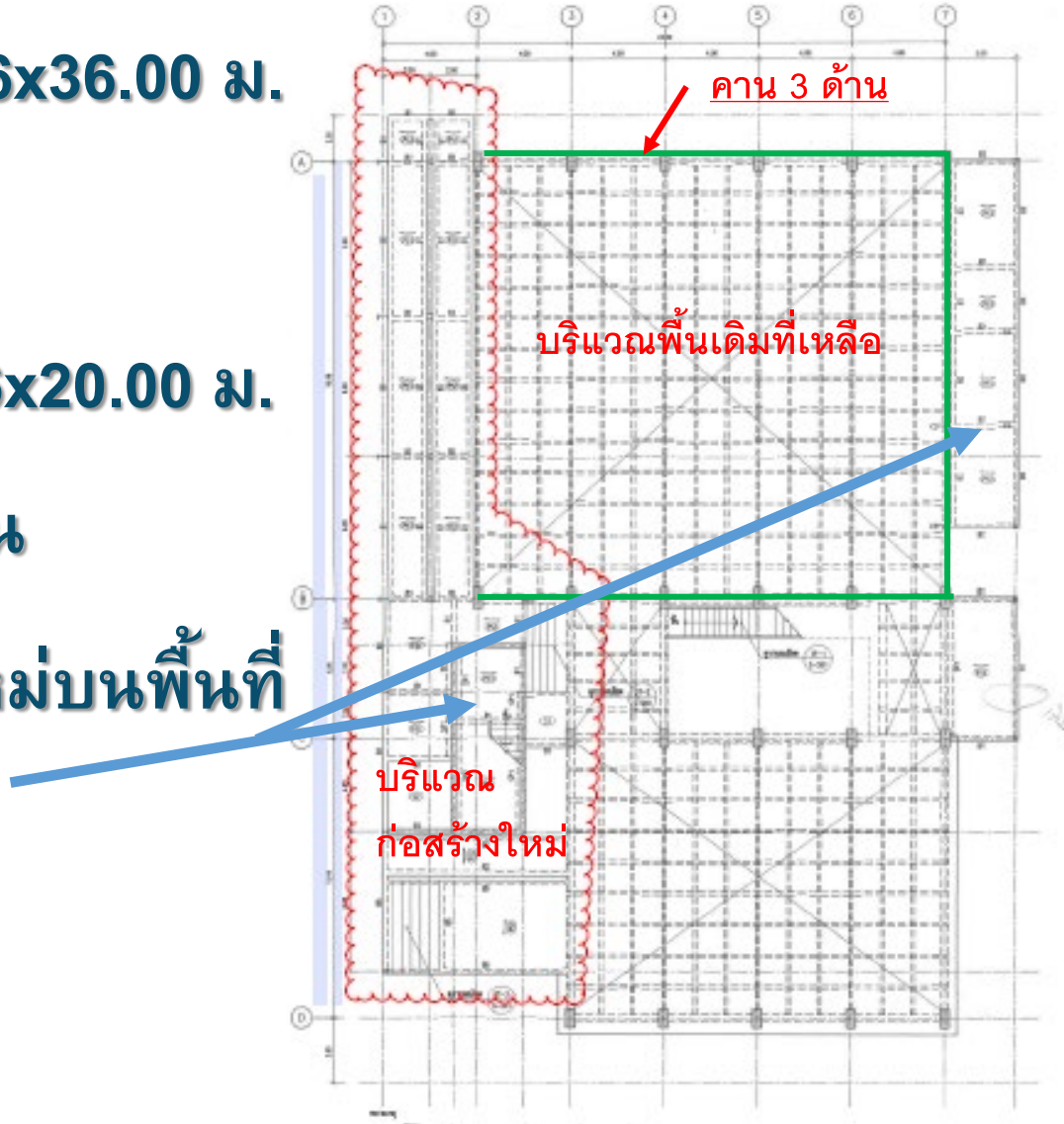
รูปแปลนพื้น

รูปตัดพื้น **waffle slab**

(พื้นหนา 60 มม. ตงลึก 900 มม).

4. ปัญหางานรื้อถอนและงานออกแบบ

- **ก่อนรื้อ** พื้นขนาด 18.86x36.00 ม. มีคานรองรับ **4** ด้าน
- **หลังรื้อ** พื้นขนาด 18.86x20.00 ม. และมีคานรองรับ **3** ด้าน
- มีการก่อสร้างอาคารใหม่บนพื้นที่รื้อถอน



5. งานวิเคราะห์และออกแบบการเสริมกำลังด้วย CFR

5.1 มาตรฐานอ้างอิง

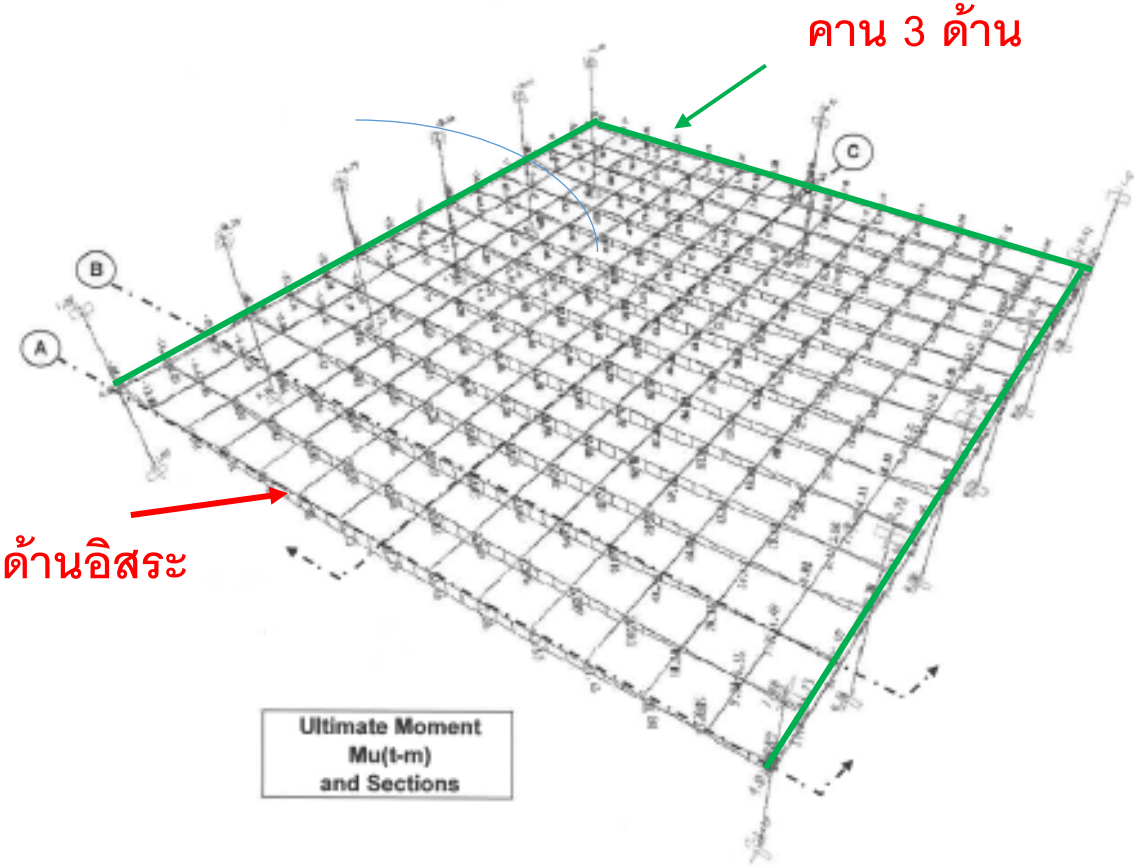
- ACI 318-02 Building Code Requirements for Structural Concrete

- ACI 440.2R Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures

- ACI 440.8 Specification for Carbon and Glass Fiber-Reinforced Polymer(FRP) Materials Made by Wet Layup for External Strengthening of Concrete and Masonry Structures

5.2 การวิเคราะห์พื้นมีคานรองรับ 3 ด้าน

5.2.1 วิเคราะห์ด้วย Finite Element Method

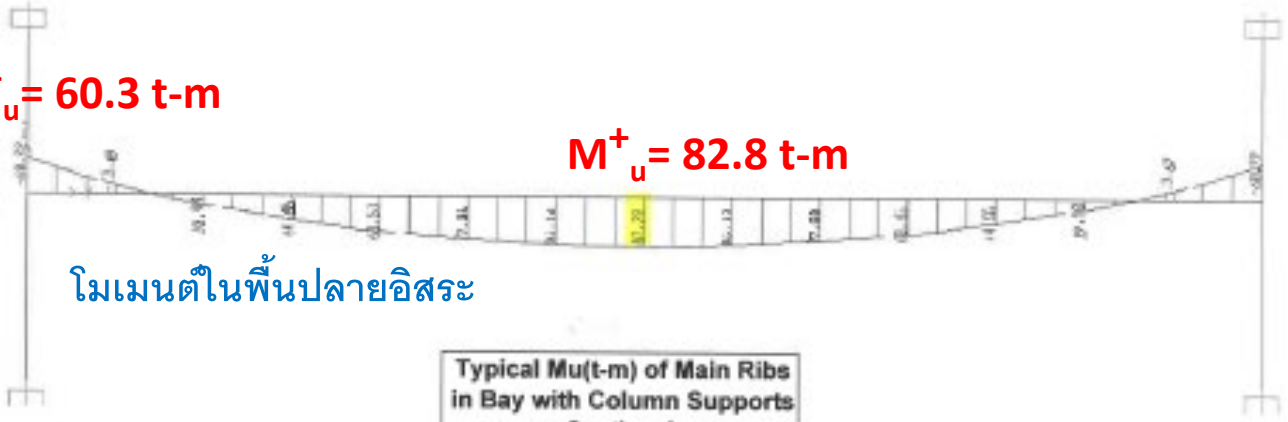


5.2.2 โมเมนต์ในพื้นหลังการรื้อถอน ภายใต้ 1.4D+1.7L

M^-_u= 60.3 t-m

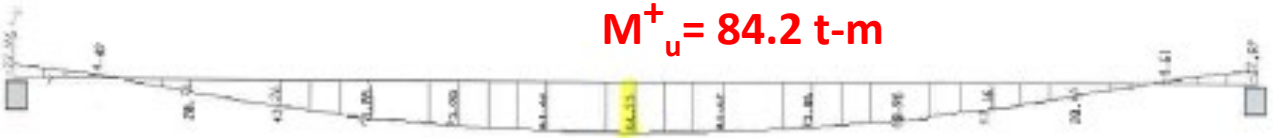
M^+_u= 82.8 t-m

โมเมนต์ในพื้นปลายอิสระ



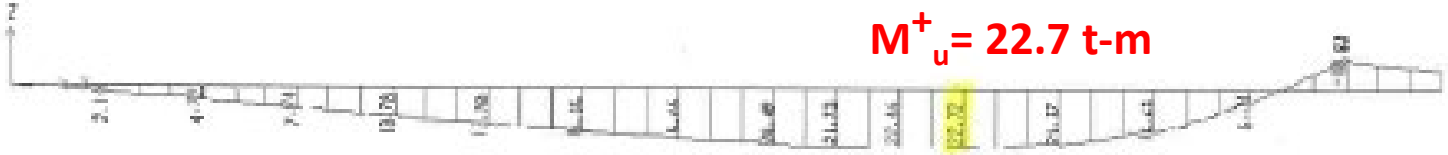
Typical Mu(t-m) of Main Ribs in Bay with Column Supports Section A

M^+_u= 84.2 t-m



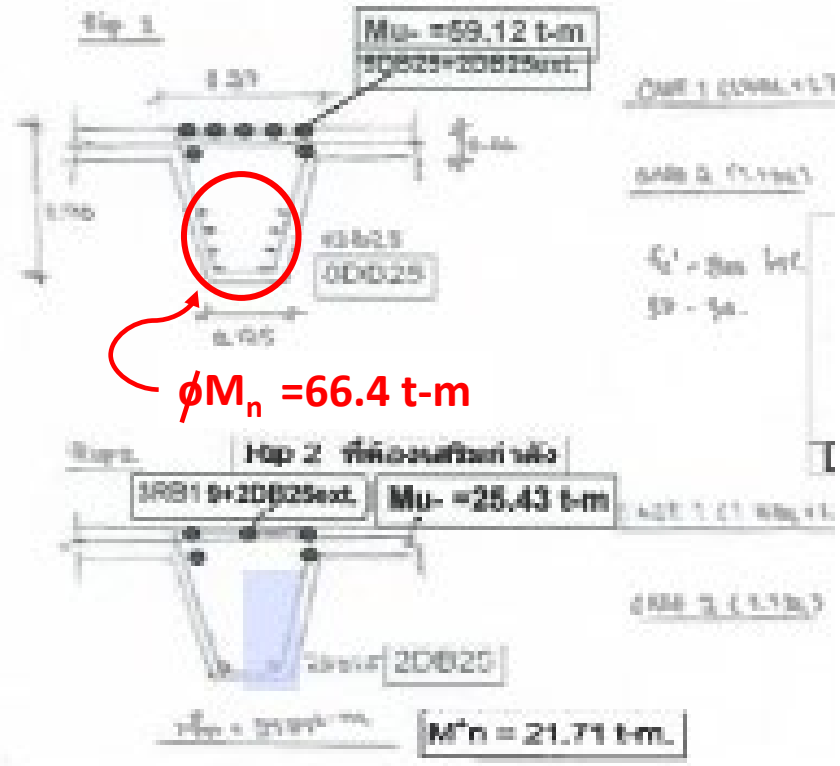
Typical Mu(t-m) of Main Ribs supported by Beams Section B

M^+_u= 22.7 t-m



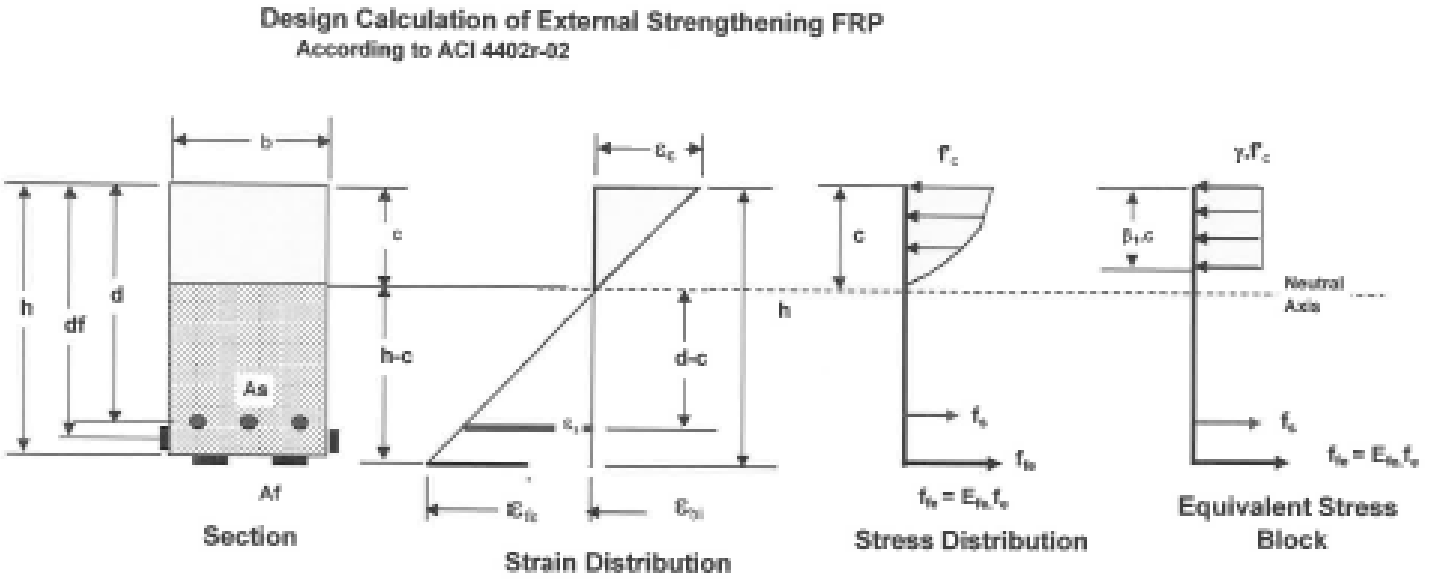
Typical Mu(t-m) of Secondary Ribs Section C

5.2.3 วิเคราะห์กำลังโมเมนต์ในพื้นจากเหล็กเสริมเดิม



- เนื่องจาก (M_u=84.2 t-m) >(ϕM_n=66.4 t-m)
  จึงต้องเสริมกำลังพื้น

5.2.4 รายการคำนวณการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP



Bm ID: CU33_Main Ribs

Step 1 Input Geometric and Reinforcements

dc	0.15	m cover thickness
b	0.30	m Beam or Slab widths
h	0.90	m Beam or Slab depths
d	0.75	m depth of steel beams

Step 2: Material Data

Es	2.04E+06	ksc modulus of steel
fy	3,000	ksc yielding strength of steel
εy	0.00147	yield strain
fc'	240	ksc concrete strength, fc'
ε_{cu}	0.003	Concrete Strain at Ultimate State
b_1	0.85	β1 of concrete

5.2.4 รายการคำนวณการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP (ต่อ)

ACI_Strngthn_Ext_FRP_Strp

Reinforcement

layer	no. bar	dia(mm)	As i(cm2)
1	8.0	25	39.27
2	0	16	0.00
3			0.00

As 39.27 cm2

ps 1.75%

Ec	233,928	ksc modulus of Concrete
		# cfrp
E_f	1,471,050	ksc Elastic Modulus of FRP
f^*_{fu}	23,537	ksc ultimate tensile strength of the FRP mat
ε_{Fu}	0.0140	ultimate rupture strain of the FRP reinforcem
Ce	0.95	Environmental Reduction Factor
f_{fu}	22,360	ksc design ultimate tensile strength of FRP,
ε_{fu}	1.33%	design rupture strain of FRP reinforcement,

FRP-Input

Layer	(m) d_frp	No. strp	(mm) bfrp	(mm) tfrp	(mm²) Abstp	(mm²) A_cfrp	(mm²-m) A_d_frp	Remark
1	0.90	3.0	100	1.20	120	360.0	324.0	Bottom
2	0.90	0	50	1.20	60	0.0	0.0	Lateral Strips
3								

SA_d_frp 324.00 mm²-m

Af 3.60 cm²

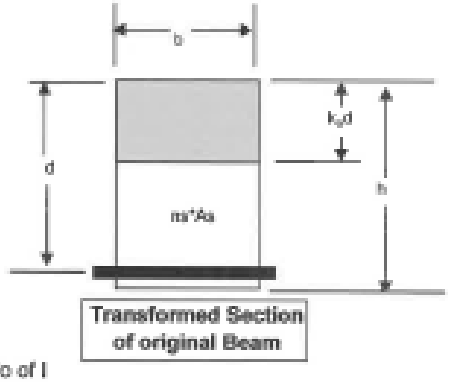
df 0.90 m

pf 0.133%

Calculate ε_{bi}

Calculate k_{cr}, I_{cr} of original section, $\rho_f = 0$

$$k = \sqrt{\left(\rho_s\frac{E_s}{E_c} + \rho_f\frac{E_f}{E_c}\right)^2 + 2\left(\rho_s\frac{E_s}{E_c} + \rho_f\frac{E_f}{E_c}\left(\frac{h}{d}\right)\right)} - \left(\rho_s\frac{E_s}{E_c} + \rho_f\frac{E_f}{E_c}\right)$$



Transformed Section of original Beam

n_s	8.72			
n_f	6.29			
k_o	0.42	k for original Beam		
k_od	0.32	m		
I_{cr}	8.82E-03	m4 I Crack		
I_{og}	1.05E-02	m4 I Gross	I_{cr}/I_{og}	0.84 Ratio of I

5.2.4 รายการคำนวณการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP (ต่อ)

Step 3—Determine the existing state of strain on the soffit

MdL	20.00	t-m Moment just before installation
ε_{bi}	0.0006	Existing strain in beam before Apply CFRP

$$\varepsilon_{bi} = \frac{M_{DL}(h-kd)}{I_{cr}E_c}$$

Step 4—Determine the bond-dependent coefficient of the FRP system

n	1.00	no of layer of FRP
tf	1.20	mm nominal thickness of one ply of the FRP reinforcement
nE_fI_f	173,119	as index for select km
km_le_18	0.6505	
km_gt_18	0.6515	
km	**0.65**	**must <= 0.90 to be ok.**

$$\kappa_m = \begin{cases} \frac{1}{60\varepsilon_{fu}}\left(1-\frac{nE_ft_f}{360{,}000}\right) \le 0.90 & \text{for } nE_ft_f \le 180{,}000 \\ \frac{1}{60\varepsilon_{fu}}\left(\frac{90{,}000}{nE_ft_f}\right) < 0.90 & \text{for } nE_ft_f > 180{,}000 \end{cases} \quad (9\text{-}2)\ \text{SI}$$

Step 5—Estimate c, the depth to the neutral axis

fct_d	0.360	factor of c/d	fct_d_calc **0.389**
c_{assm}	0.27	m assumed c	

Step 6—Determine the effective level of strain in the FRP reinforcement

Assume failure mode: crushing of concrete

ε_{fe}	0.0064	effective level of strain in the FRP
$\kappa_m\varepsilon_{fu}$	0.0087	must larger than above

$$\varepsilon_{fe} = 0.003\left(\frac{h-c}{c}\right) - \varepsilon_{bi} \le \kappa_m\varepsilon_{fu}$$

Note that for the neutral axis depth selected, concrete crushing would be the failure mode because the first expression in this equation controls. If the second (limiting) expression governed, then FRP failure would be the failure mode.

Step 7—Calculate the strain in the existing reinforcing steel

ε_{si}	0.0053	strain in steel, As

$$\varepsilon_{si} = (\varepsilon_{fe} + \varepsilon_{bi})\left(\frac{d-c}{h-c}\right)$$

5.2.4 รายการคำนวณการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP (ต่อ)

Step 8—Calculate the stress level in the reinforcing steel and FRP

fs_{calc}	10,880 ksc	calculation of stress
fs	3,000 ksc	stress in steel
f_{fe}	9,464 ksc	stress in FRP

$$f_s = E_s \varepsilon_s \le f_y$$

$$f_{fe} = E_f \varepsilon_{fe}$$

Mode of failure: Concrete Crushing

Step 9—Calculate the internal force resultants and check equilibrium

γ_c	0.85	concrete crushing controls failure, γ can be taken as 0.85
c_{cal}	0.29 m	calculated c compared with c_{assm}

$$c = \frac{A_s f_s + A_f f_{fe}}{\gamma f'_c \beta_1 b}$$

Step 10—Adjust c until force equilibrium is satisfied

fct_d_calc	0.39 c_{cal}/d

Step 11—Calculate design flexural strength of the section

Calc ϕ factor as depending on est

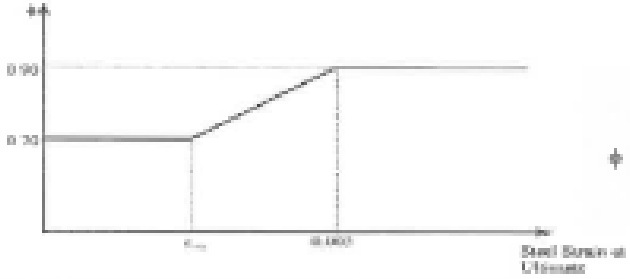


Fig. 9.1—Graphical representation of the strength-reduction factor as a function of the

$$\phi = \begin{cases} 0.90 & \text{for } \varepsilon_t \ge 0.005 \\ 0.70 + \dfrac{0.20(\varepsilon_t - \varepsilon_{ty})}{0.005 - \varepsilon_{ty}} & \text{for } \varepsilon_{ty} < \varepsilon_t < 0.005 \\ 0.70 & \text{for } \varepsilon_t \le \varepsilon_{ty} \end{cases} \quad (9\text{-}5)$$

5.2.4 รายการคำนวณการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP (ต่อ)

Free Factor Table

Strain	free	remark
0.0000	0.70	
0.0015	0.70	εy
0.0020	0.73	
0.0025	0.76	
0.0030	0.79	
0.0035	0.81	
0.0040	0.84	
0.0045	0.87	
0.0050	0.90	

ϕ_{-flx}	0.90	free factor used
ψ_f	0.85	addional Reduction for FRP

Mn_bm	73.74	t-m Mn for As
Mn_frp	22.47	t-m Mn for FRP
Mu_bm	66.37	t-m Mu for As
Mu_frp	**20.22**	**t-m Mu for FRP**
Mu	86.59	t-m Mom of Strengthening Beams

$$\phi M_n = \phi\left[A_s f_s\left(d - \frac{\beta_1 c}{2}\right) + \psi A_{fe} f_{fe}\left(h - \frac{\beta_1 c}{2}\right)\right]$$

Step 12—Check service stresses in the reinforcing steel and the FRP

Calculate the elastic depth to the cracked neutral axis by adding the first moment of the areas of the transformed section. This can be simplified for a rectangular beam without compression reinforcement as follows:

5.2.4 รายการคำนวณการเสริมกำลังพื้นด้วย CFRP (ต่อ)

Calculate k_{cr}, I_{cr} of original section

$$k = \sqrt{\left(\rho_s\frac{E_s}{E_c} + \rho_f\frac{E_f}{E_c}\right)^2 + 2\left(\rho_s\frac{E_s}{E_c} + \rho_f\frac{E_f}{E_c}\left(\frac{h}{d}\right)\right)} - \left(\rho_s\frac{E_s}{E_c} + \rho_f\frac{E_f}{E_c}\right)$$

k_f	0.43	k for Strengthened Beam
kd_f	0.32	m
Ms	5.70	t-m Service moment within the elastic

upper	7.065E+13	kg2
Lower_1	22,077,063	kg-m2
Lower_2	2,429,783	kg-m2

f_{ss}	288	ksc stress in As at working Stage
must less than	2,400	ksc

f_{fs}	-553	ksc stress in Af at working Stage
must less than	12,298	ksc

Conclusion:

Strengthening with CFRP ok, since

Mu required =	85.00	t-m
Mu_frp Provid	20.22	t-m Mu for FRP
Mu Provided =	86.59	t-m Mom of Strengthening Beams

Calc

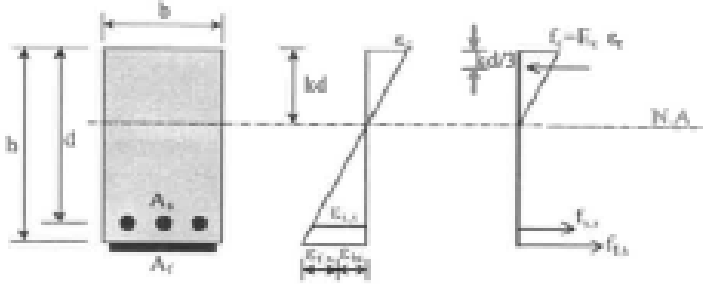


Fig. 9.3—Elastic strain and stress distribution.

$$f_{s,s} = \frac{\left[M_s + \varepsilon_{b,s}A_fE_f\left(h - \frac{kd}{3}\right)\right](d - kd)E_s}{A_sF_s\left(d - \frac{kd}{3}\right)(d - kd) + A_fF_f\left(h - \frac{kd}{3}\right)(h - kd)} \quad (9\text{-}12)$$

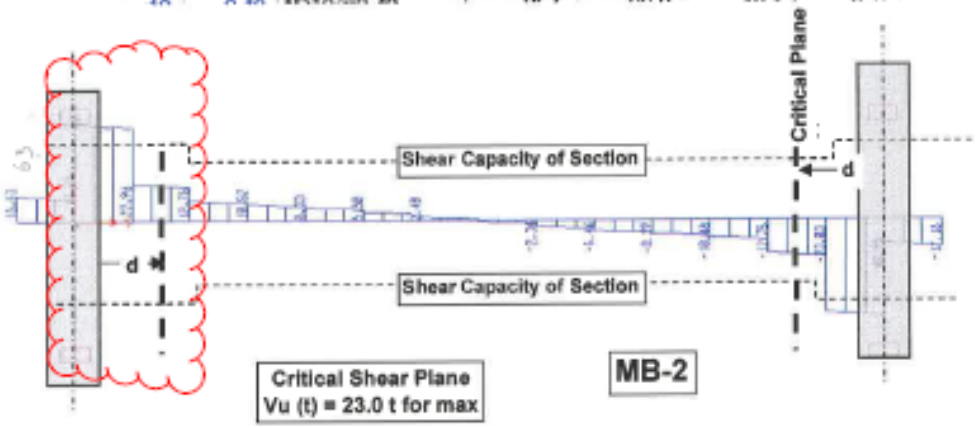
$$f_{f,s} = f_{s,s}\left(\frac{E_f}{E_s}\right)\frac{h - kd}{d - kd} - \varepsilon_{b,s}E_f \quad (9\text{-}13)$$

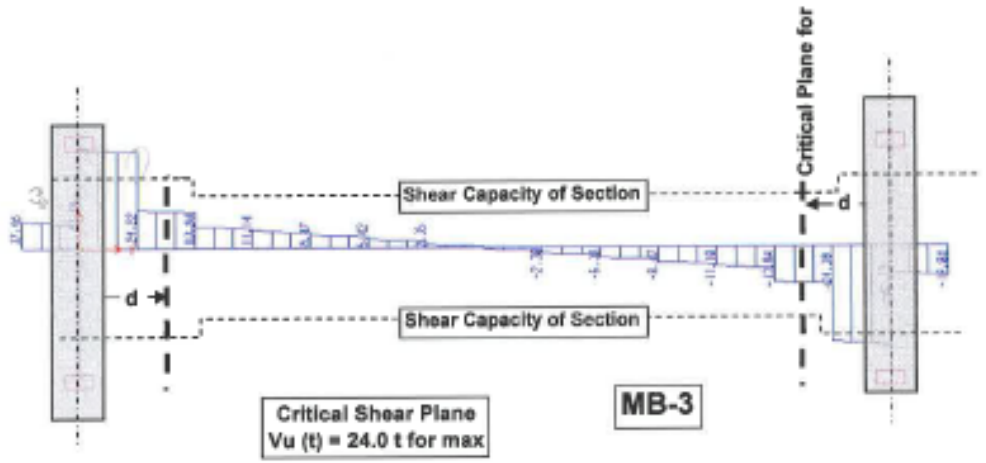
Table 9.1—Sustained plus cyclic service load stress limits in FRP reinforcement

	Fiber type		
Stress type	Glass FRP	Aramid FRP	Carbon FRP
Sustained plus cyclic stress limit	$0.20f_{fu}$	$0.30f_{fu}$	$0.55f_{fu}$

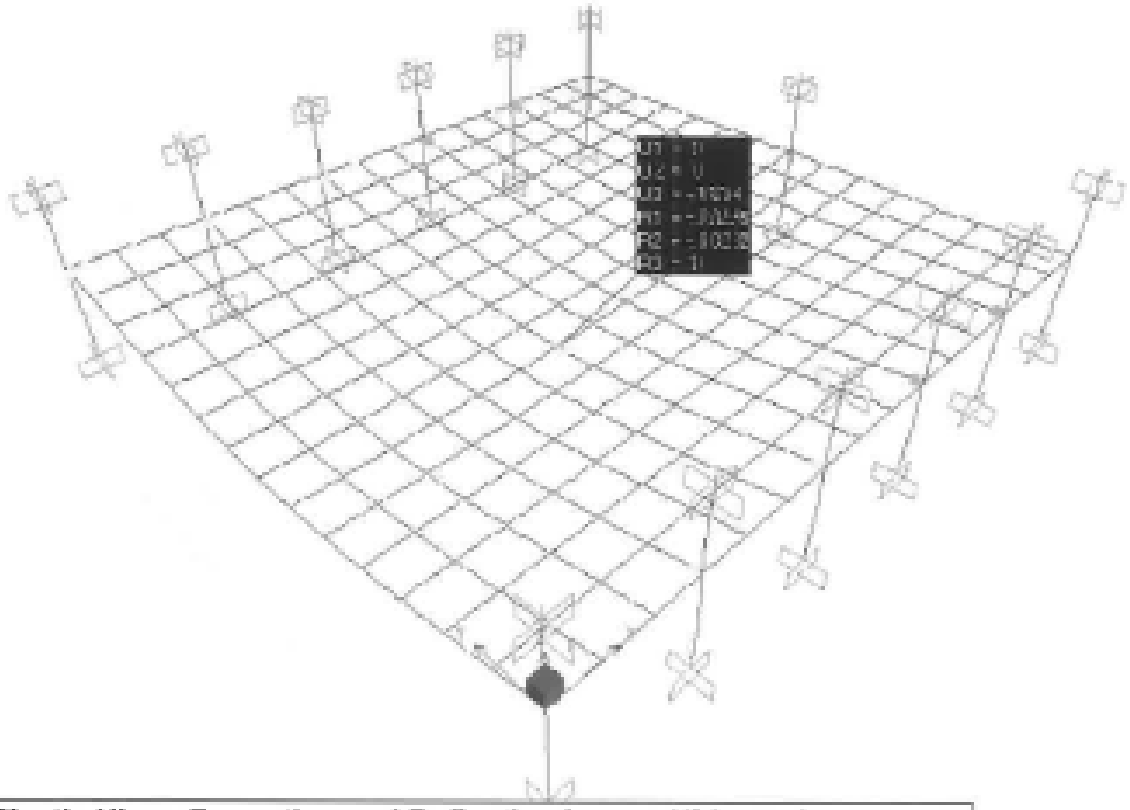
5.2.5 ตรวจสอบกำลังแรงเฉือน

2	stirrpts	:Vu	Shear capacity , Vu, in t of a beam sections			
		fvy_inp	3,000	ksc for bar dia. > 9 mm		
diav	spo		←	bw=	0.25	→
(mm)	(m)	hv(m)	→ 0.90	0.80	0.70	0.60
6	0.075	1D6@0.08	26.3	23.0	19.7	16.4
6	0.050	1D6@0.05	32.4	28.4	24.3	20.3



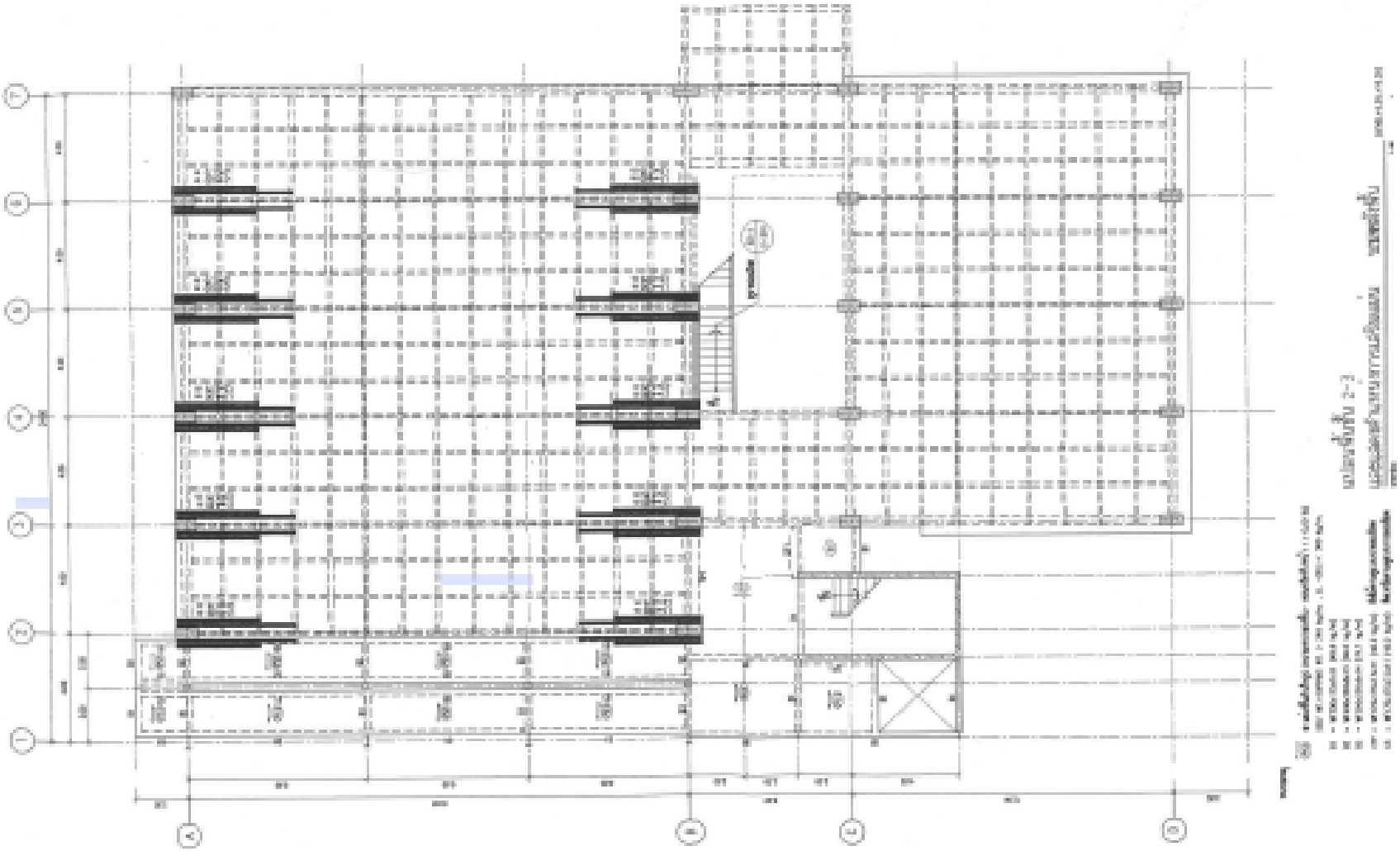


5.2.6 ตรวจสอบค่าการโก่งตัว

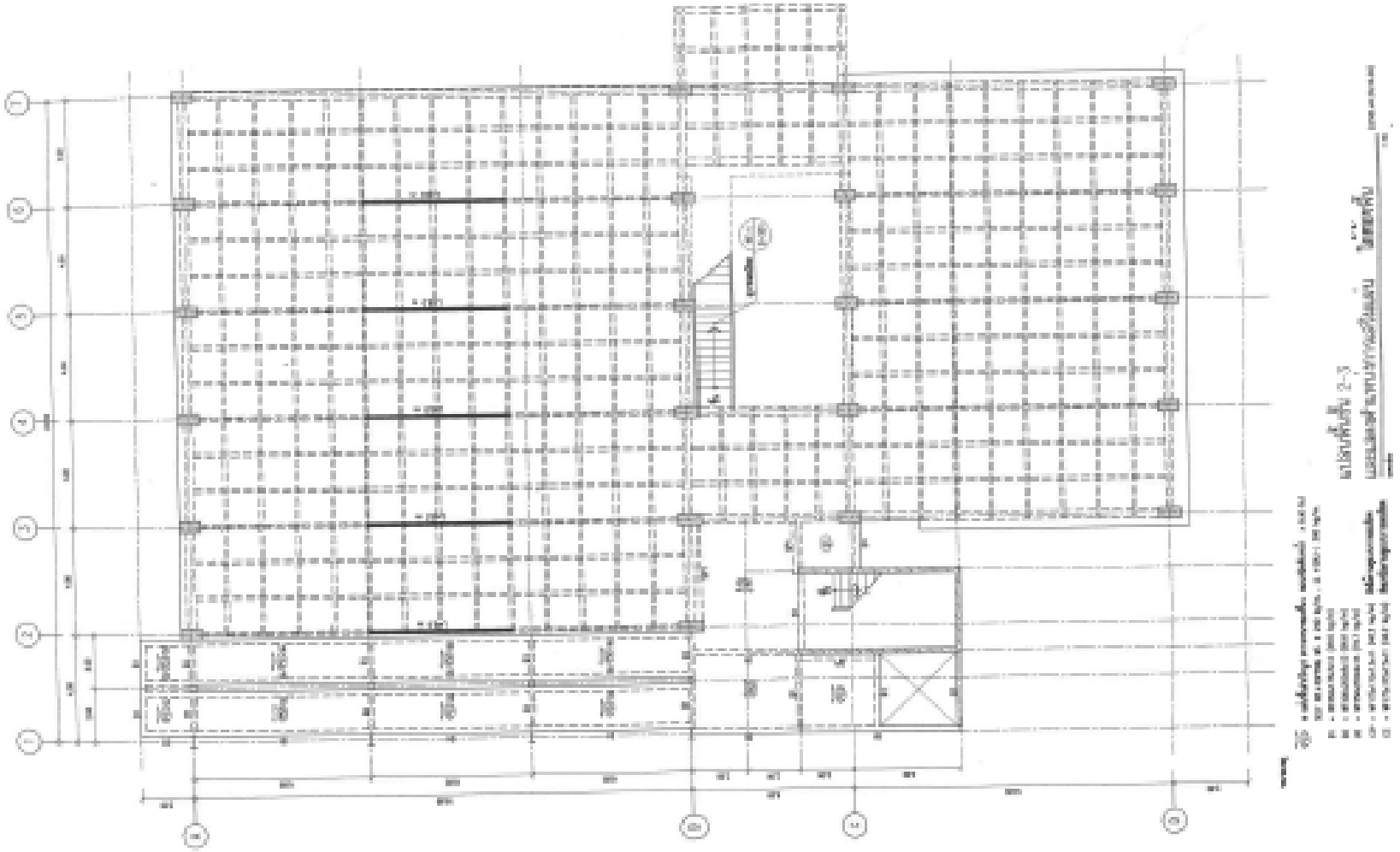


Plastic Hinge Formation and Deflection in m at Ultimate Load Level

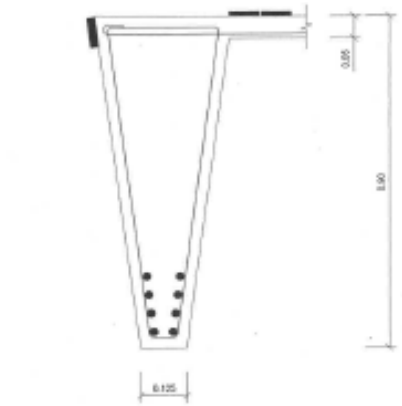
5.2.7 แบบรายละเอียดการเสริม CFRP บนพื้นบริเวณหัวเสา



5.2.8 แบบรายละเอียดการเสริม CFRP ในบริเวณกลางช่วงพื้น

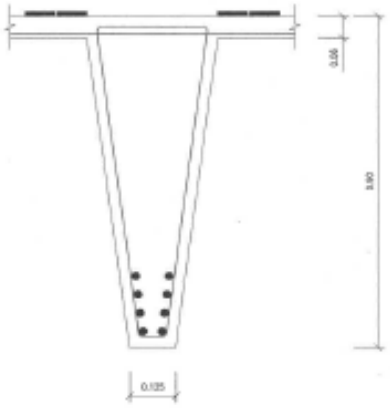


5.2.9 แบบรายละเอียดการเสริม CFRP บนพื้น



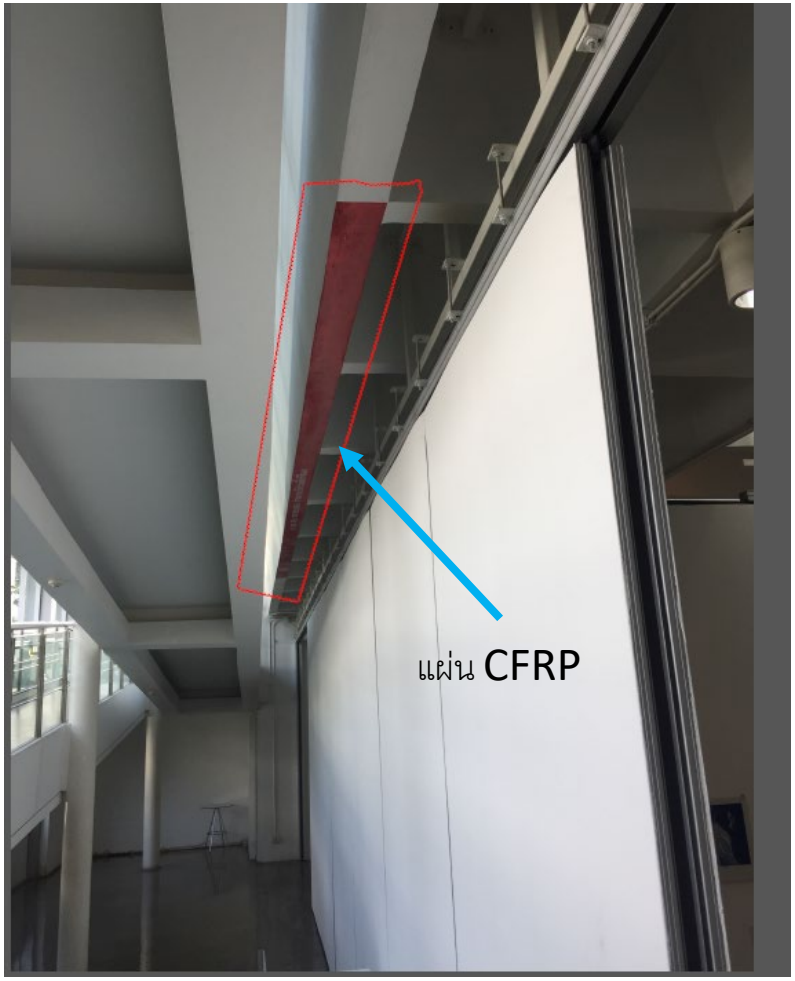
การเสริม CFRP บนหลังพื้น(ตัวริม)

การเสริม CFRP ใต้ท้องพื้น



การเสริม CFRP บนหลังพื้น

6. งานติดตั้ง CFRP บนพื้น



เสริม CFRP ใต้พื้น

เสริม CFRP หลังพื้น

6.1 ระบุตำแหน่งที่เสริม CFRP

- ระบุตำแหน่งที่เสริม CFRP พร้อมคำเตือนห้ามทำการเจาะพื้นบริเวณนี้

7. ความโดดเด่น

1. นำเสนอวิธีการออกแบบ และการประสานงานก่อสร้างโครงการปรับปรุงอาคารคอนกรีตเสริมเหล็ก 4 ชั้น
2. นำเสนอวิธีการวิเคราะห์ และการออกแบบการเสริมกำลังพื้นคอนกรีตเสริมเหล็กด้วย CFRP อย่างเป็นระบบ
3. งานปรับปรุงอาคารแล้วเสร็จ และใช้งานได้โดยสมบูรณ์ดีจนถึงปัจจุบัน

8. ผลสำเร็จของโครงการ

- โครงการได้ก่อสร้างแล้วเสร็จ และใช้งานได้โดยสมบูรณ์ดีจนถึงปัจจุบัน

จบการนำเสนอตัวอย่างผลงานด้าน

งานออกแบบและคำนวณ

ขอบคุณครับ