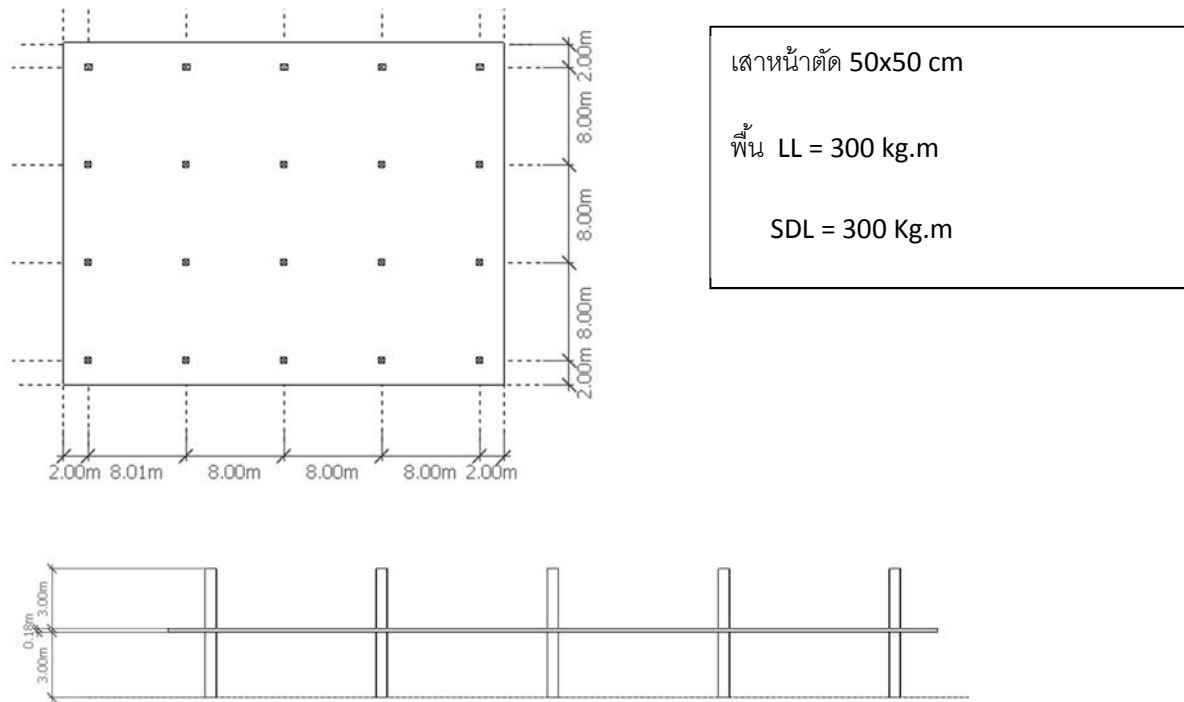


โจทย์ตัวอย่างการออกแบบพื้น Post-tension แบบ Bonded



ขอบเขตการออกแบบ

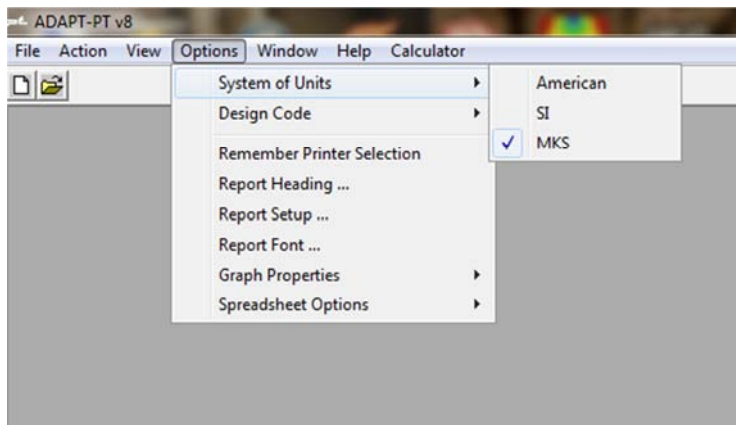
ออกแบบวิธีโครงข้อแข็งเทียบเท่า (Equivalent Frame Method) โดยพื้นใช้ $f'_c = 320 \text{ Ksc}$

เสา $f'_c = 240 \text{ Ksc}$

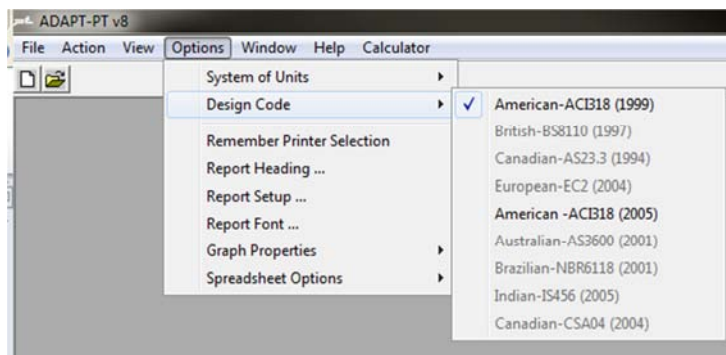
โปรแกรมออกแบบ Adat-PT



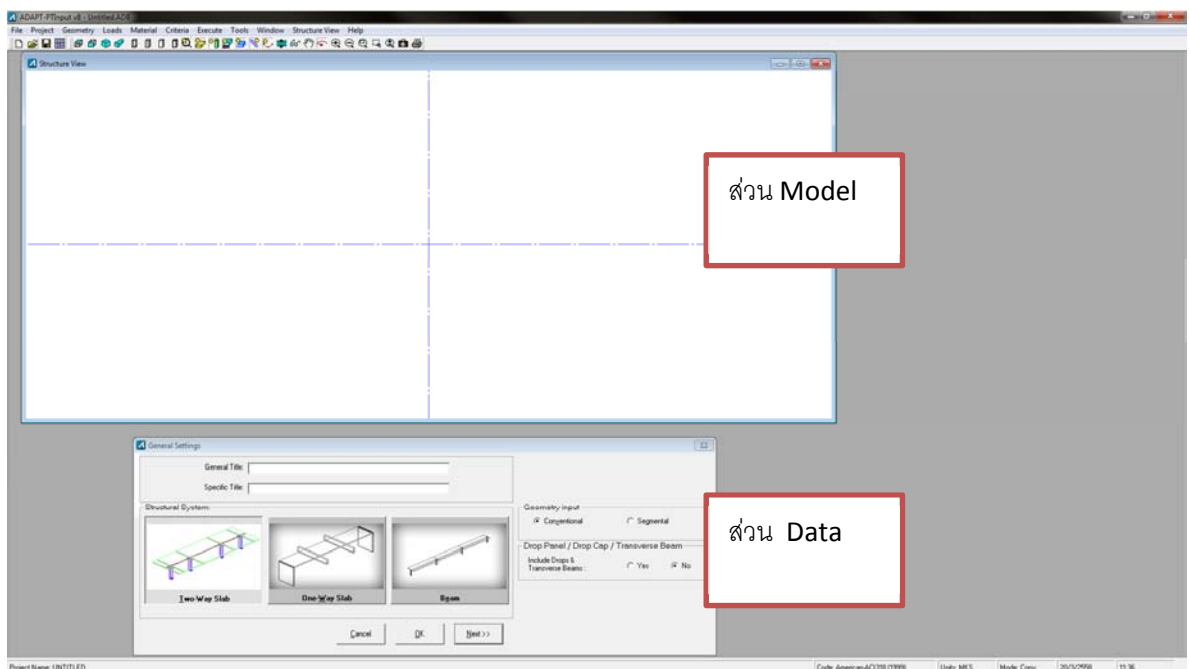
1. เปิดโปรแกรมเลือกหน่วยดังภาพ



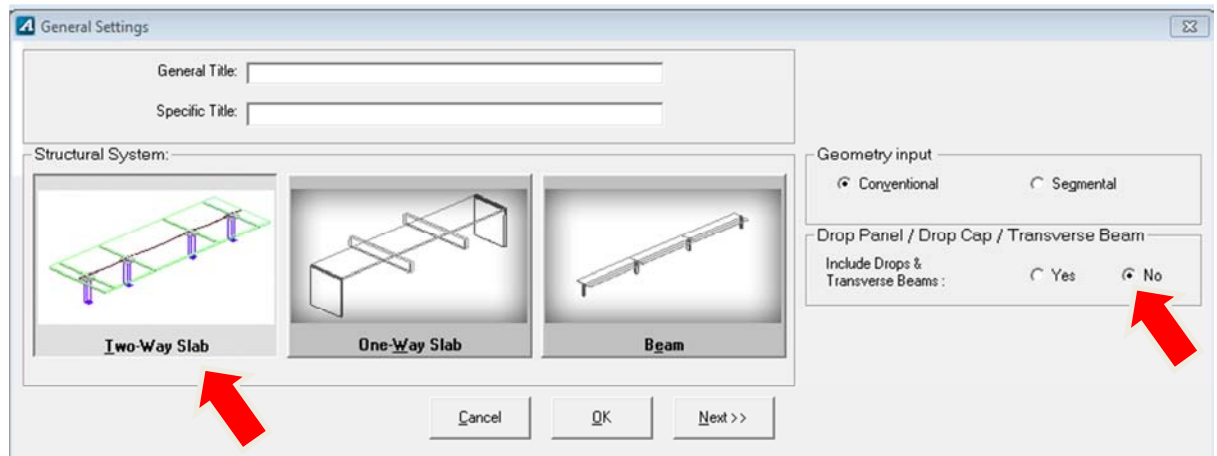
2. เลือก Code การออกแบบ



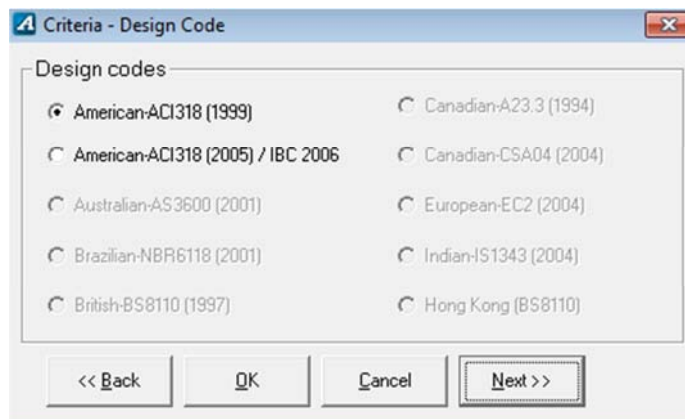
3. เลือก NEW โปรแกรมจะแสดงหน้าต่าง 2 ส่วน ดังภาพ



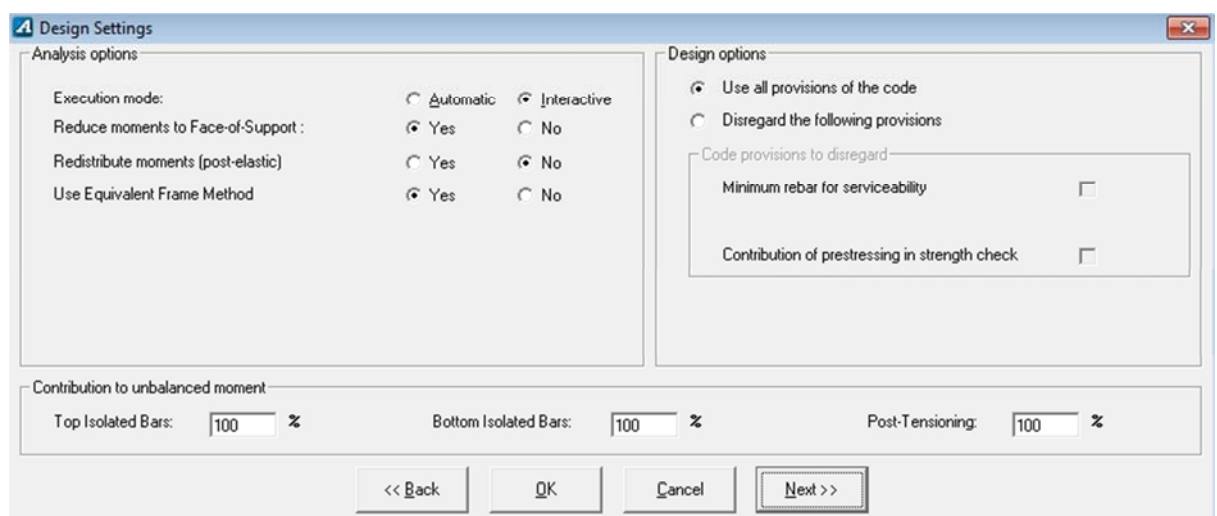
4. เลือกรูปแบบพื้นได้ 3 แบบ Two-way, One way, Band Beam และเลือกใส่ Drop panel ได้ แต่จากโจทย์ข้างต้นจะพิจารณาเป็น Two way แบบ Flat Plate (คือไม่มี Drop panel) กด Next



5. ตรวจสอบ Code ที่เลือก ACI318(1999) และ Next



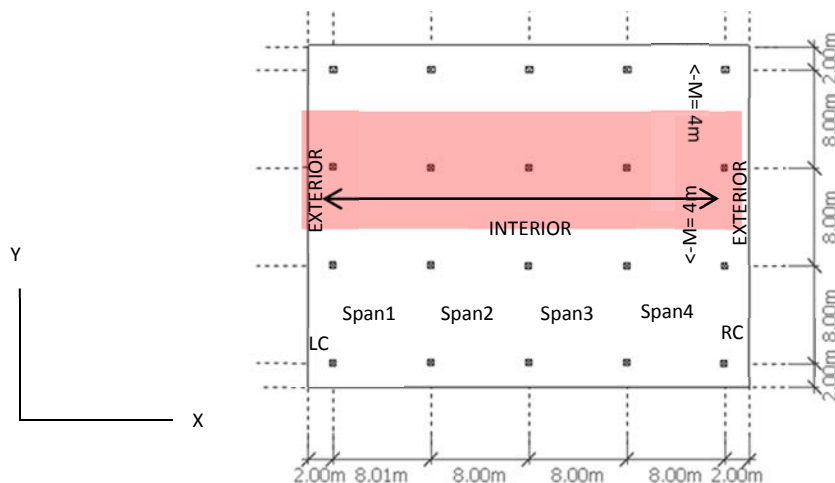
6. เลือกค่าดังภาพและ Next



7. กรอกข้อมูลพื้นที่ตาราง

Label	PR	Sec	Seq	L	b	h	bf	hf	bm	hm	Rh	<-M	M->	Left edge	Right edge	
Typical	PR			0.000	0.0	0.0						0.00	0.50	0.50	Exterior	Exterior
L-Cant																
SPAN 1	PR			0.000	0.0	0.0						0.00	0.50	0.50	Exterior	Exterior
R-Cant																

7.1 พิจารณาการออกแบบโดยการตัด Stip ตามรูป ความหนาพื้น $h : L/45 = 18 \text{ cm}$. จำนวน Span 4 และ $<-m$ คือระยะด้าน แกน Y จากการแบ่งครึ่งพื้น $= 8/2 = 4 \text{ m}$ และ $b = 1 \text{ m}$



7.2 กรอกข้อมูลในส่วน Data

Label	PR	Sec	Seq	L	b	h	bf	hf	bm	hm	Rh	<-M	M->	Left edge	Right edge	
Typical	PR			8.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Interior	Interior
L-Cant	PR			2.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Exterior	Exterior
SPAN 1	PR			8.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Interior	Interior
SPAN 2	PR			8.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Interior	Interior
SPAN 3	PR			8.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Interior	Interior
SPAN 4	PR			8.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Interior	Interior
R-Cant	PR			2.000	100.0	18.0						0.00	4.00	4.00	Exterior	Exterior

8. กรอกข้อมูลหน้าตัดเสาและความสูง Floor to Floor

4 Support Geometry and Stiffness

Support selection: แบบมีเสานล่าง

☐ Lower Column ☒ Both Columns ☐ No Columns

☐ Upper Column

Legend:
H1 = Lower Column Length
H2 = Upper Column Length
% = Percentage of column stiffness to consider
D = Dimension in Span Direction
Dc = Diameter of circular column
B = Dimension perpendicular to span direction

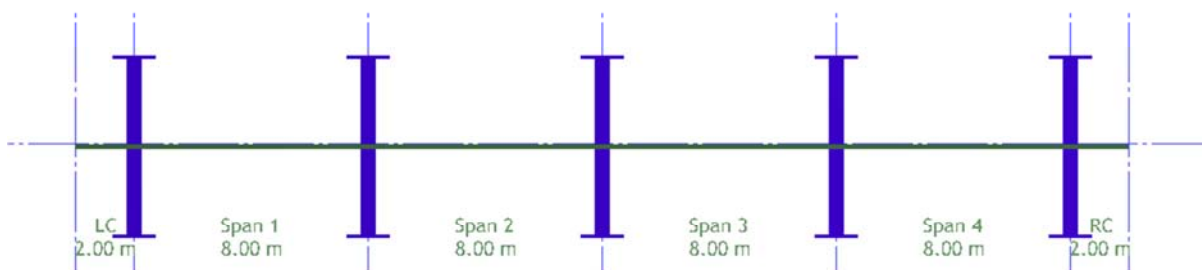
Units:
H = m
All others = cm

Support	H1	B	D	Dc	%	H2	B	D	Dc	%
	3.000	50.0	50.0		100.0	3.000	50.0	50.0		100.0
1	3.000	50.0	50.0		100.0	3.000	50.0	50.0		100.0
2	3.000	50.0	50.0		100.0	3.000	50.0	50.0		100.0
3	3.000	50.0	50.0		100.0	3.000	50.0	50.0		100.0
4	3.000	50.0	50.0		100.0	3.000	50.0	50.0		100.0
5	3.000	50.0	50.0		100.0	3.000	50.0	50.0		100.0

กรอกข้อมูลเสา

<< Back OK Cancel Next >>

8.1 โปรแกรมจะแสดง Model



9. เลือก SW เพื่อให้ค่าหน้าตัดเสาจริงและเลือกจุดรองรับ (ตามรูปเลือก 1 = Fix Support)

4 Supports - Boundary Conditions

Slab/beam boundary condition at far ends:
Full fixity option left slab/beam end: ☐ Yes ☒ No
Full fixity option right slab/beam end: ☐ Yes ☒ No

Column boundary condition:
1-Fixed 2-Pinned 3-Roller

Legend:
SW = Support width in direction of design strip
Boundary condition for :
LC = Lower Column UC = Upper Column
N = Near F = Far

Units:
SW = cm

Actual width of support: ☒ SW =

Support	SW	LC (N)	LC (F)	UC (N)	UC (F)
1	0.0	1	1	1	1
2	50.0	1	1	1	1
3	50.0	1	1	1	1
4	50.0	1	1	1	1
5	50.0	1	1	1	1

<< Back OK Cancel Next >>

10. การกรอกข้อมูลโหลดในตาราง

1. กรอกโหลด SDL และ LL
2. 1= Lu Uniform load โดยสามารถกรอกรูปแบบโหลดได้ 9 แบบ
3. เลือก Include Self weight คือให้รวมน้ำหนักตัวเอง
4. การจัด Pattern Load 1 = พิจารณา Case 1 คือ Uniform เท่ากันตลอด
หรือพิจารณาโหลดสูงสุดจากการจัดโหลด = $\frac{3}{4} = 0.75$ โดยกรณีนี้
 $LL \leq DL = 1$ หาก $LL \geq DL = 0.75$

	Span	Class	L/T	w	P1	P2	a	b	c	M	F
1	CL	SDL	L-U	0.300							
2	CL	LL	L-U	0.300							
3	1	SDL	L-U	0.300							
4	1	LL	L-U	0.300							
5	2	SDL	L-U	0.300							
6	2	LL	L-U	0.300							
7	3	SDL	L-U	0.300							
8	3	LL	L-U	0.300							
9	4	SDL	L-U	0.300							
10	4	LL	L-U	0.300							
11	CR	SDL	L-U	0.300							
12	CR	LL	L-U	0.300							
13											
14											
15											

11. เลือกค่ากำลังวัสดุโดยพื้น Post จะต้องมีกำลัง $f'c$ 320 KSC $E = 272 \text{ t/cm}^2$ และแรงขณะดึงลวดไม่น้อยกว่า $f'c$ 240 Ksc

Concrete strength at 28 days	
Weight:	Normal
Strength at 28 days ($f'c$)	320 kg/cm²
Modulus of Elasticity at 28 Days	272 T/cm²
Ultimate Creep Coefficient	2
Concrete strength at stressing (initial condition) ($f'ci$)	240 kg/cm²

12. เลือกค่า ของเหล็ก $f_y = 4 \text{ t/cm}^2$ และเลือกใส่เหล็กรับแรงเฉือนที่หัวเสาได้ว่าเป็น Stud หรือเหล็กเสริม

Material - Nonprestressed Reinforcement

Longitudinal reinforcement

Yield strength (f_y) main bars : 4 T/cm?

Modulus of Elasticity : 2040 T/cm?

Preferred Bar Size for Top Bars : 4

Preferred Bar Size for Bottom Bars : 4

เหล็กเบอร์ 4 = DB12

Shear reinforcement

☒ Stud (headed bar) ☐ Stirrup

Preferred Stirrup Bar Size : 4

Yield strength (f_y) shear reinforcement: 4 T/cm?

<< Back OK Cancel Next >>

13. เลือกรูปแบบ Post แบบ Bonded หรือ Unbonded โดย f_{pu} ของ ลวด = 18.6 T/cm^2 และ %Loss ของลวด
 อาจคิดได้โดย $18.6 \times 0.75 \times 0.8 = 11.16 \text{ T/cm}^2$ แต่จะนิยมใช้ที่ 10.8 t/cm^2 หรือประมาณ 14.88 % โดย
 ห้ามใช้ คำน้อยกว่า 10.8 t/m^2

Material - Post-Tensioning

Post-tensioning settings

Post-tensioning system : ☒ Bonded ☐ Unbonded

Area of Tendon (one or more strands) : 99 mm?

Ultimate Strength of Tendon (f_{pu}): 18.6 T/cm?

Effective (long-term) Stress (f_{se}) : 10.8 T/cm?

<< Back Cancel OK Next >>

14. กด Next

Base Non-Prestressed Reinforcement

Base Reinforcement ☐ Yes ☒ No

<< Back OK Cancel Next >>

15. กรอกค่า 0.8 และ 1.6

Criteria - Allowable Stresses

Tension stresses

	Initial Stress / f_{ci}	Final Stress / f_c
Top Fiber :	0.8	1.6
Bottom Fiber :	0.8	1.6

Compression stresses

Initial Stress / f_{ci}	Final Stress / f_c
0.6	0.45

<< Back OK Cancel Next >>

16. กำหนดค่า Values Minimum = 10

Load Balance ที่แนะนำควรอยู่ประมาณ 60-80

Criteria - Recommended Post-Tensioning Values

Average Precompression

Minimum :	10 kg/cm²	Maximum :	21.41 kg/cm²
-----------	-----------	-----------	--------------

Percentage of Dead Load to Balance

Minimum :	25 %	Maximum :	200 %
-----------	------	-----------	-------

Maximum Spacing Between Tendons : 8
(multiple of slab depth)

<< Back OK Cancel Next >>

17. เลือก Force Selection

Criteria - Calculation Options

Analysis and design method

☒ Force selection
 ☐ Calculate force/number of tendons

<< Back OK Cancel Next >>

18. เลือกรูปแบบการวางลวด

Criteria - Tendon Profile

Legend

1 = Reversed Parabola 2 = Partial Parabola 3 = Harped Parabola 4 = Straight 5 = Extended Reversed Parabola

Profile 1		Profile 2		Profile 3	
Span	Type	X1/L	X2/L	X3/L	A/L
Typical	1	0.100	0.500	0.100	0.000
Left cantilever	1				
Span 1	1	0.100	0.500	0.100	
Span 2	1	0.100	0.500	0.100	
Span 3	1	0.100	0.500	0.100	
Span 4	1	0.100	0.500	0.100	

Option for tendons...

Default extension of terminated tendon as fraction of span:
 Left end Right end

Shape of tendon extension:
 Left end ☐ Downward parabola; anchor at centroid
☒ Follow shape specified in above table
 Right end ☐ Downward parabola; anchor at centroid
☒ Follow shape specified in above table

<< Back OK Cancel Next >>

19. เลือก Covering

Criteria: Cover / CGS

Post-tensioning

Minimum CGS of tendon from the top fiber : cm

Minimum CGS of tendon from the bottom fiber

Interior Spans : cm

Exterior Spans : cm

Non-prestressed Reinforcement

Clear Bar Cover (Top) : cm

Clear Bar Cover (Bottom) : cm

<< Back OK Cancel Next >>

ระยะผิวคอนกรีตถึง CG.ลวด

20. กด Next

Criteria - Minimum Bar Extension

Minimum bar lengths

Cut off length of minimum reinforcement over support (length/clear span) :

Cut off length of minimum reinforcement in span (length/clear span) :

Development length of reinforcement required for strength

Top Bar Extension: cm

Bottom Bar Extension: cm

<< Back OK Cancel Next >>

21. เลือก Load Combination

Criteria - Load Combinations

Strength load combination factors

1: 1.4 SW + 1.7 LL + 1.4 SDL + 1.7 X + 1 HYP
 2: 0 SW + 0 LL + 0 SDL + 0 X + 0 HYP
 3: 0 SW + 0 LL + 0 SDL + 0 X + 0 HYP
 4: 0 SW + 0 LL + 0 SDL + 0 X + 0 HYP

Service load combination factors

1: 1 SW + 1 LL + 1 SDL + 1 X + 1 PT
 2: 0 SW + 0 LL + 0 SDL + 0 X + 0 PT
 3: 0 SW + 0 LL + 0 SDL + 0 X + 0 PT
 4: 0 SW + 0 LL + 0 SDL + 0 X + 0 PT

Strength reduction factors
 Bending: (max value) 0.9 One-way shear: 0.85 Two-way shear: 0.85

Initial load combination factors
 1: 1 SW + 0 LL + 1 SDL + 0 X + 1 PT

Lateral Load combination factors
☐ Include Lateral Loads

Legend
 SW = Selfweight SDL = Superimposed DL
 LL = Live Load X = Other Loading

เลือก 1

<< Back OK Cancel

22. กัดคำนวณ

23. การแสดงผล จะต้องขึ้น OK หมาจึงจะผ่าน จากตารางไม่ผ่าน

PT Recycling

Recycle Recall
 Graphs Exit

Iteration No: 3 Weight of PT: 3.69 kg/m2
 PT Force Min OK Max NG
 Balanced DL Min OK Max OK
 Stresses (service) Tens OK Comp OK
 Stresses (initial) Tens OK Comp OK

PT selection method: Force selection
 Status of data displayed: CURRENT
 NG = No Good (does not meet specified requirements)
 OK = meets specified requirements

Extreme fiber stresses [4] Tendon selection and extents [5]

Tendon force and height [1]

Tendon A Profile 1
 Tendon B Profile 1
 Tendon C Profile 1

Force selection method:
☐ 1 - Single tendon path
☒ 2 - Multiple tendon path

1 - Specify a constant or variable force along a single tendon path identified by tendon profile selected
 2 - Specify a constant force for each of the tendon profiles selected

Left: face of support at left of span
 Center: midspan
 Right: face of support at right of span
 P/A: average precompression at midspan
 %DL balanced: percentage of total dead load balanced by tendon

Current Tendon: <-----> All Tendons: <----->

← Tendon Control Point Height →

	Number of strands	PT Force per unit	PT Force	P/A	%DL balanced	Left	Center	Right	Total strands	Total PT force per unit width	Total PT force	Left	Center	Right	Total P/A	Total %DL
CL	37	6.142	393.119	27.30	199	-9.0	-12.4	-5.5	37	6.142	393.119	155	295	393	27.30	199
1	37	6.142	393.119	27.30	63	-5.5	-12.4	-4.2	37	6.142	393.119	368	196	322	27.30	63
2	37	6.142	393.119	27.30	69	-4.2	-12.4	-4.2	37	6.142	393.119	322	199	362	27.30	69
3	37	6.142	393.119	27.30	69	-4.2	-12.4	-4.2	37	6.142	393.119	381	271	150	27.30	69
4	37	6.142	393.119	27.30	69	-4.2	-12.4	-4.2	37	6.142	393.119	144			27.30	161
CR	37	6.142	393.119	27.30	161	-4.2	-9.0		37	6.142	393.119				27.30	161

จำนวนลวด

Units: Force [T], PT Force per unit width [T/m], Tendon height [cm], P/A [Kg/cm?]

24. ลองเพิ่มความหนาเป็น $L/40$ ประมาณ 21 cm จี้งผ่านและใช้ลวด 28 เส้น กด EXIT

4 PT Recycling

Recycle Recall
Graphs Exit

Iteration No: 3 Weight of PT: 2.80 kg/m²

PT Force	Min	OK	Max	OK
Balanced DL	Min	OK	Max	OK
Stresses (service)	Tens	OK	Comp	OK
Stresses (initial)	Tens	OK	Comp	OK

PT selection method:
☒ Force selection
☐ Tendon selection

Status of data displayed:
CURRENT

NG = No Good (does not meet specified requirements)
 OK = meets specified requirements

Extreme fiber stresses [4] Tendon selection and extents [5]

Tendon force and height [1]

Tendon A Profile 1
 Tendon B Profile 1
 Tendon C Profile 1

Force selection method:
☐ 1 - Single tendon path
☒ 2 - Multiple tendon path

1 - Specify a constant or variable force along a single tendon path identified by tendon profile selected
 2 - Specify a constant force for each of the tendon profiles selected

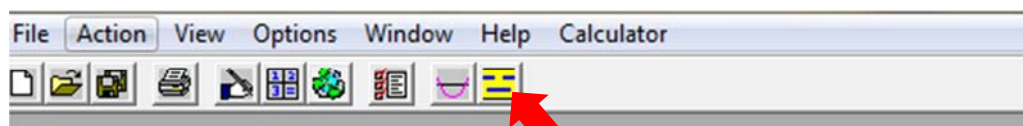
Left: face of support at left of span
 Center: midspan
 Right: face of support at right of span
 P/A: average precompression at midspan
 %DL balanced: percentage of total dead load balanced by tendon

Current Tendon Tendon Control Point Height All Tendons Required Force

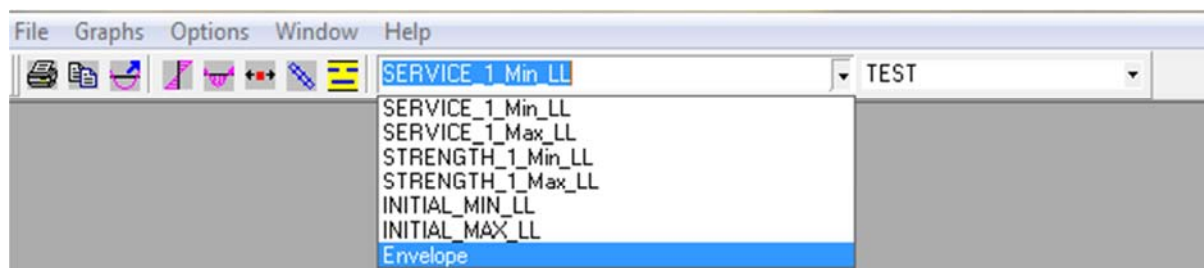
	Number of strands	PT Force per unit	PT Force	P/A	%DL balanced	Left	Center	Right	Total strands	Total PT force per unit width	Total PT force	Left	Center	Right	Total P/A	Total %DL
CL	28	4.516	289.030	17.20	197	-10.5		-5.0	28	4.516	289.030			168	17.20	197
1	28	4.516	289.030	17.20	61	-5.0	-15.4	-4.2	28	4.516	289.030	168	202	289	17.20	61
2	28	4.516	289.030	17.20	63	-4.2	-15.4	-4.2	28	4.516	289.030	270	168	230	17.20	63
3	28	4.516	289.030	17.20	63	-4.2	-15.4	-4.2	28	4.516	289.030	230	168	266	17.20	63
4	28	4.516	289.030	17.20	63	-4.2	-15.4	-4.2	28	4.516	289.030	280	186	168	17.20	63
CR	28	4.516	289.030	17.20	142	-4.2		-10.5	28	4.516	289.030	168			17.20	142

Units: Force [T], PT Force per unit width [T/m], Tendon height [cm], P/A [Kg/cm²]

25. เลือก Open PT SUM



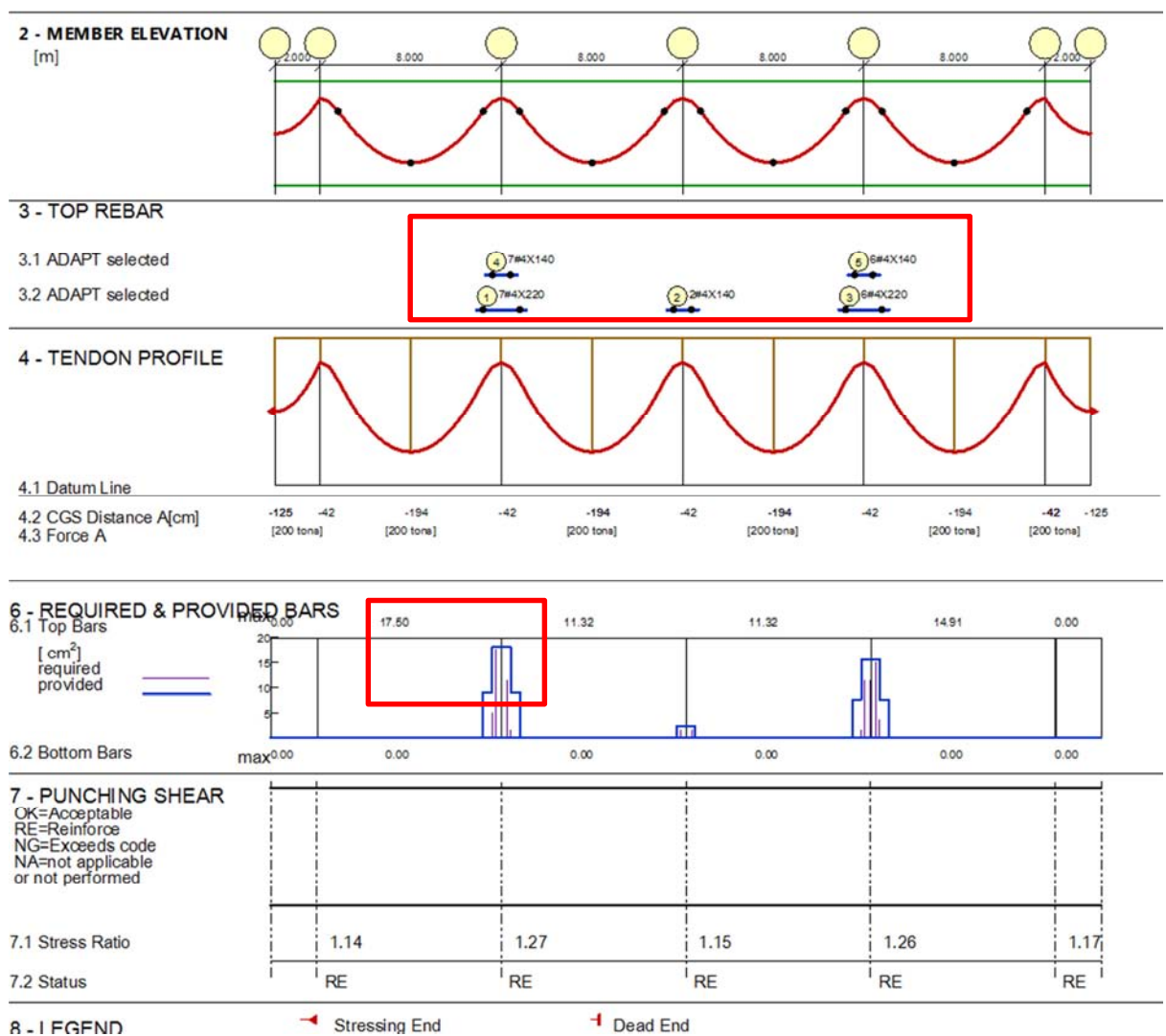
26. เลือกค่า Envelope ซึ่งค่าที่ได้จากการรวม Load Combination และกด อีกครั้ง



27. จากโปรแกรมพบว่าแรงเฉือนที่หัวเสาไม่ผ่าน ค่ามากกว่า 1 ซึ่ง จะต้องแก้ไขโดยเพิ่มความหนาหรือเพิ่ม Drop panel หรือเพิ่มเหล็กเสริมจนกว่าจะผ่าน ซึ่งจะลองเพิ่มความหนาเป็น 25 cm.

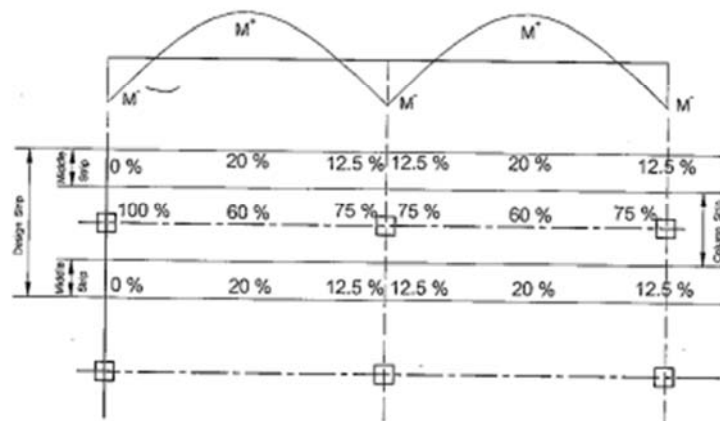
7 - PUNCHING SHEAR OK=Acceptable RE=Reinforce NG=Exceeds code NA=not applicable or not performed					
7.1 Stress Ratio	1.44	1.53	1.38	1.51	1.48
7.2 Status	RE	NG	RE	NG	RE

28. จากการลองเพิ่มความหนาพื้นเป็น 25 cm. โปรแกรมจะให้ใส่เหล็กเสริมรับแรงเฉือนที่เสา



ดังนั้นต้องการเหล็กรับ Shear 17.5 cm^2 หากใช้เหล็ก DB16 ($A_s=2.01 \text{ cm}^2$) จะต้องมีเหล็ก 9 เส้น ยาว ยาว อย่างน้อย 220cm

29. กระจายเหล็กเฟิร์บโมเมนต์



75%ของลวดที่แถบเสา = 28 เส้น $0.75 = 21$ เส้น $(5+5+5+3+3)$ แถบกลาง 7 เส้น $(4+3)$ เป็นอย่างน้อย