Precast System Design (Non Composite Beam)

Precast Non Composite Beam

(Beam with Dapped End)

การออกแบบโครงสร้างคานสำเร็จ คสล.

Beam No.(เลขที่คาน) : GBA32RL, GBA15

Beam Panel No.(เลขที่คาน) : GBA32RL, GBA15

Project (โครงการ) : Metro Park Sathorn

Project No. (เลขที่โครงการ) :

Engineer : NSK

A. Input Data (ข้อมูลออกแบบ)

Structural Analysis (ข้อมูลวิเคราะห์โครงสร้าง)

Loading :

- พื้น	Slab =	2.40	kN./sq.m./floor
- นน.ตงที่อื่นๆ	SDL =	0.48	kN./sq.m./floor
- ผนังกั้นห้อง	Partition =	10.72	kN./m./floor
- นน.จร	LL =	2.00	kN./sq.m./floor
	Slab Tributary Area =	1.65	m.
- จำนวนข้น	=	9	ข้น
- นน. คาน	=	4.3	kN/m.
	W =	173.28	kN./m.
	Wu =	251.50	kN./m.

Force and Moment :

Service Moment (M_a) =	214.9	kN-m
Factored Moment (M_u^+) =	311.9	kN-m
Shear (V_u) =	396.1	kN

General Data (ข้อมูลทั่วไป)

- กำลังคอนกรีต	F'_c =	24	Mpa.
- กำลังของเหล็กเสริม	F_y =	400	Mpa.
- กำลังของเหล็กปลอก	F_y =	400	Mpa.
- ความกว้างคาน	b =	300	mm.
- ความลึกคาน	t =	600	mm.
- Beam Dapped Depth (h_d)	hd =	300.0	mm.
- ระยะหุ้มเหล็ก	Concrete Cover =	40	mm.
- โมดูลัสรัพเจอร์	f_r =	3.1	Mpa.
	Effective Depth $_{bending}$ (d^+) =	541.0	mm.
	Effective Depth $_{shear}$ (d^+) =	245.0	mm.
- ระยะวางพาด	Clr.Span Length =	3.15	m.
- โมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีต	Ec =	23408	Mpa.
- โมดูลัสยืดหยุ่นเหล็ก	Es =	200000	Mpa.
	n =	9	
-Moment Factor For Non Uniform Load		1.00	
-Shear Factor For Non Uniform Load		1.00	

Comments

cylinder strength

effective thickness

ตาม ACI standard

=1.99xsqrt(fc') in kg/sq.cm. unit

(Reaction = 272.908 kN)

n = Es/Ec

B. Design for Bending Moment

$Ru = M_u^+/\phi bd^2$

= 3.947 MPa.

ρ = 0.0111 < $\rho_{max.}$ = 0.0197

Then : As = 1796.6 sq.mm.

Used 6 DB 20

For bending ϕ = 0.9

b_1 = 0.85

Section OK!

$A_{s\ PROVIDED}$ = 1885 sq.mm.

C. Check Shear (ตรวจสอบแรงเฉือน)

C.1) Dapped-end design

V_{ud} = 396.1 kN. > $V_{max.\ Capacity}$ = ϕ*0.2*f'c*b*d_d

For shear ϕ = 0.85

As =	4	DB	20		(Turn down top Reinf.)
Ash =	2	DB	20		(Bottom Reinf.)
Ah =	3	DB	12	(2-legs)	OK! (Horizontal U-shape Reinf.)
Av =	2	DB	12	(2-legs)	(Stirrups at Dapped End)

C.2) Narmal Stirrups

V_{ud} = 260.0 kN. < $V_{max.\ Capacity}$ = ϕ*(5/6)*sqr.(f'c)*b*d

For shear ϕ = 0.85

$\phi V_c = \phi*(f'c)^{0.5}*b*d / 6$

= 112.6 kN.

Section OK!!

ϕ Vs = 147.4 kN.

$S = \phi*fy*As*d/\phi Vs$

= 282.3 mm.

Smax = d/2

= 270.5 mm.

Used DB 12 @ 250.0 mm.

D. Check Crack width

Exposure condition Dry air or protective membrane (interior)

W_{max} =	0.22	mm	Permissible crack width	=	0.41	mm	ความกว้างรอยร้าวที่ยอมให้ตาม ACI
Crack Width =	0.22	<	0.41	mm.			ความกว้างรอยร้าว
Moment (Actual) =	214.92	>	Moment (Crack) =	55.49	KN.		Section OK!!

เห็นเหล็กมีโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับโมเมนต์ร้าว

E. Design for Lifting (การออกแบบเหล็กเสริมรับโมเมนต์ขว่งยกแผ่น)

- กำลังคอนกรีตขณะยก F'c at Lifting time = 12 Mpa.

= 50 % of 28 day strength

Bending Moment at Lifting time

Positive Moment (โมเมนต์บวก)			Negative Moment (โมเมนต์ลบ)		
Span Length =	2.15	m.	Span Length =	0.50	m.
Bending Moment =	3.49	KN-m.	Bending Moment =	0.76	KN-m.
M_{cr} =	29.10	KN-m.	M_{cr} =	29.10	KN-m.

Section OK!! For Lifting : M-

Section OK!! For Lifting : M+

F. Deflection Check (ตรวจสอบการแอ่นตัว)

Comments (หมายเหตุ)

% sustained LL (α) น้ำหนักจรที่ค้างอยู่ตลอดเวลา = 50 %

M_a service moment (for different cases of loadings) โมเมนต์ช่วงใช้งาน :

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับด้านแรก		Second Edge ที่รองรับด้านหลัง	
M_{DL} =	3319	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
M_{LL} =	409	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.

(Simple Span : MDL & MLL for Both Egdes are to be Zero, One End Continuous : MDL & MLL for Second Edge are to be Zero)

1.) Compare total design depth with the minimum allowable value given in Table 1

Value in Table 1 = In / 16

Min. depth = 197 mm. < Actual depth = 600 mm.

1.) Primary section properties คุณสมบัติหน้าตัด

1a : Find the I gross of the section. หาโมเมนต์ของพื้นที่ของหน้าตัด

y = = 31.76 cm.

$y = \frac{[bh^2/2+(n-1)(dAs'+dAs)]}{[bh+(n-1)(As+As')]}$

Distance from c.g. to lower extreme fibre (yt) ระยะจากศูนย์กลาง ไปถึงจุดต่ำสุด = 28.24 cm.

I_g = 616544 cm^4

1b : Find M_{cr} หาโมเมนต์แตกร้าว

M_{cr} = 673175 kg.-cm. = 6732 kg.-m.

2.) Find I_{cr} : หา I_{cr}

2a : Calculate the detph c of the Neutral-Axis of the transform section.

คำนวณหาระยะ c จากศูนย์กลางของหน้าตัด

c = 19.32 cm.

$bc^2/2 + [nAs+(n-1)As']c - nAsd - (n-1)As'd' = 0$

2b : Calculate I_{cr} : คำนวณหา I_{cr}

$I_{cr} = bc^3/3 + nAs(d-c)^2 + (n-1)As'(c-d')^2$ = 266928 cm^4

3.) Find the effective moment of inertia Ie หา โมเมนต์ของพื้นที่ประสิทธิผล

3a : Dead load case กรณี นน.คงที่

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับด้านแรก		Second Edge ที่รองรับด้านหลัง	
M_a =	3319	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
I_e =	616544	cm^4	616544	cm^4	616544	cm^4

Average I_e = 616544 cm^4

3b : Dead load + sustained portion of live load (DL+αLL) กรณี นน.คงที่ + นน.จร ส่วนที่ค้างอยู่ตลอดเวลา

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับด้านแรก		Second Edge ที่รองรับด้านหลัง	
M_a =	3524	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
I_e =	616544	cm^4	616544	cm^4		cm^4

Average I_e = 616544 cm^4

3c : Dead load + Live load (DL+LL) กรณี นน.คงที่ + นน.จร

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับด้านแรก		Second Edge ที่รองรับด้านหลัง	
M_a =	3729	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
I_e =	616544	cm^4	616544	cm^4	616544	cm^4

Average I_e = 616544 cm^4

4.) Calculate the immediate deflection based on I_e คำนวณการแอ่นตัวในระยะสั้น

4a : Short-Term deflection การแอ่นตัวในระยะสั้น

Initial Dead Load deflection การแอ่นตัวในระยะสั้นเนื่องจาก นน.คงที่

ΔDL = 0.02 cm.

Initial Live Load deflection การแอ่นตัวในระยะสั้นเนื่องจาก นน.จร

ΔLL = 0.154 - ΔDL = 0.13 cm.

Initial Sustained Live Load deflection การแอ่นตัวในระยะสั้นเนื่องจาก นน.คงที่ที่ค้างอยู่ตลอดเวลา

ΔSL = 0.025 - ΔDL = 0.00 cm.

4b : Long-Term deflection การแอ่นตัวในระยะยาว

$\lambda = \frac{2}{(1+50\rho)}$ λ infinity = 2.00

λt = 2.00

T = 2 : ρ' = 0 (Compression steel)

ΔLT = ΔLL + linfinityΔDL + λtΔSL = 0.18 cm.

5.) Compare to Deflection Requirement (ACI) ตรวจสอบค่าโก่งตัวที่ยอมรับได้ตาม ACI

Limitation 1 :	Ln / 180 =	1.75 cm.	>	ΔLL_{actual}	(Initial live load deflection)	*
Limitation 2 :	Ln / 360 =	0.88 cm.	>	ΔLL_{actual}	(Initial live load deflection)	
Limitation 3 :	Ln / 240 =	1.31 cm.	>	ΔLT_{actual}	(long-term deflection)	#
Limitation 4 :	Ln / 480 =	0.66 cm.	>	ΔLT_{actual}	(long-term deflection)	

Short-Term deflection

Short-Term deflection

Long-Term deflection

Long-Term deflection

***** **Conclusion สรุปสำหรับการตรวจการแอ่นตัว :**

This member is ltd. to Roof or Floor supporedt or attached to nonstructural elements likely to be damaged by large def.

Precast System Design (Non Composite Beam)

Precast Non Composite Beam

(Beam with Dapped End)

การออกแบบโครงสร้างคานสำเร็จ คสล.

Beam No.(เลขที่คาน) : XBA2

Beam Panel No.(เลขที่คาน) : XBA2

Project (โครงการ) : Metro Park Sathorn

Project No. (เลขที่โครงการ) :

Engineer : NSK

A. Input Data (ข้อมูลออกแบบ)

Structural Analysis (ข้อมูลวิเคราะห์โครงสร้าง)

Loading :

- พื้น	Slab =	2.40	kN./sq.m./floor
- นน.คงที่อื่นๆ	SDL =	0.48	kN./sq.m./floor
- ผนังกั้นห้อง	Partition =	7.80	kN./m./floor
- นน.จร	LL =	2.00	kN./sq.m./floor
Slab Tributary Area =		1.65	m.
- จำนวนชั้น	=	9	ชั้น
- นน. คาน	=	4.3	kN/m.
W =		147.03	kN./m.
Wu =		214.75	kN./m.

Force and Moment :

Service Moment (M_a) =	176.6	kN-m
Factored Moment (M_u^*) =	258.0	kN-m
Shear (V_u) =	332.9	kN

General Data (ข้อมูลทั่วไป)

- กำลังคอนกรีต	F'_c =	24	Mpa.
- กำลังของเหล็กเสริม	F_y =	400	Mpa.
- กำลังของเหล็กปลอก	F_y =	400	Mpa.
- ความกว้างคาน	b =	300	mm.
- ความลึกคาน	t =	600	mm.
- Beam Dapped Depth (h_d)	hd =	400.0	mm.
- ระยะหุ้มเหล็ก	Concrete Cover =	40	mm.
- โมดูลัสรัพเจอร์	f_r =	3.1	Mpa.
Effective Depth $_{bending}$ (d^*) =		541.0	mm.
Effective Depth $_{shear}$ (d^*) =		345.0	mm.
- ระยะวางพาด	Clr.Span Length =	3.1	m.
- โมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีต	Ec =	23408	Mpa.
- โมดูลัสยืดหยุ่นเหล็ก	Es =	200000	Mpa.
	n =	9	
-Moment Factor For Non Uniform Load		1.00	
-Shear Factor For Non Uniform Load		1.00	

Comments

- cylinder strength
- effective thickness
- ตาม ACI standard
- =1.99xsqrt(f'c) in kg/sq.cm. unit
- (DL Reaction = 181.863 kN)
- (LL Reaction = 46.035 kN)
- (Reaction = 227.898 kN)
- n = Es/Ec

B. Design for Bending Moment

$Ru = M_u^*/\phi bd^2$

= 3.264 MPa.

ρ = 0.0089 < $\rho_{max.}$ = 0.0197

Then : As = 1451.9 sq.mm.

Used 5 DB 20

For bending ϕ = 0.9

b_1 = 0.85

Section OK!

$A_{s\ PROVIDED}$ = 1571 sq.mm.

C. Check Shear (ตรวจสอบแรงเฉือน)

C.1)Dapped-end design

V_{ud} = 332.9 kN. < $V_{max.\ Capacity}$ = ϕ*0.2*f'c*b*d_d

For shear ϕ = 0.85

As =	3	DB	20		(Turn down top Reinf.)
Ash =	2	DB	20		(Bottom Reinf.)
Ah =	3	DB	12	(2-legs)	OK! (Horizontal U-shape Reinf.)
Av =	1	DB	12	(2-legs)	(Stirrups at Dapped End)

C.2) Narmal Stirrups

V_{ud} = 216.7 kN. < $V_{max.\ Capacity}$ = ϕ*(5/6)*sqr.(f'c)*b*d

For shear ϕ = 0.85

$\phi V_c = \phi^*(f'c)^{0.5}*b^*d / 6$

= 112.6 kN.

Section OK!!

ϕ Vs = 104.0 kN.

$S = \phi^*fy^*As^*d/\phi Vs$

= 399.9 mm.

Smax = d/2

= 270.5 mm.

Used DB 12 @ 250.0 mm.

D. Check Crack width

Exposure condition : Dry air or protective membrane (interior)

W_{max} = 0.23 mm Permissible crack width = 0.41 mm

ความกว้างรอยร้าวที่ยอมให้ตาม ACI

Crack Width = 0.23 < 0.41 mm.

ความกว้างรอยร้าว

Moment (Actual) = 176.62 > Moment (Crack) = 55.49 KN.

Section OK!!

เปรียบเทียบโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับโมเมนต์ร้าว

E. Design for Lifting (การออกแบบเหล็กเสริมรับโมเมนต์ช่วงยกแผ่น)

- กำลังคอนกรีตขณะยก F'c at Lifting time = 12 Mpa.

= 50 % of 28 day strength

Bending Moment at Lifting time

Positive Moment (โมเมนต์บวก)			Negative Moment (โมเมนต์ลบ)		
Span Length =	2.10	m.	Span Length =	0.50	m.
Bending Moment =	3.33	KN-m.	Bending Moment =	0.76	KN-m.
M_{cr} =	29.10	KN-m.	M_{cr} =	29.10	KN-m.

Section OK!! For Lifting : M-

Section OK!! For Lifting : M+

F. Deflection Check (ตรวจสอบการแอ่นตัว)

Comments (หมายเหตุ)

% sustained LL (α) น้ำหนักจรที่ค้างอยู่ตลอดเวลา = 50 %

M_a service moment (for different cases of loadings) โมเมนต์ช่วงใช้งาน :

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับตัวแรก		Second Edge ที่รองรับตัวหลัง	
M_{DL} =	2637	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
M_{LL} =	396	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.

(Simple Span : MDL & MLL for Both Egdes are to be Zero, One End Continuous : MDL & MLL for Second Edge are to be Zero)

1.) Compare total design depth with the minimum allowable value given in Table 1

Value in Table 1 = ln / 16

Min. depth = 194 mm. < Actual depth = 600 mm.

1.) Primary section properties คุณสมบัติหน้าตัด

1a : Find the I gross of the section. หาโมเมนต์ของพื้นที่ของหน้าตัด

y = = 31.49 cm.

$y = \frac{[bh^2/2+(n-1)(dAs'+dAs)]}{[bh+(n-1)(As+As')]}$

Distance from c.g. to lower extreme fibre (yt) ระยะจากศูนย์กลาง ไปถึงจุดต่ำสุด = 28.51 cm.

I_g = 604575 cm^4

1b : Find M_{cr} หาโมเมนต์แตกร้าว

M_{cr} = 653718 kg.-cm. = 6537 kg.-m.

2.) Find I_{cr} : หา I_{cr}

2a : Calculate the detph c of the Neutral-Axis of the transform section.

คำนวณหาระยะ c จากศูนย์กลางของหน้าตัด

c = 17.98 cm.

$bc^2/2 + [nAs+(n-1)As']c - nAsd - (n-1)As'd' = 0$

2b : Calculate I_{cr} : คำนวณหา I_{cr}

$I_{cr} = bc^3/3 + nAs(d-c)^2 + (n-1)As'(c-d')^2$ = 233221 cm^4

3.) Find the effective moment of inertia Ie หา โมเมนต์ของพื้นที่ประสิทธิผล

3a : Dead load case กรณี นน.คงที่

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับตัวแรก		Second Edge ที่รองรับตัวหลัง	
M_a =	2637	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
I_e =	604575	cm^4	604575	cm^4	604575	cm^4

Average I_e = 604575 cm^4

3b : Dead load + sustained portion of live load (DL+αLL) กรณี นน.คงที่ + นน.จร ส่วนที่ค้างอยู่ตลอดเวลา

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับตัวแรก		Second Edge ที่รองรับตัวหลัง	
M_a =	2835	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
I_e =	604575	cm^4	604575	cm^4		cm^4

Average I_e = 604575 cm^4

3c : Dead load + Live load (DL+LL) กรณี นน.คงที่ + นน.จร

	Mid Span กลางสแปน		First Edge ที่รองรับตัวแรก		Second Edge ที่รองรับตัวหลัง	
M_a =	3033	kg.-m.	0	kg.-m.	0	kg.-m.
I_e =	604575	cm^4	604575	cm^4	604575	cm^4

Average I_e = 604575 cm^4

4.) Calculate the immediate deflection based on I_e คำนวณการแอ่นตัวในระยะสั้น

4a : Short-Term deflection การแอ่นตัวในระยะสั้น

Initial Dead Load deflection การแอ่นตัวในระยะสั้นเนื่องจาก นน.คงที่

ΔDL = 0.02 cm.

Initial Live Load deflection การแอ่นตัวในระยะสั้นเนื่องจาก นน.จร

ΔLL = 0.125 - ΔDL = 0.11 cm.

Initial Sustained Live Load deflection การแอ่นตัวในระยะสั้นเนื่องจาก นน.คงที่ที่ค้างอยู่ตลอดเวลา

ΔSL = 0.020 - ΔDL = 0.00 cm.

4b : Long-Term deflection การแอ่นตัวในระยะยาว

λ = 2 / (1+50ρ) ; λ infinity = 2.00 ; λt = 2.00

T = 2 : ρ' = 0 (Compression steel)

ΔLT = ΔLL + linfinityΔDL + λtΔSL = 0.15 cm.

5.) Compare to Deflection Requirement (ACI) ตรวจสอบค่าโก่งตัวที่ยอมรับได้ตาม ACI

Limitation 1 :	Ln / 180 =	1.72	cm.	>	ΔLL_{actual} (Initial live load deflection)	*	Short-Term deflection
Limitation 2 :	Ln / 360 =	0.86	cm.	>	ΔLL_{actual} (Initial live load deflection)		Short-Term deflection
Limitation 3 :	Ln / 240 =	1.29	cm.	>	ΔLT_{actual} (long-term deflection)	#	Long-Term deflection
Limitation 4 :	Ln / 480 =	0.65	cm.	>	ΔLT_{actual} (long-term deflection)		Long-Term deflection

***** Conclusion สรุปสำหรับการตรวจการแอ่นตัว :

This member is ltd. to Roof or Floor supporedt or attached to nonstrustural elements likely to be damaged by large def.

Precast System Design (Non Composite Beam)

Precast Non Composite Beam

(Beam with Dapped End)

กรณีออกแบบโครงสร้างคานสำเร็จ คสล.

Beam No.(เลขที่คาน) : GBA36

Beam Panel No.(เลขที่คาน) : GBA36

Project (โครงการ) : Metro Park Sathorn

Project No. (เลขที่โครงการ) :

Engineer : NSK

A. Input Data (ข้อมูลออกแบบ)

Structural Analysis (ข้อมูลวิเคราะห์โครงสร้าง)

Loading :

- พื้น	Slab =	2.40	kN./sq.m./floor
- นน.คงที่อื่นๆ	SDL =	0.48	kN./sq.m./floor
- ผนังกั้นห้อง	Partition =	7.80	kN./m./floor
- นน.จร	LL =	2.00	kN./sq.m./floor
	Slab Tributary Area =	1.7	m.
- จำนวนชั้น	=	9	ชั้น
- นน. คาน	=	5.4	kN/m.
	W =	150.31	kN./m.
	Wu =	219.61	kN./m.

Force and Moment :

Service Moment (M_s) =	315.8	kN-m
Factored Moment (M_u^+) =	461.5	kN-m
Shear (V_u) =	450.2	kN

General Data (ข้อมูลทั่วไป)

- กำลังคอนกรีต	F'_c =	24	Mpa.
- กำลังของเหล็กเสริม	F_y =	400	Mpa.
- กำลังของเหล็กปลอก	F_y =	400	Mpa.
- ความกว้างคาน	b =	450	mm.
- ความลึกคาน	t =	500	mm.
- Beam Dapped Depth (h_d)	hd =	250.0	mm.
- ระยะหุ้มเหล็ก Concrete Cover	=	40	mm.
- โมดูลัสรัพเจอร์	f_r =	3.1	Mpa.
Effective Depth $_{bending}$ (d^+)	=	441.0	mm.
Effective Depth $_{shear}$ (d^+)	=	195.0	mm.
- ระยะวางพาด Clr.Span Length	=	4.1	m.
- โมดูลัสยืดหยุ่นคอนกรีต	Ec =	23408	Mpa.
- โมดูลัสยืดหยุ่นเหล็ก	Es =	200000	Mpa.
	n =	9	
-Moment Factor For Non Uniform Load		1.00	
-Shear Factor For Non Uniform Load		1.00	

Comments

- cylinder strength
- effective thickness
- ตาม ACI standard
- =1.99xsqrt(fc') in kg/sq.cm. unit
- (DL Reaction = 245.400 kN)
- (LL Reaction = 62.730 kN)
- (Reaction = 308.130 kN)
- n = Es/Ec

B. Design for Bending Moment

$Ru = M_u^+/\phi bd^2$

= 5.859 MPa.

ρ = 0.0177 < $\rho_{max.}$ = 0.0197

Then : As = 3518.1 sq.mm.

Used 12 DB 20

For bending ϕ = 0.9

b_1 = 0.85

Section OK!

$A_{s\ PROVIDED}$ = 3770 sq.mm.

C. Check Shear (ตรวจสอบแรงเฉือน)

C.1)Dapped-end design

V_{ud} = 450.2 kN. > $V_{max.\ Capacity}$ = ϕ*0.2*f'c*b*d_d

For shear ϕ = 0.85

As =	4	DB	20	(Turn down top Reinf.)
Ash =	3	DB	20	(Bottom Reinf.)
Ah =	3	DB	12 (2-legs)	OK! (Horizontal U-shape Reinf.)
Av =	3	DB	12 (2-legs)	(Stirrups at Dapped End)

C.2) Narmal Stirrups

V_{ud} = 353.4 kN. < $V_{max.\ Capacity}$ = ϕ*(5/6)*sqr.(f'c)*b*d

For shear ϕ = 0.85

$\phi V_c = \frac{\phi*(f'c)^{0.5}*b*d}{6}$

= 137.7 kN.

Section OK!!

ϕ Vs = 215.6 kN.

$S = \phi*fy*As*d/\phi Vs$

= 157.3 mm.

Smax = d/2

= 220.5 mm.

Used DB 12 @ 150.0 mm.

D. Check Crack width

Exposure condition: Dry air or protective membrane (interior)

W_{max} = 0.21 mm Permissible crack width = 0.41 mm

ความกว้างรอยร้าวที่ยอมให้ตาม ACI

Crack Width = 0.21 < 0.41 mm.

ความกว้างรอยร้าว

Moment (Actual) = 315.83 > Moment (Crack) = 57.80 KN.

Section OK!!

เปรียบเทียบโมเมนต์ที่เกิดขึ้นกับโมเมนต์ร้าว