มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สอบปลายภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2555
วันที่ 1 ตุลาคม 2555 เวลา 13.30 - 16.30 น.
วิชา 221-414 Prestressed Concrete ตอน 01 ห้องสอบ S 101

ชื่อ-สกุล.....รหัส.....

คำชี้แจง

1.ข้อสอบทั้งหมดมี 5 ข้อใหญ่ คะแนนรวม 95 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
2.ข้อสอบมีทั้งหมด 11 หน้า (รวมปก) ผู้สอบต้องตรวจสอบว่ามีครบทุกหน้าหรือไม่ (ก่อนลงมือทำ) ห้ามฉีกหรือแกะข้อสอบออกจากเล่ม
3.ให้ทำหมดทุกข้อลงในกระดาษคำถามนี้ หากไม่พอให้ใช้หน้าว่างด้านซ้ายมือ
4.ไม่อนุญาตให้นำเอกสารใดๆ เข้าห้องสอบได้
5.อนุญาตให้ใช้เครื่องคิดเลขได้ทุกชนิด
6.ห้ามหยิบ หรือยืมสิ่งของใดๆ ของผู้อื่นในห้องสอบ
7.อนุญาตให้ตอบด้วยดินสอดำได้ (ควรใช้ชนิด B)
8.ให้เขียน รหัส ที่หัวกระดาษทุกแผ่น

ตารางคะแนน

ข้อที่	คะแนนเต็ม	ได้
1	15	
2	20	
3	25	
4	20	
5	15	
รวม	**95**	

(15 คะแนน) 1: เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมตันขนาด (30×30 cm) เสาเข็มนี้มีความยาวทั้งหมด L = 12 เมตร (สมมติว่าในการออกแบบ การสูญเสียแรงอัดทั้งหมดประมาณ 20% และ impact factor = 30%) ไม่ต้องทำการคำนวณเหล็กปลอก ถ้าในการใช้งานเสาเข็มดังกล่าวมีจุดยกเพียงจุดเดียวห่างจากหัวเสาเข็มเป็นระยะเท่ากับ 0.29L และขณะยกสมมติว่าปลายเสาเข็มสัมผัสพื้นผิว

กำลังอัดของคอนกรีต: service $f_c^{'} = 400\ ksc$ transfer $f_{ci}^{'} = 0.7f_c^{'} = 280\ ksc$

เส้นลวด: PC.wire Diameter 7 mm: As = 0.3848 cm^2 $f_{pu} = 16{,}000\ ksc$

Permissible tensile stress of prestress tendons: $f_{pi} = 0.7f_{pu} = 11{,}200\ ksc$

.....

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะส่งถ่ายแรง

Extreme fiber stress in compression: $0.6f_{ci}^{'}$ Extreme fiber stress in tension: $0.795\sqrt{f_{ci}^{'}}$

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะใช้งาน

Extreme fiber stress in compression: $0.45f_c^{'}$ Extreme fiber stress in tension: $1.59\sqrt{f_c^{'}}$

.....

กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

น้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนที่ยอมให้ของเสาเข็ม = $(0.33f'_c - 0.27f_{pc})A_C$

น้ำหนักบรรทุกประลัยตามแนวแกนของเสาเข็ม = $(0.85f'_c - 0.6f_{pc})A_C$

.....

จงทำการออกแบบและตอบคำถามต่อไปนี้

1.1 จำนวนเส้นลวด PC wire ที่น้อยที่สุด (ให้ใช้ขนาดตามที่กำหนดเท่านั้น)

1.2 จงตรวจสอบความเค้นที่ผิวและล่างของหน้าตัดที่สภาวะส่งถ่ายแรงและใช้งาน

1.3 อัตราส่วนค่าความปลอดภัยในการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็ม

(20 คะแนน) 2: คานคอนกรีตอัดแรงช่วงเดียวความยาว 12 เมตร ถูกออกแบบให้มีระยะเยื้องศูนย์คงที่ตลอดความยาวคาน ถ้าคานดังกล่าวรับน้ำหนักบรรทุกจร 1,250 กิโลกรัมต่อเมตรและน้ำหนักบรรทุกคงค้าง 800 กิโลกรัมต่อเมตร (ไม่รวมน้ำหนักของคานเอง) โดยที่หน้าตัดมีขนาดดังแสดงในรูป สมมุติการสูญเสียแรงอัดมีค่าประมาณ 15% ของการอัดแรงเริ่มต้น กำหนดให้ใช้เส้นลวดอัดแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 มมเท่านั้น (พื้นที่หน้าตัด = 0.317 cm^2) ชนิด stress-relieved wires ตามมาตรฐาน ACI code, ความเค้นที่ยอมให้ในเส้นลวดทันทีหลังการส่งถ่ายแรงจะต้องมีค่าไม่เกิน $0.82f_{py}$ or $0.78f_{pu}$ (f_{pu} = 19000 ksc)

.....

กำลังอัดของคอนกรีต f'_{ci} = 300 ksc and f'_c = 420 ksc

ขอบเขตสภาวะความเค้นสิ้นสุด:

ที่สภาวะส่งถ่ายแรง:

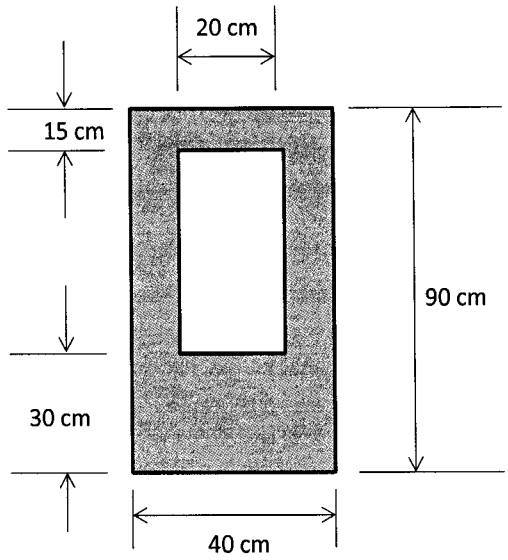
$$F_{ti} = -1.6\sqrt{f'_{ci}}$$

$$F_{ci} = 0.6f'_{ci}$$

ที่สภาวะการใช้งาน :

$$F_t = -1.6\sqrt{f'_c}$$

$$F_c = 0.45f_{ci}$$



สมการขนาดแรงอัดและระยะเยื้องศูนย์ของเซนทรอยด์ลวดอัดแรง:

$$\bar{F}_{ci} = F_{ti} + \frac{c_1}{h}(F_{ci} - F_{ti}) \qquad e = (\bar{F}_{ci} - F_{ti})\frac{S_1}{P_i}$$

.....

จงทำการออกแบบและตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ขนาดแรงอัดตามขอบเขตสภาวะความเค้นสิ้นสุดที่กำหนดให้

2.2 ระยะเยื้องศูนย์ของเส้นลวดอัดแรงและจำนวนเส้นลวดที่จำเป็นต้องใช้จากคำถามข้อ (2.1)

2.3 ถ้าคานคอนกรีตอัดแรงถูกออกแบบให้มีระยะเยื้องศูนย์ตามคำถามข้อ (2.2) แล้วจงคำนวณหาจำนวนเส้นลวดที่น้อยที่สุดที่จำเป็นต้องใช้ที่หน้าตัดกึ่งกลางช่วงความยาว (mid span)

(25 คะแนน) 3: คานคอนกรีตอัดแรง Precast stem ขนาดความกว้าง 30 cm สูง 92 cm ถูกอัดแรงเริ่มต้นขนาด 245,000 kg และมีแรงอัดประสิทธิผลภายหลังเกิดการสูญเสียต่างๆมีค่าเท่ากับ 215,000 kg คานดังกล่าวรับน้ำหนักบรรทุกจรสม่ำเสมอตลอดความยาว 16 m ถ้าโมเมนต์ดัดเนื่องจากน้ำหนักของคานเองเท่ากับ 27,000 kg-m ที่กึ่งกลางความยาว ถ้าคานดังกล่าวถูกนำมาก่อสร้างโดยมีการติดตั้งค้ำยันขณะเทพื้นด้านบน (shored) ขนาดแผ่นพื้นที่ทำการเทจะต้องหนา 15 cm และกว้าง 92 cm แผ่นพื้นก่อให้เกิดโมเมนต์ดัดเท่ากับ 13,500 kg-m ที่กึ่งกลางความยาวคาน

.....

กำลังอัดของคอนกรีต:

Precast beam: $f_{ci}^{'} = 280\ ksc$ $f_{c}^{'} = 350\ ksc$

Concrete Deck 15 cm $f_{c}^{'} = 240\ ksc$

Prestressing tendon:

A_{ps} = 20 cm^2 f_{pu} = 16500 ksc

ACI formula: $f_{ps} = f_{pu}\ (1\text{-}0.5\rho\ (f_{pu}/f'_c))$

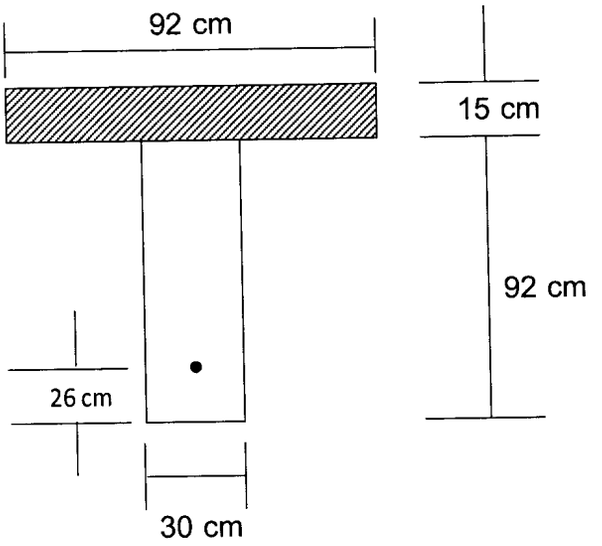
Allowable stress limit:

$F_{ci} = 0.55f_{ci}^{'} = 155.0\ ksc$ $F_{c} = 0.4f_{c}^{'} = 140.0\ ksc$

$F_{ti} = 14.90\ ksc$ $F_{t} = 29.8\ ksc$

F_r = 24.5 *ksc* (Modulus of Rupture)

n = (E_{beam}/E_{slab})



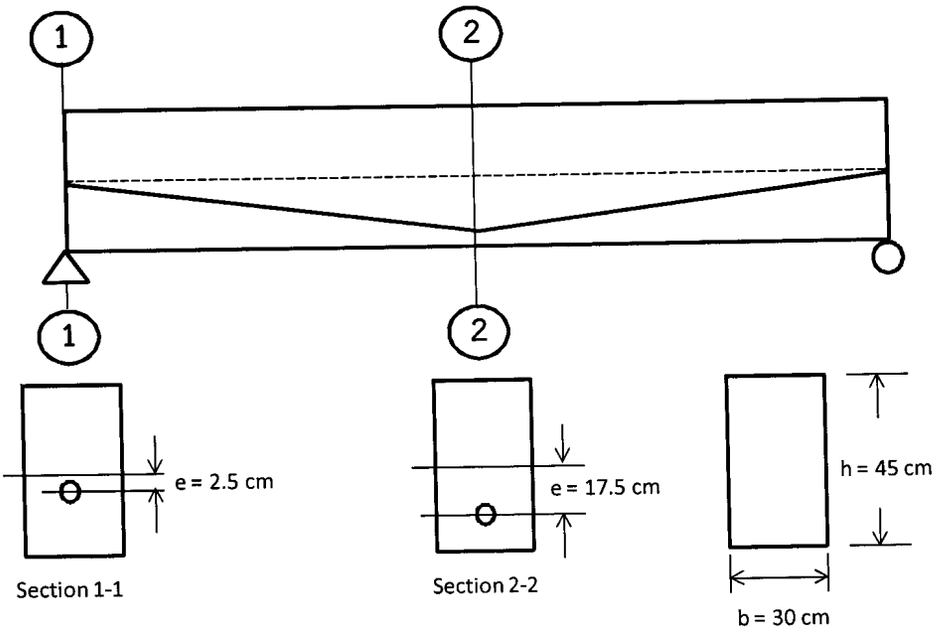
จงทำการตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 ขนาดน้ำหนักบรรทุกจรสูงสุดที่ระบบหน้าตัดประกอบนี้สามารถรับได้

3.2 ขนาดน้ำหนักบรรทุกประลัยที่ระบบหน้าตัดประกอบนี้สามารถรับได้

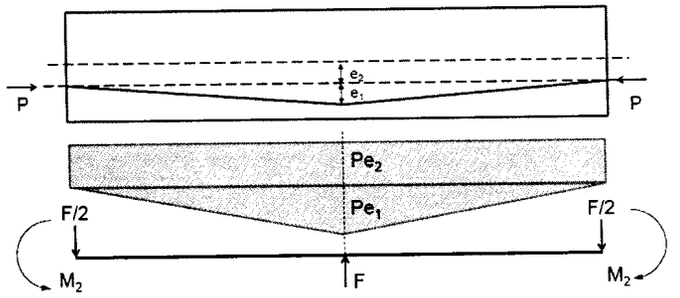
3.3 อัตราส่วนความปลอดภัยของน้ำหนักบรรทุกจรของระบบนี้

(20 คะแนน) 4: คานคอนกรีตอัดช่วงเดียวแรงยาว 10 เมตร มีเส้นลวดอัดแรงพื้นที่รวมทั้งหมด 780 ตารางมิลลิเมตรโดยมีความเค้นอัดประสิทธิผล (effective prestress) ขนาด 9650 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร กำหนดให้ (E_c = 280,000 ksc E_s = 1.9(10^6) ksc) กำลังอัดประลัยของคอนกรีต f'_c = 380 ksc โมดูลัสการแตกร้าว (Modulus of rupture) = $2.0(f'_c)^{0.5}$



.....

การโก่งตัวที่กึ่งกลางคานเนื่องจากน้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอ = $5WL^4/(384EI)$



$M_1 = Pe_1$ and $M_2 = Pe_2$ or $M_1 = FL/4$

$F = 4Pe_1/L$ and $\Delta_2 = M_2L^2/8EI$

$\Delta = FL^3/48EI + M_2L^2/8EI$

จงตอบคำถามต่อไปนี้

4.1 ขนาดการโก่งตัวที่กึ่งกลางความยาวคานเนื่องจากแรงอัดประสิทธิผลและน้ำหนักของคานเอง

4.2 ค่าโมเมนต์แตกร้าวของคานคอนกรีตอัดแรงที่กึ่งกลางความยาวคาน

4.3 ขนาดน้ำหนักบรรทุกสม่ำเสมอที่มากที่สุดก่อนคานเกิดการแตกร้าว

4.4 ขนาดการโก่งตัวที่กึ่งกลางความยาวคานที่มากที่สุดก่อนคานเกิดการแตกร้าว

(15 คะแนน) 5: คานคอนกรีตอัดแรงช่วงเดียวยาว 10 เมตร มีลวดเส้นอัดแรงเยื้องศูนย์คงที่ตลอดความยาวคานและเส้นลวดอัดแรงมีพื้นที่รวมทั้งหมด 780 ตารางมิลลิเมตรโดยมีความเค้นอัดประสิทธิผล (effective prestress) ขนาด 9650 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร คานคอนกรีตอัดแรงดังกล่าวอยู่ภายใต้น้ำหนักบรรทุกจรใช้งาน 1100 กิโลกรัมต่อเมตร (f'_c = 380 ksc and f_{pu} = 19000 ksc) (Stirrup: using RB6 mm only)

.....

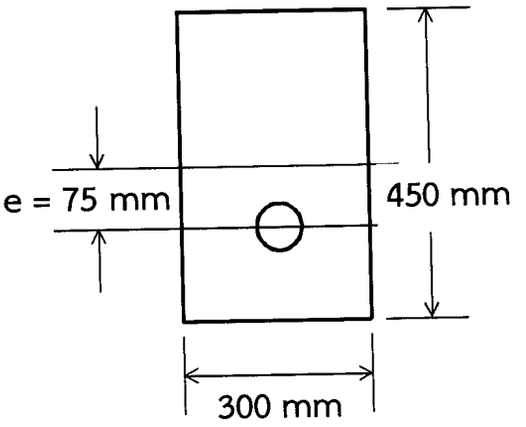
กำลังรับแรงเฉือนของคอนกรีต:

$V = V_u/\phi$: the reduction factor ϕ = 1.0 และ V_u = แรงเฉือนประลัย

$V_c = (0.53\sqrt{f'_c})\, b\, d_p$ โดยที่ $V_s = V - V_c$

Load Factor: Dead Load = 1.4 และ Live Load = 1.7

.....



ขอบเขตระยะห่างของเหล็กปลอก (S):

For design purpose: S > 15 cm

$S \leq 0.75h$ และ $S \leq 60$ cm

ข้อกำหนดปริมาณเหล็กปลอก:

$A_v = V_s S /(f_y d_p)$

$A_{v\,min} = 3.5 b_w S/f_y$ และ $A_{v\,min} = [A_{ps} f_{pu} S \sqrt{(d_p/b_w)}] /(80 f_y d_p)$

.....

จงคำนวณหาระยะห่างของเหล็กปลอกที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นโดยที่กำหนดให้ใช้เหล็กปลอกขนาด SR24- RB 6 mm เท่านั้น