มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สอบปลายภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2556
วันที่ 30 กันยายน 2556 เวลา 13.30 - 16.30 น.
วิชา 221-414 Prestressed Concrete ตอน 01 ห้องสอบ หัวหุ่น

ชื่อ-สกุล.....รหัส.....

คำชี้แจง

1.ข้อสอบทั้งหมดมี 5 ข้อใหญ่ คะแนนรวม 90 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
2.ข้อสอบมีทั้งหมด 9 หน้า (รวมปก) ผู้สอบต้องตรวจสอบว่ามีครบทุกหน้าหรือไม่ (ก่อนลงมือทำ)
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	20	
2	20	
3	20	
4	15	
5	15	
รวม	**90**	

สมการและสูตรสำหรับการคำนวณ

ข้อที่ 1 กำลังรับน้ำหนักของเสาเข็ม

Allowable pile load = $(0.33f'_c - 0.27f_{pc})A_c$ Ultimate pile load = $(0.85f'_c - 0.6f_{pc})A_c$

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะส่งถ่ายแรง

Extreme fiber stress in compression: $0.6f'_{ci}$ Extreme fiber stress in tension: $0.795(f'_{ci})^{0.5}$

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะใช้งาน

Extreme fiber stress in compression: $0.45f'_c$ Extreme fiber stress in tension: $1.59(f'_c)^{0.5}$

ข้อที่ 2

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะส่งถ่ายแรง

Extreme fiber stress in compression: $0.6f'_{ci}$ Extreme fiber stress in tension: $1.6(f'_{ci})^{0.5}$

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะใช้งาน

Extreme fiber stress in compression: $0.45f'_c$ Extreme fiber stress in tension: $1.6(f'_c)^{0.5}$

สมการขนาดแรงอัดและระยะเยื้องศูนย์ของเซนทรอยด์ลวดอัดแรง: $\bar{F}_{ci} = F_b + \frac{c_1}{h}(F_{ci} - F_b) \quad e = (\bar{F}_{ci} - F_b)\frac{S_1}{P_i}$

ข้อที่ 3

ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะส่งถ่ายแรง

Extreme fiber stress in compression: $0.6f'_{ci}$ Extreme fiber stress in tension: $0.25(f'_{ci})^{0.5}$

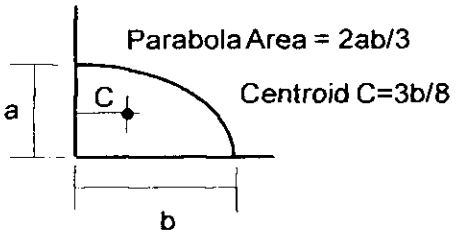
ความเค้นของคอนกรีตที่สภาวะใช้งาน

Extreme fiber stress in compression: $0.6f'_c$ Extreme fiber stress in tension: $0.5(f'_c)^{0.5}$

E (unit: ksc) = $15200\ (f'_c)^{0.5}$

Effective flange width b_e = (beam width) + 16(slab thickness)

ข้อที่ 4



ข้อที่ 5

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

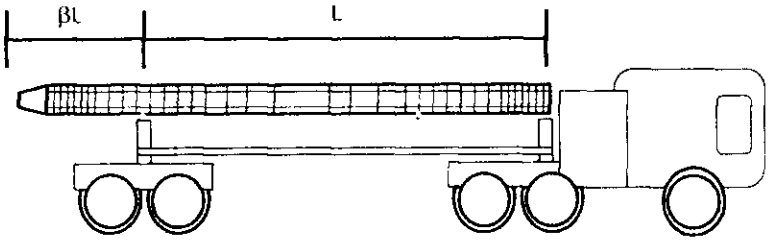
(20 คะแนน) 1: เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมตันขนาด 25x25 cm เสาเข็มนี้มีความยาวทั้งหมด ($\beta L + L$) = 8 เมตร (สมมติว่าในการออกแบบ การสูญเสียแรงอัดทั้งหมดประมาณ 25% และ *impact factor* = 30%) ไม่ต้องทำการคำนวณเหล็กปลอก ถ้าในการขนส่งเสาเข็มได้ทำการวางเสาเข็มในลักษณะคานยื่น (Cantilever beam) ดังแสดงในรูป

1.1 จงคำนวณหาค่าอัตราส่วนระยะทาง β ที่ทำให้ค่าโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบของเสาเข็ม ขณะขนส่งมีค่าเท่ากัน โดยสมมุติว่าแรงเฉือนบนหน้าตัดเสาเข็มมีค่าเท่ากับศูนย์ที่ตำแหน่งห่างจากที่รองรับด้านขวามือเท่ากับระยะทาง L/3

1.2 จำนวนเส้นลวด PC wire (ที่เป็นเลขคู่) ที่น้อยที่สุด เมื่อกำหนดให้ β = 0.376 (ให้ใช้ขนาดตามที่กำหนดเท่านั้น)

1.3 จงตรวจสอบความเค้นที่ผิวและล่างของหน้าตัดที่สภาวะส่งถ่ายแรงและใช้งานตามข้อ 1.2

1.4 อัตราส่วนค่าความปลอดภัยในการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็ม



กำลังอัดของคอนกรีต: สภาวะใช้งาน f'_c= 400 ksc สภาวะส่งถ่ายแรง f'_{ci}= 280 ksc

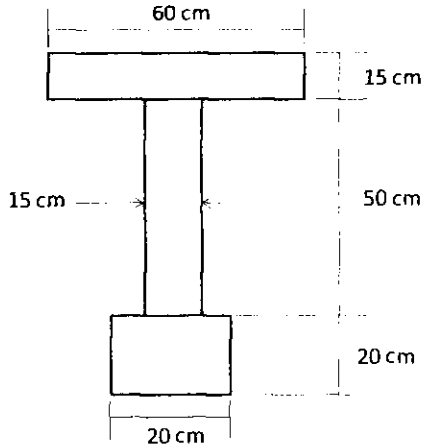
เส้นลวด: PC.wire Diameter 7 mm: As = 0.385 cm^2 f_{pu} = 16000 ksc ค่าความเค้นดึงที่ยอมให้ใช้งานไม่เกิน $0.7f_{pu}$

(20 คะแนน) 2: คานคอนกรีตอัดแรงช่วงเดียวความยาว 12 m มีหน้าตัดมีขนาดดังแสดงในรูป คานถูกออกแบบให้มีระยะเยื้องศูนย์คงที่ตลอดความยาวคาน รับน้ำหนักบรรทุกจร 1,000 kg/m และน้ำหนักบรรทุกคงค้าง 400 kg/m (ไม่รวมน้ำหนักของคานเอง) โดยสมมุติการสูญเสียแรงอัดมีค่าประมาณ 20% กำหนดให้ใช้เส้นลวดอัดแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6.35 มมเท่านั้น (A_{ps} = 0.317 cm^2) ความเค้นที่ยอมให้ในเส้นลวดทันทีหลังการส่งถ่ายแรงจะต้องมีค่าไม่เกิน $0.78f_{pu}$ (f_{pu} = 19000 ksc) กำลังอัดของคอนกรีต f'_{ci} = 300 ksc and f'_c = 420 ksc จงคำนวณต่อไปนี้

2.1 ขนาดแรงอัดตามขอบเขตสภาวะความเค้นสิ้นสุดที่กำหนดให้

2.2 ระยะเยื้องศูนย์ของเส้นลวดอัดแรงและจำนวนเส้นลวดที่จำเป็นต้องใช้จากคำถามข้อ (2.1)

2.3 ถ้าคานคอนกรีตอัดแรงถูกออกแบบให้มีระยะเยื้องศูนย์ตามคำถามข้อ (2.2) แล้วจงคำนวณหาจำนวนเส้นลวดที่น้อยที่สุดที่จำเป็นต้องใช้ที่หน้าตัดกึ่งกลางช่วงความยาว (mid span)



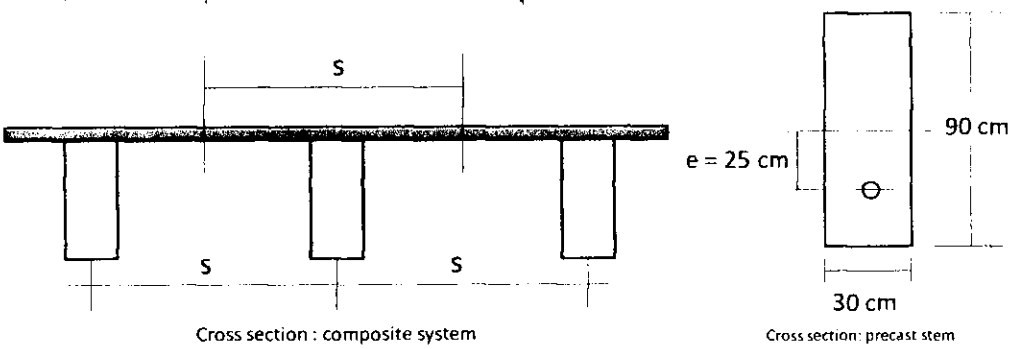
(20 คะแนน) 3: ระบบคานคอนกรีตอัดแรงประกอบ (composite system) ช่วงเดียวความยาว 20 m ประกอบด้วยคาน precast stem ขนาดความกว้าง 30 cm สูง 90 cm มีระยะเยื้องศูนย์ของเส้นลวด 25 cm เกิด losses ทั้งหมด 20% ถ้าคานดังกล่าวถูกนำมาก่อสร้างโดยไม่มีการติดตั้งค้ำยันขณะเทพื้นด้านบน (unshored) พื้นคอนกรีตที่ทำการเทมีความหนา 15 cm กำหนดให้น้ำหนักจรและคงค้างภายหลังติดตั้งระบบประกอบแล้วมีค่าเท่ากับ 240 kg/m^2 และ 100 kg/m^2 ตามลำดับ

ความเค้นที่ยอมให้ในเส้นลวดทันทีหลังการส่งถ่ายแรงจะต้องมีค่าไม่เกิน $0.78f_{pu}$ (f_{pu} = 19000 ksc)

กำลังอัดของคานคอนกรีต f'_{ci} = 280 ksc and f'_c = 350 ksc กำลังอัดของคอนกรีตพื้น = 240 ksc

3.1 จำนวนเส้นลวดสำหรับคาน precast stem ถ้ากำหนดให้ใช้ PC. strand 12.7 mm (A_{ps} = 1.267 cm^2)

3.2 ระยะห่าง (S) ระหว่างคาน precast stem ที่เป็นไปได้มากที่สุดภายใต้สภาวะความเค้นที่กำหนดให้



Cross section : composite system

Cross section: precast stem

Hint: 3.1 คำนวณที่สภาวะส่งถ่ายแรง

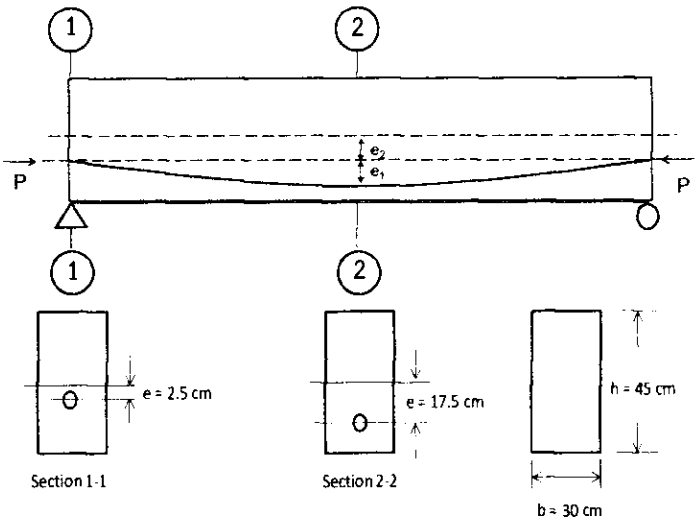
(15 คะแนน) 4: คานคอนกรีตอัดช่วงเดียวแรงยาว 10 เมตร มีเส้นลวดอัดแรงพื้นที่รวมทั้งหมด 7.80 cm^2 โดยมีความเค้นอัดประสิทธิผล (effective prestress) ขนาด 9650 ksc กำหนดให้ (E_c = 280,000 ksc และ E_s = 1.9(10^6) ksc)

4.1 วาดแผนภาพแทนแรงที่ใช้ในการคำนวณสมการการโก่งตัว

4.2 แสดงให้เห็นว่าการโก่งตัวที่กึ่งกลางคาน มีค่าเท่ากับ ($5e_1/6 + e_2$) ($PL^2/8EI$)

Hint 4.2: deflection by moment area method

4.3 ขนาดการโก่งตัวที่กึ่งกลางความยาวคานเนื่องจากแรงอัดประสิทธิผลและน้ำหนักของคานเอง



(15 คะแนน) 5: คานคอนกรีตอัดแรงช่วงเดียวยาว 10 m มีลวดเส้นอัดแรงเยื้องศูนย์คงที่ตลอดความยาวคานและเส้นลวดอัดแรงมีพื้นที่รวมทั้งหมด 7.80 cm^2 โดยมีความเค้นอัดประสิทธิผล (effective prestress) ขนาด 9650 ksc คานคอนกรีตอัดแรงดังกล่าวอยู่ภายใต้น้ำหนักบรรทุกจรใช้งาน 1100 kg/m (f'_c = 380 ksc and f_{pu} = 19000 ksc) จงคำนวณหาระยะห่างของเหล็กปลอกที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นโดยที่กำหนดให้ใช้เหล็กปลอกขนาด SR24- RB 6 mm เท่านั้น

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