มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

สอบปลายภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2557
วันที่ 8 ธันวาคม 2557 เวลา 13.30 - 16.30 น.
วิชา 220-414 Prestressed Concrete ตอน 01 ห้องสอบ หัวหุ่น

ชื่อ-สกุล.....รหัส.....

คำชี้แจง

1.ข้อสอบทั้งหมดมี 5 ข้อใหญ่ คะแนนรวม 90 คะแนน ดังแสดงในตารางข้างล่าง
2.ข้อสอบมีทั้งหมด 7 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

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

.....

ข้อที่ 2

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 3 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: $1.59(f'_{c})^{0.5}$

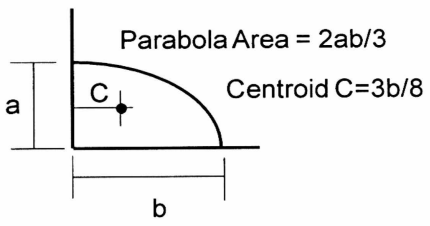
.....

ข้อที่ 4

$V_c = (0.53\sqrt{f'_c})\ b_w\ d_p$ โดยที่ $V_s = V_u - V_c$

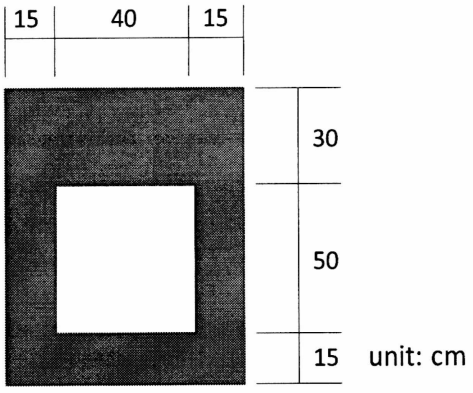
.....

ข้อที่ 5



.....

(20 คะแนน) 1: คานคอนกรีตอัดแรงรูปกล่องช่วงเดียวความยาว 15 m คานถูกออกแบบให้มีระยะเยื้องศูนย์คงที่ตลอดความยาวคาน รับน้ำหนักบรรทุกจร 1,000 kg/m และน้ำหนักบรรทุกคงค้าง 400 kg/m (ไม่รวมน้ำหนักของคานเอง) โดยสมมุติการสูญเสียแรงอัดมีค่าประมาณ 20% กำหนดให้ใช้เส้นลวดอัดแรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12.70 มมเท่านั้น (A_{ps} = 1.267 cm^2) ความเค้นที่ยอมให้ในเส้นลวดทันทีหลังการส่งถ่ายแรงจะต้องมีค่าไม่เกิน 0.78f_{pu} (f_{pu} = 19000 ksc) กำลังอัดของคอนกรีต f'_{ci} = 300 ksc and f'_c = 420 ksc จงคำนวณต่อไปนี้

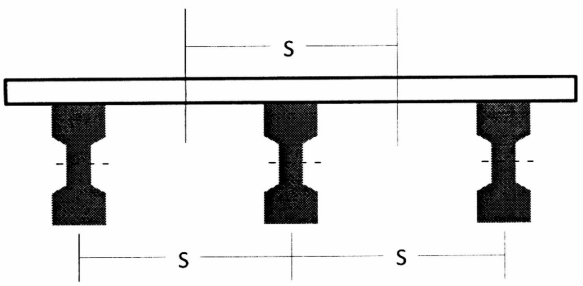


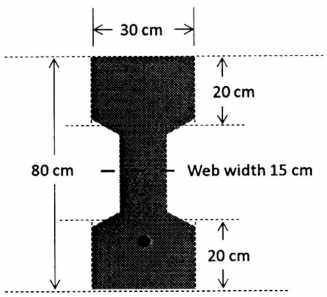
1.1 ขนาดแรงอัดตามขอบเขตสภาวะความเค้นสิ้นสุดที่กำหนดให้

1.2 ระยะเยื้องศูนย์ของเส้นลวดอัดแรงและจำนวนเส้นลวดที่จำเป็นต้องใช้จากคำถามข้อ (1.1)

1.3 ถ้าคานคอนกรีตอัดแรงถูกออกแบบให้มีระยะเยื้องศูนย์ตามคำถามข้อ (1.2) แล้วจงคำนวณหาจำนวนเส้นลวดที่น้อยที่สุดที่จำเป็นต้องใช้ที่หน้าตัดกึ่งกลางช่วงความยาว (mid span)

(20 คะแนน) 2: ระบบคานคอนกรีตอัดแรงประกอบ (composite system) ช่วงเดียวความยาว 15 m ประกอบด้วยคาน precast รูปตัว I ดังแสดงในรูป 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'_c = 350 ksc กำลังอัดของคอนกรีตพื้น = 280 ksc ถ้ากำหนดให้ใช้ 14 - PC. strand 12.7 mm (ลวดแต่ละเส้น A_{ps} = 1.267 cm^2)
จงคำนวณหาระยะห่าง (S) ระหว่างคาน precast ที่เป็นไปได้มากที่สุดภายใต้สภาวะความเค้นที่กำหนดให้ ในการคำนวณน้ำหนักบรรทุกนั้นคานแต่ละตัวรับน้ำหนักบรรทุกบนพื้นคอนกรีตในช่วงระยะเท่ากับ S ดังรูป





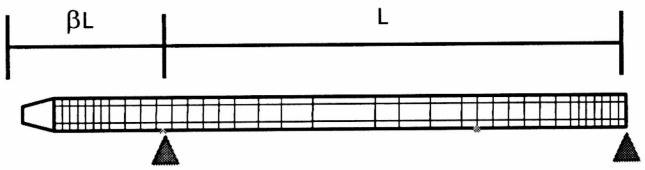
(20 คะแนน) 3: เสาเข็มคอนกรีตอัดแรงหน้าตัดสี่เหลี่ยมตันขนาด 30x30 cm เสาเข็มนี้มีความยาวทั้งหมด ($\beta L + L$) = 10 เมตร (สมมติว่าในการออกแบบ การสูญเสียแรงอัดทั้งหมดประมาณ 25% และ impact factor = 30%) ไม่ต้องทำการคำนวณเหล็กปลอก ถ้าในการขนส่งเสาเข็มได้ทำการวางเสาเข็มในลักษณะคานยื่น (Cantilever beam) ดังแสดงในรูป

3.1 จงคำนวณหาค่าอัตราส่วนระยะทาง β ที่ทำให้ค่าโมเมนต์บวกและโมเมนต์ลบของเสาเข็ม ขณะขนส่งมีค่าเท่ากัน โดยสมมุติว่าแรงเฉือนบนหน้าตัดเสาเข็มมีค่าเท่ากับศูนย์ที่ตำแหน่งห่างจากที่รองรับด้านขวามือเท่ากับระยะทาง βL

3.2 จำนวนเส้นลวด PC wire (ที่เป็นเลขคู่) ที่น้อยที่สุด เมื่อกำหนดให้ $\beta = 0.293$ (ให้ใช้ขนาดตามที่กำหนดเท่านั้น)

3.3 จงตรวจสอบความเค้นที่ผิวและล่างของหน้าตัดที่สภาวะส่งถ่ายแรงและใช้งานตามข้อ 3.2

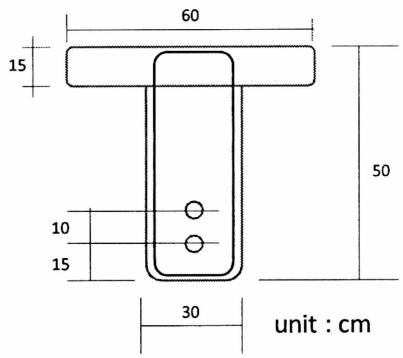
3.4 อัตราส่วนค่าความปลอดภัยในการรับน้ำหนักบรรทุกตามแนวแกนของเสาเข็ม



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 $0.7f_{pu}$

(15 คะแนน) 4: คานคอนกรีตอัดแรงรูปตัวทีช่วงเดียวยาว 10 m มีเส้นลวดอัดแรง 2 ชุดแต่ละชุดมีพื้นที่เท่ากันและมีพื้นที่รวมทั้งหมด 7.80 cm^2 โดยมีความเค้นอัดประสิทธิผล (effective prestress) ขนาด 9650 ksc คานคอนกรีตอัดแรงดังกล่าวอยู่ภายใต้แรงเฉือนประลัย (V_u) ที่ใช้ในการออกแบบเท่ากับ 11,618 กิโลกรัม (f'_c = 380 ksc and f_{pu} = 19000 ksc) จงคำนวณหาระยะห่างของเหล็กปลอกที่มากที่สุดที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดข้างต้นโดยให้ใช้เหล็กปลอกขนาด 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 $A_{v\,min} = [A_{ps} f_{pu} S \sqrt{(d_p / b_w)}] / (80 f_y d_p)$

(15 คะแนน) 5: 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)

5.1 วาดแผนภาพแทนแรงที่ใช้ในการคำนวณสมการการโก่งตัว

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

Hint 5.2: deflection by moment area method

5.3 ขนาดการโก่งตัวที่กึ่งกลางความยาวคานเนื่องจากแรงอัดประสิทธิผลและน้ำหนักของคานเอง