جامعة دمشق
كلية الهندسة المدنية

امتحان مقرر
المنشآت المختلطة

دورة آب 2025

سلم التصحيح

السؤال الاول: (15 درجة)

جامعة دمشق

امتحان مقرر — اسم الطالب

كلية الهندسة المدنية - السنة الخامسة — المنشـــآت المختلطة -الدورة الفصلية الثانية 2025 — المدة: 2 ساعة

السؤال الأول : (15 درجة)

أنقل الجدول المبين جانبا الى ورقة الأسئلة وأملئه بالأجوبة التصحيحية:

١- ينشأ العمل المختلط بين الفولاذ والخرسانة نتيجة روابط قصية هي:
- a- رابطة الاحتكاك والرابطة الميكانيكية لمسامير القص.
- b- الرابطة الميكانيكية لمسامير القص فقط.
- c- رابطة الاحتكاك والرابطة الميكانيكية لمسامير القص ورابطة كيميائية ورابطة التشوه.

٢- أثبتت التطورات التاريخية، أن المساهمة الفعالة لتطور المنشآت المختلطة كانت:
- a- للمهندسين الألمان.
- b- للمهندسين السويسريين.
- c- للمهندسين الأمريكيين.

٣- عند تشكل العمل المختلط في الجوائز:
- a- يمكن أن تنشأ حالة تحنيب عام ومحلي.
- b- لا ينشأ أي حالة للتحنيب في المقع الفولاذي.
- c- يمكن أن تنشأ حالة تحنيب محلي فقط.

4- تتعلق فعالية عرض الخرسانة المشاركة بالعمل المختلط و المسمى العرض الفعال :
- a- بشكل أساسي بظاهرة التراخي القصي.
- b- بالمسافة بين نقاط انعدام العزم.
- c- بالمسافة بين مسامير القص، ونوع المجاز.

5- تنشأ درجة القص الجزئية في الجوائز المختلطة:
- a- نتيجة تشقق البلاطة الخرسانية.
- b- نتيجة تلدن المقطع الفولاذي.
- c- نتيجة مطاوعة مسامير القص.

السؤال الثاني : (30 درجة)

رقم السؤال	الإجابة (a أو b أو c)
الأول -1	
الأول -2	
الأول -3	
الأول -4	
الأول -5	

رقم السؤال	الإجابة (a أو b أو c)
الأول -1	(3) c
الأول -2	(3) b
الأول -3	(3) a
الأول -4	(3) a
الأول -5	(3) c

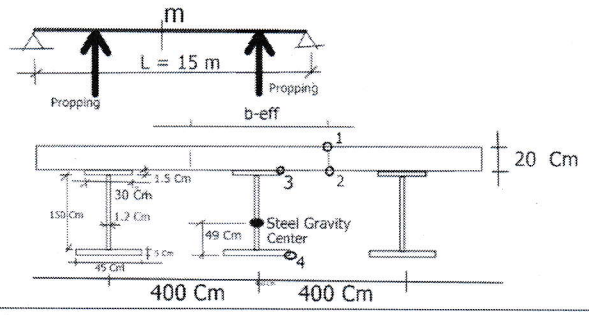
السؤال الثاني (30 درجة)

c- نتيجة مطاوعة مسامير القص.

السؤال الثاني : (30 درجة)

أنقل الجدول المبين الى ورقة الأسئلة وأملئه بالأجوبة التصحيحية (يجب أن يرتبط الجواب بالحل و الرسم والعلاقات ,كل جواب بدون حل لا يتم تصحيحه)

يراد بناء جائز مختلط بسيط الاستناد مجازه L= 15 m بطريقة التنفيذ بالدعامات Propped Construction , يتألف المقطع من بلاطة خرسانية سماكتها 20 cm , و مقطعها البروفيلي ملحوم , معامل مرونة الخرسانة Eb= 25000 N/mm2 , معامل مرونة الفولاذ Est = 210000 N/mm2, موصل القص : مسمار واحد فقط. تتألف الجملة المختلطة من مجموعة من الجوائز الفولاذية بتباعد 4 m , مساحة المقطع الفولاذي Ast = 450 cm2 و عزم عطالته Ist = 1508400 Cm4 , الوزن النوعي للفولاذ Yw=8750 kg/m3, و المطلوب لمنطقة الجائز الوسطي :



1-أحسب العرض الفعال. , ***2-*** أحسب الإجهادات في اللحظة t=0 (تموضع المقطع الفولاذي فقط), في النقطتين/ 3 و 4/ . ***3-*** أحسب الإجهادات في اللحظة t=t1 (وضع الدعامات , تشكل سهم معاكس), في النقطتين/ 3 و 4/, اذا كان العزم في منتصف الجاز : Mm=-1500 kN.m . ***4-*** أحسب الإجهادات في اللحظة t=t2 (صب الخرسانة الرطبة), في النقطتين/ 3 و 4/, اذا كان العزم في منتصف الجاز : Mm=+20 kN.m . ***5-*** أحسب الإجهادات في اللحظة t=t3 (إزالة الدعامات), في النقا ط/ 1 و 4/, اذا كان العزم في منتصف الجاز : Mm==+2500 kN.m . . ***6-*** أحسب الإجهادات في اللحظة t=t∞ (الحالة النهائية), في النقا ط/ 1 و 4/, اذا كان العزم في منتصف الجاز : Mm=+8000 kN.m

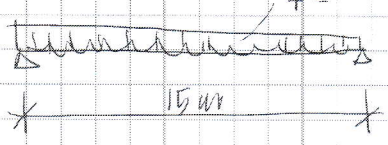
ملاحظة : جميع حالات حساب الإجهادات يجب أن تترافق مع رسم مخطط الإجهادات

رقم السؤال	السؤال	الجواب 1	الجواب 2	الوحدة
الثاني-1	العرض الفعال		------	m
الثاني-2	الإجهادات في اللحظة t=0 , في النقطتين/ 3 و 4/			kN/Cm2
الثاني-3	الإجهادات في اللحظة t=t1 , في النقطتين/ 3 و 4/			kN/Cm2
الثاني-4	الإجهادات في اللحظة t=t2 , في النقطتين/ 3 و 4/			kN/Cm2
الثاني-5	الإجهادات في اللحظة t=t3 , في النقطتين/ 1 و 4/			kN/Cm2
الثاني-6	الإجهادات في اللحظة t=t∞ , في النقطتين/ 1 و 4/			kN/Cm2

رقم السؤال	السؤال	الجواب 1	الجواب 2	الوحدة
الثاني-1	العرض الفعال (4)	3,75	------	m
الثاني-2	الإجهادات في اللحظة t=0 , في النقطتين/ 3 و 4/ (3)	0,79	(3) 0,36	kN/Cm2
الثاني-3	الإجهادات في اللحظة t=t1 , في النقطتين/ 3 و 4/ (3)	10.69	(3) 4.87	kN/Cm2
الثاني-4	الإجهادات في اللحظة t=t2 , في النقطتين/ 3 و 4/ (3)	0,143	(3) 0,065	kN/Cm2
الثاني-5	الإجهادات في اللحظة t=t3 , في النقطتين/ 1 و 4/ (3)	0,295	(3) 5,6	kN/Cm2
الثاني-6	الإجهادات في اللحظة t=t∞ , في النقطتين/ 1 و 4/ (1)	0,83	(1) 17.9	kN/Cm2

ملاحظة: جميع حالات الإجهادات مقبولة

1/ حساب العرض المتعاون:



$b_{eff} = b_0 + \sum b_{ei}$

$b_0 = \phi$ برغي واحد

$b_{ei} = \frac{L_0}{8} = \frac{L_0 = L - 15{,}00}{8} = 1.875\ m$

$b_{eff} = \phi + (2 * 1.875) = 3.75 m < 4{,}00$

$\rightarrow$ **$b_{eff} = 3.75 m$** العرض الفعال

2/ حساب مواصفات المقطع

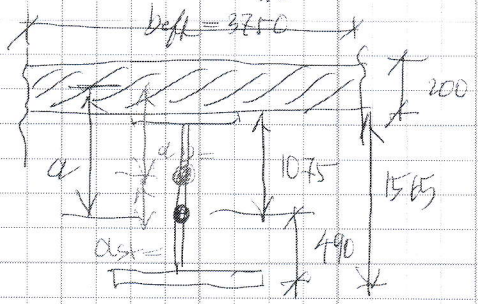
مواصفات المقطع الحديدي:

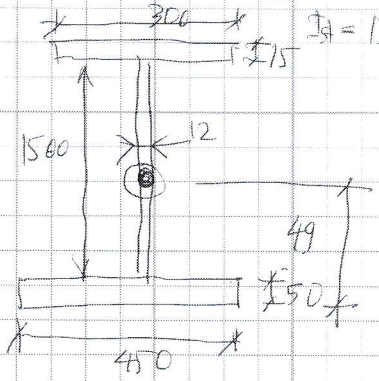
الجزء الحديدي Cm	① مساحة الجزء Cm^2	② بعد مركز ثقل الجزء عن الطرف السفلي Cm	① * ② Cm^3	④ بعد مركز ثقل الجزء عن مركز ثقل المقطع الحديدي Cm	عزم عطالة الجزء حول مركز ثقله Cm^4	① * ④² Cm^4	عزم العطالة حول مركز ثقل المقطع Cm^4
الجناح العلوي 30 * 1,5	45	15,75	6997,5	-10,15	8,4	$5104 * 10^3$	5104×10^3
الجذع 150 * 1,2	180	8,0	14400	-3,1	338×10^3	$173 * 10^3$	$511 * 10^3$
الجناح السفلي 45 * 5,0	225	2,5	562,5	10,15	468,75	487×10^3	487×10^3
	450		22050				

$A_{st} = 450$

$y_{st} = \frac{22050}{450} = 49{,}0\ Cm$

مركز ثقل المقطع الحديدي





$I_g = 15094 \times 10^3$

* مواصفات المقطع المثالي

$A_b = 375 * 20 = 7500\ Cm^2$

معامل التناسب $n_0 = \frac{E_{st}}{E_b} = \frac{210000}{25000} = 8{,}4$

$A_{b,0} = \frac{A_b}{n_0} = \frac{7500}{8{,}4} = 893\ Cm^2$

$I_b = 375 * 20^3/12 = 250\,000\ Cm^4$

$$I_{b,0} = \frac{I_b}{n_0} = \frac{250\,000}{8,4} = 29\,762\ cm^4$$

$$A_{i,0} = A_{b,0} + A_{st} = 893 + 450 = 1343\ cm^2$$

$$q = 107,5 + 10 = 117,5\ Cm$$

$$a_b = \frac{450 * 117,5}{1343} = 39,4\ Cm$$

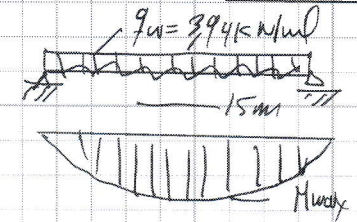
$$a_{st} = 117,5 - 39,4 = 78,1$$

حساب العطور الثابت

$$S_{i,0} = a \frac{A_{b,0} \cdot A_{st}}{A_{i,0}} = 117,5 \cdot \frac{893 \cdot 450}{1343} = 35156\ cm^3$$

$$I_{i,0} = I_{b,0} + a \cdot S_{i,0} = 2976 + 117,5 * 35156 = 5669021\ cm^4$$

الاجهادات في المقطع $t=0$ في النقاط 4,3 (2)



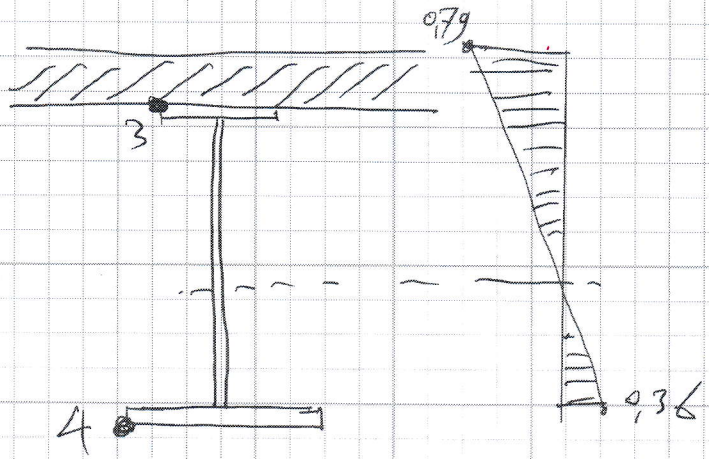
$$W = 450 * 10^{-4} * 8750 \times 10^{-2} = 3,94\ KN/ml$$

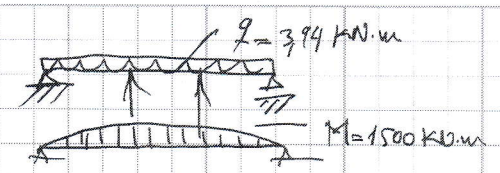
$$M_{max} = 3,94 * \frac{15^2}{8} = 111\ KN \cdot m$$

$$\sigma = \frac{M}{I} \cdot z$$ الاجهاد

$$\sigma_{3,3} = \frac{111 \times 10^2}{1508400}(-107,5) = 0,79\ KN/cm^2$$ في النقطة (3)

$$\sigma_{2,4} = \frac{111 * 10^2}{1508400} * (49) = 0,36\ KN/cm^2$$ في النقطة (4)



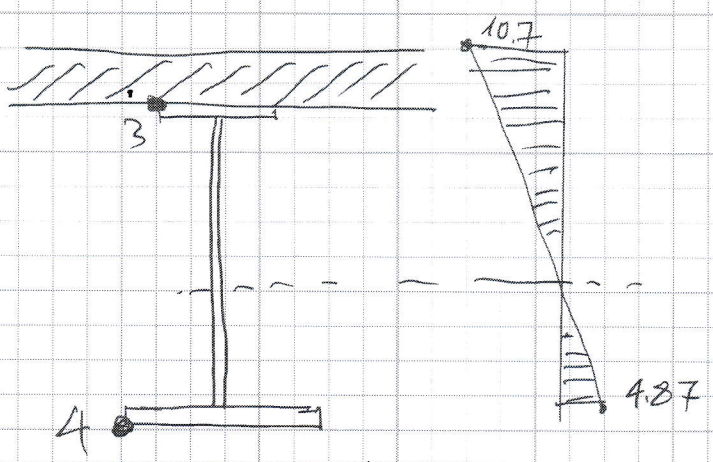


③ الاجهادات في اللحظة $t=t_1$ $(M = 1500\ KN.m)$ $(M = -1500\ K.m)$

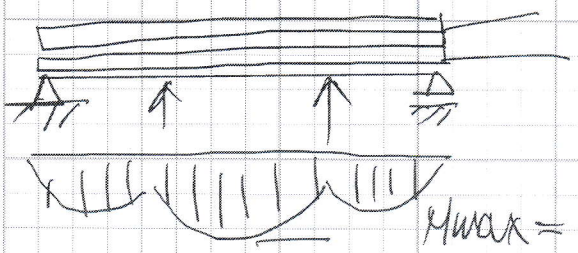
الاجهادات

في القفا (3) $\sigma_{z,3} = \frac{1500 \times 10^2}{1508400}(-107,5) = (-10,7)$ KN/Cm^2

في البطن (4) $\sigma_{z,4} = \frac{1500 * 10^2}{1508400} * (49) = (4,87)$ KN/Cm^2



(4) الاجهادات في اللحظة $t = t_2$ في المقطع 3,4 المرسم في منتصف الكابل $M_M = 20 KN.m$



q_c وزنه الخرسانة

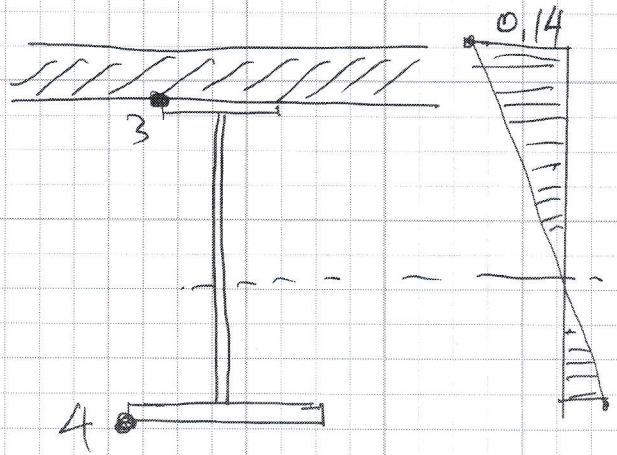
q_{st} وزنه العوارض

$M_{max} = 20 KN.m$

الاجهادات

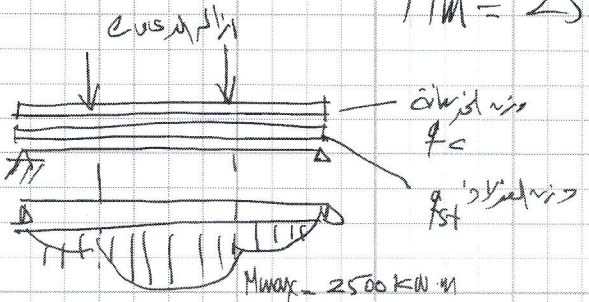
في القفا (3) $\sigma_{z,3} = \frac{20 \times 10^2}{1508400}(-107,5) = 0,14$ KN/Cm^2

في البطن (4) $\sigma_{z,4} = \frac{20 * 10^2}{1508400} * (49) = 0,065$ KN/Cm^2



5) أحسب الإجهادات في الألياف في المنتصف $t = t_3$ ، في المنتصف 1، 4، 0.1 لعزم

$M_M = 2500\ KN.m$ منتصف الجائز



الإجهادات في المقطع المختلط :

$$N_{b,0} = \frac{S_{i0}}{I_0} * M$$

$$N_{b,0} = \frac{-35156}{5669021} * 2500 * 100 = -1550\ KN.$$

$$N_{st,0} = +1550$$

$$M_{b,0} = \frac{I_{b,0}}{I_{i,0}} M = \frac{29782}{5669021} * 2500 * 100 = 1312,5\ KN.m$$

$$M_{st,0} = \frac{I_{st}}{I_{i,0}} M = \frac{1508400}{5669021} * 2500 * 100 = 6651,9\ KN.m$$

$$\sigma_{b,0} = \frac{N_{b,0}}{A_b} + \frac{M_{b,0}}{I_b} Z_b$$

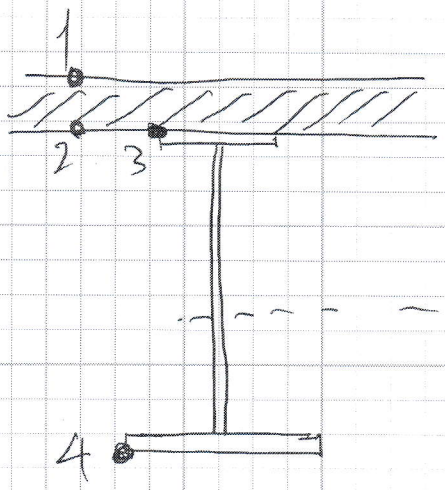
$$= \frac{-1550}{7500} + \frac{13125}{250000} * (-10) =$$

$$\sigma_1 = -0,206 - 0,525 = -0,259\ KN/cm^2$$

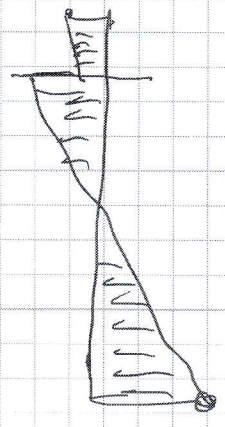
$$\sigma_{st,0} = \frac{N_{st,0}}{A_{st}} + \frac{M_{st}}{I_{st}} \cdot Z_{st}$$

$$= \frac{1550}{450} + \frac{66519}{1508400} (49) =$$

$$\sigma_4 = 3,44 + 2,16 = 5,6\ KN/cm^2$$



$\sigma_1 =$ 9259 KN/cm²



$\sigma_4 =$ 5,6 KN/cm²

① في العصب $t = t_\infty$ ← حساب الإجهادات في الوتر

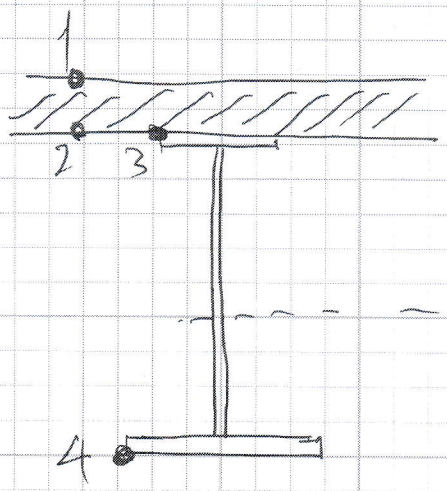
و ④

$M_w = 8000$ KN.m

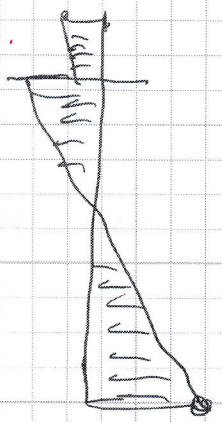
$$\gamma = \frac{8000}{2500} = 3.2$$

$\sigma_1 = -0,259 * 3,2 = 0,83$ KN/cm²

$\sigma_2 = 5,6 * 3,2 = 17.92$ KN/cm²

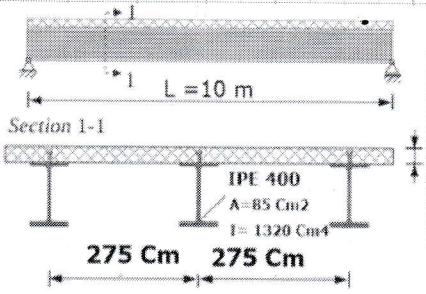


$\sigma_1 =$ − 0,83 KN/cm²



$\sigma_4 =$ 17,92 KN/cm²

السؤال الثالث: (25 درجة)



رقم السؤال	السؤال	الجواب	الوحدة
الثالث-1	مقدرة موصل القص		KN
الثالث-2	عدد موصلات القص		-
الثالث-3	المقدرة العزمية للمقطع المختلط		KN.m
الثالث-4	نسبة التحقق من المقدرة العزمية		%
الثالث-5	المقدرة القصية للمقطع المختلط		kN.m
الثالث-6	نسبة التحقق من المقدرة القصية		%

السؤال الثالث : (25 درجة)

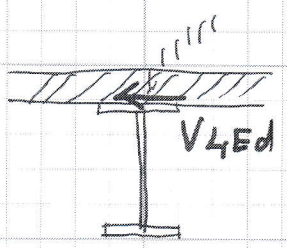
جائز المختلط بسيط مجازه L=10m من جوائز فولاذية IPE 400 بتباعد 2.75 m , و بلاطة خرسانية سماكتها 12 cm . مسمار القص صف واحد قطره d=20 mm و ارتفاعه hsc= 80 mm , العرض الفعال beff= 2 m . عزم الأنعطاف التصميمي الأعظمي: MEd= 500 kN.m, قوة القص التصميمي : Ved=150 kN.

مقدرة الخرسانة على الضغط fck= 20N/mm2 ,Yc=1.5 , Ecm = 28,000 N/mm2 , حديد التسليح fsd = 400 N/mm2 , Es= 210,000 N/mm2 , الفولاذ الأنشائي T=115 , fyd= 275 N/mm2 , موصلات القص N/mm2 , Yv=1.25 , fu= 400 N/mm2 . ***أنقل الجدول المبين الى ورقة الأسئلة وأملئه بالأجوبة التصحيحية (يجب أن يرتبط الجواب بالحل و الرسم والعلاقات ,كل جواب بدون حل لا يتم تصحيحه)***

المطلوب : **1**- مقدرة موصلات القص وأحسب عددها و توزيعها ثم أرسم التوزيع. **2**- أحسب المقدرة العزمية للمقطع المختلط .ثم تحقق من المقدرة. **3**-تحقق من المقدرة القصية للمقطع.

رقم السؤال	السؤال		الجواب	الوحدة
الثالث-1	مقدرة موصل القص	(2)	69,5	KN
الثالث-2	عدد موصلات القص	(3)	(30) أو (31) أو (32) أو (33) أو (34)	-
الثالث-3	المقدرة العزمية للمقطع المختلط	(10)	596.31 مقبول { 400 → 600 }	KN.m
الثالث-4	نسبة التحقق من المقدرة العزمية	(5)	0,8 مقبول { 0,65 → 0,95 }	%
الثالث-5	المقدرة القصية للمقطع المختلط	(3)	687,5	kN
الثالث-6	نسبة التحقق من المقدرة القصية	(2)	0,21	%

1- حساب قدرة موصلات القص وعددها:



القوة المسيطرة هي أصغر القوتين

$$V_{LEd} = \min(N_{cf}, N_{pla})$$

$$N_{cf} = b_{eff} \cdot h_c \cdot 0{,}85 \cdot f_{cd}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{20}{1.5} = 13.3 \ N/mm^2$$

$$N_{cf} = 2000 * 120 * 0{,}85 * 13{,}3 * 10^{-3} = 2713 \ kN$$

$$N_{pla} = A_a \cdot f_{yd} = 85 * 27.5 = 2337.5 \ kN$$

$$\boxed{V_{LEd} = 2337.5 \ kN}$$

عدد موصلات القص

$$n_f = \frac{V_{LEd}}{P_{Rd}}$$

حساب P_{Rd}:

$$P_{Rd} = \frac{0{,}8 \, f_u \cdot \pi d^2/4}{\gamma_v}$$

$$= \frac{0{,}8 \cdot 400 \cdot \pi (20)^2/4}{1.25} * 10^{-3} = 80.4 \ kN$$

OR

$$= \frac{0{,}29 \cdot \alpha \, d^2 \sqrt{f_{ck} \cdot E_{cm}}}{\gamma_v} \quad , \quad \frac{h_{sc}}{d} = \frac{80}{20} = 4$$

$$\alpha = 0.2\,[(h_{sc}/d)+1] \quad \text{for} \quad 3 \le h_{sc} \le 4$$

$$\alpha = 0.2\,[(80/20)+1] = 1$$

$$P_{Rd} = \frac{0.29 \cdot 1 \cdot (20)^2 \sqrt{20 \cdot 28000}}{1.25} * 10^{-3} = 69.5\ KN$$

$$P_{Rd} = 69.5\,KN$$

$$n_f = \frac{2337.5}{69.5} = 33.6$$

نختار $n_f = 33$ { يمكن 34 أيضاً صحيحاً }

المتباعد بين وسطيات القص

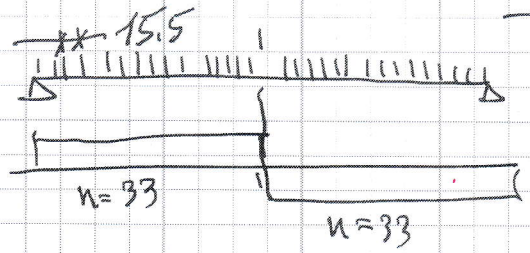
$$e_L = \frac{L}{2n} = \frac{10*100}{2*33} = 15.15\ cm$$

شرط تباعدات

$e_L = 15.5\ mm > 5d = 5(20) = 100\ mm$

$e_L \le 800\ mm$

$e_L \le 6h = 6*80 = 160$ .. ok



{ في حالة تم حساب عدد وسطيات القص على درجة القص الجزئية . سيكون $n < 34$ ويعتبر الحسابات صحيحة أيضاً . }

2- المقدرة العزمية للمقطع المختلط

سيتم حساب المقدرة العزمية ، اعتماداً على درجة قص كاملة

{ في حال أكمل الطالب الحل باستخدام درجة قص جزئية ، يعتبر الحل صحيحاً . }

يقع المحور المحايد في المقطع الصوراني اذا تحقق $N_c < N_{pl,a}$

$$N_{pl,a} = A_a \cdot f_{yd} / \gamma_{M,0}$$

$$= 85 * 27.5 / 1.0 = 2337.5\ KN$$

قوة الضغط الفعلية في البلاطة $N_c = \eta \cdot N_{cf} - \Sigma P_{Rd}$

$$= 33 * 69.5 = 2293.5\ KN$$

$N_c = 2293.5 < N_{pl,a} = 2337.5$ المحور المحايد يقع في المقطع الصوراني (الجناح)

* لدينا تخفيض للقدرة العزمية بسبب القص. $\rho = \phi$.

مقدرة الشد الكلية للصوراني $N_{pl,a} = A_a \cdot f_{yd} = 2337.5\ KN$

القدرة في الجزء الصوراني الغير معادل للخرسانة (يقع في الجناح)

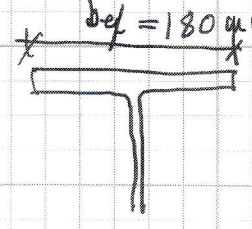
$$N_{plf} = \frac{N_{pl,a} - N_c}{2} = \frac{2337.5 - 2293.5}{2} = 22\ KN$$

ارتفاع منطقة الضغط في الخرسانة x يمكن حساب الحل في حال ارتفاع منطقة الخرسانة تساوي السماكة الكلية للبلاطة كما

$$x_1 = \frac{N_c}{b_{eff} \cdot f_{cd}} = \frac{2293.5}{200 * 0.85 * 1.33} = 10.14 \approx$$

$x_1 = 11\ cm$ تكتب حسابيا

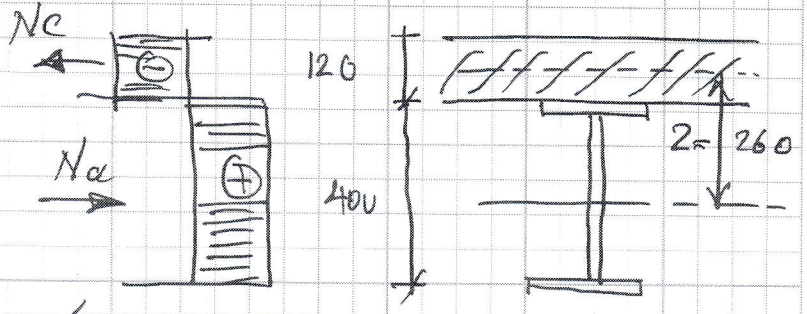
وهي تماما سبب حالة القص الكاملة، في حالة $x_1 \leq 11$ ، يمكن حساب الحل



ارتفاع العتم الذي ينضغط من الجناح الصوراني:

$$x_2 = \frac{N_{plf}}{b_{eff} \cdot f_{yd}} = \frac{22}{180 * 27.5} = 0.04\ cm \approx \phi\ cm$$

* المحور الصفري يقع على السطح الفاصل بين البلاطة الخرسانية و المقطع الفولاذي :



المقدرة العزمية (العزم حول مركز ثقل المقطع الفولاذي)

$$M_{Rd} = N_c \cdot z = 2293.5 * 0,26 = 596.31 \text{ kN.m}$$

$$M_{Ed} = 500 \text{ kN.m}$$

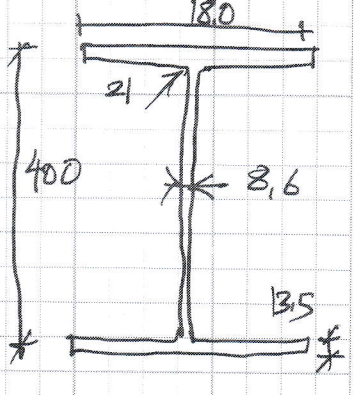
$$\frac{M_{Ed}}{M_{Rd}} \leq 1,0 \rightarrow \frac{500}{596,31} = 0,8 < 1,0$$

المقدرة العزمية محققة

ok

3- المقدرة الحدية للمقطع الخالية من خطر الجنف إذا

$$\frac{h_w}{t} > \frac{72}{\eta} \cdot \varepsilon$$



$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{275}} = 0.92$$

$$\eta = 1.2$$

$$h_w = h_a - 2t_f = 400 - 2 * 13.5 = 373 \text{ mm}$$

$$\frac{373}{8.6} = 43.37 \leq \frac{72}{1.2} * 0,9 = 54$$

لا حاجة لتحقيق التحنيب على الجنف

مقدرة القص الشاقولي :

$$V_{pl,Rd} = V_{pl,a,Rd} = \frac{A_v (f_y/\sqrt{3})}{\gamma_{M0}}$$

$$A_v = A_a - 2 b_a \cdot t_f + t_f (t_w + 2r) > \eta \, h_w \cdot t_w$$

$$A_v = 85 - 2 \cdot 18 * 1.35 + 1.35 (0,86 + 2 * 2.1) = 43.23 \text{ cm}^2$$

$$\eta h_w \cdot t_w = 1.2 * 37.3 * 0,86 = 38.5 \text{ cm}^2 \rightarrow \text{ok}$$

$A_V = 43.23\ cm^2$

$$V_{pl,Rd} = V_{pl,y,Rd} = \frac{43.23 * (27.5/\sqrt{3})}{1.0} = 687.5\ KN.$$

$> V_{Ed} = 150\ KN$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{150}{687.5} = 0.21$$: Cas