



الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة الميكانيكية

المحاضر (ماجستير) / قسم الهندسة الإشعاعية

البيتون المقطر

مسبق الاجهاد

تصميم جاذر بسيط الاستناد مقرر من البيتون مسبق الاجهاد

تحت إشراف :

الدكتور عصام مالك

تقديم المجموعة الرابعة :

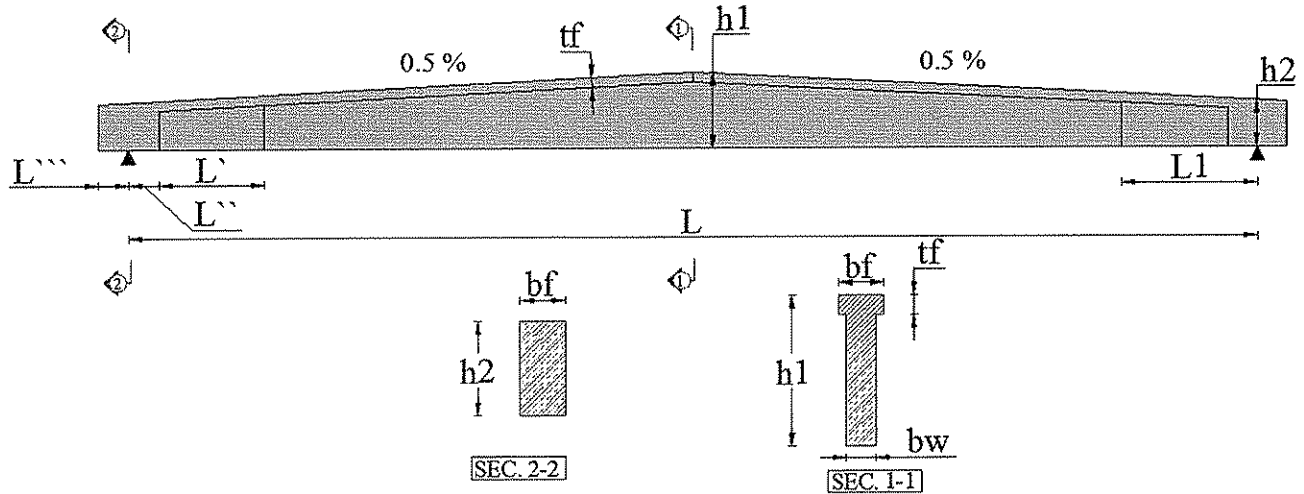
جانيت خباز سالي عبيد

غالية الخيمي

أيهم عبود محمد العتقي

❖ نص المشروع

لدينا جائز مقرر بسيط الاستناد من البيتون المسلح المسبق الاجهاد والمحمل بحمولة حية موزعة بانتظام على المتر الطولي قدرها (15 KN/m) وحمولة تغطية دائمة مقدارها 7 (KN/m)



والمطلوب حساب وتصميم الجائز المسبق الإجهاد وفق المراحل التالية:

- 1- فرض أبعاد المقطع وحساب خواصه الهندسية.
- 2- حساب قوة الشد البدائية والنهائية في الكابلات.
- 3- اختيار عدد الكابلات اللازم وتحديد مسارها.
- 4- التحقق من الإجهادات الناجمة على طول الجائز (كل 1م مقطع).
- 5- التحقق من العزم في مرحلة الانكسار للمقاطع الحرجة وعلى طول الجائز.
- 6- التحقق من القص في مرحلة الانكسار على طول الجائز.
- 7- تحقيق مرحلة التنفيذ و الاستثمار بموجب خواص المقطع الهندسية الدقيقة دون إجراء تعديلات على حساب المقطع.
- 8- الحصول على الأبعاد الأصغرية للمقطع بمساعدة البرنامج المطور.
- 9- حساب الضياعات الكلية وقوة سيق الإجهاد بدقة.
- 10- حساب التسليح اللازم الإضافي عند مماسك الكابلات باعتبار طريقة شد الكابلات هي طريقة الشد اللاحق.
- 11- حساب أطوال تمدد الكابلات بدقة باعتبار أن الطول الإضافي من وجه الجائز هو 50 سم .
- 12- كتابة برنامج حسابي لتكرار حساب المراحل السابقة (تطوير البرنامج المعطى) .
- 13- رسم التفاصيل التنفيذية الكاملة للجائز (مقطع طولي والمقاطع العرضية المميزة).
- 14- يتم حل الطلبات السابقة بموجب البرنامج المعتمد و المرجع المعتمد .

المعطيات:

Design Data	معطيات التصميم		
[KN/m']	7	g	الحمولة الخطية
[KN/m']	15	p	الحمولة الحية
N/mm ²	1860	f _{pk}	إجهادات الانقطاع في الفولاذ المسبق الإجهاد
N/mm ²	35	f _{c'}	المقاومة البتونية المميزة الاسطوانية
N/mm ²	1488	σ _{po}	إجهاد التمدد البدئي
N/mm ²	148.8	Δσ ₁ = 10% * σ _{po}	الضغوطات المقترنة
N/mm ²	297.6	Δσ ₂ = 20% * σ _{po}	الضغوطات غير المقترنة
N/mm ²	-18	σ _t	إجهادات الضغط المسموحة في مرحلة التنفيذ
N/mm ²	4	σ _t	إجهادات التمدد المسموحة في مرحلة التنفيذ
N/mm ²	-16	σ _w	إجهادات الضغط المسموحة في مرحلة الاستمرار
N/mm ²	2.5	σ _w	إجهادات التمدد المسموحة في مرحلة الاستمرار
KN/mm ²	32	E _c	عامل مرونة البتون
KN/mm ²	200	E _s	عامل مرونة الفولاذ المسبق الإجهاد
	0.3	μ	معامل الاحتكاك بين الكابلات و الحوائط
	0.0033	K=	معامل الاستقامة
KN/mm ²	70	Δσ _r	ضغوطات الارتخاء
[mm]	2	ΔL	تقوسه المساند
	∞	t=	زمن الدراسة
Kg/m ³	400		ماركة الاسمنت
	0.5	w/c	نسبة الماء للاسمنت
	جاف		نوع الحبر
day	28		عمر البتون عند تحميل
	7		عمر البتون عند التمدد
	∞		فترة التحميل
kg/m	1.102	weight	وزن للظفيرة
	0.9	Ω	
N/mm ²	400	f _y	
mm	18	a _s	

علماً أن مسار الكبل قطع مكافئ، وطريقة الشد هي الشد اللاحق، والشد من جهة واحدة، و
عمر البتون عند الشد اعتباراً من 7 أيام، والتحميل بعد 28 يوم.

❖ الطلب الأول: فرض أبعاد المقطع وحساب خواصه الهندسية .

يمكن تحديد ارتفاع المقطع في وسط المجاز كقيمة أولية كنسبة من طول المجاز $(h_1 = (\frac{1}{15} - \frac{1}{25})L)$ وبالتالي يمكن تحديد ارتفاع المقطع عند المسند h_2 بدلالة الميل :

$$h_1 = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{25} \right) * L$$

$$h_1 = \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{25} \right) * 3000 = 200 \rightarrow 120$$

$$h_1 = 200 \text{ cm}$$

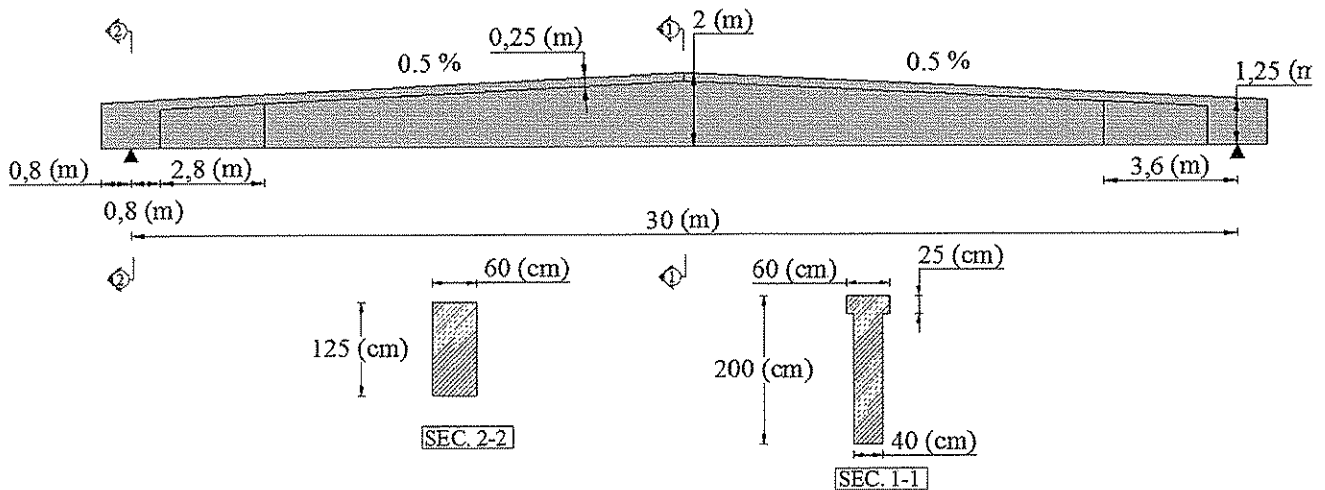
$$h_2 = 200 - \frac{3000}{2} * \frac{2}{100} = 125 \text{ cm}$$

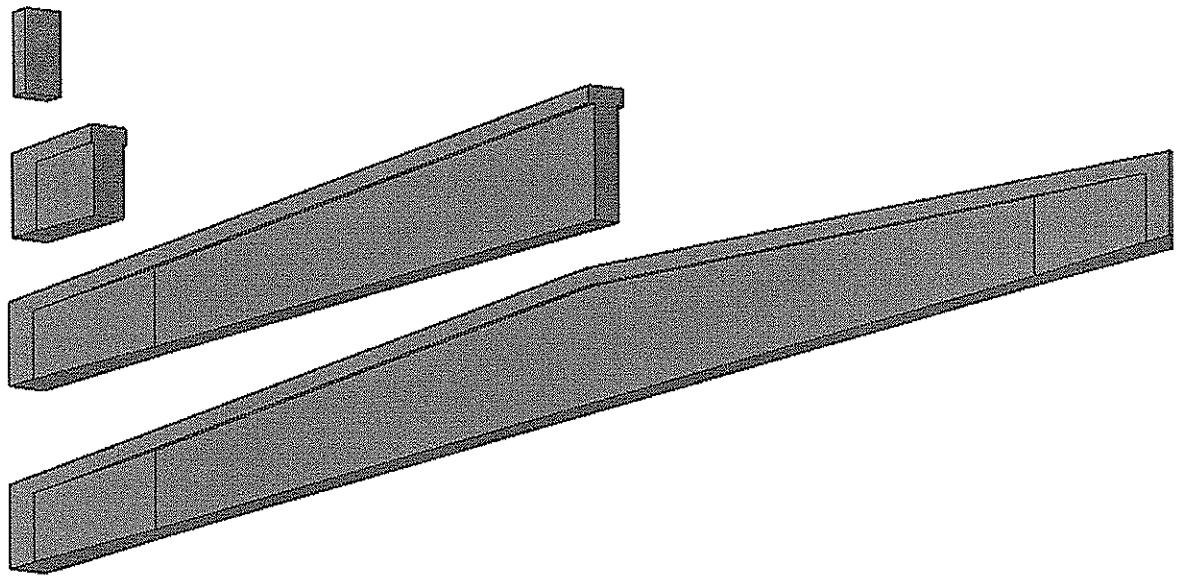
يتم فرض سماكة الجناح t كقيمة أولية أكبر أو تساوي (15 Cm) ومن ثم يتم التحقق منها على العزم في مرحلة الانكسار و سنفرضها $t_f = 25 \text{ cm}$.

يتم فرض سماكة الجسد b_w كقيمة أولية أكبر أو تساوي (15Cm) ومن ثم يتم التحقق منها على القص في مرحلة الانكسار و سنفرضها $b_w = 40 \text{ cm}$.

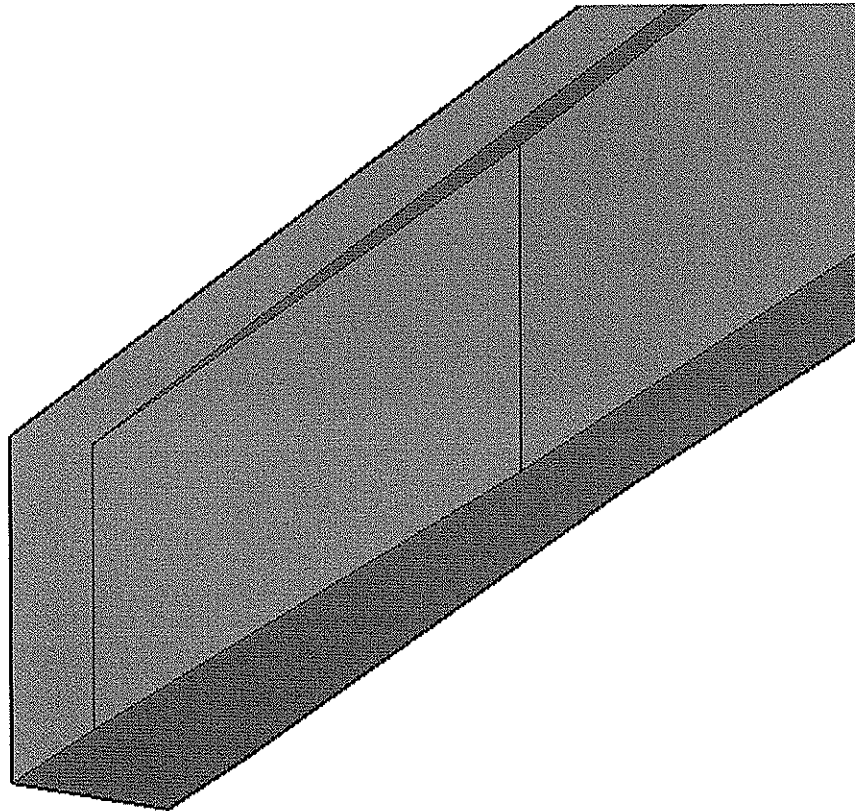
يتم فرض عرض الجناح b_f بالاعتماد على القص و على حجم رؤوس الكابلات نقرضه

$$b_f = 60 \text{ cm}$$





منظور ثلاثي الأبعاد للجائز مع مقاطع مختارة توضح المقطع العرضي

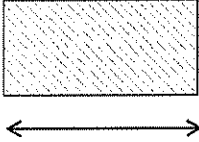


لقطة منظورية توضح الجزء المتغير العطالة

Enter Dimensions in (m)

bf = 0.6

h2 = 1.25



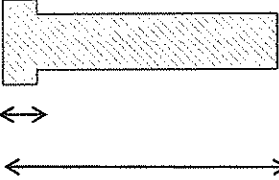
SEC. 2-2

bf = 0.6

tf = 0.25

h1 = 2

bw = 0.4



SEC. 1-1

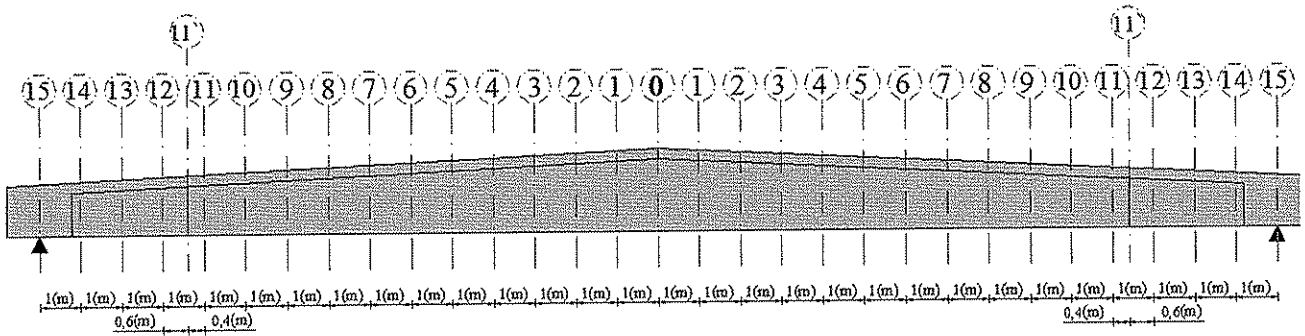
أبعاد المقاطع ومواصفاتها الهندسية												
المقطع	x (m)	h (m)	tf (m)	h-tf (m)	bw (m)	bf (m)	Ac (m2)	yc,top (m)	yc,bot (m)	ic (m4)	wc,top (m3)	wc,bot (m3)
0	0.0	2.00	0.25	1.75	0.400	0.60	0.85	0.9485	1.0515	0.3030	0.3194	0.2881
1	1.0	1.95	0.25	1.70	0.400	0.60	0.83	0.9238	1.0262	0.2814	0.3046	0.2742
2	2.0	1.90	0.25	1.65	0.400	0.60	0.81	0.8991	1.0009	0.2608	0.2901	0.2606
3	3.0	1.85	0.25	1.60	0.400	0.60	0.79	0.8744	0.9756	0.2413	0.2760	0.2473
4	4.0	1.80	0.25	1.55	0.400	0.60	0.77	0.8497	0.9503	0.2227	0.2621	0.2344
5	5.0	1.75	0.25	1.50	0.400	0.60	0.75	0.8250	0.9250	0.2052	0.2487	0.2218
6	6.0	1.70	0.25	1.45	0.400	0.60	0.73	0.8003	0.8997	0.1885	0.2355	0.2095
7	7.0	1.65	0.25	1.40	0.400	0.60	0.71	0.7757	0.8743	0.1728	0.2227	0.1976
8	8.0	1.60	0.25	1.35	0.400	0.60	0.69	0.7511	0.8489	0.1579	0.2103	0.1860
9	9.0	1.55	0.25	1.30	0.400	0.60	0.67	0.7265	0.8235	0.1439	0.1981	0.1748
10	10.0	1.50	0.25	1.25	0.400	0.60	0.65	0.7019	0.7981	0.1308	0.1863	0.1639
11	11.0	1.45	0.25	1.20	0.400	0.60	0.63	0.6774	0.7726	0.1185	0.1749	0.1533
12	12.0	1.40	0.25	1.15	0.443	0.60	0.66	0.6657	0.7343	0.1137	0.1708	0.1548
13	13.0	1.35	0.25	1.10	0.514	0.60	0.72	0.6585	0.6915	0.1118	0.1698	0.1617
14	14.0	1.30	0.25	1.05	0.586	0.60	0.77	0.6475	0.6525	0.1082	0.1671	0.1659
15	15.0	1.25	0.25	1.00	0.600	0.60	0.75	0.6250	0.6250	0.0977	0.1563	0.1563
بداية الجزء المتغير العطالة	11.4	1.43	0.25	1.18	0.400	0.60	0.62	0.6676	0.7624	0.1137	0.1704	0.1492
'11												

ملاحظة : إذا كانت الأبعاد المفروضة خارج المجالات المسموحة لها يصبح لون الرقم أحمر وعندها يجب تغيير الفرض والتقيّد بالمجال المسموح له

سنحسب التسليح المسبق الإجهاد بشكل تقريبي وتحديد عدد الضفائر و الغينات اللازمة ومقارنة أبعاد الغينات المستخدمة مع عرض المقطع .

لتحقيق ذلك نحتاج لتحديد المقطع الحرج للجائز وهو المقطع الذي تكون فيه اكبر إجهادات الشادة . و لذلك نحن بحاجة لتقسيم الجائز إلى أقسام كل 1 m وحساب مواصفات المقطع وتحديد الاجهادات الشادة عند كل مقطع .

ولحساب الاجهادات الشادة لابد من حساب العزم عند كل مقطع .



• نحدد الحمولات

الوزن الذاتي : سنعتبر الوزن الذاتي ثابت على طول الجائز و ذلك بأخذ المساحة الوسطية للمقاطع (من الجدول اللاحق حصلنا على وسطي المساحات) $A = 0.7305 \text{ m}^2$

$$g_1 = 25 * 0.7305 = 18.26 \text{ KN}$$

$$g_2 = 7 \text{ KN}$$

حمولة ميتة

$$P = 15 \text{ KN}$$

حمولة حية

نحدد الحمولة المصعدة الكلية :

$$q_u = 1.5 * g + 1.8 * p = 1.5 * (18.26 + 7) + 1.8 * 15$$

$$q_u = 64.89 \text{ KN}$$

نحسب العزم عند كل مقطع كما هو موضح بالجدول .

ومنه نستطيع حساب الاجهادات الشادة عند كل مقطع وفق العلاقة :

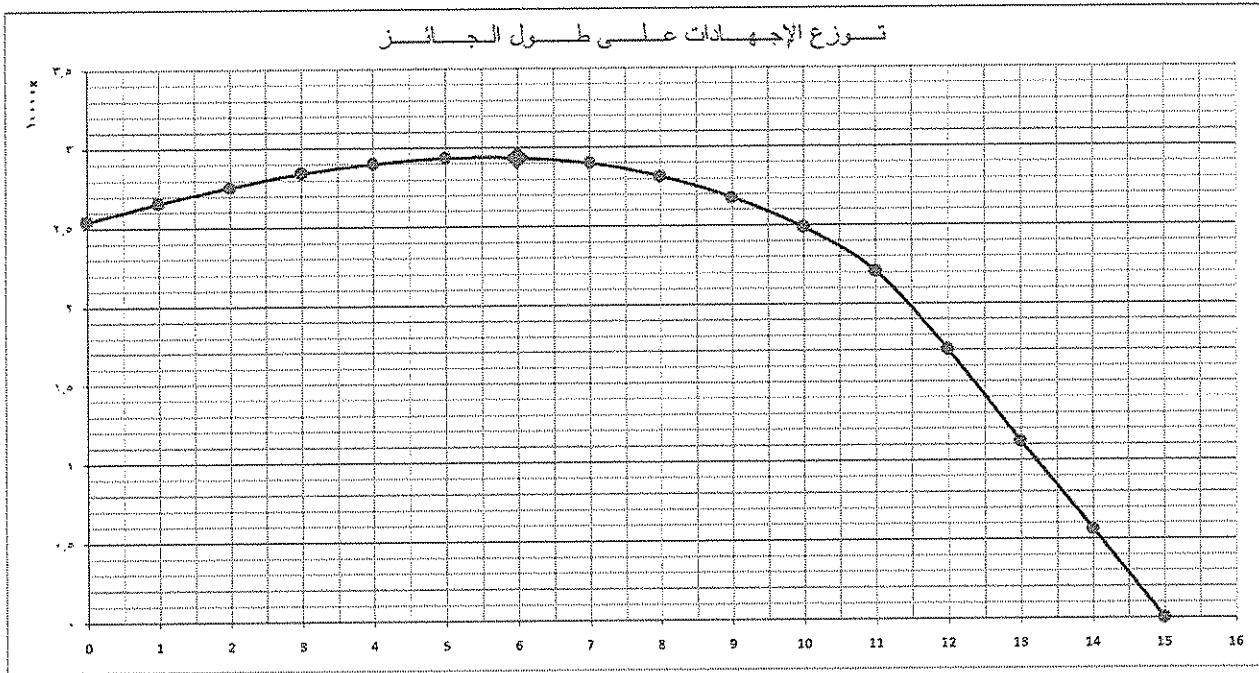
نأخذ أكبر قيمة لهذه الاجهادات و التي تحدد المقطع الحرج و نلاحظ أن المقطع رقم 6 هو المقطع الحرج .

المقطع	الذراع	Mg1 (KN.m)	Mg2 (KN.m)	Mp (KN.m)	Mq (KN.m)	Mqu (KN.m)	Mqu/wc.bot
0	15	2068.95	787.50	1687.5	4543.95	7322.17	25413.04
1	14	2059.75	784.00	1680.0	4523.75	7289.63	26586.36
2	13	2032.16	773.50	1657.5	4463.16	7192.00	27599.63
3	12	1986.19	756.00	1620.0	4362.19	7029.28	28422.31
4	11	1921.82	731.50	1567.5	4220.82	6801.48	29018.45
5	10	1839.06	700.00	1500.0	4039.06	6508.59	29345.68
6	9	1737.91	661.50	1417.5	3816.91	6150.62	29353.90
7	8	1618.38	616.00	1320.0	3554.38	5727.56	28983.67
8	7	1480.45	563.50	1207.5	3251.45	5239.42	28164.21
9	6	1324.13	504.00	1080.0	2908.13	4686.19	26810.90
10	5	1149.41	437.50	937.5	2524.41	4067.87	24822.18
11	4	956.31	364.00	780.0	2100.31	3384.47	22075.52
12	3	744.82	283.50	607.5	1635.82	2635.98	17024.98
13	2	514.94	196.00	420.0	1130.94	1822.41	11266.86
14	1	266.66	101.50	217.5	585.66	943.75	5689.10
15	0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
بدية الحرج المقطع المتعاقلة	3.6	873.92	332.64	712.8	1919.36	3092.88	20732.40

الحمولات

الوحدة	الحمولات المصعدة	معامل التصعيد	الحمولات غير المصعدة	نوع الحمولة
KN/m'	27.586	1.5	18.391	الوزن الذاتي
KN/m'	10.5	1.5	7	حمولة التغطية
KN/m'	27	1.8	15	الحمولة الحية
KN/m'	65.086		40.391	الحمولة الكلية

المقطع	الذراع	Mg1 (KN.m)	Mg2 (KN.m)	Mp (KN.m)	Mq (KN.m)	Mqu (KN.m)	Mqu/wc,bot
0	15	2068.95	787.50	1687.5	4543.95	7322.17	25413.04
1	14	2059.75	784.00	1680.0	4523.75	7289.63	26586.36
2	13	2032.16	773.50	1657.5	4463.16	7192.00	27599.63
3	12	1986.19	756.00	1620.0	4362.19	7029.28	28422.31
4	11	1921.82	731.50	1567.5	4220.82	6801.48	29018.45
5	10	1839.06	700.00	1500.0	4039.06	6508.59	29345.68
6	9	1737.91	661.50	1417.5	3816.91	6150.62	29353.90
7	8	1618.38	616.00	1320.0	3554.38	5727.56	28983.67
8	7	1480.45	563.50	1207.5	3251.45	5239.42	28164.21
9	6	1324.13	504.00	1080.0	2908.13	4686.19	26810.90
10	5	1149.41	437.50	937.5	2524.41	4067.87	24822.18
11	4	956.31	364.00	780.0	2100.31	3384.47	22075.52
12	3	744.82	283.50	607.5	1635.82	2635.98	17024.98
13	2	514.94	196.00	420.0	1130.94	1822.41	11266.86
14	1	266.66	101.50	217.5	585.66	943.75	5689.10
15	0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00
بداية الجزء المتغير العطل	3.6	873.92	332.64	712.8	1919.36	3092.88	20732.40



نحسب مساحة التسليح المجهد بالطريقة التقريبية :

$$A_{sp} = \frac{M_{Total}}{Z * \sigma_{\infty}}$$

نحتاج لتحديد σ_{∞} كما يلي :

$$\sigma_{\infty} = \sigma_0 - \Delta\sigma_1 - .8 * F_{pk} \Delta\sigma_2$$

$$\sigma_{\infty} = \sigma_0 - 0.1\sigma_0 - 0.2\sigma_0 = 0.7\sigma_0 = 0.7 * 0.8 * F_{pk}$$

$$\sigma_{\infty} = 0.7 * 0.8 * 1860 = 1041.8 \text{ MPa}$$

$$d = 2000 - 150 = 1850 \text{ mm}$$

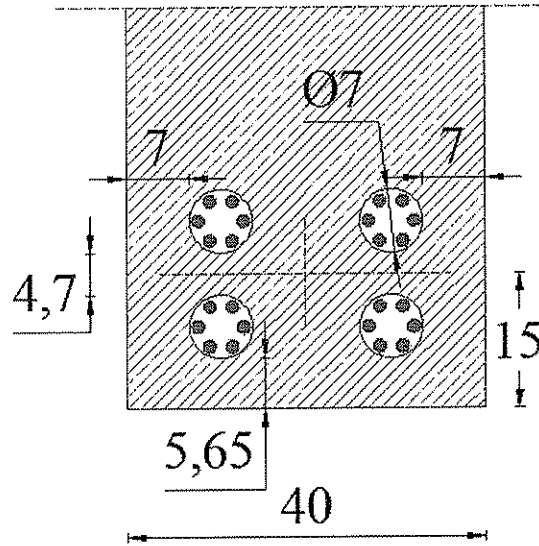
$$A_{sp} = \frac{4529.25 * 10^6}{0.8 * 1850 * 1041.8} = 2937.51 \text{ mm}^2 = 29.37 \text{ cm}^2$$

نأخذ ظفائر بقطر 0.6" : ASTM A-416 :

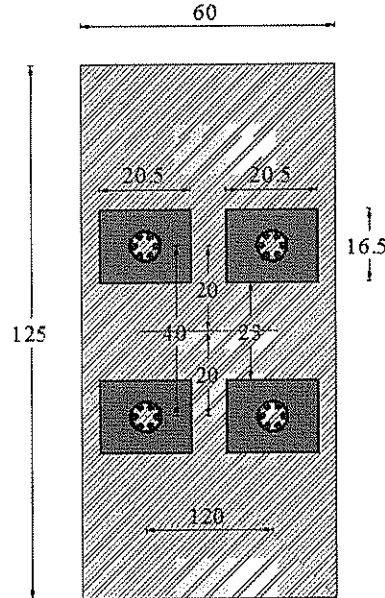
$$A = 140 \text{ mm}^2 , F_{pk} = 1860 \text{ MPa}$$

$$n = \frac{A_{sp}}{A} = \frac{2937}{140} = 20.98 \text{ ظفيرة}$$

سنختار عدد الظفائر 24 ظفيرة موزعة في 4 كابلات ، 6 ظفائر في كل كبل و من ثم نقوم بتوزيع هذه الكابلات في المقطع العرضي للجانز و نتحقق من ملائمة المقطع لهذه الكابلات بالإضافة إلى ذلك نتحقق من إمكانية توزيع رؤوس الكابلات عند المسند كما في الشكل :



الشكل يوضح توزيع الكابلات ضمن المقطع في وسط المجاز



الشكل يوضح توزيع رؤوس الكابلات على المقطع عند المسند

❖ الطلب الثاني: حساب قوة الشد البدائية والنهائية في الكابلات .

نقوم بتحديد قوة الشد البدائية والنهائية في الكابلات على أساس المقطع الحرج الذي قمنا بتحديدده في الطلب السابق . مواصفات المقطع الحرج :
نحدد مركز ثقل الكابلات عند المقطع الحرج ، بالطريقة التخطيطية :

$$Y = a * X^2$$

$$X = 15 \text{ m} , Y = 0.475 \text{ m} \rightarrow Y = 0.00211 * X^2$$

$$X = 6 \text{ m} \rightarrow Y = 0.00211 * 6^2 = 0.076 \text{ m}$$

$$h = 0.226 \text{ m} \rightarrow e = 0.9 - 0.226 = 0.674 \text{ m}$$

تتم الدراسة على مرحلتين و ذلك وفق معادلات سبق الاجهاد الأربع الشهيرة ، و لكي نقوم بحل هذه المعادلات يجب أن نحسب النسبة α كما يلي :

$$\alpha = \frac{N_0}{N_\infty} = \frac{A_{sp} * \sigma_0}{A_{sp} * \sigma_\infty} = \frac{\sigma_0}{\sigma_\infty}$$

$$\alpha = \frac{0.9}{0.7} = 1.2857$$

وبالتالي تصبح المعادلات الأربع بمجهول وحيد N_∞ :

$$N_i = 1.2857 * N_\infty$$

● مرحلة التنفيذ :

حيث يتم حساب قوة الشد البدائية P_i من تحقيق الإجهادات في مرحلة التنفيذ وفق العلاقات التالية:

○ الليف العلوي مشدود:

$$-\frac{N_i}{A_c} + \frac{N_i * e}{W_t} - \frac{M_{g1}}{W_t} \leq \bar{\sigma}_t \quad (1)$$

$$-\frac{1.2857 * N_\infty}{0.73} + \frac{1.2857 * N_\infty * 0.674}{0.2355} - \frac{1737.9}{0.2355} \leq 4 * 10^3$$

$$N_\infty \leq 5938.57 \text{ KN}$$

○ الليف السفلي مضغوط:

$$-\frac{N_i}{A_c} - \frac{N_i * e}{W_t} + \frac{M_{g1}}{W_t} \geq \bar{\sigma}_t \quad (2)$$

$$-\frac{1.2857 * N_{\infty}}{0.73} - \frac{1.2857 * N_{\infty} * 0.674}{0.20953} + \frac{1737.9}{0.20953} \geq -18 * 10^3$$

$$N_{\infty} \leq 4460.5 \text{KN}$$

● مرحلة الاستئثار :

يتم حساب قوة الشد النهائية P_{∞} من الإجهادات في مرحلة الاستئثار وفق العلاقات التالية:

○ الليف العلوي مضغوط:

$$-\frac{N_{\infty}}{A_c} + \frac{N_{\infty} * e}{W_t} - \frac{M_q}{W_t} \geq -\bar{\sigma}_w \quad (3)$$

$$-\frac{N_{\infty}}{0.73} + \frac{N_{\infty} * 0.674}{0.2355} - \frac{3816.9}{0.2355} \geq -16 * 10^3$$

$$N_{\infty} \geq 137.7 \text{ KN}$$

○ الليف السفلي مشدود:

$$-\frac{N_{\infty}}{A_c} - \frac{N_{\infty} * e}{W_t} + \frac{M_q}{W_t} \leq -\bar{\sigma}_w \quad (4)$$

$$-\frac{N_{\infty}}{0.73} - \frac{N_{\infty} * 0.674}{0.20953} + \frac{3816.9}{0.20953} \leq 2.5 * 10^3$$

$$N_{\infty} \geq 3427.8 \text{ KN}$$

$$3427.8 \leq N_{\infty} \leq 4460.5 \text{KN}$$

$$N_{\infty} = 3427.8 \text{ KN}$$

$$N_i = 1.2857 * 3427.8 = 4407.2 \text{KN}$$

نحسب قيمة التسليح المجهد بالطريقة الدقيقة :

$$A_{sp} = \frac{N_{\infty}}{\sigma_{\infty}} = \frac{3427.8 * 10^3}{1041.6} = 3290.92 \text{ mm}^2$$

$$n = \frac{A_{sp}}{A} = \frac{3290.92}{140} = 23.5 \text{ ظفيرة}$$

نختار 24 ظفيرة وهو نفس العدد المختار سابقاً و بالتالي لا داعي لتعديل قيم التسليح و التوزيع المختار .

نحدد مواصفات المقطع الحرج

$y_{c,top}(m) =$	0.89966
$y(m) =$	0.226
$e = y_{c,top} - y \Rightarrow e =$	0.6737
$w_{c,top} (m^3) =$	0.23553
$w_{c,bot} (m^3) =$	0.20953
$A_c (m^2) =$	0.73
$M_{g1} (KN.m)$	1737.91
$M_q (KN.m)$	3816.91

نحدد N_{∞}

$\alpha = N_i / N_{\infty}$	1.28571
$N_i =$	$1.2857 * N_{\infty}$

في مرحلة التنفيذ

$-\alpha N_{\infty} / A_c + \alpha N_{\infty} e / W_{c,top} - M_{g1} / W_{c,top} \leq \sigma_t$	\Rightarrow	$N_{\infty} \leq 5938.58 \text{ Kn}$	شد الياف العلوي
$-\alpha N_{\infty} / A_c + \alpha N_{\infty} e / W_{c,bot} - M_{g1} / W_{c,bot} \geq \sigma_t$	\Rightarrow	$N_{\infty} \leq 4460.52 \text{ Kn}$	ضغط الياف السفلي

في مرحلة الاستمرار

$- N_{\infty} / A_c + N_{\infty} e / W_{c,top} - M_q / W_{c,top} \geq \sigma_w$	\Rightarrow	$N_{\infty} \geq 137.78 \text{ Kn}$	ضغط الياف العلوي
$-\alpha N_{\infty} / A_c + \alpha N_{\infty} e / W_{c,bot} - M_{g1} / W_{c,bot} \geq$	\Rightarrow	$N_{\infty} \geq 3427.83 \text{ Kn}$	شد الياف السفلي

$3428 \leq N_{\infty} \leq 4460.523056$
$N_{\infty} = 3427.8 \text{ Kn}$
$N_i = 4407.2 \text{ Kn}$
$A_{sp} = N_{\infty} / \sigma_{\infty} \Rightarrow A_{sp} = 3291 \text{ mm}^2$
$n = 23.5066$
$n_{\text{فعالية}} = 24$
عدد اللفافات في الكبل = 6
عدد الكابلات = 4
عدد اللفافات الفعلية = 24
$A_{sp \text{ الفعلية}} = 3360 \text{ mm}^2$

\Rightarrow

$N_{\infty \text{ فعلية}} = 3499.78 \text{ Kn}$	محقق
$N_i \text{ فعلية} = 4499.71 \text{ Kn}$	

❖ الطلب الثالث: اختيار عدد الكابلات و تحديد مسارها .

من الطلب السابق حسبنا عدد الظفائر المطلوب حسب مساحة التسليح المسبق الإجهاد المحسوب و تبين أننا بحاجة إلى 24 ظفيرة ، فباختيار 4 كابلات في كل كبل 6 ظفائر نحقق مساحة التسليح المسبق الإجهاد المطلوب و توزيع التسليح محقق بناءً على الطلب الأول كما هو موضح سابقاً .

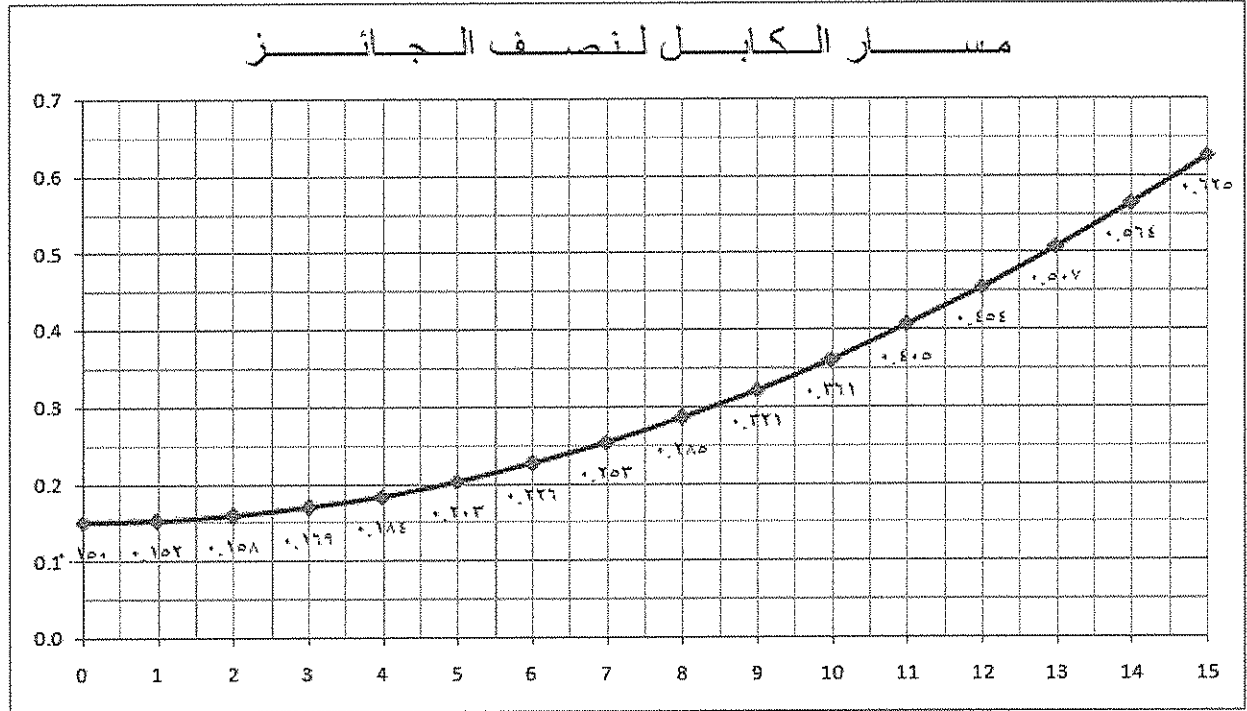
مسار الكبل هو قطع مكافئ معادلته هي : $Y = ax^2$ ، و لتحديد قيمة a نفترض أن الكبل عند المسند يمر من مركز المقطع وبفرض أن سماكة التغطية في منتصف الجائز هي 15 سم نجد النتائج التالية :

$$Y = a * X^2$$

$$X = 15 \text{ m}, Y = 0.475 \text{ m} \rightarrow Y = 0.00211 * X^2$$

المقطع	X(m)	Y(m)
0	0	0.150
1	1	0.152
2	2	0.158
3	3	0.169
4	4	0.184
5	5	0.203
6	6	0.226
7	7	0.253
8	8	0.285
9	9	0.321
10	10	0.361
11	11	0.405
12	12	0.454
13	13	0.507
14	14	0.564
15	15	0.625

و المخطط التالي يوضح مسار الكابل لنصف طول الجائز :



❖ الطلب الرابع: التحقق من الاجهادات الناعمية في المقاطع المطلوبة .

يتم التحقق من المقاطع على طول الجائز بحساب الاجهادات الناتجة عن قوى سبق الإجهاد في حالات التنفيذ و الاستثمار على حد سواء والتي تنتج باستخدام المعادلات 1 - 2 - 3 - 4 لسابقة الذكر في الطلب الثاني ومقارنتها مع الاجهادات المسموحة في كل حالة على حدة .

تحقيق الاجهادات الناطمية														
المقطع	A (m ²)	Wc,top(m ³)	Wc,bot(m ³)	y c,bot(m)	y(m)	e(m)	Mgl (KN.m)	Mq (KN.m)	الاجهاد في الليف في مرحلة التنفيذ			الاجهاد في الليف في مرحلة الاستمرار		
									التحقق	الليف السفلي	التحقق	الليف العلوي	التحقق	الليف السفلي
0	0.850	0.319	0.288	1.051	0.150	0.901	2068.945	4543.945	0.9286	-12.1915	OK	-8.4662	OK	0.7034
1	0.830	0.305	0.274	1.026	0.152	0.874	2059.750	4523.750	0.7294	-12.2540	OK	-9.0252	OK	1.1251
2	0.810	0.290	0.261	1.001	0.158	0.842	2032.164	4463.164	0.5073	-12.3045	OK	-9.5418	OK	1.4919
3	0.790	0.276	0.247	0.976	0.169	0.807	1986.188	4362.188	0.2595	-12.3409	OK	-10.0076	OK	1.7933
4	0.770	0.262	0.234	0.950	0.184	0.767	1921.820	4220.820	-0.0172	-12.3605	OK	-10.4124	OK	2.0170
5	0.750	0.249	0.222	0.925	0.203	0.722	1839.063	4039.063	-0.3266	-12.3603	OK	-10.7444	OK	2.1484
6	0.730	0.236	0.210	0.900	0.226	0.674	1737.914	3816.914	-0.6729	-12.3365	OK	-10.9898	OK	2.1701
7	0.710	0.223	0.198	0.874	0.253	0.621	1618.375	3554.375	-1.0609	-12.2850	OK	-11.1320	OK	2.0618
8	0.690	0.210	0.186	0.849	0.285	0.564	1480.445	3251.445	-1.4966	-12.2005	OK	-11.1516	OK	1.7991
9	0.670	0.198	0.175	0.824	0.321	0.503	1324.125	2908.125	-1.9866	-12.0769	OK	-11.0252	OK	1.3528
10	0.650	0.186	0.164	0.798	0.361	0.437	1149.414	2524.414	-2.5390	-11.9068	OK	-10.7250	OK	0.6880
11	0.630	0.175	0.153	0.773	0.405	0.367	956.313	2100.313	-3.1630	-11.6813	OK	-10.2175	OK	-0.2374
12	0.659	0.171	0.155	0.734	0.454	0.280	744.820	1635.820	-3.8018	-10.1596	OK	-9.1438	OK	-1.0782
13	0.716	0.170	0.162	0.691	0.507	0.185	514.938	1130.938	-4.4258	-8.2414	OK	-7.7430	OK	-1.8941
14	0.765	0.167	0.166	0.652	0.564	0.089	266.664	585.664	-5.0902	-6.6797	OK	-6.2221	OK	-2.9151
15	0.750	0.156	0.156	0.625	0.625	0.000	0.000	0.000	-5.9996	-5.9996	OK	-4.6664	OK	-4.6664

❖ **الطلب الخامس :** التحقق من العزم في مرحلة الانكسار في المقاطع الحرجة
 نحسب ارتفاع المكافئ منطقة الضغط في مرحلة الانكسار بفرض أن انهيار يتم على الشد
 أي التسليح وصل لسيلان
 من علاقة التوازن الأولى

$$T = C$$

$$A_{sp} f_{pk} = 0.85 f'_c A'_c$$

نفرض في البدء المحور المحايد في الجناح

$$A'_c = b_f y$$

$$A_{sp} f_{pk} = 0.85 f'_c b_f y$$

$$3360 \times 1860 = 0.85 \times 35 \times 600 \times y$$

$$y = 350.11 \text{ mm} > t_f = 250 \text{ mm} \Rightarrow \text{الفرض خاطئ}$$

المحور المحايد في الجسد

$$A'_c = b_f t + b_w (y - t_f)$$

$$A_{sp} f_{pk} = 0.85 f'_c (b_f t_f + b_w (y - t_f))$$

$$3360 \times 1860 = 0.85 \times 35 \times (600 \times 250 + 400(y - 250))$$

$$y = 400 \text{ mm}$$

نحسب ارتفاع منطقة الضغط من تأثير الحمولات المطبقة

من علاقة التوازن الثانية بفرض المحور المحايد في الجناح

$$M_{ua} = 0.85 \times 0.9 f'_c y b_f \left(d - \frac{y}{2}\right)$$

بعد حساب y من هذه العلاقة نتأكد أن y أصغر من ارتفاع الجسد و ألا فالمحور المحايد في الجسد

$$M_{ua} = 0.85 \times 0.9 f'_c (b_f - b_w) t_f \left(d - \frac{t_f}{2} \right) + b_w y \left(d - \frac{y}{2} \right)$$

حيث

 M_{ua} : العزم المطبق المصعد

فرضنا التسليح واصل لسيلان سوف نتأكد من ذلك

$$\varepsilon_{su} = \varepsilon_{sp} + \varepsilon_{sa}$$

 ε_{su} : التشوه الكلي في الفولاذ عند انكسار ε_{sp} : التشوه الصافي الناتج عن سبق الإجهاد

$$\varepsilon_{sp} = \frac{1041.6}{200000} = 0.0052$$

 ε_{sa} : التشوه في الفولاذ الناتج عن الحموات الخارجية بعد التشقق

$$\varepsilon_{sa} = 0.003 \times \left(\frac{d - x}{x} \right)$$

حيث

 x : ارتفاع منطقة الضغط في مرحلة الانكسار

$$x = y/0.85$$

متغيرة في كل مقطع سوف نحسب d التشوه في كل مقطع

نحسب التشوه عند السيلان و نقارنه بالتشوه الكلي عند الانكسار

$$\varepsilon_{sy} = \frac{f_{pk}}{E_s} = \frac{1860}{200000} = 0.0093$$

تحقق من الفرض

$$\varepsilon_{su} > \varepsilon_{sy} \Rightarrow \text{المقطع وصل للسيلان}$$

المقطع لم يوصل للسيلان $\Rightarrow \varepsilon_{su} < \varepsilon_{sy}$

في المقاطع التي لم تصل لسيلان نعيد حساب ارتفاع منطقة الضغط في مرحلة الانكسار

$$T = C$$

$$A_{sp} f_s = 0.85 f'_c A'_c$$

بفرض المحور المحايد في الجناح

$$A_{sp} E_s \left(\frac{\sigma_{\infty}}{E_{sp}} + 0.003 \times \left(\frac{d - y/0.85}{y/0.85} \right) \right) = 0.85 f'_c b_f y$$

بشرط

$$y < t_f$$

وإلا المحور المحايد في الجسد

$$A_{sp} E_s \left(\frac{\sigma_{\infty}}{E_{sp}} + 0.003 \times \left(\frac{d - y/0.85}{y/0.85} \right) \right) = 0.85 f'_c (b_f t_f + b_w (y - t_f))$$

نحسب العزم المقاوم

و بما أن المحو المحايد في الجسد نحسب العزم المقاوم

$$M_{ur} = 0.85 \times 0.9 f'_c \left((b_f - b_w) t_f \left(d - \frac{t_f}{2} \right) + b_w y \left(d - \frac{y}{2} \right) \right)$$

تحقيق الغزم في مرحلة الانكسار		
عمق منطقة الضغط في مرحلة الانكسار	400.1764706	mm

نفرض التسليح وصل لسيلان	0.0093
ϵ_{sp}	

رقم المقطع	الغزم المطبق Mur	عمق منطقة الضغط	موقع المحور المحايد	عمق منطقة الضغط	موقع المحور المحايد	عمق منطقة الضغط المصحح	ϵ_{sp}	ϵ_{s8}	ϵ_{s11}	تحقق من الوصول لسيلان	عمق منطقة الضغط في مرحلة الانكسار	الغزم المقاوم Mua	تحقق المقطع	المقطع
0	7322.17	265.4078607	المحور المحايد في الجسد	273.168249	المحور المحايد في الجسد	273.168249	0.0052	0.0088	0.0140	وصل لسيلان	400.1764706	9380.684	المقطع محقق	0.781
1	7289.63	273.130509	المحور المحايد في الجسد	284.828358	المحور المحايد في الجسد	284.828358	0.0052	0.0085	0.0137	وصل لسيلان	400.1764706	9087.578	المقطع محقق	0.802
2	7192.00	279.4838576	المحور المحايد في الجسد	294.451037	المحور المحايد في الجسد	294.451037	0.0052	0.0081	0.0133	وصل لسيلان	400.1764706	8770.723	المقطع محقق	0.820
3	7029.28	284.3411447	المحور المحايد في الجسد	301.832339	المحور المحايد في الجسد	301.832339	0.0052	0.0077	0.0129	وصل لسيلان	400.1764706	8430.120	المقطع محقق	0.834
4	6801.48	287.5277068	المحور المحايد في الجسد	287.527707	المحور المحايد في الجسد	287.527707	0.0052	0.0073	0.0125	وصل لسيلان	400.1764706	8065.768	المقطع محقق	0.843
5	6508.59	288.8048993	المحور المحايد في الجسد	308.663184	المحور المحايد في الجسد	308.663184	0.0052	0.0069	0.0121	وصل لسيلان	400.1764706	7677.668	المقطع محقق	0.848
6	6150.62	287.8469373	المحور المحايد في الجسد	307.230686	المحور المحايد في الجسد	307.230686	0.0052	0.0064	0.0116	وصل لسيلان	400.1764706	7265.819	المقطع محقق	0.847
7	5727.56	284.2071987	المحور المحايد في الجسد	301.711512	المحور المحايد في الجسد	301.711512	0.0052	0.0059	0.0111	وصل لسيلان	400.1764706	6830.222	المقطع محقق	0.839
8	5239.42	277.2688135	المحور المحايد في الجسد	291.17557	المحور المحايد في الجسد	291.17557	0.0052	0.0054	0.0106	وصل لسيلان	400.1764706	6370.877	المقطع محقق	0.822
9	4686.19	266.1720618	المحور المحايد في الجسد	266.172062	المحور المحايد في الجسد	266.172062	0.0052	0.0048	0.0100	وصل لسيلان	400.1764706	5887.783	المقطع محقق	0.796
10	4067.87	249.7087203	المحور المحايد في الجناح	249.563116	المحور المحايد في الجناح	249.563116	0.0052	0.0043	0.0095	وصل لسيلان	400.1764706	5380.940	المقطع محقق	0.756
11	3384.47	226.1733487	المحور المحايد في الجناح	214.516466	المحور المحايد في الجناح	214.516466	0.0052	0.0037	0.0089	لم يصل لسيلان	455.7616023	5217.413	المقطع محقق	0.649
12	2635.98	193.1709296	المحور المحايد في الجناح	166.308129	المحور المحايد في الجناح	166.308129	0.0052	0.0030	0.0082	لم يصل لسيلان	437.2655222	4505.457	المقطع محقق	0.585
13	1822.41	147.4171985	المحور المحايد في الجناح	101.426668	المحور المحايد في الجناح	101.426668	0.0052	0.0024	0.0076	لم يصل لسيلان	416.9494009	3796.003	المقطع محقق	0.480
14	943.75	84.66086227	المحور المحايد في الجناح	16.0887041	المحور المحايد في الجناح	16.0887041	0.0052	0.0017	0.0069	لم يصل لسيلان	394.4788962	3095.405	المقطع محقق	0.305
15	0.00	0	المحور المحايد في الجناح	0	المحور المحايد في الجناح	0	0.0052	0.0010	0.0062	لم يصل لسيلان	369.3805639	2411.269	المقطع محقق	0.000

المقطع الحرج	5
--------------	---

❖ **الطلب السادس :** التحقق من القص في مرحلة الانكسار على طول الجائز .

نحسب القص المطبق

$$Q_u = 1.5Q_{ug} + 1.8Q_{up}$$

نحسب الاجهادات الفعلية المطبقة من العلاقة

$$\tau_u = \frac{Q_u}{d b_w \Omega}$$

و يشترط

$$d \geq 0.8h$$

نحسب الاجهادات المسموحة في البيتون من العلاقة

$$\tau_{cu} = 0.16\sqrt{f'_c} + 50 \frac{d}{x} \frac{1-2x}{1-x}$$

و يشترط

$$\frac{d}{x} \frac{1-2x}{1-x} \leq 1$$

X: بعد المقطع المدروس عن المسند

L: طول الجائز

f'_c : مقاومة البيتونية المميزة Kg/cm³

و يجب أن يحقق الإجهاد المسموحة المتواجدة :

$$0.55\sqrt{f'_c} \leq \tau_{cu} \leq 1.25\sqrt{f'_c}$$

f'_c : مقاومة البيتونية المميزة Kg/cm³

سنميز بين ثلاث حالات

$$\tau_u - \tau_{cu} > 2\sqrt{f'_c}$$

يجب تكبير المقطع

$$\tau_u \leq \tau_{cu}$$

نستخدم تسليح قص إنشائي

$$\frac{n a_{st}}{b_w s} = \frac{0.35}{f_y}$$

S : التباعد بين الأساور

N : عدد فروع الأسوارة .

$$\tau_u \leq \tau_{cu}$$

نستخدم تسليح قص حسابي

$$\frac{n a_{st}}{b_w s} = \frac{\tau_u - \tau_{cu}}{f_y}$$

تحقيق القص في مرحلة الانكسار											
رقم المقطع	X(m)	Qu	d(mm)	bw(mm)	tu	$\frac{d}{x} \frac{1-2x}{1-x}$	tcu	نوع التسليح	ast(mm2)	الأساس	f
0	0	0	1850	400	0	0	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
1	1	65.09	1798	400	0.1065	0.0161	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
2	2	130.2	1742	400	0.2198	0.0315	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
3	3	195.3	1681	400	0.3416	0.0467	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
4	4	260.3	1616	400	0.4738	0.0619	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
5	5	325.4	1547	400	0.6186	0.0774	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
6	6	390.5	1474	400	0.7792	0.0936	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
7	7	455.6	1397	400	0.9595	0.1111	1.0289558	نحتاج تسليح قص انشائي	52.50	1	10
8	8	520.7	1315	400	1.1647	0.1307	1.0289558	نحتاج تسليح قص حسابي	20.36	1	6
9	9	585.8	1240	400	1.3894	0.155	1.0743326	نحتاج تسليح قص حسابي	47.26	1	8
10	10	650.9	1200	400	1.5952	0.192	1.2593326	نحتاج تسليح قص حسابي	50.39	1	10
11	11	715.9	1160	400	1.8153	0.2454	1.5262557	نحتاج تسليح قص حسابي	43.35	1	8
12	12	781	1120	442.86	1.8525	0.3319	1.9585919	نحتاج تسليح قص انشائي	58.13	1	10
13	13	846.1	1080	514.29	1.7922	0.5014	2.3385359	نحتاج تسليح قص انشائي	33.75	2	8
14	14	911.2	1040	585.71	1.7599	1	2.3385359	نحتاج تسليح قص انشائي	38.44	2	8
15	15	976.3	1000	600	1.9143	1E+37	2.3385359	نحتاج تسليح قص انشائي	39.38	2	8

المقطع الحرج 10

s = 30

❖ **الطلب السابع :** تحقيق مرحلة التنفيذ و الاستثمار (بموجب خواص المقطع الهندسية الدقيقة) دون إجراء تعديلات على حساب المقطع.
نحسب خواص المقطع قبل الحقن

$$A_{c,n} = A_c - A_n$$

A_n : مساحة الأفتية

نعيد حساب كل خواص المقطع بعد إزالة الأفتية
نحسب خواص المقطع بعد الحقن

$$A_{c,i} = A_c - A_s(n - 1)$$

A_s : مساحة التسليح

$$n = \frac{E_s}{E_c}$$

نعيد حساب كل خواص المقطع بعد إضافة مساحة البيتون المكافئ لمساحة التسليح

لا بد هنا من إعادة حساب وزن الذاتي في مرحلة التنفيذ بإزالة الأفتية و إعادة حساب العزوم الناتجة

أما في مرحلة الاستثمار فنعيد حساب الوزن الذاتي بإدخال وزن التسليح بالحسبان و إعادة حساب العزوم الناتجة

و لا بد هنا من إعادة تحقيق المقطع على أساس خواص المقطع الجديدة و الحمولات الجديدة

الخواص الهندسية الصافية															
أبعاد المقاطع ومواصفاتها الهندسية قبل الحقن															
المقطع	x (m)	h (m)	tf (m)	h-tf (m)	bw (m)	bf (m)	مساحة أقبية	Ac,n (m2)	ycn,top (m)	ycn,bot (m)	I c,net (m4)	wcn,top (m3)	wcn,bot (m3)	e(m)	
0	0	2.00	0.25	1.75	0.4	0.60	0.0154	0.83	0.9319	1.0681	0.2902	0.3114	0.2717	0.9181	
1	1	1.95	0.25	1.70	0.4	0.60	0.0154	0.81	0.9073	1.0427	0.2694	0.2969	0.2584	0.8906	
2	2	1.90	0.25	1.65	0.4	0.60	0.0154	0.79	0.8828	1.0172	0.2497	0.2828	0.2455	0.8588	
3	3	1.85	0.25	1.60	0.4	0.60	0.0154	0.77	0.8583	0.9917	0.2311	0.2692	0.2330	0.8227	
4	4	1.80	0.25	1.55	0.4	0.60	0.0154	0.75	0.8340	0.9660	0.2135	0.2560	0.2210	0.7822	
5	5	1.75	0.25	1.50	0.4	0.60	0.0154	0.73	0.8099	0.9401	0.1970	0.2432	0.2095	0.7374	
6	6	1.70	0.25	1.45	0.4	0.60	0.0154	0.71	0.7858	0.9142	0.1814	0.2308	0.1984	0.6882	
7	7	1.65	0.25	1.40	0.4	0.60	0.0154	0.69	0.7619	0.8881	0.1667	0.2188	0.1877	0.6346	
8	8	1.60	0.25	1.35	0.4	0.60	0.0154	0.67	0.7382	0.8618	0.1529	0.2071	0.1774	0.5767	
9	9	1.55	0.25	1.30	0.4	0.60	0.0154	0.65	0.7147	0.8353	0.1400	0.1958	0.1676	0.5143	
10	10	1.50	0.25	1.25	0.4	0.60	0.0154	0.63	0.6913	0.8087	0.1278	0.1848	0.1580	0.4476	
11	11	1.45	0.25	1.20	0.4	0.60	0.0154	0.61	0.6682	0.7818	0.1163	0.1741	0.1488	0.3764	
12	12	1.40	0.25	1.15	0.443	0.60	0.0154	0.64	0.6590	0.7410	0.1124	0.1706	0.1518	0.2870	
13	13	1.35	0.25	1.10	0.514	0.60	0.0154	0.70	0.6545	0.6955	0.1113	0.1701	0.1600	0.1887	
14	14	1.30	0.25	1.05	0.586	0.60	0.0154	0.75	0.6457	0.6543	0.1081	0.1674	0.1652	0.0905	
15	15	1.25	0.25	1.00	0.6	0.60	0.0154	0.73	0.6250	0.6250	0.0977	0.1563	0.1563	0.0000	
بداية الجزء المتغير المطالة 11	11	1.43	0.25	1.18	0.4	0.60	0.0154	0.61	0.6482	0.7818	0.1046	0.1613	0.1338	0.7818	

ابعاد المقاطع ومواصفاتها الهندسية بعد الحقن															
المقطع	x (m)	h (m)	tf (m)	h-tf (m)	bw (m)	bf (m)	Asp(m ²)	n	Ac.i	yci,top (m)	yci,bot (m)	Ic.i	wci,top (m ³)	wci,bot (m ³)	e(m)
0	0	2	0.25	1.75	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.87	0.9669	1.0331	0.3170	0.3279	0.3068	0.8831
1	1	1.95	0.25	1.7	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.848	0.9420	1.0080	0.2946	0.3127	0.2922	0.8559
2	2	1.9	0.25	1.65	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.83	0.9170	0.9830	0.2731	0.2978	0.2778	0.8245
3	3	1.85	0.25	1.6	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.81	0.8920	0.9580	0.2525	0.2831	0.2636	0.7890
4	4	1.8	0.25	1.55	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.79	0.8668	0.9332	0.2329	0.2686	0.2496	0.7494
5	5	1.75	0.25	1.5	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.77	0.8416	0.9084	0.2141	0.2545	0.2357	0.7056
6	6	1.7	0.25	1.45	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.75	0.8162	0.8838	0.1963	0.2405	0.2221	0.6578
7	7	1.65	0.25	1.4	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.73	0.7908	0.8592	0.1794	0.2269	0.2088	0.6058
8	8	1.6	0.25	1.35	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.71	0.7651	0.8349	0.1634	0.2135	0.1957	0.5497
9	9	1.55	0.25	1.3	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.69	0.7394	0.8106	0.1483	0.2005	0.1829	0.4896
10	10	1.5	0.25	1.25	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.67	0.7135	0.7865	0.1341	0.1879	0.1705	0.4254
11	11	1.45	0.25	1.2	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.65	0.6874	0.7626	0.1208	0.1757	0.1584	0.3572
12	12	1.4	0.25	1.15	0.44286	0.6	0.00336	6.25	0.68	0.6730	0.7270	0.1150	0.1709	0.1582	0.2730
13	13	1.35	0.25	1.1	0.51429	0.6	0.00336	6.25	0.73	0.6630	0.6870	0.1124	0.1696	0.1636	0.1802
14	14	1.3	0.25	1.05	0.58571	0.6	0.00336	6.25	0.78	0.6495	0.6505	0.1084	0.1668	0.1666	0.0867
15	15	1.25	0.25	1	0.6	0.6	0.00336	6.25	0.77	0.6250	0.6250	0.0977	0.1563	0.1563	0.0000
بدائية الجزء المتغير المطالة '11	11.4	1.43	0.25	1.18	0.4	0.6	0.00336	6.25	0.64	0.6886	0.7414	0.1237	0.1797	0.1669	0.7414

تحقيق الاجهادات الناعمة مرحلة التنفيذ										
المقطع	A (m ²)	Wc,top(m ³)	Wc,bot(m ³)	y c,bot(m)	y(m)	e(m)	Mgl (KN.m)	الاجهاد في الليف في مرحلة التنفيذ		
								الليف العلوي	التحقق	الليف السفلي
0	0.835	0.311	0.272	1.068	0.150	0.918	2025.650	1.3696	OK	-13.1405
1	0.815	0.297	1.043	1.043	0.152	0.891	2016.647	1.1812	OK	-7.4331
2	0.795	0.283	1.017	1.017	0.158	0.859	1989.639	0.9652	OK	-7.5058
3	0.775	0.269	0.992	0.992	0.169	0.823	1944.624	0.7179	OK	-7.5809
4	0.755	0.256	0.966	0.966	0.184	0.782	1881.604	0.4355	OK	-7.6587
5	0.735	0.243	0.940	0.940	0.203	0.737	1800.578	0.1136	OK	-7.7393
6	0.715	0.231	0.914	0.914	0.226	0.688	1701.546	-0.2526	OK	-7.8228
7	0.695	0.219	0.888	0.888	0.253	0.635	1584.509	-0.6686	OK	-7.9094
8	0.675	0.207	0.862	0.862	0.285	0.577	1449.465	-1.1408	OK	-7.9992
9	0.655	0.196	0.835	0.835	0.321	0.514	1296.416	-1.6762	OK	-8.0925
10	0.635	0.185	0.809	0.809	0.361	0.448	1125.361	-2.2832	OK	-8.1893
11	0.615	0.174	0.782	0.782	0.405	0.376	936.301	-2.9715	OK	-8.2899
12	0.644	0.171	0.741	0.741	0.454	0.287	729.234	-3.6944	OK	-7.7468
13	0.700	0.170	0.696	0.696	0.507	0.189	504.162	-4.3958	OK	-6.9215
14	0.750	0.167	0.654	0.654	0.564	0.090	261.084	-5.1300	OK	-6.2261
15	0.735	0.156	0.625	0.625	0.625	0.000	0.000	-6.1253	OK	-6.1253

تحقيق الاجهادات الناعمية

المقطع	A (m ²)	Wc,top(m ³)	Wc,bot(m ³)	y c,bot(m)	y(m)	e(m)	Mq (KN.m)	الاجهاد في الليف في مرحلة الاستمرار		
								الليف العلوي	التحقق	الليف السفلي
0	0.868	0.328	0.307	1.033	0.150	0.883	4573.699	-8.5565	OK	0.7993
1	0.848	0.313	0.292	1.008	0.152	0.856	4553.372	-9.1108	OK	1.2023
2	0.828	0.298	0.278	0.983	0.158	0.825	4492.389	-9.6242	OK	1.5550
3	0.808	0.283	0.264	0.958	0.169	0.789	4390.751	-10.0889	OK	1.8483
4	0.788	0.269	0.250	0.933	0.184	0.749	4248.458	-10.4952	OK	2.0714
5	0.768	0.254	0.236	0.908	0.203	0.706	4065.511	-10.8314	OK	2.2110
6	0.748	0.241	0.222	0.884	0.226	0.658	3841.907	-11.0833	OK	2.2507
7	0.728	0.227	0.209	0.859	0.253	0.606	3577.649	-11.2338	OK	2.1706
8	0.708	0.214	0.196	0.835	0.285	0.550	3272.736	-11.2617	OK	1.9458
9	0.688	0.201	0.183	0.811	0.321	0.490	2927.168	-11.1412	OK	1.5451
10	0.668	0.188	0.170	0.787	0.361	0.425	2540.944	-10.8408	OK	0.9301
11	0.648	0.176	0.158	0.763	0.405	0.357	2114.065	-10.3219	OK	0.0524
12	0.677	0.171	0.158	0.727	0.454	0.273	1646.532	-9.2143	OK	-0.8019
13	0.733	0.170	0.164	0.687	0.507	0.180	1138.343	-7.7650	OK	-1.6710
14	0.783	0.167	0.167	0.650	0.564	0.087	589.499	-6.1870	OK	-2.7542
15	0.768	0.156	0.156	0.625	0.625	0.000	0.000	-4.5591	OK	-4.5591

❖ الطلب التاسع : حساب الضياعات الكلية وقوة سبق الاجهاد بدقة .

حساب الضياعات في البيتون مسبق الإجهاد من أهم المواضيع و يجب أن تحسب سواء في التصميم أو التنفيذ لأن الإجهاد المسبق الذي يطبق على الفولاذ بوسائط خارجية يفقد جزء منع حيث جزء منه يفقد مباشرة و يسمى بالضياعات المباشرة جزء آخر يفقد بعد فترة من الزمن و يسمى بالضياعات غير المباشرة.

بالنسبة للضياعات المباشرة فأسبابها الرئيسية هي ما يلي :

- (1) التشوه المرن للبيتون
- (2) تشوه المساند بطريقة الشد اللاحق
- (3) الاحتكاك الموجود بين الكابلات والغينات المعدنية

بالنسبة للضياعات الغير مباشرة فأسبابها هي ما يلي:

- (1) ارتخاء فولاذ التسليح
- (2) تقلص في البيتون
- (3) السيلان في البيتون

$$\Delta\sigma_{p1} = \Delta\sigma_e + \Delta\sigma_f + \Delta\sigma_a$$

$\Delta\sigma_{p1}$ الضياعات المباشرة

$\Delta\sigma_e$ الضياع ناتج عن انضغاط البيتون

$\Delta\sigma_f$ الضياع ناتج عن الاحتكاك

$\Delta\sigma_a$ الضياع ناتج عن وسائط التثبيت

$$\Delta\sigma_{p2} = \Delta\sigma_r + \Delta\sigma_{cr} + \Delta\sigma_s$$

$\Delta\sigma_{p2}$ الضياعات الغير المباشرة

$\Delta\sigma_r$ الضياع ناتج عن ارتخاء الفولاذ المشدود

$\Delta\sigma_{cr}$ الضياع ناتج عن السيلان

$\Delta\sigma_s$ الضياع ناتج عن النقل

في المقطع الحرج

أولاً : الضياعات المباشرة:

1. الضياع الناتج عن الانضغاط المرن:

$$\Delta\sigma_e = \frac{1}{2}\sigma_{p0} \left[\frac{n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right)}{1 + n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right)} \right]$$

$$n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right) \approx 0 \Rightarrow \Delta\sigma_e = \frac{1}{2}\sigma_{p0} \left[n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right) \right]$$

$$n = \frac{E_c}{E_s} = \frac{200}{32} = 6.25$$

$$\mu_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_c} = \frac{3360}{730000} = 4.6027 \times 10^{-3}$$

$$e_s = y_{c,bot} - a = 0.8997 - 0.226 = 0.6737 \text{ mm}$$

$$k^2 = \frac{I}{A_c} = \frac{0.1885}{0.73} = 0.2582 \text{ mm}^2$$

$$\Delta\sigma_e = \frac{1}{2} 1488 \left[6.25 \times 4.6072 \times 10^{-3} \left(1 + \frac{0.6737^2}{0.2582}\right) \right]$$

$$\Delta\sigma_e = 59.02 \text{ Mpa}$$

2. الضياع الناتج عن الاحتكاك:

$$\mu(\Sigma\alpha + kx) > 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} [-e^{-\mu(\Sigma\alpha + kx)} + 1]$$

$$\mu(\Sigma\alpha + kx) \leq 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} \mu(\Sigma\alpha + kx)$$

حيث :

μ : عامل الاحتكاك بين الفولاذ و الغينات و يعطى من قبل الشركة الصانعة

k : عامل الاستقامة و يعطى أيضا من قبل الشركة الصانعة

x : بعد المقطع المدروس عن مكان الشد

$\Sigma\alpha$: مجموع زوايا الدوران بالراديان

معادلة مسار الكبل وهي معادلة قطع مكافئ

$$y = a x^2$$

لإيجاد ميل المماس في نقطة من مسار الكبل نشتق معادلة القطع المكافئ

$$y' = 2 a x$$

$$y' = 2 \times 0.0021111 \times 15 = 0.063$$

$$\Sigma\alpha = 0.063$$

$$k = 0.0033$$

$$\mu = 0.3$$

$$\mu(\Sigma\alpha + kx) = 0.3(0.063 + 0.0033 \times 9) = 0.02781 \leq 0.2$$

$$\Delta\sigma_f = 1488 \times 0.02781 = 41.53 \text{Mpa}$$

3. الضياع الناتج عن تشوه وسائط التثبيت :

$$\Delta\sigma_a = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \varepsilon_s E_s$$

$$\Delta\sigma_a = \frac{2}{30000} \cdot 200000 = 13.33 \text{ Mpa}$$

فتكون الضياعات المباشرة

$$\Delta\sigma_{p_1} = 59.02 + 41.53 + 13.33 = 113.88 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{p_1} = 7.65 \% \sigma_{p_0} < 10\%$$

ثانياً : الضياعات الغير المباشرة:

1. الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ:

σ_r : تعرف قيمة الضياع الناتج عن الارتخاء الذي يحدث الذي في الفولاذ تحت تشوه ثابت

$\Delta\sigma_r$: الضياع الفعلي في كبل نفسه

$$\Delta\sigma_r = \frac{\sigma_r}{1 + n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right)}$$

$$n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right) \approx 0 \Rightarrow \Delta\sigma_r = \sigma_r = 70 \text{ Mpa}$$

2. الضياع الناتج عن التقلص في البيتون:

$$\Delta\sigma_s = \frac{E_s \varepsilon_{cs}}{1 + n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right)}$$

$$n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right) \approx 0 \Rightarrow \Delta\sigma_s = E_s \varepsilon_{cs}$$

حيث

ε_{cs} : عامل تقلص البيتون

لتحديد عامل التقلص نحسب السماكة النظرية em

$$e_m = \frac{A_c}{\frac{1}{2} \text{ المحيط المعرض للجو}} = \frac{730000}{(1700 \times 2 + 600 + 400 + 200) \frac{1}{2}}$$

$$e_m = \frac{730000}{4600 \times \frac{1}{2}} = 317.39 \text{ mm}$$

من الجدول في النوبة في صفحة (18)

$$\varepsilon_{cs} = \beta \times 10^{-3}$$

نحدد عامل التقلص حسب

- عمر البيتون (28)
- السماكة المكافئة e_m (317.39)
- جو جاف

$$\Rightarrow \beta = 0.30$$

$$\Delta\sigma_s = 200000 \times \frac{0.30}{1000} = 62 \text{ Mpa}$$

3. الضياعات الناتجة عن سيلان البيتون:

$$\Delta\sigma_{cr} = n \varphi_t f_{ci} \left[1 - \frac{n \varphi_t f_{ci}}{2 \sigma_{pi}} \right]$$

حيث

f_{ci} إجهاد البيتون عند مستوي ثقل الكابلات

$$f_{ci} = \frac{p_i}{A_c} + \frac{p_i e_s^2}{I} - \frac{M_d e_s}{I}$$

p_i قيمة القوة المتبقية بعد حذف الضياعات

M_d العزم الناتج عن الحمولة الميتة

$$p_i = \sigma_{pi} A_s$$

$$\sigma_{pi} = \sigma_{p0} - \Delta\sigma_{p1} = 1488 - 102.57 = 1385.43 \text{ Mpa}$$

$$p_i = 1385.43 \times 3360 = 4655.04 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M_d = 1737.91 \text{ Kn.m}$$

$$e_s = y_{c,bot} - a = 0.8997 - 0.226 = 0.6737 \text{ mm}$$

$$f_{ci} = \frac{4655.04 \times 10^3}{0.73 \times 10^6} + \frac{4655.04 \times 10^3 \times 0.6737^2 \times 10^6}{0.1885 \times 10^{12}} - \frac{1737.91 \times 10^9 \times 0.6737 \times 10^3}{0.1885 \times 10^{12}} = 11.37 \text{ Mpa}$$

$$\varphi_t = k_c k_d k_b k_e k_t$$

k_c يتعلق بدرجة الرطوبة

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (16)

$$k_c = 2.85 \Rightarrow \text{جو جاف}$$

k_d : يتعلق بعمر الببتون عند التحميل

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (16) للأسمنت العادي

$$k_d = 1 \Rightarrow \text{عمر التحميل} = 28$$

k_b : يتعلق بماركة الاسمنت و نسبة الماء للأسمنت

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (17)

$$k_b = 1.2 \Rightarrow w/c = 0.5, \text{ماركة الاسمنت} = 400$$

k_e : يتعلق بالسماكة النظرية للعنصر

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (17)

$$k_e = 0.745 \Rightarrow e_m = 317.39$$

k_t : يتعلق بفترة التحميل

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (18)

$$k_t = 1$$

$$\varphi_t = 2.85 \times 1 \times 1.2 \times 0.745 \times 1 = 2.547$$

$$\Delta\sigma_{cr} = 6.25 \times 2.547 \times 11.37 \left[1 - \frac{6.25 \times 2.547 \times 11.37}{2 \times 1385.43} \right]$$

$$= 167.137 \text{ Mpa}$$

فتكون الضياعات الغير المباشرة

$$\Delta\sigma_{p2} = 60 + 70 + 167.137 = 297.137 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{p2} = 19.97 \% \sigma_{p0} < 20\%$$

$$\Delta\sigma_p = \Delta\sigma_{p1} + \Delta\sigma_{p2} = 19.97 + 7.65 = 27.62\%$$

في المقطع الوسطي

أولاً : الضياعات المباشرة:

1. الضياع الناتج عن الانضغاط المرن:

$$\Delta\sigma_e = \frac{1}{2} \sigma_{p0} \left[\frac{n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right)}{1 + n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right)} \right]$$

$$n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right) \approx 0 \Rightarrow \Delta\sigma_e = \frac{1}{2} \sigma_{p0} \left[n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right) \right]$$

$$n = \frac{E_c}{E_s} = \frac{200}{32} = 6.25$$

$$\mu_{sp} = \frac{A_{sp}}{A_c} = \frac{3360}{850000} = 3.952 \times 10^{-3}$$

$$e_s = y_{c,bot} - a = 1.0515 - 0.15 = 0.9015 \text{ mm}$$

$$k^2 = \frac{I}{A_c} = \frac{0.303}{0.85} = 0.3565 \text{ mm}^2$$

$$\Delta\sigma_e = \frac{1}{2} 1488 \left[6.25 \times 3.952 \times 10^{-3} \left(1 + \frac{0.9015^2}{0.3565} \right) \right]$$

$$\Delta\sigma_e = 60.29 \text{ Mpa}$$

2. الضياع الناتج عن الاحتكاك:

$$\mu(\Sigma\alpha + kx) > 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} [-e^{-\mu(\Sigma\alpha + kx)} + 1]$$

$$\mu(\Sigma\alpha + kx) \leq 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} \mu(\Sigma\alpha + kx)$$

حيث :

μ : عامل الاحتكاك بين الفولاذ و الغيئات و يعطى من قبل الشركة الصانعة

k : عامل الاستقامة و يعطى أيضا من قبل الشركة الصانعة

x : بعد المقطع المدروس عن مكان الشد

$\Sigma\alpha$: مجموع زوايا الدوران بالراديان

معادلة مسار الكبل وهي معادلة قطع مكافئ

$$y = ax^2$$

لإيجاد ميل المماس في نقطة من مسار الكبل نشتق معادلة القطع المكافئ

$$y' = 2ax$$

$$y' = 2 \times 0.0021111 \times 15 = 0.063$$

$$\Sigma\alpha = 0.063$$

$$k = 0.0033$$

$$\mu = 0.3$$

$$\mu(\Sigma\alpha + kx) = 0.3(0.063 + 0.0033 \times 15) = 0.03375 \leq 0.2$$

$$\Delta\sigma_f = 1488 \times 0.03375 = 50.37 \text{ Mpa}$$

3. الضياع الناتج عن تشوه وسائط التثبيت :

$$\Delta\sigma_a = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \varepsilon_s E_s$$

$$\Delta\sigma_a = \frac{2}{30000} \cdot 200000 = 13.33 \text{ Mpa}$$

فتكون الضياعات المباشرة

$$\Delta\sigma_{p1} = 60.29 + 50.37 + 13.33 = 123.99 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{p1} = 8.33 \% \sigma_{p0} < 10\%$$

ثانياً : الضياعات الغير المباشرة:

1. الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ:

σ_r : تعرف قيمة الضياع الناتج عن الارتخاء الذي يحدث الذي في الفولاذ تحت تشوه ثابت

$\Delta\sigma_r$: الضياع الفعلي في كبل نفسه

$$\Delta\sigma_r = \frac{\sigma_r}{1 + n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right)}$$

$$n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right) \approx 0 \Rightarrow \Delta\sigma_r = \sigma_r = 70 \text{ Mpa}$$

2. الضياع الناتج عن النقل في البيتون:

$$\Delta\sigma_s = \frac{E_s \varepsilon_{cs}}{1 + n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2}\right)}$$

$$n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right) \approx 0 \Rightarrow \Delta \sigma_s = E_s \varepsilon_{cs}$$

حيث

ε_{cs} : عامل تقلص البيتون

لتحديد عامل التقلص نحسب السماكة النظرية em

$$e_m = \frac{A_c}{\frac{1}{2} \text{ المحيط المعرض للجو}} = \frac{850000}{(2000 \times 2 + 600 + 400 + 200) \frac{1}{2}}$$

$$e_m = \frac{730000}{4600 \times \frac{1}{2}} = 326.92 \text{ mm}$$

من الجدول في النوبة في صفحة (18)

$$\varepsilon_{cs} = \beta \times 10^{-3}$$

نحدد عامل التقلص حسب

- عمر البيتون (28)
- السماكة المكافئة em (326.92)
- جو جاف

$$\Rightarrow \beta = 0.30$$

$$\Delta \sigma_s = 200000 \times \frac{0.30}{1000} = 60 \text{ Mpa}$$

3. الضياعات الناتجة عن سيلان البيتون:

$$\Delta \sigma_{cr} = n \phi_t f_{ci} \left[1 - \frac{n \phi_t f_{ci}}{2 \sigma_{pi}} \right]$$

حيث

 f_{ci} إجهاد الببتون عند مستوي ثقل الكابلات

$$f_{ci} = \frac{p_i}{A_c} + \frac{p_i e_s^2}{I} - \frac{M_d e_s}{I}$$

 p_i قيمة القوة المتبقية بعد حذف الضياعات M_d العزم الناتج عن الحمولة الميتة

$$p_i = \sigma_{p_i} A_s$$

$$\sigma_{p_i} = \sigma_{p_0} - \Delta\sigma_{p_1} = 1488 - 123.99 = 1364.01 \text{ Mpa}$$

$$p_i = 1364.01 \times 3360 = 4583.07 \times 10^3 \text{ N}$$

$$M_d = 2068.95 \text{ Kn.m}$$

$$e_s = y_{c,bot} - a = 1.0515 - 0.15 = 0.9015 \text{ mm}$$

$$f_{ci} = \frac{4583.07 \times 10^3}{0.85 \times 10^6} + \frac{4583.07 \times 10^3 \times 0.9015^2 \times 10^6}{0.303 \times 10^{12}} - \frac{2068.95 \times 10^9 \times 0.9015 \times 10^3}{0.303 \times 10^{12}} = 11.53 \text{ Mpa}$$

$$\phi_t = k_c k_d k_b k_e k_t$$

 k_c يتعلق بدرجة الرطوبة

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (16)

$$k_c = 2.85 \Rightarrow \text{جوف جاف}$$

 k_d : يتعلق بعمر الببتون عند التحميل

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (16) للأسمنت العادي

$$k_d = 1 \Rightarrow \text{عمر التحميل} = 28$$

 k_b : يتعلق بماركة الاسمنت و نسبة الماء للأسمنت

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (17)

$$400, W/C = 0.5 \Rightarrow k_b = 1.2$$

k_e : يتعلق بالسماكة النظرية للعنصر

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (17)

$$e_m = 326.92 \Rightarrow k_d = 0.742$$

k_t : يتعلق بفترة التحميل

يؤخذ من الجدول في النوبة صفحة (18)

$$k_t = 1$$

$$\phi_t = 2.85 \times 1.1.2 \times 0.742 \times 1 = 2.537$$

$$\Delta\sigma_{cr} = 6.25 \times 2.537 \times 11.53 \left[1 - \frac{6.25 \times 2.537 \times 11.53}{2 \times 1364.01} \right]$$

$$= 170.58 \text{ Mpa}$$

فتكون الضياعات الغير المباشرة

$$\Delta\sigma_{p_2} = 60 + 70 + 170.58 = 300.58 \text{ Mpa}$$

$$\Delta\sigma_{p_2} = 20.20 \% \sigma_{p_0} > 20\%$$

$$\Delta\sigma_p = \Delta\sigma_{p_1} + \Delta\sigma_{p_2} = 20.20 + 8.33 = 28.53\%$$

كيف نخفض الضياعات ؟؟؟؟

• الضياعات المباشرة :

(1) الضياع الناتج عن التشوه المرن في البيتون ($\sigma \Delta_e$) :

$$\Delta \sigma_e = \frac{1}{2} * \sigma_{p0} \left[n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right) \right]$$

(2) الضياع الناتج عن الاحتكاك ($\sigma \Delta_f$) :

- أحد وسائل تقليل هذه الضياعات (خاصة في حال جائز متعدد الفتحات) هو الشد بالتناوب من كلا الطرفين .

- ص 56 من الكتاب

(3) الضياع الناجم عن تشوه وسائط التثبيت :

- يجب معرفة وضعية التثبيت إن كان التثبيت من طرف واحد و الممسك الآخر مغموس

في البيتون (لا تشوه عنده) \leftarrow الضياع يحدث بسبب الطرف الأول

- للتقليل من هذا الضياعات نضع رأس مغموس من طرف و التثبيت من الطرف الآخر

بحيث نجعل الضياع من طرف واحد .

• الضياعات الغير مباشرة :

(1) الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ :

- تختلف قيمة هذا الضياع فيما إذا كان التسليح معالجا ضد الارتخاء بعملية الاستقرار أم لا .

- للتقليل من هذا الضياع نلجأ لمعالجة الفولاذ ضد الارتخاء .

(2) الضياعات الناتجة عن التقلص

(3) الضياعات الناتجة عن السيلان

يدخل تأثير هذه الضياعات في قانون حساب الضياعات عن طريق عامل السيلان و لتقليل

أثرها نحاول تقليل عامل السيلان

$$\Delta \sigma_{cr} = n * \varphi_t * f_{ci} \left[1 - \frac{n * \varphi_t * f_{ci}}{2 * \sigma_{pi}} \right]$$

حيث : φ_t هو معامل السيلان

- العوامل المؤثرة في تشوه السيلان (لها علاقة بالضياعات الناتجة عن السيلان في البيتون)
 - تشوه السيلان يتناقص كلما ازداد عمر البيتون
 - يزداد تشوه السيلان بانخفاض الرطوبة المحيطة
 - يزداد السيلان بزيادة كمية العجينة الاسمنتية في الخلطة
 - نسبة الماء إلى الاسمنت كلما زادت يزداد تشوه السيلان
 - الحرارة : يزداد السيلان بزيادة السيلان
 - تأثير السماكة النظرية :

$$e_m = \frac{\text{مساحة المقطع}}{\text{نصف المحيط المعرض}}$$

- نعومة الاسمنت حيث تزيد سرعة التصلب بزيادة نعومة الاسمنت
- فترة التحميل حيث يزداد السيلان في الأشهر الأولى و يكون متسارعاً ثم يتباطأ
- تشوهات التقلص في البيتون تعتمد على نفس العوامل السابقة
- مع ملاحظة أن تشوهات التقلص عند حساب الضياعات أقل أهمية من تشوهات السيلان و ذلك لأن التقلص سوف يحدث بقيمته العظمى قبل الشد (كون الشد لاحق) صفحة 105 من الكتاب .
- ومنه : بما أن المقطع مصمم و فترة التحميل موجودة فنحاول التحكم بالعناصر الأخرى كما يلي :
- بما أن الشد لاحق \Rightarrow عملية الشد يجب أن تتم بحيث يكون عمر البيتون مناسب بحيث لا تكون الضياعات الناجمة عن السيلان كبيرة .
- الحرارة \Rightarrow ألا تكون ظروف العمل في حرارة عالية .
- الرطوبة المحيطة \Rightarrow نحاول أن تكون ظروف العمل في بيئة الرطوبة فيها جيدة بحيث لا تسبب فقدان الماء الحر من الخلطة البيتونية .
- قبل التصلب \Rightarrow مراعاة نسبة الماء إلى الاسمنت بحيث تقلل ضياعات السيلان قدر الإمكان
- أما السماكة النظرية فإنه لا يمكن التحكم بها لذلك لا تدخل ضمن دائرة التحكم بالضياعات .

حساب الضياعات في المقطع الحرج	
أولاً: الضياعات المباشرة	
-1	
الضياع الناتج عن التشوه المرن للبيتون:	
$\Delta\sigma_e = \frac{1}{2} \sigma_{p0} \left[n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right) \right]$	
$\Delta\sigma_e =$	59.01593 Mpa
الضياع الناتج عن الاحتكاك:	
$\mu(\Sigma\alpha + kx) > 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} [-e^{-\mu(\Sigma\alpha + kx)} + 1]$	
$\mu(\Sigma\alpha + kx) \leq 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} \mu(\Sigma\alpha + kx)$	
$\Sigma\alpha =$	0.063333
$\Delta\sigma_f =$	41.53008 Mpa
الضياع الناتج عن تشوه وسائط التثبيت:	
$\Delta\sigma_a = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \varepsilon_s E_s$	
$\Delta\sigma_a =$	13.33333 Mpa
فتكون الضياعات المباشرة	
اصغر من الضياعات المقروضة	
$\Delta\sigma_{p1} =$	113.8793 Mpa
$\Delta\sigma_{p1} =$	7.65% σ_{p0}

ثانياً : الضياعات الغير المباشرة	
الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ:	
$\Delta\sigma_r = \sigma_r$	-1
$\Delta\sigma_r = 70$ Mpa	
الضياع الناتج عن التقلص في البيتون:	
$\Delta\sigma_s = E_s \varepsilon_{cs}$	-2
$e_m = 317.3913$ mm	
$\beta = 0.3$	
$\Delta\sigma_s = 60$ Mpa	
الضياعات الناتجة عن سيلان البيتون:	
$\Delta\sigma_{cr} = n \varphi_t f_{ct} \left[1 - \frac{n \varphi_t f_{ct}}{2 \sigma_{p_i}} \right]$	-3
$f_{ct} = \frac{p_i}{A_c} + \frac{p_i e_s^2}{I} - \frac{M_d e_s}{I}$	
$\sigma_{p_i} = 1374.121$	
$p_i = 4617.045$ kn	$f_{ct} = 11.2291$
$M_d = 1737.91$ kn.m	
$\varphi_t = k_c k_d k_b k_e k_\varepsilon$	
$k_c = 2.85$	
$k_d = 1$	
$k_b = 1.2$	
$k_e = 0.744783$	$\varphi_t = 2.54716$
$k_\varepsilon = 1$	
$\Delta\sigma_{cr} = 167.1367$ Mpa	
ف تكون الضياعات الغير مباشرة	
$\Delta\sigma_{p_2} = 297.1367$ Mpa	
$\Delta\sigma_{p_2} = 19.97\%$ σ_{p_0}	اصغر من الضياعات المفروضة
$\Delta\sigma_p = 27.62\%$ σ_{p_0}	

حساب الضياعات	
أولاً: الضياعات المباشرة	
-1	
الضياع الناتج عن التشوه المرن للبيتون :	
$\Delta\sigma_e = \frac{1}{2} \sigma_{p0} \left[n \mu_{sp} \left(1 + \frac{e_s^2}{k^2} \right) \right]$	
$\Delta\sigma_e =$	60.29092801 Mpa
الضياع الناتج عن الاحتكاك :	
$\mu(\Sigma\alpha + kx) > 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} [-e^{-\mu(\Sigma\alpha + kx)} + 1]$	
$\mu(\Sigma\alpha + kx) \leq 0.2 \Rightarrow \Delta\sigma_f = \sigma_{p0} \mu(\Sigma\alpha + kx)$	
$\Sigma\alpha =$	0.063333333
$\Delta\sigma_f =$	50.3688 Mpa
الضياع الناتج عن تشوه وسائط التثبيت:	
-3	
$\Delta\sigma_a = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_s = \epsilon_s E_s$	
$\Delta\sigma_a =$	13.33333333 Mpa
فتكون الضياعات المباشرة	
$\Delta\sigma_{p1} =$	123.9930613 Mpa
$\Delta\sigma_{p1} =$	8.33% σ_{p0}
أصغر من الضياعات المفروضة	

ثانياً : الضياعات الغير المباشرة

الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ:		-1
$\Delta\sigma_r = \sigma_r$		
$\Delta\sigma_r =$	70 Mpa	
الضياع الناتج عن التقلص في البتون:		-2
$\Delta\sigma_s = E_s \epsilon_{cs}$		
$e_m =$	326.9230769 mm	
$\beta =$	0.3	
$\Delta\sigma_s =$	60 Mpa	
الضياعات الناتجة عن سيلان البتون:		-3
$\Delta\sigma_{cr} = n \varphi_t f_{ci} \left[1 - \frac{n \varphi_t f_{ci}}{2 \sigma_{p_i}} \right]$		
$f_{ci} = \frac{p_i}{A_c} + \frac{p_i e_s^2}{I} - \frac{M_d e_s}{I}$		
$\sigma_{p_i} =$	1364.006939	$f_{ci} = 11.53$
$p_i =$	4583.063314 kn	
$M_d =$	2068.95 kn.m	
$\varphi_t = k_c k_d k_b k_e k_t$		$\varphi_t = 2.537$
$k_c =$	2.85	
$k_d =$	1	
$k_b =$	1.2	
$k_e =$	0.741923077	
$k_t =$	1	
$\Delta\sigma_{cr} =$	170.5818472 Mpa	
ف تكون الضياعات الغير مباشرة		
$\Delta\sigma_{p_2} =$	300.5818472 Mpa	أكثر من الضياعات المفروضة
$\Delta\sigma_{p_2} =$	20.20% σ_{p_0}	
$\Delta\sigma_p =$	28.53% σ_{p_0}	

❖ الطلب العاشر : حساب التسليح الإضافي عند مماسك الكابلات .

في طريقة الشد اللاحق يتم نقل القوة من الحديد إلى البيتون عن طريق الضغط المباشر مما يسبب في العنصر البيتوني منحنيات تنتشر ابتداءً من رأس الممسك و حتى عمق معين تصبح فيه الاجهادات ثابتة ومنتظمة .

إن التغير في انحناء مسار الاجهادات يخلق قوى مترافقة كبيرة تؤدي إلى شد البيتون و تشققه. تشبه هذه المنحنيات من خلال أثرها بجائز شبكي (قوى شد و قوى ضغط) .
و تحسب قوى الشد من العلاقة :

$$Z = \frac{nP_0}{4} \left(1 - \frac{nd_1}{D}\right)$$

d_1 : قطر الممسك

d : عرض المنطقة المضغوطة

و لمقاومة قوى الشد الناتجة نضع تسليح خاص لامتصاصها يمتد على مسافة ($d/2$) ، عادة بعد هذه المسافة تصبح الاجهادات كلها ضاغطة و يوزع هذا التسليح على الجهتين . مع العلم أن العلاقة الخاصة بحساب Z تطبق فراغياً أي بشكل أفقي و شاقولي .

حساب التسليح الإضافي			
حساب التسليح الإضافي الشاقولي			1
عدد الكابلات بالاتجاه الشاقولي	n	2	cables
ارتفاع الممسك	d1	810	mm
ارتفاع المقطع عند المسند	h	1250.00	mm
قوة الشد البدائية	p0	1249.92	KN
قوة الشد الشاقولية المطبقة على التسليح الإضافي الشاقولي	Zv	219.99	KN
	Ω	0.9	
إجهاد الخضوع للفلولاذ	fy	400	N/mm2
مساحة التسليح المطلوبة (بالطريقة الحدية)	AS	611.07	mm2
قطر قضيب التسليح	aS	18	mm
عدد القضبان اللازمة	nS	3	bar
مسافة التغطية من كل جهة	a	50	mm
يكون التسليح الإضافي الشاقولي	3	T	18
يكون التسليح الإضافي الشاقولي عند كل ممسك	2	T	18
حساب التسليح الإضافي الأفقي			2
عدد الكابلات بالاتجاه الأفقي	n	2	cables
عرض الممسك	d2	450	mm
عرض المقطع عند المسند	bf	600.00	mm
قوة الشد البدائية	p0	1249.92	KN
قوة الشد الأفقية المطبقة على التسليح الإضافي الأفقي	Zh	156.24	KN
	Ω	0.9	
إجهاد الخضوع للفلولاذ	fy	400	N/mm2
مساحة التسليح المطلوبة (بالطريقة الحدية)	AS	434.00	mm2
قطر قضيب التسليح	aS	18	mm
عدد القضبان اللازمة	nS	2	bar
مسافة التغطية من كل جهة	a	50	mm
يكون التسليح الإضافي الأفقي	2	T	18
يكون التسليح الإضافي الأفقي عند كل ممسك	1	T	18

❖ الطلب الحادي عشر : حساب أطوال تمدد الكابلات بدقة .

يحسب التمدد الطولي للكابلات من العلاقة التالية : (ص 62 نوبة) :

$$\Delta L_{tot} = \Delta L_{sp,Nm} + \Delta L_{c,Nm} - \Delta L_{c,g}$$

$\Delta L_{sp,Nm}$: التمدد الطولي في الفولاذ و يحسب من العلاقة :

$$\Delta L_{sp,Nm} = \int_0^L \frac{N_m}{E_{sp} * A_{sp}} dx$$

حيث : L هو طول الكابل ، N_m تحسب كما يلي :

$$N_m = \frac{N_0 + N_i}{2}$$

N_i : قوة سبق الاجهاد بعد حذف الضياعات المباشرة و المحسوبة من الطلب التاسع .

$\Delta L_{c,Nm}$: الطول الناتج من انضغاط البيتون و يحسب من العلاقة :

$$\Delta L_{c,Nm} = \int_0^L \frac{N_m}{E_c * A_c} dx + \int_0^L \frac{M_{Nm} * Y_{c,sp}}{E_c * A_c} dx$$

حيث :

$$M_{Nm} = N_m * e$$

$$e = Y_{c,Bot} - a \text{ (التغطية)}$$

$\Delta L_{c,g}$: التمدد الطولي الناتج عن الوزن الذاتي للعنصر البيتوني و يحسب من العلاقة :

$$\Delta L_{c,g} = \int_0^L \frac{M_g * Y_{c,sp}}{E_c * A_c} dx$$

و يضاف إلى هذه القيم المحسوبة يتم إضافة قيم ثابتة ناتجة عن :

(1) انزلاق مخاريط اللفائف ضمن رؤوس الكابلات :

$$L_{si} = 2 \text{ mm}$$

(2) الطول الذي سيضاف للطول الكلي للكابل

$$\Delta L_e = 500 \text{ mm}$$

وبالتالي يكون الطول الكلي للتمدد :

$$\Delta L = \Delta L_{\text{tot}} + L_{\text{si}} + \Delta L_e$$

حساب التمدد الطولي للكبلات

1	عند المقطع الحرج		
KN/mm ²	Es	200	
[mm]	Lc	30020.02	
KN	No	4999.68	
KN	Ni	4617.05	
KN	Nm	4808.36	
KN/mm ²	Ec	32.00	
mm	L	30000	
m		0.6737	
m ²	Ac	0.73	
m ⁴	Ic	0.19	
mm ²	As	3360.00	
[KN.m]	M	2152.50	
[KN.m]	Mg1	1737.91	
mm	ΔL sp,Nm	214.80	
mm	ΔL c,pm	13.39	
mm	ΔL c,g	5.82	
mm	ΔL tot	222.37	
mm	Lsi	2.00	
mm	ΔLe	500.00	
mm	ΔL	724.37	

عند المقطع وسط المجاز			2
عامل مرونة الفولاذ مسبق الإجهاد	Es	200	KN/mm ²
الطول الكلي للكبل	Lc	30020.02	[mm]
قوة سبق الإجهاد	No	4999.68	KN
قوة سبق الإجهاد المتبقية بعد حذف الضياعات المباشرة	Ni	4583.06	KN
قوة سبق الإجهاد الوسطي	Nm	4791.37	KN
عامل مرونة البتون	Ec	32.00	KN/mm ²
طول العنصر البتوني	L	30000	mm
yc,sp		0.6737	m
مساحة المقطع البتوني	Ac	0.73	m ²
عزم العطالة للمقطع البتوني	Ic	0.19	m ⁴
مساحة التسليح المختار	As	3360.00	mm ²
العزم الناتج عن القوة Nm	M	2144.89	[KN.m]
العزم الناتج عن الوزن الذاتي	Mg1	1737.91	[KN.m]
التمدد الطولي في الحديد	ΔL sp,Nm	214.04	mm
الطول الناتج عن انضغاط البتون	ΔL c,pm	13.34	mm
تمدد الطول بسبب العزم الناتج عن الوزن الذاتي	ΔL c,g	5.82	mm
التمدد الطولي الكلي	ΔL tot	221.56	mm
التمدد الناتج عن ازلاق مخاريط الظفائر	Lsi	2.00	mm
الطول الذي سيضاف للطول الكلي للكبل	ΔLe	500.00	mm
التمدد الطولي للكبل	ΔL	723.56	mm

طريقة عمل البرنامج :

- البرنامج الذي طورناه يمتاز بسهولة التعامل معه من حيث إدخال المعطيات و قراءة النتائج و المخرجات .
- السهولة تكمن في أننا راعينا أن يقوم البرنامج بحساب كل شيء دون تدخل المستخدم على الإطلاق و قد بذلنا جهداً كبيراً في ذلك .
- و كل ما هو مطلوب من المستخدم للبرنامج المطور هو إدخال القيم في الخلايا ذات اللون الأصفر حيث تظهر دلالة كل خلية بجانبها بالإضافة إلى الواحدات المطلوبة .. هذا كل شيء
- ومن ثم يقوم البرنامج لوحده بحساب كل المعادلات و المصفوفات و عمليات الربط و التنسيق و التكميلات وغيرها من العمليات الحسابية المطلوب إجراؤها لاستخلاص النتائج .
- لقد تم تلوين صفحات البرنامج بألوان مميزة و كل صفحة لها رقم و اسم هو نفسه اسم الطلب في نص المشروع
- مع الانتباه إلى الأوراق أو الصفحات الغير مرقمة فهذه الصفحات هي فقط ليقوم البرنامج باستخدامها للقيام بالحسابات و ليقوم المستخدم بالاطلاع على بعض المعطيات الجاهزة والغير قابلة للتطبيق .

الطلب الأول

- باختيار الأبعاد الأولية لا يقوم البرنامج القديم بتعديل السماكة في المنطقة المتغيرة العطالة بشكل صحيح كما أنه لا يقوم بالحساب تلقائياً في حال تغيرت المعطيات

الطلب الثاني

- في حساب قوة الشد البدائية و النهائية فإن البرنامج الجديد مشابه تماماً للقديم لأن الحساب يتم باستخدام قوانين ثابتة و الاختلاف هو في حساب المساحة الوسطية للمقطع لأن البرنامج القديم لا يقوم بأخذ المقطع المتغير العطالة بعين الاعتبار وذلك عند حساب القوى و الحمولات المؤثرة

الطلب الثالث

- لا يوجد اختلاف في حساب عدد الكابلات و تحديد مسارها لأن الحل وفق قوانين ثابتة و الاختلاف الوحيد هو في النتائج بسبب اختلاف المعطيات

الطلب الرابع

- في تحديد مواصفات المقطع الحرج في البرنامج القديم يفترض أن المقطع الحرج هو السادس دون تغيير و لكن في برنامجنا تؤخذ الموصفات للمقطع الحرج حسب المقطع الحرج الذي ينتج لدينا من الجداول السابقة .
- عند حساب قوة سبق الإجهاد في البرنامج القديم تم حساب مجال للقوة سبق الإجهاد في كل المقاطع و لكن في برنامجنا حسبنا مجال قوة سبق الإجهاد فقط في المقطع الحرج.
- في البرنامج القديم تم تحقيق الإجهاد في المقطع الحرج و لكن في برنامجنا تحققنا من كل المقاطع.

الطلب الخامس

- عند حساب ارتفاع منطقة الضغط في مرحلة الانكسار في المشروع القديم تم افتراض أن محور المحاييد في الجناح ولكن في الحقيقة هو في الجسد و لكن في البرنامج الجديد تم تلافي هذه المشكلة.
- عند حساب ارتفاع منطقة الضغط الناتجة عن الحمولات المطبقة في البرنامج القديم تم افتراض أن المحور المحاييد في الجسد دائماً و لكن في بعض الحالات سيكون المحور المحاييد في الجناح و في البرنامج الجديد تم تلافي هذه المشكلة.
- في المقاطع التي لم تصل لسيلان يكون ارتفاع منطقة الضغط في مرحلة الانكسار خاطئ لأنه مبني على افتراض خاطئ أن المقطع واصل لسيلان لذلك لابد من إعادة حسابه و هذا ما لم يتم في البرنامج القديم و لكن في البرنامج الجديد تم تلافي هذه المشكلة.

الطلب السادس

- عند حساب d في البرنامج القديم أخذ $d < 0.8h$ ولكن الحقيقة $d > 0.8h$ وتم تلافي هذا الخطأ في المشروع القديم.
- عند حساب الاجهاد المسموح في المشروع القديم تم حسابها من العلاقة

$$\tau_{cu} = 0.16 \sqrt{f'_c} + \frac{d}{x} \frac{1 - 2x}{1 - x}$$

ولكن علاقة الصحيحة

$$\tau_{cu} = 0.16 \sqrt{f'_c} + 50 \frac{d}{x} \frac{1 - 2x}{1 - x}$$

- و الإجهاد ناتج واحده kg/cm^2 لابد من تقسيمه على 10 ليصبح n/mm^2 و في المشروع القديم لم يتم تقسيمه

الطلب السابع

- في المشروع القديم تم فرض مسافة تغطية جديدة لم نعرف لماذا؟؟
- في مرحلة الاستثمار تم أخذ مساحة المقطع الفعلية من العلاقة

$$A_{c,i} = A_{c,n} + nA_S$$

ولكن العلاقة الصحيحة

$$A_{c,i} = A_c + (n - 1)A_S$$

- و عند حساب Ici , yci,bot لم تدخل n بالحساب
- عند حساب الوزن الذاتي الجديد أخذ مساحة المقطع من المقطع (0) في جدول الخواص الهندسية الصافية في مرحلة الاستثمار (المحسوب فقط من أجل حساب الإجهاد) و ليس متوسط مساحات المقاطع في الجدول الخواص الهندسية
- في البرنامج القديم تم حساب قوة سبق أجهاد كبيرة و في البرنامج الجديد تم تحقق من الاجهادات في كل المقاطع في مرحلتي التنفيذ و الاستثمار على أساس الخواص الصافية
- و عند حساب قوة سبق الإجهاد في مرحلة التنفيذ أدخل الوزن الذاتي الناتج عن وزن المقطع مع غبنات محقونة.

الطلب التاسع

- في البرنامج القديم تم حساب بعض الضياعات في المقطع الحرج وبعضها في الوسطي أما في برنامجنا فتم تكرار حساب الضياعات في المقطعين الوسطي و الحرج
- عند حساب الضياعات الغير المباشرة تم أخذ عمر البيتون /7 يوم/ بدل /28 يوم/
- عند تحديد العوامل الداخلة في حساب الضياعات يتم في البرنامج القديم إدخالها يدوياً، أما في البرنامج الجديد فتتغير العوامل حسب المعطيات

الطلب الأول

المحاضرات	الكتاب
<p>1. تحديد أبعاد المقطع.</p> <p>- تحديد ارتفاع المقطع في المنتصف:</p> $h = \frac{L}{1S} \rightarrow \frac{1}{2S}$ <p>L: مجاز الجائز.</p> <p>* تحديد ارتفاع المقطع عند المسند وذلك بعد فرض قيمة أولية للارتفاع في وسط المجاز ومن خلال معرفة ميل السطح العلوي للجائز يتم تحديد هذا الارتفاع.</p> <p>* يتم فرض سماكة الجناح (t) قيمة أكبر أو تساوي (cm15).</p> <p>* يتم فرض عرض الجسد (b_w) قيمة أكبر أو تساوي (cm15).</p> <p>* يتم فرض عرض الجناح (bf).</p> <p>2- تحديد المقطع الحرج:</p> <p>لذلك يتم تقسيم الجائز إلى مقاطع بمسافة مناسبة بينها ويتم حساب الخواص الهندسية عند كل مقطع وهي:</p> $A_{ci}, y_{bi} = \frac{\sum y_i \cdot A_i}{\sum A_i}$ $y_{ii} = h_i - y_{bi} \cdot I_{ci}$ $w_{ti} = \frac{I_{ci}}{y_{ii}}, w_{bi} = \frac{I_{ci}}{y_{bi}}$ <p>نحسب العزم عند كل مقطع.</p> <p>باعتبار جائز بسيط معرض لحوامل موزعة بانتظام.</p> <p>نحدد الإجهادات الشادة من خلال العلاقة</p> $\sigma = + \frac{Mu}{W_{cb}}$ <p>و يكون المقطع الحرج هو المقطع الموافق لأكبر قيمة للإجهادات الشادة.</p> <p>3- حساب التسليح بشكل تقريبي:</p> <p>حيث يحسب من العلاقة التقريبية التالية باستخدام العزوم غير المصعدة.</p> $A_{sp} = \frac{M_{Total}}{Z * \sigma_{\infty}}$	<p>1. تحديد أبعاد المقطع.</p> <p>يستخدم الكتاب مقاطع جاهزة مأخوذة من كودات مختلفة. ص 115-ص 119.</p> <p>يتم حساب الوزن الذاتي و العزوم الناتجة عن الوزن الذاتي (MsD) والحمولات الحية (ML) وحمولات التغطية (MD).</p> <p>بعدها يتم التحقق من معاملات المقطع.</p> $St \geq \frac{(1-\gamma)MD + MsD + ML}{\gamma \cdot f_{ti} - f_c}$ $Sb \geq \frac{(1-\gamma)MD + MsD + ML}{f_t + \gamma f_{ci}}$ <p>$\gamma = \frac{P}{P_i}$ هو معامل الإجهاد المسبق المتبقي</p> <p>f_t هي إجهادات الشد المسموحة في الكيف السفلي في مرحلة الاستثمار $f_t = \sigma \sqrt{f_c}$</p> <p>f_c هي إجهادات الضغط المسموحة في الليف العلوي في مرحلة الاستثمار: $f_c = (0.45 - 0.6) f_c^1$</p> <p>f_{ci}^1 إجهاد الضغط الأعظمي المسموح بعد الانتقال وقبل حدوث الضياعات.</p> <p>f_{ti} إجهادات الشد المسموحة في الليف العلوي.</p> <p>في مرحلة التنفيذ $f_{ti} = 3 \sqrt{f_{ci}^1}$</p> <p>$f_{ci}$ إجهاد الضغط المسموحة في الليف السفلي.</p> <p>2- لم يتم تحديد المقطع الحرج.</p> <p>- حساب مساحة التسليح:</p> <p>* حساب الإجهادات بعد الضياعات $f_{pi} - f_{pe}$</p> <p>* حساب p1 من معادلات الإجهاد عند الانتقال:</p> $f' = \frac{-P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e_{ci}}{r^2} \right) - \frac{MD}{St} \leq f_{ti}$

* تحديد العدد المطلوب من الكابلات:

$$n = P_i / f_{pi} X a$$

$$A_{ps} = n * a$$

$$P_i = A_{ps} * f_{pi}$$

$$P_e = A_{ps} * f_{pe}$$

حيث: $Z = 0.8d$

(بعد مركز ثقل الكابلات عن الليف السفلي)

$$d = h - ((\text{تفرض}))$$

$$\sigma_{\infty} = \sigma_0 - \Delta\sigma_1 - \Delta\sigma_2$$

نفرض الضياعات المباشرة والغير مباشرة:

$$\Delta\sigma_1 = (8-12) \div \sigma_0$$

$$\Delta\sigma_2 = (12-8) \div \sigma_0$$

$$\sigma_0 = (0.8-0.2) Fpk$$

نحدد عدد الضفائر:

$$n = \frac{A_{sp}}{\text{مساحة الضفي رة}}$$

حيث مساحة الظفيرة تحدد بحسب النظام المستخدمة.

ثم نحدد عدد الكابلات وطريقة توزيعها حسب النظام المستخدم.

مقارنة وملاحظات:

هناك تقييد من حيث اختيار المقاطع بالنسبة للكتاب وهذا بسبب ترافق سبق الصنع مع سبق الإجهاد وهذا يستلزم تحديد أكثر للمقاطع وذلك حسب القوالب المتوافرة في المعمل.
* لم يتطرق الكتاب لحساب المقطع الحرج وذلك لعدم أخذه حالة تغير العطالة بعين الاعتبار.
* هناك تشابه إلى حد ما في الحساب التقريبي للتسليح المسبق الإجهاد المطلوب.

الطلب الثاني

المحاضرات	الكتاب
<p>حساب قوة الشد البدائية والنهائية في الكابلات: يتم الحساب على المقطع الحرج المحدد سابقاً.</p> <p>تتم الدراسة على مرحلتين:</p> <p>* مرحلة التنفيذ:</p> <p>يتم من خلالها حساب قوة الشد البدائية (No) للليف العلوي المشدود.</p> $-\frac{N_o}{A_c} + \frac{N_o \times e}{w_t} - \frac{M_{g1}}{w_t} \leq \bar{\sigma}_t$ <p>الليف السفلي المضغوط:</p> $-\frac{N_o}{A_c} + \frac{N_o \times e}{w_t} - \frac{M_{g1}}{w_t} \leq \bar{\sigma}_t.$ <p>* مرحلة الاستثمار:</p> <p>ومن خلالها يتم حساب قوة الشد النهائية للليف العلوي المضغوط:</p> $-\frac{N_{\infty}}{A_c} + \frac{N_{\infty} \times e}{w_t} - \frac{M_g}{w_t} \leq -\bar{\sigma}_w.$ <p>الليف السفلي المشدود:</p> $-\frac{N_{\infty}}{A_c} + \frac{N_{\infty} \times e}{w_t} - \frac{M_g}{w_t} \leq -\bar{\sigma}_w.$ <p>يتم تحديد النسبة $\partial = \frac{N_o}{N_{\infty}}$</p> <p>بعد تحديد نسبة الضياعات.</p> <p>منه نحصل على مجال لـ N_{∞} ونختار منه القيمة الدنيا.</p> <p>* حيث:</p> $\bar{\sigma}_t = 0.8\sqrt{f'_c}$ $\bar{\sigma}'_t = 0.55f'_c$ $\bar{\sigma}'_w = 0.4f'_c$ $\bar{\sigma}_w = 0.6\sqrt{f'_c}$ <p>ومنه نحسب التسليح بطريقة دقيقة.</p>	<p>ص 100</p> <p>يتم حسابها من المعادلات التالية على اعتبار ثلاث مراحل:</p> <p>الإجهاد عند الانتقال:</p> $f'_t = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e_{ci}}{r^2}\right) - \frac{MD}{St} \leq f_{ti}$ $f'_b = -\frac{P_i}{A_c} \left(1 - \frac{e_{cb}}{r^2}\right) + \frac{MD}{Sb} \leq f_{ci}$ <p>الإجهادات بعد الضياعات:</p> $f'_t = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e_{ci}}{r^2}\right) - \frac{MD}{St} \leq f_t$ $f'_b = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e_{cb}}{r^2}\right) + \frac{MD}{Sb} \leq f_c$ <p>الإجهادات في مرحلة الاستثمار:</p> $f'_t = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e_{ci}}{r^2}\right) - \frac{MT}{St} \leq f_c$ $f'_b = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e_{cb}}{r^2}\right) + \frac{MT}{Sb} \leq f_t$ <p>بسبب الازدياد في تشوه الفولاذ نتيجة ازدياد الحمولة يكون التغير في إجهاد البيتون نتيجة تخفيف الضغط هو:</p> $f_{decomp} = \frac{P_e}{A_c} \left(1 - \frac{e^2}{r^2}\right)$ $A_{sp} = \frac{N_{\infty}}{\sigma_{\infty}} \rightarrow n = \frac{A_{sp}}{A}$ <p>وفي حال اختلاف مساحة التسليح يتم تعديلها وإعادة الحساب على أساس القيمة الجديدة.</p>

مقارنة وملاحظات:

نلاحظ زيادة عدد مراحل الدراسة بالنسبة للكتاب مع ملاحظة إمكانية إهمال المرحلة الأولى لصغرها وهذا ما تم من خلال علاقات المحاضرات.

الكتاب	المحاضرات
<p>ص128-136: تحديد مسار الكابلات: أصغر ذراع للكابلات تعطى بـ: $a_{\min} = \frac{MD}{P_i}$ وبالتالي تكون حدود اللامركزية السفلى هي: $e_b = a_{\min} + k_b$ حيث: $k_b = \frac{r^2}{c_i}$ أكبر ذراع للكابلات تعطى بـ: $a_{\max} = \frac{MT}{P_e}$ وبالتالي تكون حدود اللامركزية العليا: $e_t = (a_{\max} - k_t)$</p>	<p>تحديد مسار الكابلات. هناك طريقتين: 1- الطريقة التخطيطية: حيث أن مسار الكابلات هو قطع مكافئ معادلته $y = ax^2$ ولتحديد a نفرض أن الكبر يمر من مركز المقطع عند المسند وأن سماكة التغطية هي 15 cm في المنتصف. 2- الطريقة التحليلية: e_{\max}, e_{\min} $e_{\max} \leq \frac{\bar{\sigma}_t \cdot w_t}{P_i} + \frac{w_t}{A_c} - \frac{Mg}{P_i}$ $e_{\max} \leq -\frac{\bar{\sigma}_t \cdot w_t}{P_i} - \frac{w_b}{A_c} + \frac{Mg}{P_i}$ $e_{\min} \geq -\frac{\bar{\sigma}_w}{P_{\infty}} - \frac{w_b}{A_c} + \frac{Mt}{P_{\infty}}$ $e_{\min} \geq \frac{\bar{\sigma}_w}{P_{\infty}} - \frac{w_t}{A_c} - \frac{Mq}{P_{\infty}}$</p>

مقارنة وملاحظات:

نلاحظ أن الكتاب اعتمد على طريقة تحليلية دون التطرق إلى طرق تقريبية أخرى وهذا يؤدي إلى إعطاء مجال لإمرار الكابلات ضمنها بشكل دقيق ودون الحاجة إلى إعادة التحقق من الإجهادات الناعمية على طول الجانز.

الطلب الرابع

المحاضرات	الكتاب
<p>التحقق من الإجهادات الناعمية من خلال العلاقات التالية:</p> $\sigma_c = -\frac{P_i}{A_c} \left(P_i \cdot \frac{e_c}{w_i} \right) - \frac{M_q}{w_i} \leq \overline{\sigma'_i}$ $\sigma'_c = -\frac{P_i}{A_c} \left(P_i \cdot \frac{e_c}{w_b} \right) - \frac{M_q}{w_c} \geq \overline{\sigma'_i}$ $\sigma'_c = -\frac{P_\infty}{A_c} \left(P_\infty \cdot \frac{e_c}{w_b} \right) - \frac{M_q}{w_b} \leq \overline{\sigma'_w}$ $\sigma_c = -\frac{P_\infty}{A_c} \left(P_\infty \cdot \frac{e_c}{w_i} \right) - \frac{M_q}{w_i} \geq \overline{\sigma'_w}$	<p>ليس هناك حاجة لهذا التحقق بحسب طريقة الكتاب.</p>

الطلب الخامس

المحاضرات	الكتاب
<p>التحقق من العزم في مرحلة الانكسار:</p> <p>بفرض أن الحديد واصل لحد السيارات و إجهادات الضغط في البيتون $0.85f'_c$ من علاقة التوازن الأولى:</p> $T = C$ $A_{sp}f_{ph} = 0.85f'_cA'_c$ <p>بفرض المحور المحايد في الجناح:</p> $A'_c = bfy$ <p>وإذا وجدنا أن الفرض خاطئ نعيد الحساب من العلاقة:</p> $A_{sp}f_{ph} = 0.85f'_c(b_f t_f + b_w(y - t_f))$ <p>* نحسب ارتفاع منطقة الضغط من تأثير الحمولات المطبقة من العلاقة التوازنية الثابتة بفرض المحور المحايد في الجناح نجد:</p> $M_{ua} = 0.85 \cdot 0.9 f'_c y b_f \left(\delta - \frac{y}{2} \right)$ <p>ثم نتحقق من $t_f > y$ وإذا كان الفرض خاطئ نعيد الحل من العلاقة:</p>	<p>ص179:</p> <p>إضافة لما ورد بطريقة المحاضرات نوجد الإجهادات الشادة في البيتون:</p> $f_b = -\frac{P_e}{A_c} \left(1 + \frac{e_{cb}}{r^2} \right) + \frac{M_{cr}}{sb} = f_r$ $f_r = 7.5 \sqrt{f'_c}$ <p>M_{cr} هو العزم المقاوم عند حصول أول تشقق في البيتون ومن العلاقة السابقة:</p> $M_{cr} = f_r S_b + p_c \left(e + \frac{r^2}{cb} \right)$ <p>ويكون العزم محقق عند عدم تجاوز هذه القيمة.</p> $x = y / 0.85$ $\sum_{sy} = \frac{fbk}{E_s}$

$$M_{ua} = 0.85 \cdot 0.9 f'_c ((b_f - b_w) t_f (\partial - \frac{t_f}{2}) + b_w y (\partial - \frac{y}{2}))$$

* نتحقق من أن التسليح وصل للسيلان وذلك بتحقيق العلاقة:

$$\sum s_u > \sum s_y$$

$$\sum s_u = \sum s_p + \sum s_a$$

$$\sum s_p = \frac{\sigma_\infty}{E_{sp}} \quad \text{حيث:}$$

$$\sum s_a = 0.003 (\frac{d-x}{x})$$

X: هي ارتفاع منطقة الضغط في مرحلة الانهيار.

* في المقاطع التي لم تصل لحد السيلا نعيد حساب σ_y العلاقة بفرض أن المحور السليم يمر من الجناح:

$$A_{sp} E_s (\frac{\sigma_\infty}{E_{sp}} + 0.003 \times \frac{d - (y/0.85)}{y/0.85}) = 0.005 f'_c b f_y$$

إذا كان الغرض غير محقق نعيد حساب y من العلاقة:

$$= 0.85 f'_c (b_f - b_w) t_f (\partial - \frac{t_f}{2}) + b_w y (\partial - \frac{y}{2})$$

مكتوبة خطأ في المشروع.

والعزم المقاوم يحسب من العلاقة:

$$M_{ur} = 0.85 + 0.9 f'_c ((b_f - b_w) t_f$$

$$(\partial - \frac{t_f}{2}) + b_w y (\partial - \frac{y}{2}))$$

مقارنة وملاحظات:

يمكن اعتبار طريقة الكتاب أكثر محافظة ولناحية الأمان على اعتبار الحساسية الكبيرة لل فولاذ مسبق الإجهاد تجاه الصدا ولكن الكتاب لم يأخذ بعين الاعتبار المقطع الحرج.

الطلب السادس

المحاضرات	الكتاب
<p>التحقق من القص في مرحلة الانكسار: * نقوم بحساب إجهادات القص.</p> $\tau_u = \frac{Q_u}{db_w \Omega}$ <p>Qn: هي قوة القص المصعدة وبشرط</p> $\partial \geq 0.8h$ <p>نحسب الإجهادات المسموحة في البيتون من العلاقة:</p> $\tau_{cu} = 0.16\sqrt{f'_c} + So \frac{\partial}{x} \frac{1-2x}{1-x}$ <p>وبشرط: $\frac{d}{x} \frac{1-2x}{1-x} \leq 1$</p> <p>X: بعد المقطع المدروس عن المسند.</p> <p>L: طول الجائز.</p> <p>حيث:</p> $0.55\sqrt{f'_c} \leq \tau_{cu} \leq 1.25\sqrt{f'_c}$ <p>ونميز ثلاث حالات:</p> $\tau_u \tau_{cu} > 2\sqrt{f'_c}$ <p>يجب تكبير أبعاد المقطع:</p> $\tau_u \leq \tau_{cu}$ <p>نستخدم تسليح قص إنشائي:</p> $\frac{nast}{bws} = \frac{0.35}{fy}$ $\tau_u \geq \tau_{cu}$ <p>نستخدم تسليح قص حسابي:</p> $\frac{nast}{b_w s} = \frac{\tau_u - \tau_{cu}}{fy}$	<p>ص216: يتم حساب الخطوات التالية:</p> <p>1- تحديد المقاومة الاسمية لقوة القص من خلال العلاقة:</p> $V_n = \frac{V_u}{\phi}$ <p>حيث Va محسوبة على بعد $\frac{\partial}{2}$ من وجه المسند</p> <p>و $\phi = 0.75$</p> <p>2- حساب المقاومة القص الاسمية للجسد V_c وذلك من خلال العلاقة بشرط: $f_{pc} > 0.4f_{pu}$</p> $V_c = 10.6\lambda\sqrt{f'_c} + \frac{700Vudp}{Mu})b_w d_p$ <p>وبشرط: $2\lambda\sqrt{f'_c}b_w d_p \leq V_c \leq 8\lambda\sqrt{f'_c}b_w d_p$</p> <p>وبشرط: $V_n d_p / M_u \leq 1$</p> <p>3- إذا كان $\frac{V_u}{\phi} \leq \frac{1}{2}V_c$ ليس هناك حاجة لتسليح القص.</p> <p>* إذا كان $\frac{1}{2}V_c < \frac{V_u}{\phi} < V_c$</p> <p>نضع تسليح قص إنشائي.</p> <p>* إذا كان $\frac{V_u}{\phi} > V_c$ وبشرط</p> $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c > 8\lambda\sqrt{f'_c}b_w d_p$ <p>نحتاج تسليح إنشائي.</p> <p>وفي حال $V_s = \frac{V_u}{\phi} - V_c > 8\lambda\sqrt{f'_c}b_w d_p$</p> $V_u > \phi(V_c + 8\lambda\sqrt{f'_c}b_w d_p)$ <p>أو يجب تغيير المقطع</p>

4- حساب التسليح الإنشائي بغرض التباعد:

$$s = \min \text{ of } (0.75h \text{ or } 24in)$$

$$A_v = \max \text{ of } (0.75\sqrt{f'_c} \frac{bws}{f_y} \text{ or } \frac{sobwsS}{f_y})$$

وفي حال: $f_{pe} \geq 0.4f_{pu}$

$$v = \min \text{ of } (\frac{Apsf_{pus}}{80f_y d_p} \sqrt{\frac{d_p}{bw}} \text{ or } \frac{sobws}{f_y} \text{ or } 0.75\sqrt{f'_c} \frac{bws}{f_y})$$

5- حساب التسليح الحسابي في حال كون:

$$V_s = (\frac{V_u}{\phi} - V_c) \leq 4\lambda\sqrt{f'_c}bw d_p$$

عندها تؤخذ S كما هي من الطلب 6:
أما إذا كان:

$$V_s > 4\lambda\sqrt{f'_c}bw d_p$$

فتأخذ قيمة S مقسمة على 2 من الطلب 6.

6- حساب التباعد S:

$$S = \frac{A_u f_y d_p}{\frac{U_n}{\phi} - U_c}$$

7- نقوم الرسوم يخلق القص للجائز وتحديد المناطق التي تحتاج لتسليح قص.