جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

الدراسات العليا – ماجستير انشائي



**مشروع البيتون مسبق الاجهاد**

**بإشراف**

الدكتور : عصام مالك

تقديم طلاب المجموعة الثالثة :

* محمد عمار حافظ .
* منير فرزلي .
* معن الأشرم .
* راغد الذيب .
* نور الدين عموري.

لدينا جائز مقرر بسيط الاستناد من البيتون المسلح المسبق الإجهاد 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 الناظمية 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 والاستثمار بموجب خواص المقطع الهندسية الدقيقة دون إجراء تعديلات على حساب المقطع.
8. حساب الضياعات الكلية وقوة سبق الإجهاد بدقة.
9. حساب التسليح اللازم الاضافي عند مماسك الكابلات باعتبار طريقة شد الكابلات هي طريقة الشد اللاحق.
10. حساب أطوال تمدد الكابلات بدقة باعتبار أن الطول الاضافي من وجه الجائز هو 50 سم.

المعطيات:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| [KN/m'] | | 7 | g | | الحمولة التغطية | | | |
| [KN/m'] | | 15 | p | | الحمولة الحية | | | |
| N/mm***2*** | | 1860 | f*pk* | | إجهادات الانقطاع في الفولاذ المسبق الإجهاد | | | |
| N/mm***2*** | | 35 | fc' | | المقاومة البيتونية المميزة الاسطوانية | | | |
| N/mm***2*** | | 1488 | σ*po* | | إجهاد الشد البدائي | | | |
| N/mm***2*** | | 149 | ∆*σ1 = 10%\*σp0* | | الضياعات المباشرة | | | |
| N/mm***3*** | | 298 | ∆*σ2 = 20%\*σp0* | | الضياعات غير المباشرة | | | |
| N/mm***2*** | | -18 | σ`*t* | | إجهادات الضغط المسموحة في مرحلة التنفيذ | | | |
| N/mm***2*** | | 4 | σ*t* | | إجهادات الشد المسموحة في مرحلة التنفيذ | | | |
| N/mm***2*** | | -16 | σ`*w* | | إجهادات الضغط المسموحة في مرحلة الاستثمار | | | |
| N/mm***2*** | | 2.5 | σ*w* | | إجهادات الشد المسموحة في مرحلة الاستثمار | | | |
| KN/mm***2*** | | 32 | Ec | | عامل مرونة البيتون | | | |
| KN/mm***2*** | | 200 | ES | | عامل مرونة الفولاذ المسبق الإجهاد | | | |
|  | | 0.3 | μ | | معامل الاحتكاك بين الكابلات والغينات | | | |
|  | | 0 | K= | | معامل الاستقامة | | | |
| KN/mm***2*** | | 70 | ∆*σr* | | ضياعات الارتخاء | | | |
| [mm] | | 2 | ∆*L* | | تشوه المساند | | | |
|  | | ∞ | t= | | زمن الدراسة | | | |
| Kg/m3 | | 400 |  | | ماركة الاسمنت | | | |
|  | | 0.5 | w/c | | نسبة الماء للاسمنت | | | |
|  | | جاف |  | | نوع الجو | | | |
| day | | 28 |  | | عمر البيتون عند تحميل | | | |
|  |  | 7 |  |  | عمر البيتون عند الشد | | | |
|  | | ∞ |  | | فترة التحميل | | | |
| kg/m | | 1.102 | weight | | وزن الظفيرة | | | |
|  |  | 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، وعمر البيتون عند الشد اعتباراً من 7 أيام، والتحميل بعد 28 يوم.

الحل:

1. فرض أبعاد المقطع وحساب خواصه الهندسية:

حيث يمكن تحديد ارتفاع المقطع في وسط المجاز كقيمة أولية كنسبة من طول المجاز وبالتالي يمكن تحديد ارتفاع المقطع عند المسند بدلالة الميل.

سنختار قيمة 200 cm.

يتم فرض سماكة الجناح كقيمة أولية أكبر أو تساوي 15Cm ومن ثم يتم التحقق منها على العزم في مرحلة الانكسار وسنفرضها:

ويتم فرض سماكة الجسد كقيمة أولية أكبر أو تساوي 15Cm ومن ثم يتم التحقق منها على القص في مرحلة الانكسار وسنفرضها:

وسنفرض عرض الجناح:

الجدول التالي يوضح المواصفات الهندسية لجميع المقاطع على طول الجائز (للمقطع الخرساني):

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| المقطع | x | h | tf | bw | bf | Ac | yct | ycb | Ic | wct | wcb |
| 0 | 0.00 | 2.00 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.85 | 0.95 | 1.05 | 0.30 | 0.32 | 0.29 |
| 1 | 1.00 | 1.95 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.83 | 0.92 | 1.03 | 0.28 | 0.30 | 0.27 |
| 2 | 2.00 | 1.90 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.81 | 0.90 | 1.00 | 0.26 | 0.29 | 0.26 |
| 3 | 3.00 | 1.85 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.79 | 0.87 | 0.98 | 0.24 | 0.28 | 0.25 |
| 4 | 4.00 | 1.80 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.77 | 0.85 | 0.95 | 0.22 | 0.26 | 0.23 |
| 5 | 5.00 | 1.75 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.75 | 0.83 | 0.93 | 0.21 | 0.25 | 0.22 |
| 6 | 6.00 | 1.70 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.73 | 0.80 | 0.90 | 0.19 | 0.24 | 0.21 |
| 7 | 7.00 | 1.65 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.71 | 0.78 | 0.87 | 0.17 | 0.22 | 0.20 |
| 8 | 8.00 | 1.60 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.69 | 0.75 | 0.85 | 0.16 | 0.21 | 0.19 |
| 9 | 9.00 | 1.55 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.67 | 0.73 | 0.82 | 0.14 | 0.20 | 0.17 |
| 10 | 10.00 | 1.50 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.65 | 0.70 | 0.80 | 0.13 | 0.19 | 0.16 |
| 11 | 11.00 | 1.45 | 0.25 | 0.40 | 0.60 | 0.63 | 0.68 | 0.77 | 0.12 | 0.17 | 0.15 |
| 12 | 12.00 | 1.40 | 0.25 | 0.44 | 0.60 | 0.66 | 0.67 | 0.73 | 0.11 | 0.17 | 0.15 |
| 13 | 13.00 | 1.35 | 0.25 | 0.51 | 0.60 | 0.72 | 0.66 | 0.69 | 0.11 | 0.17 | 0.16 |
| 14 | 14.00 | 1.30 | 0.25 | 0.59 | 0.60 | 0.77 | 0.65 | 0.65 | 0.11 | 0.17 | 0.17 |
| 15 | 15.00 | 1.25 | 0.25 | 0.60 | 0.60 | 0.75 | 0.63 | 0.63 | 0.10 | 0.16 | 0.16 |

توضيح طريقة حساب خواص المقطع الحرج يدويا بشكل مفصل:

الجدول التالي يوضح مقارنة مواصفات المقطع المحسوبة يدويا ومواصفاته المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | h | Ac | yct | ycb | Ic | wct | wcb |
| الحساب اليدوي | 1.7 | 0.73 | 0.800 | 0.899 | 0.188 | 0.236 | 0.210 |
| البرنامج المطور | 1.7 | 0.73 | 0.800 | 0.900 | 0.189 | 0.236 | 0.210 |

نلاحظ تطابق كل من مواصفات المقطع المحسوبة يدويا ومواصفاته المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

1. سيرد لاحقاً:اب المقطعحساب قوة الشد البدائية والنهائية في الكابلات:

لحساب قوة الشد الأولية والنهائية نتبع المراحل التالية:

تحديد الحمولات:

الوزن الذاتي للجائز وتحسب بضرب المساحة الوسطية للجائز متغير العطالة بالوزن الحجمي للبيتون:

حمولة الوزن الذاتي:

حمولة التغطية:

حمولة حية:

ومنه تكون الحمولة الاستثمارية الكلية:

والحمولة الحدية الكلية:

نقوم بحساب العزوم والاجهادات الناظيمة في كل مقطع وتحديد المقطع الحرج كما هو مبين في الجدول التالي:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| المقطع | الذراع | Mgd1 | Mgd2 | Ml | Mq | Mqu | σ |
| 0 | 15 | 2068.95 | 787.50 | 1687.50 | 4543.95 | 7322.17 | 25413.04 |
| 1 | 14 | 2059.75 | 784.00 | 1680.00 | 4523.75 | 7289.63 | 26586.36 |
| 2 | 13 | 2032.16 | 773.50 | 1657.50 | 4463.16 | 7192.00 | 27599.63 |
| 3 | 12 | 1986.19 | 756.00 | 1620.00 | 4362.19 | 7029.28 | 28422.31 |
| 4 | 11 | 1921.82 | 731.50 | 1567.50 | 4220.82 | 6801.48 | 29018.45 |
| 5 | 10 | 1839.06 | 700.00 | 1500.00 | 4039.06 | 6508.59 | 29345.68 |
| 6 | 9 | 1737.91 | 661.50 | 1417.50 | 3816.91 | 6150.62 | 29353.90 |
| 7 | 8 | 1618.38 | 616.00 | 1320.00 | 3554.38 | 5727.56 | 28983.67 |
| 8 | 7 | 1480.45 | 563.50 | 1207.50 | 3251.45 | 5239.42 | 28164.21 |
| 9 | 6 | 1324.13 | 504.00 | 1080.00 | 2908.13 | 4686.19 | 26810.90 |
| 10 | 5 | 1149.41 | 437.50 | 937.50 | 2524.41 | 4067.87 | 24822.18 |
| 11 | 4 | 956.31 | 364.00 | 780.00 | 2100.31 | 3384.47 | 22075.52 |
| 12 | 3 | 744.82 | 283.50 | 607.50 | 1635.82 | 2635.98 | 17024.98 |
| 13 | 2 | 514.94 | 196.00 | 420.00 | 1130.94 | 1822.41 | 11266.86 |
| 14 | 1 | 266.66 | 101.50 | 217.50 | 585.66 | 943.75 | 5689.10 |
| 15 | 0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

نلاحظ أن المقطع الحرج هو المقطع 6.

توضيح طريقة حساب العزم والاجهاد الناظمي في المقطع الحرج بشكل مفصل:

رد الفعل الناتج عن حمولة الوزن الذاتي:

عزم الانعطاف الناتج عن الوزن الذاتي:

رد الفعل الناتج عن حمولة التغطية:

عزم الانعطاف الناتج عن حمولة التغطية:

رد الفعل الناتج عن الحمولة الحية:

عزم الانعطاف الناتج عن الحمولة الحية:

ومنه يكون عزم الانعطاف الاستثماري الكلي:

ومنه يكون عزم الانعطاف الحدي الكلي:

الاجهاد الناظمي الاعظمي في المقطع الحرج:

الجدول التالي يوضح مقارنة بين العزوم والاجهادات المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Mgd1 | Mgd2 | Mql | Mq | Mqu | σ |
| الحساب اليدوي | 1737.99 | 661.54 | 1417.50 | 3817.03 | 6150.80 | 29356.04 |
| البرنامج المطور | 1737.91 | 661.50 | 1417.50 | 3816.91 | 6150.62 | 29353.90 |

نلاحظ تقارب كبير بين العزوم والاجهادات المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

إيجاد قوة الشد البدائية والنهائية في الكابلات في المقطع الحرج وبفرض أن معادلة منحني الكابل هي قطع ناقص تعطى بالشكل:

*وبفرض مسافة التغظية في منتصف الجائز مساوية الى* 15 cm*:*

للتصميم وهنا تتم الدراسة على مرحلتين:

مرحلة التنفيذ:

حيث يتم حساب قوة الشد البدائية من تحقيق الإجهادات في مرحلة التنفيذ وفق العلاقات التالية مع الأخذ بعين الاعتبار أن:

الليف العلوي مشدود:

الليف السفلي مضغوط:

مرحلة الاستثمار:

يتم حساب قوة الشد النهائية من تحقيق الإجهادات في مرحلة الاستثمار وفق العلاقات التالية:

الليف العلوي مضغوط:

الليف السفلي مشدود:

تعطينا العلاقات الأربعة السابقة 4 قيم لقيمة قوة الشد النهائية في الكابلات ونختار القيمة التي تحقق هذه المعادلات الأربع:

وسنأخذ قيمة الشد النهائية مساوية الى:

ومنه تكون قوة الشد البدائية:

نحسب قيمة التسليح مسبق الاجهاد:

1. اختيار عدد الكابلات اللازم وتحديد مسارها:

نحسب عدد ظفائر تسليح مسبق الاجهاد:

نستخدم 4 كابلات كل منها تحوي 6 ظفائر.

نحسب مساحة التسليح الفعلي:

*نعيد حساب قوة* الشد النهائية*:*

*نتحقق من قوة الشد:*

*محقق:*

ومنه تكون قوة الشد البدائية:

الجدول التالي يوضح مقارنة بين قوى الشد البدائية والنهائية يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | N∞ | Ni |
| الحساب اليدوي | 3500.00 | 4500.00 |
| البرنامج المطور | 3499.78 | 4499.71 |

نلاحظ تقارب شديد بين قوى الشد البدائية والنهائية المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

تحديد مسار الكابل مسبق الاجهاد من خلال التعويض بالعلاقة:

حيث تعطي العلاقة السابقة بعد مركز الكابل عن أسفل ليف ضمن الجائز مسبق الاجهاد.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المقطع | X | Y |
| 0 | 0 | 0.15 |
| 1 | 1 | 0.15 |
| 2 | 2 | 0.16 |
| 3 | 3 | 0.17 |
| 4 | 4 | 0.18 |
| 5 | 5 | 0.20 |
| 6 | 6 | 0.23 |
| 7 | 7 | 0.25 |
| 8 | 8 | 0.29 |
| 9 | 9 | 0.32 |
| 10 | 10 | 0.36 |
| 11 | 11 | 0.41 |
| 12 | 12 | 0.45 |
| 13 | 13 | 0.51 |
| 14 | 14 | 0.56 |
| 15 | 15 | 0.63 |

1. التحقق من الإجهادات الناظمية:

بما اننا نتحقق من المقطع الحرج فقط فلا داعي لحساب الاجهادات الناظيمة لأنها محققة كوننا انطلقنا بالحساب من المقطع الحرج.

1. التحقق من العزم في مرحلة الانكسار للمقطع الحرج:

نحسب ارتفاع منطقة الضغط في مرحلة الانكسار بفرض أن الانهيار يتم على الشد والتسليح واصل إلى السيلان:

بفرض أن المحور المحايد مار بالجناح:

فالفرض خاطئ والمحور المحايد مار من الجسد:

حساب ارتفاع منطقة الضغط في المقطع الحرج بفرض أن المحور المحايد مار من الجسد:

فالفرض خاطئ والمحور المحايد مار من الجسد:

نتحقق من كون التسليح واصل الى السيلان:

نحسب تشوه فولاذ التسليح الناتج عن سبق الاجهاد

نحسب تشوه فولاذ التسليح الناتج عن تطبيق الحمولات:

نحسب تشوه فولاذ التسليح الكلي:

نحسب تشوه فولاذ التسليح عند السيلان:

نقارن التشوه الكلي مع تسوه السيلان:

التسليح واصل إلى السيلان والفرض صحيح.

الجدول التالي يوضح مقارنة بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Mqu | عمق منطقة الضغط | عمق منطقة الضغط المصحح | ε\_sp | ε\_sa | ε\_su | عمق منطقة الضغط في مرحلة الانكسار |
| الحساب اليدوي | 6150.80 | 287.85 | 310.47 | 0.0052 | 0.0063 | 0.0115 | 400.00 |
| البرنامج المطور | 6150.62 | 287.85 | 307.23 | 0.0052 | 0.0064 | 0.0116 | 400.18 |

نلاحظ تقارب كبير بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

1. التحقق من القص في مرحلة الانكسار عند المقطع الحرج:

قوة القص الناتجة عن الوزن الذاتي:

قوة القص الناتجة عن حمولة التغطية:

قوة القص الناتجة عن الحمولة الحية:

ومنه تكون قوة القص الاستثمارية الكلي:

ومنه تكون قوة القص الحدية الكلي:

حساب اجهاد القص في المقطع الحرج:

وذلك بشرط:

*والشرط محقق.*

نحسب الاجهادات المسموحة في البيتون:

ويجب أن تحقق الاجهادات المسموحة المتراجحة:

ومنه نجد:

*نستخدم تسليح قص انشائي في حال كون:*

*ويحسب التسليح من العلاقة:*

*نستخدم أسواره واحدة بقطر* 8mm *وبتباعد بين الأساور* 160mm.

الجدول التالي يوضح مقارنة بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Qu | tu | K | tcu | نوع التسليح |
| الحساب اليدوي | 390.54 | 0.78 | 0.0936 | 1.03 | نحتاج تسليح قص انشائي |
| البرنامج المطور | 390.52 | 0.78 | 0.0936 | 1.03 | نحتاج تسليح قص انشائي |

نلاحظ تقارب كبير بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

1. تحقيق مرحلة التنفيذ والاستثمار بموجب خواص المقطع الهندسية الدقيقة دون إجراء تعديلات على حساب المقطع:

خواص المقطع الحرج قبل الحقن:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المقطع | Ac | Ac,n |
| 0 | 0.85 | 0.83 |
| 1 | 0.83 | 0.81 |
| 2 | 0.81 | 0.79 |
| 3 | 0.79 | 0.77 |
| 4 | 0.77 | 0.75 |
| 5 | 0.75 | 0.73 |
| 6 | 0.73 | 0.71 |
| 7 | 0.71 | 0.69 |
| 8 | 0.69 | 0.67 |
| 9 | 0.67 | 0.65 |
| 10 | 0.65 | 0.63 |
| 11 | 0.63 | 0.61 |
| 12 | 0.66 | 0.64 |
| 13 | 0.72 | 0.70 |
| 14 | 0.77 | 0.75 |
| 15 | 0.75 | 0.73 |

نعيد حساب العزم الناتج عن الوزن الذاتي:

المساحة الوسطية للجائز متغير العطالة:

حمولة الوزن الذاتي:

رد الفعل الناتج عن حمولة الوزن الذاتي:

عزم الانعطاف الناتج عن الوزن الذاتي:

التحقق في مرحلة التنفيذ:

الليف العلوي مشدود:

الليف السفلي مضغوط:

الجدول التالي يوضح مقارنة بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A | Wct | Wcb | y cb | e | Mg1 | الاجهاد في الليف في الليف العلوي | الاجهاد في الليف في الليف السفلي |
| الحساب اليدوي | 0.7146 | 0.2308 | 0.1983 | 0.9142 | 0.6882 | 1701.47 | -0.2510 | -13.3340 |
| البرنامج المطور | 0.7146 | 0.2308 | 0.9142 | 0.9142 | 0.6882 | 1701.55 | -0.2526 | -7.8228 |

نلاحظ تقارب كبير بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

نلاحظ هنا وجود خطأ بالبرنامج المطور عند حساب الاجهادات وذلك في قيمة الحقل

خواص المقطع الحرج بعد الحقن:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| المقطع | Ac | Ac,l |
| 0 | 0.85 | 0.8676 |
| 1 | 0.83 | 0.8476 |
| 2 | 0.81 | 0.8276 |
| 3 | 0.79 | 0.8076 |
| 4 | 0.77 | 0.7876 |
| 5 | 0.75 | 0.7676 |
| 6 | 0.73 | 0.7476 |
| 7 | 0.71 | 0.7276 |
| 8 | 0.69 | 0.7076 |
| 9 | 0.67 | 0.6876 |
| 10 | 0.65 | 0.6676 |
| 11 | 0.63 | 0.6476 |
| 12 | 0.66 | 0.6769 |
| 13 | 0.72 | 0.7334 |
| 14 | 0.77 | 0.7826 |
| 15 | 0.75 | 0.7676 |

نعيد حساب العزم الانعطاف الاستثماري الكلي:

المساحة الوسطية للجائز متغير العطالة للجزء الخرساني:

حمولة الوزن الذاتي:

رد الفعل الناتج عن حمولة الوزن الذاتي:

عزم الانعطاف الناتج عن الوزن الذاتي:

ومنه يكون عزم الانعطاف الاستثماري الكلي:

تحقيق مرحلة الاستثمار:

المساحة الوسطية للجائز متغير العطالة:

الليف العلوي مضغوط:

الليف السفلي مشدود:

الجدول التالي يوضح مقارنة بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور:

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | A | Wct | Wcb | y cb | e | Mg1 | الاجهاد في الليف في الليف العلوي | الاجهاد في الليف في الليف السفلي |
| الحساب اليدوي | 0.7476 | 0.2467 | 0.2278 | 0.8838 | 0.6578 |  | -10.9207 | 2.075 |
| البرنامج المطور | 0.7476 | 0.2405 | 0.2221 | 0.8838 | 0.6578 | 3841.90 | -11.0833 | 2.2507 |

نلاحظ تقارب كبير بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

1. حساب الضياعات الكلية وقوة سبق الإجهاد بدقة:

الضياعات المباشرة:

الضياع الناتج عن التشوه المرن للخرسانة باعتبار أن الشد لاحق:

الضياع الناتج عن تشوه وسائط التثبيت:

الضياع الناتج عن الاحتكاك:

وتكون قيمة الضياعات الكلية المباشرة:

وتكون نسبة الضياعات الكلية المباشرة:

ومنه الضياعات الكلية المباشرة أصغر من الضياعات المفروضة.

نلاحظ اختلاف بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور نتيجة وجود خطا في حساب الضياع الناتج عن الاحتكاك.

الضياعات غير المباشرة:

الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ:

الضياع الناتج عن تقلص البيتون:

الضياع الناتج عن السيلان:

الرطوبة النسبية 50% والجو جاف:

الاسمنت عادي والتحميل بعد 28 يوم:

عيار الاسمنت 400 ونسبة الماء للاسمنت 0.5:

السماكة النظرية 317.4:

فترة التحميل مدى الحياة:

وتكون قيمة الضياعات الكلية غير المباشرة:

وتكون نسبة الضياعات الكلية غير المباشرة:

ومنه الضياعات الكلية غير المباشرة مساوية للضياعات المفروضة.

نلاحظ تقارب كبير بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور.

حساب قوى سبق الاجهاد مع اخذ الضياعات بدقة:

مرحلة التنفيذ:

حيث يتم حساب قوة الشد البدائية من تحقيق الإجهادات في مرحلة التنفيذ وفق العلاقات التالية مع الأخذ بعين الاعتبار أن:

الليف العلوي مشدود:

الليف السفلي مضغوط:

مرحلة الاستثمار:

يتم حساب قوة الشد النهائية من تحقيق الإجهادات في مرحلة الاستثمار وفق العلاقات التالية:

الليف العلوي مضغوط:

الليف السفلي مشدود:

تعطينا العلاقات الأربعة السابقة 4 قيم لقيمة قوة الشد النهائية في الكابلات ونختار القيمة التي تحقق هذه المعادلات الأربع:

وسنأخذ قيمة الشد النهائية مساوية الى:

ومنه تكون قوة الشد البدائية:

نحسب قيمة التسليح مسبق الاجهاد:

اختيار عدد الكابلات اللازم وتحديد مسارها:

نحسب عدد ظفائر تسليح مسبق الاجهاد:

نستخدم 4 كابلات كل منها تحوي 6 ظفائر.

نحسب مساحة التسليح الفعلي:

*نعيد حساب قوة* الشد النهائية*:*

*نتحقق من قوة الشد:*

*محقق.*

ومنه تكون قوة الشد البدائية:

1. حساب التسليح اللازم الاضافي عند مماسك الكابلات باعتبار طريقة شد الكابلات هي طريقة الشد اللاحق:

*حساب التسليح الشاقولي الاضافي:*

ومنه يكون التسليح الشاقولي الاضافي عند كل ممسك:

*حساب التسليح الافقي الاضافي:*

ومنه يكون التسليح الافقي الاضافي عند كل ممسك:

1. حساب أطوال تمدد الكابلات بدقة باعتبار أن الطول الاضافي من وجه الجائز هو 50 سم:

سوف نقوم بحساب التمدد الطولي للكابل عند المقطع الحرج:

*التمدد الطولي في الفولاذ:*

*التمدد الطولي الناتج من انضغاط الخرسانة:*

*التمدد الطولي الناتج عن الوزن الذاتي للعنصر الخرساني:*

*التمدد الطولي الناتج عن* انزلاق مخاريط الظفائر ضمن رؤوس الكابلات:

*التمدد الطولي الناتج عن* الطول الذي سيضاف للطول الكلي للكابل:

وبالتالي يكون الطول الكلي للتمدد:

نلاحظ اختلاف بين القيم المحسوبة يدويا وتلك المحسوبة باستخدام البرنامج المطور بسبب وجود خطا بالبرنامج المطور بحساب الضياعات وخطأ بحساب *التمدد الطولي الناتج من انضغاط الخرسانة*.

*توصيف البرنامج:*

*يستفاد من البرنامج في دراسة الجوائز البسيطة مسبقة الاجهاد وحساب تسليحها المطلوب بشكل دقيق مع الاخذ بعين الاعتبار الضياعات المباشرة وغير المباشرة وبشكل دقيق مع إمكانية الحصول على المقطع الأمثلي والاقتصادي المطلوب.*

*طريقة استخدام البرنامج:*

1. *نقوم بإدخال المعطيات في الصفحة (0-المعطيات) وهي عبارة ع جميع المدخلات المطلوبة وهي تشمل (مواصفات المواد المستعملة – طول الجائز...).*
2. *نقوم بإدخال الابعاد البدائية للجائز المسبق الاجهاد في الصفحة (1-تحديد الأبعاد الأولية) ونلاحظ أنه في حال كانت الأبعاد المفروضة خارج المجالات المسموحة لها يصبح لون الرقم أحمر وعندها يجب تغيير الفرض والتقيد بالمجال المسموح له ويقوم البرنامج في هذه المرحلة بحساب مواصفات المقطع (مساحة – عزم عطالة...).*
3. *يقوم البرنامج في الصفحة (2-تحديد الحمولات) بحساب حمولة الوزن الذاتي اعتمادا على المدخلات ومن ثم حساب كل من الحمولة الحية والميتة المطبقة على الجائز مسبق الاجهاد في حالتي الاستثمار والحدية ومن ثم يتم حساب الاجهاد الاعظمي المطبق في لكل مقطع على طول الجائز وذلك بتباعد 1 متر بين المقاطع اعتماد على العزم المطبق فب كل مقطع ومواصفات هذا المقطع ومن ثم يحدد المقطع الحرج الذي يتعرض لأكبر اجهاد مع رسم منحني تغيري الاجهادات الناظمية على طول الجائز.*
4. *يقوم البرنامج في الصفحة (3-مسار الكابل) بحساب مسار الكابل تخطيطيا باعتبار ان مسار الكابل منحني قطع مكافئ يمر من مركز ثقل المقطع عند المسند مع رسم مسار الكابل على طول الجائز.*
5. *يقوم البرنامج في الصفحة (4-حساب قوة سبق الاجهاد) بحساب قوة سبق الاجهاد المطلوبة انطلاقا من الاجهادات المسموحة على كل من السد والضغط خلال مرحلتي التنفيذ والاستثمار اعتمادا على معدلات الاجهاد الأربعة مع اعتبار نسبة تقريبية للضياعات المباشرة وغير المباشرة حددت سابقا من خلال العطيات ومن ثم يقوم بحساب التسليح مسبق الاجهاد المطلوب ومن ثم يعد حساي قوة سبق الاجهاد اعتماد على قيمة التسليح المحسوبة.*
6. *يقوم البرنامج في الصفحة (4-تحقيق الاجهادات الناظمية) بالتحقق من الاجهادات الناظمية على طول الجائز وذلك بسبب حساب مسار الكابل بشكل تخطيطي.*
7. *يقوم البرنامج في الصفحة (5-تحقيق العزم في مرحلة الانكسار) بالتحقق من قدرة تحمل المقطع على العزم الحدي المطبق على طول الجائز من خلال حساب ارتفاع منطقة الضغط في كل مقطع مع الاخذ بعين الاعتبار إمكانية مررو المحور المحايد من الجناح او الجسد والتحقق من وصول فولاذ التسليح الى السيلان وإعادة حساب ارتفاع منطقة الضغط في حال عدم وصول فولاذ التسليح الى السيلان مع الاخذ بعين الاعتبار الاجهاد الفعلي في التسليح.*
8. *يقوم البرنامج في الصفحة (6-تحقيق القص في مرحلة انكسار) بالتحقق من قدرة تحمل المقطع على القص الحدي المطبق على طول الجائز من خلال حساب اجهاد القص المطبق في كل مقطع ومقارنته مع الاجهاد الاعظمي المسوح وتحديد نوع التسليح انشائي او حسابي وحساب هذا التسليح بعد تحديد تباعد الاساور.*
9. *يقوم البرنامج في الصفحات (7-الخواص الهندسية الصافية, 7-الحمولات الجديدة, 7-تحقيق الاجهادات في تنفيذ, 7-تحقيق الإجهادات في الاستثمار) بإعادة الحسابات مع الاخذ بعين الاعتبار المواصفات الفعلية للمقطع سواء قبل الحقن أو بعده خلال مرحلتي التنفيذ والاستثمار.*
10. *يقوم البرنامج في الصفحات (9-حساب الضياعات في مقطع الحرج, 9-حساب الضياعات في وسط المجاز) بحساب الضياعات الكلية الحاصلة في الفولاذ المشدود (ضياعات مباشرة: الضياع الناتج عن التشوه المرن للبيتون الضياع الناتج عن الاحتكاك الضياع الناتج عن تشوه وسائط التثبيت + ضياعات غير مباشرة: الضياع الناتج عن ارتخاء الفولاذ الضياع الناتج عن التقلص في البيتون الضياعات الناتجة عن سيلان البيتون) في كل من المقطع الحرج والمقطع وسط الجائز وبدقة.*
11. *يقوم البرنامج في الصفحة (10-التسليح الإضافي عند المماسك) بحساب التسليح الإضافي عند المماسك بكل من الاتجاهين الافقي والشاقولي.*
12. *يقوم البرنامج في الصفحة (11-حساب تمدد الكابلات) بحساب تمدد الكابلات عند كل من المقطع الحرج للجائز وعند المقطع في وسط المجاز للجائز المسبق الاجهاد.*