

دراسة التشققات في مقاطع البيتون المسلح باستخدام مبادئ المعلوماتية

الدكتور محمد درويش

قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية
جامعة دمشق

المخلص

يتناول البحث تصنيفاً معلوماتياً للتشققات في مقاطع البيتون المسلح استناداً إلى مبادئ المعلوماتية وبالتحديد علاقة شينون [6] في دراسة هذه التشققات ، واستنتاج مدى احتمال حدوث كل نوع من التشققات المدروسة في كل مرحلة من مراحل عمل المادة (المرحلة المرنة والمرحلة اللدنة). كما أنه تم تحديد عوامل الأمان لمقاومات البيتون على الضغط وعلى الشد حسب نوع التشقق المراد الحصول عليه وأبعاد المقطع العرضي . وهذا يعطي أفقاً جديدةً لإدخال علم المعلوماتية ضمن علوم الهندسة الإنشائية لتصميم مقاطع البيتون المسلح بتشكّل التشققات .

مقدمة :

مع تطور علم المعلوماتية كان لابد من استخدام هذا العلم ضمن علم البناء للحصول على مفاهيم هندسية أدق وتصاميم أكثر أماناً واقتصادية .

يتناول البحث دراسة المقاطع البيتونية المسلحة على التشقق ، أي أن أنواع التشققات الواردة أدناه تختلف عن أنواع التشققات الاستثمارية Types of Service Cracks المتعارف عليها في الصفحة 289 من الكود العربي السوري لتصميم وتنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة [1] . والجديد في البحث هو تحديد خارطة التشققات للعناصر الإنشائية البيتونية نتيجة لزيادة الأحمال ومدى تأثير هذه الخارطة في عوامل الأمان لتصميم مقاطع البيتون المسلح بتشكّل التشققات وذلك باستخدام علاقة شينون .

إن استخدام السلاسل المعلوماتية يقتضي أن نعرف كتلة البيتون المسلح ، وهي عبارة عن كتل غير

دراسة التشققات في مقاطع البيتون المسلح باستخدام مبادئ المعلوماتية

متجانسة مسامية واصطناعية . تحت تأثير الأحمال تظهر فيها تشققات صغيرة تزداد بزيادة هذه الأحمال حتى وصولها إلى تشققات كبيرة ، وهذا ما نراه بشكل واضح في مقاطع البيتون المسلح المعرضة إلى عزم انعطاف . من الممكن أن تخضع هذه التشققات إلى التصنيف التالي :

- النوع الأول : وهي تشققات صغيرة . ولنطلق التعريف P1
- P1 - هو احتمال ظهور التشققات الصغيرة .
- النوع الثاني : وهي تشققات متوسطة .
- P2 - هو احتمال ظهور التشققات المتوسطة .
- النوع الثالث : وهي تشققات كبيرة .
- P3 - هو احتمال ظهور التشققات الكبيرة .

وحسب قوانين الاحتمالات [2] ، فإن احتمالات ظاهرة التشقق المعرضة أعلاه ، تحقق المعادلة التالية :

$$P1 + P2 + P3 = 1.0$$

فعندما لا يسمح بظهور تشققات كبيرة أي احتمال ظهورها معدوم ، واعتماداً على ذلك يكون :

$$P3 = 0 \% = 0.0$$

$$P2 = 50 \% = 0.5$$

$$P1 = 50 \% = 0.5$$

إن التشققات الصغيرة تؤدي إلى تجزئة كتلة البيتون المسلح إلى كتل متعددة والتشققات المتوسطة تقوم بدورها بتجزئة هذه الكتل إلى كتل أصغر وكذلك التشققات الكبيرة .

وفي كل مرحلة من مراحل التشققات تحدث إشارة (انقطاع روابط Breaking Bonds) مماثلة لما يحدث في أجهزة نقل المعلومات كالنظام الثنائي [0 , 1] مثلاً . وهذا ما سنتناوله بالتفصيل في بحثنا .

واستناداً إلى هذا المنطق يمكن تقسيم التشققات إلى (n) نوعاً ويكون عندها :

$$P1 + P2 + \dots + Pi + \dots + Pn = 1.0$$

$$\sum_{i=1}^n Pi = 1.0$$

Pi - هو احتمال ظهور التشققات من النوع (i) .

في المرحلة التي تسبق انهيار المقطع البيتوني أو بتعبير آخر انهيار الجسم الكتلي Body Mass ، نجد أن الكتل المشكلة لهذا المقطع تنفصل عن بعضها بتشققات على كامل ارتفاع المقطع العرضي مثلاً في التقسيم الوارد أعلاه ، عندما تكون n = 3 .

تعطى حالة الانهيار عندما يكون احتمال ظهور التشققات الكبيرة يساوي الواحد أي :

$$P3 = 1.0$$

ولدراسة تطور التشققات في الأجسام الكتلية اقترح الباحثان الروسيان : A. V. Dromia ، N. V. Shebalen (خلال دراستهما للهبزات الأرضية) المتواليات الهندسية التالية [3] :

$$1 : 3.5 : (3.5)^2 : (3.5)^3 : \dots = 1 : 3.5 : 12.2 : 43 : \dots$$

تعني هذه المتواليات الهندسية أن الخواص الفيزيائية للكتل أو توضع الطبقات تختلف للطبقة الواحدة وفقاً للأبعاد المعرضة ضمن المتواليات الهندسية أعلاه .

وبشكل عام ، فإن خارطة التشققات (Cracking Map) شبه معروفة للمقاطع البيتونية المسلحة المعرضة إلى عزم انعطاف والمترافقة مع زيادة الأحمال . وتصبح هذه الخارطة أكثر تعقيداً وأصعب توقعاً مع زيادة أبعاد المقطع ، حيث يزداد عدم التجانس كما تختلف الكثافة والمسامية . وتصبح خارطة التشققات هذه أكثر وضوحاً وتوقعاً كلما اقترب المقطع من حالة الانهيار .

علاقة شينون [6] لمقاطع البيتون المسلح :

أسس استخدام السلسلة المعلوماتية :

بالتعريف السلسلة المعلوماتية Informatic Series [5 , 4] هي : الجزء الضائع أو الجزء المصروف من الطاقة عند نشوء الجسم أو المقطع المدروس تحت تأثير الأحمال المترافقة بالتشققات ، وتعبير آخر هو التوزيع الاحتمالي لانهيار الروابط بين الجزيئات أو الألياف المشكلة لمادة المقطع بمختلف السويات ، مثلاً : سوية التشققات الصغيرة وسوية التشققات المتوسطة ثم سوية التشققات الكبيرة .

وعليه ، يوافق التشوه المرن للمقطع أو عمل المقطع ضمن مرحلة المرونة التوزيع الاحتمالي للروابط Probability Distribution of bond غير المنهارة بين جزيئات أو ألياف المادة ، وطبقاً لما هو منوه عليه في المقدمة يكون :

$$P_3 = 0 \%$$

وبهذا تبين السلسلة المعلوماتية ، التحليل الحي قبل وعند انهيار المقاطع تحت تأثير الأحمال المترافقة مع التشققات .

من المهم عند اختيار نوع وشكل السلسلة المعلوماتية ، أن نلاحظ أنّ تزايد الأحمال يترافق مع تزايد ظهور التشققات . أي من دون انقطاع وبالتوازي مع تشكل التشققات ، ويستمر ذلك ليتم استكمال خارطة التشققات . وبهذا يكون :

• الانهيار الموضعي للروابط بين جزيئات المادة أو الألياف ، يوافق حدوث إشارات مستقلة لانهيار هذه الروابط .

• البنية الكتلية المتوضعة بشكل طبقات تتفصل عن بعضها عند حدوث إشارات (انقطاع روابط) متعددة بمختلف السويات .

إن استخدام الرياضيات المجردة هذه ، في دراسة تشققات وانهيار المقاطع ، هي عملية منطقية . حيث كمية المعلومات تتغير بأرقام مجردة (البايث) ولا تتعلق بنوع المعلومات ومدلولها . فمثلاً حجم جسم ما لا يتعلق بشكله .

٢-٢- مفردات علاقة شينون لمقاطع البيتون المسلح :

إن كميات الروابط Quantity of Bond بين جزيئات المقاطع تقابل كمية الإشارات التي يمكن أن يتعرض لها المقطع . أي عند انقطاع رابط تكون قد حصلنا على إشارة (أو وقعت إشارة) . وهذا يوافق معادلة شينون بشكلها العام [6 , 5] :

$$I_i = - P_1 * \log_2 P_1 - P_2 * \log_2 P_2 - \dots - P_i * \log_2 P_i - \dots - P_n * \log_2 P_n$$

حيث :

دراسة التشققات في مقاطع البيتون المسلح باستخدام مبادئ المعلوماتية

I_i - هي قيمة مجموع أو كمية المعلومات المنقولة (Transfer Information) للانتباس أو الغموض Unknown في خارطة تشكل التشققات المتوقعة في مقطع البيتون المسلح المعرض لأحمال معينة (انظر الشكل 1) . وتقدر بوحدة (البايت).

فكلما أخذت (I) قيمة أكبر ، كانت كمية الانتباس أو الغموض في خارطة التشققات المتوقعة (أعلاه) أكبر . أي أن هذه الخارطة لم تتشكل بعد أو لم تستكمل ، ومن ثمَّ لم تتشكل أو تستكمل التشققات بعد .

وكلما أخذت (I) قيمة أصغر ، كانت كمية الانتباس أو الغموض في خارطة التشققات المتوقعة أقل . أي أن هذه الخارطة أخذت بالتشكل ، ومن ثمَّ أخذت التشققات بالظهور .

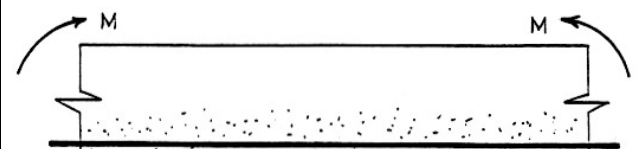
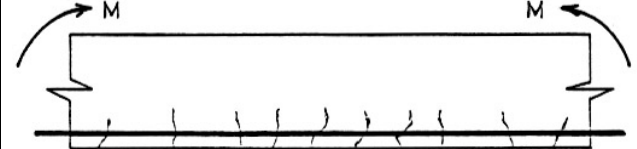
حالة : $I = 0.0$

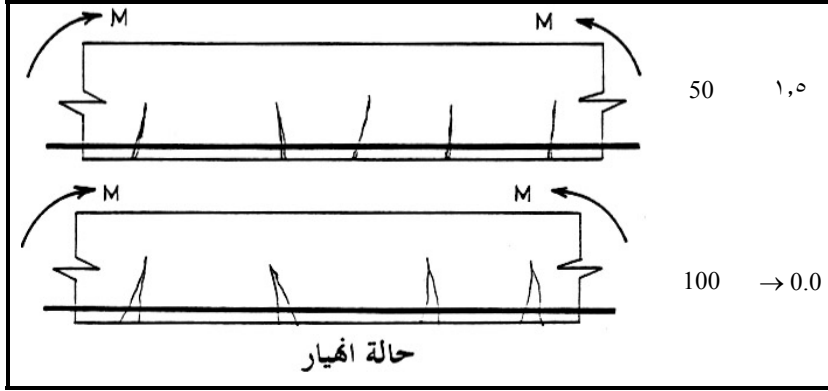
هذا يعني أن الانتباس في خارطة التشققات المتوقعة معدوم . أي أنه تم تشكيل هذه الخارطة وبمعنى آخر تم استكمال كامل التشققات في المقطع وهو بحالة انهيار .

P_1, P_2, \dots, P_n - هي احتمالات انهيار كتلة المادة ، مثلاً ، احتمالات ظهور تشققات صغيرة أو متوسطة أو كبيرة (المعروضة في مقدمة هذا البحث) .

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1.0$$

$P_1 * \log_2 P_1 - P_2 * \log_2 P_2 - \dots - P_i * \log_2 P_i - \dots - P_n * \log_2 P_n$ هي رصيد كل نوع من التشققات ، النوع (1) والنوع (2) و والنوع (n) ضمن كمية المعلومات (I_i) (أو هي دور كل نوع من أنواع التشققات المدروسة في خارطة التشوهات المتوقعة . وبالتحديد هي كمية المعلومات الخاصة بكل نوع من أنواع التشققات المدروسة .

جائز معرض لعزم انعطاف بسيط	P_3 %	I_3 BIT
	33,3	0,085
	0,0	1,0



الشكل ١: العلاقة بين تشكل التشققات من الدرجة الثالثة وقيم كمية المعلومات I3 (بايت)

ويتم حساب القيم اللوغاريتمية : $\log_2 P_i$

استناداً إلى القاعدة اللوغاريتمية [2]:

$$B = \ln(2) = 0.693$$

$$\text{Log}_2 P_i = (1 / B) * \ln P_i = 1.443 * \ln P_i$$

شرط P_i أكبر من الصفر .

دراسة التشققات من الدرجة الثالثة لمقاطع البيتون المسلحة :

يقصد بتشققات من الدرجة الثالثة : احتمالات P_1, P_2, P_3 ظهور التشققات المرافقة للأنواع 1, 2, 3 الوارد ذكرها في مقدمة هذا البحث .

الجدول ١: قيم كمية المعلومات I3 (بايت) وفق احتمالات ظهور التشققات الكبيرة P_3 (%)

I3	C	B	A	P3	P2	P1	الحالة
1.000		0.500	0.500	0.000	0.500	0.500	1
1.396	0.332	0.518	0.518	0.100	0.450	0.450	2
1.522	0.464	0.529	0.529	0.200	0.400	0.400	3
1.581	0.521	0.530	0.530	0.300	0.350	0.350	4
1.585	0.528	0.528	0.528	0.333	0.333	0.333	5

1.571	0.529	0.521	0.521	0.400	0.300	0.300	6
1.500	0.500	0.500	0.500	0.500	0.250	0.250	7
1.371	0.442	0.464	0.464	0.600	0.200	0.200	8
1.181	0.360	0.411	0.411	0.700	0.150	0.150	9
0.922	0.258	0.332	0.332	0.800	0.100	0.100	10
0.569	0.137	0.216	0.216	0.900	0.050	0.050	11
0.000	0.000			1.000	0.000	0.000	12

$$A = -P_1 * \log_2 P_1, \quad B = -P_2 * \log_2 P_2, \quad C = -P_3 * \log_2 P_3$$

إن جوهر وتحليل طريقة المعلوماتية هذه ، يتوضح تماماً بتطبيقها عند حدوث ثلاث إشارات (Signal) لانقطاع الأربطة Bonds .

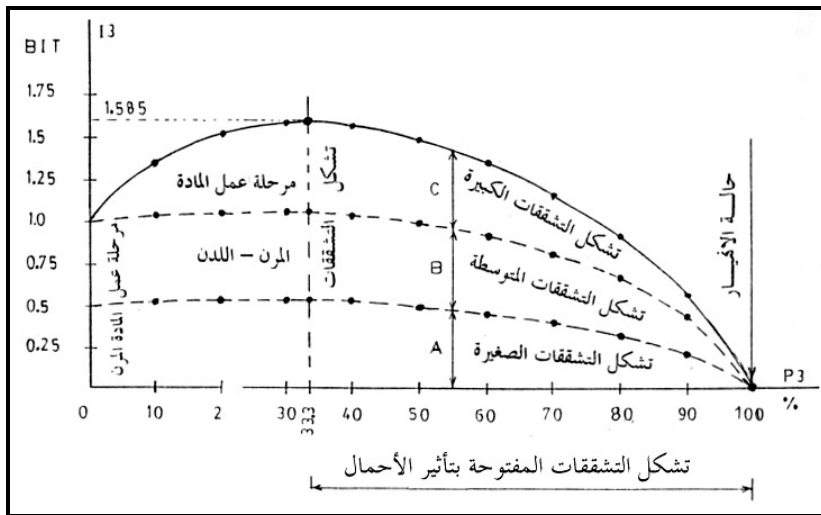
وبفرض أنه ستقع ثلاث إشارات (الوارد ذكرها في مقدمة البحث) فنستطيع عندها كتابة علاقة شينون الواردة أعلاه ، والممثلة بالجدول (1) والشكل (2) .

وتصبح علاقة شينون كما يأتي :

$$I_3 = -P_1 * \log_2 P_1 - P_2 * \log_2 P_2 - P_3 * \log_2 P_3$$

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1, \quad P_3 = a$$

$$P_1 = P_2 = (1 - a) / 2$$



الشكل (2) : العلاقة بين كمية المعلومات أو الغموض I_i (بايت) لتشكل خارطة التشققات في المقطع الطولي للعنصر المدروس وبين احتمال ظهور التشققات الكبيرة P_3 (%) .

بفرض أن ارتفاع المقطع المدروس هو : $h = 60$ cm وهو ارتفاع شائع الاستخدام وانطلاقاً من سلسلة : Dromia , Shebalen

$$60 \text{ cm} \approx h = 1 + 3.5 + (3.5)^2 + (3.5)^3$$

حيث ارتفاع منطقة الضغط في مقطع معرض إلى عزم انعطاف لا تزيد عن

$$h / 2 = 30 \text{ cm}$$

وقيمة عامل المرونة Modulus of Elasticity لمنطقة الضغط هي نفسها لمنطقة الشد [7] ، أي قبل أن يتشقق الببتون ويخرج عن العمل ، عندها يتغير ميل المماس لمنحني التشوه والإجهاد للببتون .

دراسة التشققات من الدرجة (n) في مقاطع الببتون المسلح :

لمّا كان دوماً بعد احتمال حدوث التشققات التي هي أصغر من التشققات في حالة الانهيار هو احتمال متساو، أي :

$$P_1 = P_2 = P_3 = \dots \dots \dots P_{n-1} = \frac{1 - P_n}{n - 1}$$

فإن قيمة الغموض تصبح :

$$I_n = -(1 - P_n) * \log_2 \left(\frac{1 - P_n}{n - 1} \right) - P_n * \log_2 P_n$$

من أجل $P_n = 0$ فإن :

$$I_n = -1.443 * \ln \left(\frac{1}{n - 1} \right)$$

أما من أجل $1 > P_n > 0$ فإن :

$$I_n = -1.443 * (1 - P_n) * \ln \left(\frac{1 - P_n}{n - 1} \right) - 1.443 * P_n * \ln P_n$$

من أجل $P_n = 1$ فإن $I_n = 0$

حيث حالة $P_n = 1$ هي حالة انهيار .

من خلال العلاقات السابقة يمكن استنتاج قيمة الغموض I_n مقدرة بالبايت لأي درجة تشقق .

مثال :

دراسة التشققات في مقاطع البيتون المسلح باستخدام مبادئ المعلوماتية

لندرس التشققات من الدرجة الرابعة ، ويقصد بذلك (كما رأينا) وجود أربعة احتمالات P_1, P_2, P_3, P_4 لظهور التشققات المرافقة للأنواع (1 , 2 , 3 , 4) طبقاً لما ورد في الفقرة الثالثة من هذا البحث . وهذا يعني أنه ستقع أربع إشارات (Signal) (هنا الإشارة في علاقة شينون توافق حدوث احتمال P_1 أو P_2 أو P_3 أو P_4) موضحة في الجدول (2) . وبذلك فإن علاقة شينون تأخذ الشكل الآتي :

$$I_4 = - P_1 * \log_2 P_1 - P_2 * \log_2 P_2 - P_3 * \log_2 P_3 - P_4 * \log_2 P_4$$

أو :

$$I_4 = -1.443 * (1 - P_4) * \ln\left(\frac{1 - P_4}{4 - 1}\right) - 1.443 * P_4 * \ln P_4$$

$$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 1.0$$

$$P_4 = a$$

$$P_1 = P_2 = P_3 = (1 - a) / 3$$

أما قيم (In) فنجدها في الجدول (3)

وبهذا المنطق نفسه فإن الجدول (2) والجدول (3) يعرضان التشققات من الدرجة (n) فمثلاً التشققات من الدرجة الخامسة ، يعني وجود خمسة احتمالات P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 لظهور التشققات المرافقة للأنواع :

P_1 : احتمال ظهور تشققات صغيرة جداً .

P_2 : احتمال ظهور تشققات صغيرة .

P_3 : احتمال ظهور تشققات متوسطة .

P_4 : احتمال ظهور تشققات كبيرة .

P_5 : احتمال ظهور تشققات كبيرة جداً .

وعليه تكون العلاقة ما بين احتمال ظهور تشققات من الدرجة (n) وكمية المعلومات المرافقة مبينة في الشكل (3) .

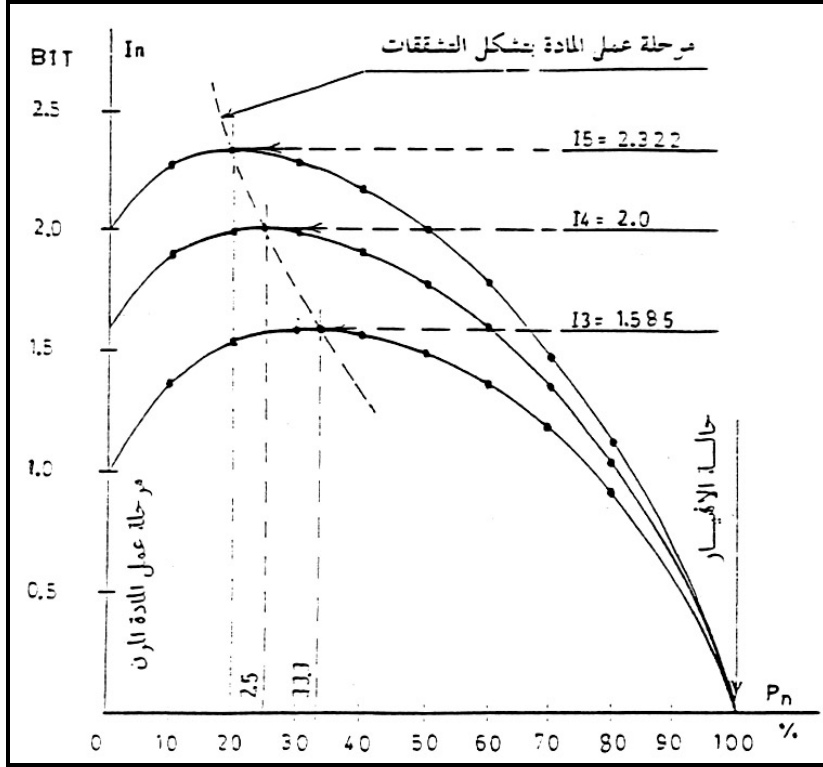
جدول ٢ : قيم احتمال حصول التشققات من الدرجة n-1

درجة التشقق n	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	١
3	0.500	0.450	0.400	0.350	0.300	0.250	0.200	0.150	0.100	0.050	0.000
4	0.333	0.300	0.267	0.233	0.200	0.167	0.133	0.100	0.067	0.033	0.000
5	0.250	0.225	0.200	0.175	0.150	0.125	0.100	0.075	0.050	0.025	0.000
6	0.200	0.180	0.160	0.140	0.120	0.100	0.080	0.060	0.040	0.020	0.000
7	0.167	0.150	0.133	0.117	0.100	0.083	0.067	0.050	0.030	0.017	0.000

8	0.143	0.129	0.114	0.100	0.086	0.071	0.057	0.043	0.029	0.014	0.000
9	0.125	0.113	0.100	0.088	0.075	0.063	0.050	0.038	0.025	0.013	0.000
10	0.111	0.100	0.089	0.078	0.067	0.056	0.044	0.033	0.022	0.011	0.000

جدول ٣: قيم كمية المعلومات I_n

P_n	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
3	1.000	1.369	1.522	1.582	1.571	1.500	1.371	1.182	0.922	0.569	0.000
4	1.585	1.896	1.990	1.991	1.922	1.793	1.605	1.357	1.039	0.628	0.000
5	2.000	2.269	2.332	2.282	2.171	2.000	1.771	1.482	1.122	0.669	0.000
6	2.322	2.559	2.580	2.507	2.365	2.161	1.900	1.578	1.187	0.701	0.000
7	2.586	2.796	2.790	2.691	2.522	2.293	2.005	1.657	1.239	0.728	0.000
8	2.808	2.996	2.968	2.847	2.656	2.404	2.094	1.724	1.284	0.750	0.000
9	3.001	3.170	3.123	2.982	2.772	2.501	2.171	1.782	1.322	0.769	0.000
10	3.171	3.323	3.25.9	3.101	2.874	2.586	2.239	1.833	1.365	0.786	0.000



الشكل ٣: العلاقة ما بين احتمالات ظهور التشققات بسويات مختلفة وكمية المعلومات المعبرة عن الغموض في معرفة خريطة التشققات

تحديد مفهوم عامل الأمان للمقاطع المتشققة باستخدام مبادئ المعلوماتية :

لقد بينا في الجدول (١) وكذلك في الشكل (٢) مقدار تغير كمية معلومات الغموض (I) في خارطة التشققات . باعتبار أننا نريد معرفة هذه الخارطة بثلاثة أنواع للتشققات : صغيرة ومتوسطة وكبيرة . أما إذا أردنا معرفة خارطة التشققات بمستوى أعلى ، مثلًا تشققات صغيرة جداً وصغيرة ومتوسطة وكبيرة . أي (I4) المبينة في الجدول (3) لمقطع أكبر ارتفاعاً (h 4) الذي يمكن تحديده وفق سلسلة Dromia Shebalen ، المنوه عنها أعلاه :

$$h 4 = 60 * (3.5) = 210 \text{ cm}$$

بالتحليل نفسه، لمعرفة خارطة التشققات لمستوى أعلى ، مثلاً لتشققات صغيرة جداً وصغيرة ومتوسطة وكبيرة وكبيرة جداً . أي (I 5) لمقطع أكبر ارتفاعاً :

$$h = 60 * (3.5)^2 = 735 \text{ cm}$$

انطلاقاً من ذلك نعرف عامل الأمان :

$$K_t = I_i / I_n$$

حيث يمثل :

I_i – كمية المعلومات لسوية التشققات المدروسة، أو ارتفاع المقطع العرضي المدروس .

I_n – كمية المعلومات لسوية التشققات المعتمدة كقاعدة مقارنة (Criteria) .

يبين الشكل (3) أنه كلما ازدادت سوية التشققات ، زادت كمية المعلومات (I) . ومن ثم فإن الطريقة الحديثة تمثل بعامل الأمان $K_t > 1.0$.

وحسب سوية التشققات المطلوبة نحصل على المقاومات التصميمية للبيتون على الضغط وعلى الشد :

$$\begin{aligned} 1.0 \geq K_t & , & F_{bc} &= R_{bc} / K_t \\ 1.0 \geq K_t & , & F_{bt} &= R_{bt} / K_t \end{aligned}$$

حيث :

R_{bt} – الإجهاد التصميمي للبيتون على الشد (Characteristic Tensile Strength of Concrete) .

R_{bc} – الإجهاد التصميمي للبيتون على الضغط (Characteristic Compressive Strength of Concrete) .

وباعتماد سوية التشققات من الدرجة الثالثة كسوية قاعدية للمقارنة فيكون عامل الأمان :

$$K_t = I_i / (I_3 = 1.585 \text{ Bit})$$

الجدول ٤ : معامل الأمان K_t حسب درجة التشقق وأبعاد المقطع المدروسين .

I5	I4	I3	مستوى خارطة التشقق
735	210	60	أبعاد المقطع العرضي المدروس (cm)
1.46	1.26	1.0	عامل الأمان $K_t = I_i / I_3$

يتبين من الجدول (4) أنه عند الانتقال من مقطع بارتفاع $h = 60 \text{ cm}$ إلى مقطع بارتفاع $h = 210 \text{ cm}$ فإنه يجب تخفيض مقاومات البيتون على الشد وعلى الضغط بمقدار % 20 حيث تضرب هذه المقاومات :

$$1 / 1.26 = 0.80$$

وسيتم تطبيق مثال عملي أو أكثر من خلال رسائل الدبلوم والماجستير في الكلية وعلى أمثلة حية من واقع المشريع .

النتائج والتوصيات :

- إن استخدام مبادئ المعلوماتية في دراسة تشققات المقاطع البيتونية المسلحة ، أعطى مفهوماً جديداً لتصنيف التشققات . لقد نتج عن هذا التصنيف الانتقال من التشققات المحددة بعدد معين في نظم البناء Codes , Specifications and Standarts ، إلى تشققات من مرتبة (n) نوع .
- يتوافر لكل ارتفاع من المقاطع البيتونية المسلحة دراسة خاصة لكمية المعلومات لخارطة التشققات Cracking Map .
- مثلاً : يمكن لمقطع بار تفاعل ما وليكن (h) دراسة كمية المعلومات لخارطة التشققات من الدرجة (n - i) . أما للمقطع الذي يليه حسب سلسلة Shebalen , Dromia فإنه يمكن دراسة كمية المعلومات لخارطة التشققات من الدرجة [n - (i + 1)] أي توجد علاقة مباشرة بين ارتفاع المقطع ودرجة التشقق.
- إن استخدام مبادئ المعلوماتية في دراسة خارطة التشققات للمقاطع البيتونية تعطي مفهوماً جديداً عن مراحل عمل المادة : المرحلة المرنة والمرحلة المرنة - اللدنة ومرحلة الانهيار . وذلك حسب احتمالات حدوث التشقق الكبير من النوع (n) ، ثم احتمالات حدوث التشقق من المرتبة الأدنى (n - 1) . وهكذا .
- إن طريقة المعلوماتية المستخدمة في البحث تعطي مفهوماً جديداً لعامل الأمان (Kt) Safety Factor يتعلق بحجم وأهمية العنصر الإنشائي البيتوني المسلح المدروس على التشقق .
- إن الانهيار الموضوعي للروابط بين جزيئات البيتون هو عبارة عن حدوث إشارات (Signal) مستقلة .
- إن انهيار الجسم الكتلّي كما تم تعريفه في مقدمة البحث هو عبارة عن حدوث إشارات عن انهيار الروابط بمختلف السويات أو الدرجات التي تم تعريفها وحسابها ضمن البحث .
- إن استخدام مبادئ المعلوماتية هذه في دراسة تشققات المقاطع البيتونية المسلحة ، يعطي أفقاً جديدة لطرق التصميم . يمكن الخوض فيها وخلق مفاهيم تصميمية جديدة .

المراجع

- ١- الكود العربي السوري .
- ٢- برونشتين ي. ن. ، سيمينديايف ك. أ . الدليل في الرياضيات ، إصدار دار العلم في موسكو لعام ١٩٨٦ - ٥٤٤ صفحة .
- ٣- دروميا أ. ف. ، شيبالين ن. ف. الهزة الأرضية : أين ، متى ، لماذا ؟ إصدار دار شتتينسا في كيشينيوف لعام ١٩٨٥ - ١٩٢ صفحة .
- ٤- اليكسييف ك. ن. كمية الطاقة . إصدار دار المعرفة في موسكو لعام ١٩٨٣ - ١٩ صفحة .
- ٥- سيكورسكي ف. ب. دليل الجهاز الرياضي للمهندس . إصدار دار التقنية في كييف (الفصل السابع) - ١٩٧٥ - ٧٦٦ صفحة .
- ٦- بريليون . ل. العلوم ونظرية المعلومات . إصدار حكومي - موسكو . ١٩٨٠ - ٢٩٣ صفحة .
- ٧- مواصفات التصميم (84-2.03.01) : المنشآت النيوتونية والبيوتونية المسلحة . موسكو ١٩٩٥ .

تاريخ ورود البحث إلى مجلة جامعة دمشق: ٢٠٠١/١/١٠.