بسم الله الرحمن الرحيم

تأثير مجموعة من العوامل على قوة الارتباط بين فولاذ التسليح و خرسانة الجسور

إعداد:

روبين نبيل الأشهب **"محمد صالح" محمد الدحنوس**

إشراف:
د.جمل زلاطيمو

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية
كلية الهندسة والتكنولوجيا
جامعة بوليتكنيك فلسطين

حزيران-٢٠٠٦

شهادة تقييم مشروع التخرج

جامعة بوليتكنيك فلسطين-PPU
الخليل – فلسطين

مشروع تخرج بعنوان

تأثير مجموعة من العوامل على قوة الارتباط بين فولاذ التسليح و خرسانة الجسور

إعداد:

روبين نبيل الأشهب **"محمد صالح" محمد الدحنوس**

بناء على توجيهات الأستاذ المشرف على المشروع, وبموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة، تم تقديم هذا **المشروع إلى دائرة** الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا للوفاء الجزئي بمتطلبات الدائرة لدرجة البكالوريوس.

توقيع مشرف المشروع
د.جمال زلاطيمو

توقيع رئيس الدائرة
د.نبيل الجولاني

حزيران-٢٠٠٦

تأثير مجموعة من العوامل على قوة الارتباط بين فولاذ التسليح و خرسانة الجسور

إعداد:

روبين نبيل الأشهب **"محمد صالح" محمد الدحنوس**

إشراف:
د.جمال زلاطيمو

مشروع التخرج

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا
جامعة بوليتكنيك فلسطين للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على درجة
البكالوريوس في الهندسة / تخصص هندسة مباني

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية
كلية الهندسة والتكنولوجيا
جامعة بوليتكنيك فلسطين

الخليل – الضفة الغربية
فلسطين

حزيران-٢٠٠٦

إهداء

إلى اللذين رووا ثرى فلسطين بدمائهم.....

شهدائنا

إلى منارة العلم التي لن تنضب.....

جامعة بوليتكنك فلسطين

إلى حراس هذه المنارة وسواعدها.....

المدرسين

إلى الذين يستنيرون بنورها.....

الطلاب

إلى من يعجز اللسان عن شكرهم.....

والدينا الأعزاء

شكر وتقدير

في البداية الشكر لله تعالى على توفيقه و نتقدم بالشكر الجزيل إلى ذوينا وإلى كل من ساعدنا بإنجاز هذا العمل بوجه عام.

و نتقدم بالشكر وبشكل خاص إلى جامعة بوليتكنك فلسطين التي لها الفضل الكبير علينا والفضل لله، وإلى كلية الهندسة والتكنولوجيا، وإلى جميع القائمين عليها و العاملين فيها، وإلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية.وإلى مشرفنا الدكتور جمال زلاطيمو ، وإلى الأستاذ عماد دويك والأستاذ جبريل الشويكي الذين كانوا مثالا للتعاون ،وإلى جميع المدرسين في قسم هندسة المباني و التخصصات الأخرى.

ملخص المشروع

تأثير مجموعة من العوامل على قوة الارتباط بين فولاذ التسليح و خرسانة الجسور

فريق العمل:
روبين نبيل الأشهب "محمد صالح "محمد الدحنوس

جامعة بوليتكنك فلسطين ٢٠٠٥-٢٠٠٦م

إشراف:
الدكتور جمال زلاطيمو

تعتبر قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة العامل الأساسي في قوة العناصر الخرسانية المسلحة، وبالتالي فان التركيز على قضية التماسك بين قضبان التسليح والخرسانة والعوامل التي تؤدي إلى إضعاف هذا التماسك، إضافة إلى دراسة تأثير ضعف هذه القوة بين الخرسانة و فولاذ التسليح ومدى هذا التأثير على المنشات الخرسانية يعتبر غاية في الأهمية.

في هذا المشروع يتم التركيز على أهم العوامل التي تؤثر على قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة كوجود صدأ على فولاذ التسليح أو أتربة أو زيوت أو غيرها، و القيام بدراسة عملية مخبريه لإيجاد الفرق بين وجود فولاذ تسليح مطابق للمواصفات واستعمال فولاذ تسليح تغطيه الموادسابقة الذكر.و يحتوي البحث على دراسة نظرية إضافة إلى درلسة في المختبر يتم فيها تعديل قضبان التسليح وفقا لمتغيرات هذا البحث ثم دراسة تأثير كل ذلك على قوة عناصر خرسانية مسلحة على شكل جسور صغيرة.

لقد تبين أن أعلى تأثير كان للعملية التي تم فيها طلاء فولاذ التسليح بدهان لميع حيث كانت نسبة النقص بمعدل 59.56% ، أما في الحالة التي تم فيها تغطية فولاذ التسليح بالأتربة أو عملية وضع الباكور فيه وتجنب قوى الترابط الناتجة عن البروزات فكانت نسبة النقص بمعدل 40.8% ، في حالة الطلاء بالزيت أو تغطية الخرسانة سابقة الصب أو وجود الباكور في القضبان الملساء فكان النقص بمعدل 16%- 26% ، في حين كان تأثير وجود الصدأ محدودا جدا.

Abstract

Effect of group of variables on bond between steel reinforcement and concrete of beams

Project Team:

M. Saleh AL-Dahnos Ropeen N.Ashhab

Palestine Polytechnic University 2005-2006

Supervisor:

Jamal H.Zalatimo, Ph.D.

The bond strength between reinforcing bars and concrete is considered one of the most important factors influencing the strength of reinforced concrete members.

Therefore, it is very important to study carefully the variables that may cause the deterioration of the bond strength, and the effects of such deterioration on reinforced concrete structures.

This study considers the effects of bond-inhibitions such as rust, dirt, oil, etc, on the strength of small reinforced concrete beams.

All laboratory results were compared to specimens fabricated using steel reinforcement complying with specifications.

The laboratory results showed that the effect of material like epoxy on steel was the largest since there was strength reduction of about 56.56% .The other variables gave less effect on strength and was between 16% and 26%. The effect of corrosion was the least and almost negligible.

فهرس المواضيع

	الموضوع	الصفحة
	عنوان المشروع	I
	شهادة تقييم	II
	اسم المشروع	III
	إهداء	IV
	شكر وتقدير	V
	ملخص المشروع	VI
	فهرس المواضيع	VIII
	فهرس الجداول	XI
	فهرس الأشكال	XII

الفصل الأول	مقدمة	1
١-١	نظرة عامة	2
٢-١	أهمية المشروع	2
٣-١	الأهداف	3
٤-١	منهجية البحث	4
٥-١	نطاق المشروع	5
الفصل الثاني	الدراسات السابقة	6
١-٢	حديد التسليح	7
١-١-٢	مقدمة	7
٢-١-٢	تلاصق قضبان التسليح مع الخرسانة	7
٣-١-٢	مواصفات حديد التسليح	9
٢-٢	مشاكل حديد التسليح	11
٣-٢	الخلطات الخرسانية	12
١-٣-٢	مقدمة	12
٢-٣-٢	المقاومة المتوسطة للكسر	12

٢-٣-٣	الأعمال المخبرية للخرسانة	13
٢-٤	**مقاومة الخرسانة للانضغاط**	14
٢-٥	فشل الرابطة بين الخرسانة وحديد التسليح	16
الفصل الثالث	**خطة البحث**	18
٣-١	**مقدمة**	19
٣-٢	مراحل الإعداد للعينات (**الجسور المستخدمة في الفحوصات**	19
٣-٢-١	الاختبارات المعملية لمكونات الخلطة الخرسانية	19
٣-٢-٢	تصميم الخلطة الخرسانية	20
٣-٢-٣	حسابات تسليح الجسور المستخدمة	24
٣-٣	تحضير جدول بالمتغيرات	30
الفصل الرابع	**الأعمال المخبرية**	32
٤-١	**مقدمة**	33
٤-٢	**التجارب اللازمة** لتصميم الخلطة الخرسانية	35
٤-٣	عملية تحضير فولاذ التسليح	36
٤-٤	عملية الخلط والصب	45
٤-٥	عملية تحميل العينات	53
٤-٦	فحص إجهاد الشد لقضبان التسليح	60
الفصل الخامس	**النتائج و تحليلها**	65
٥-١	**مقدمة**	65
٥-٢	نتائج اختبارات المتغيرات وتحليلها	68
٥-٢-١	حديد **مبزر** نظيف (**المرجع**)	69
٥-٢-٢	حديد مبزر يغطيه الصدأ	75
٥-٢-٣	حديد **مبزر** تغطيه الأتربة	82
٥-٢-٤	حديد **مبزر** يغطيه الزيت	89
٥-٢-٥	حديد أملس يحتوي على باكور	96
٥-٢-٦	حديد **مبزر** تغطيه **خرسانة سابقة الصب**	103
٥-٢-٧	حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على **باكور**	109
٥-٢-٨	حديد مبزر يغطيه دهان لميع	117
٥-٣	**ملخص نتائج الاختبارات**	126
٥-٣-١	**نتائج اختبارات ٧** أيام	126
٥-٣-٢	**نتائج اختبارات ٢٨** يوم	129

الفصل السادس	**الاستنتاجات و التوصيات**	133
٦-١	ملخص المشروع	134
٦-٢	الاستنتاجات	136
	المصادر و المراجع	138
	الملاحق	139
ملحق أ	طريقة عمل التجارب المخبرية	140
ملحق ب	جداول تصميم الخلطات الخرسانية	141
ملحق ج	فحوصات فولاذ التسليح	142

فهرس الجداول

رقم الجدول	العنوان	الصفحة
٢-١-١	جدول الاجهادات	9
٣-٢-١	حسابات مكونات الخلطة الخرسانية	24
٤-١-١	أنواع المتغيرات المتوقع تأثيرها على التملك	36
٤-٥-١	جدول العمل للفحوصات المخبرية للمتغيرات	54
٥-١-١	نتائج فحص المكعبات للعينات التجريبية	67
٥-١-٢	نتائج فحص المكعبات للعينات التجريبية	68
٥-٢-١	نتائج اختبارات الحديد النظيف	70
٥-٢-٢	نتائج اختبارات الأسبوع للحديد المبزر الذي يغطيه الصدأ	76
٥-٢-٣	نتائج العينات التي تحتوي على الحديد المبزر الذي تغطيه الأتربة	83
٥-٢-٤	نتائج اختبارات الحديد المبزر المغطى بالزيت	90
٥-٢-٥	نتائج اختبارات الحديد الأملس الذي يحتوي على باكور	97
٥-٢-٦	نتائج اختبارات الحديد المبزر الذي تغطيه الخرسانة سابقة الصب	104
٥-٢-٧	نتائج اختبارات الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي + باكور	110
٥-٢-٨	نتائج اختبارات الحديد المبزر المغطى بدهان لميع	118
٥-٣-١	نتائج فحوصات الضغط بعد أسبوع للجسور	125
٥-٣-٢	نتائج فحوصات الضغط بعد ٧ أيام للجسور التي تحوي المتغيرات	127
٥-٣-٣	نتائج فحوصات الضغط بعد ٢٨ يوم للجسور التي تحوي المتغيرات	131

فهرس الأشكال

رقم الشكل	العنوان	الصفحة
٢-١-١	الأشكال المختلفة للنتواءت في قضبان التسليح	10
٢-٣-١	أجهزة مقاومة الضغط	14
٢-٥-١	حالات الانهيار كما هي مفروضة في الكود	17
٢-٥-٢	القوى بين القضبان والخرسانة المحيطة	18
٣-٢-١	تفاصيل حسابات الباكور لقضبان التسليح	31
٤-١-١	قالب صب الجسور	35
٤-١-٢	قالب صب المكعبات	35
٤-٣-١	قضبان الحديد المبزرة المستخدمة Φ8	38
٤-٣-٢	الكانات المستخدمة Φ6	38
٤-٣-٣	عملية تربيط الكانات	39
٤-٣-٤	عملية دهان الحديد بالزيت	40
٤-٣-٥	حديد التسليح لجسر بعد دهانه بالزيت	41
٤-٣-٦	كيفية عمل الباكور في قضبان الحديد الأملس	42
٤-٣-٧	قضيب أملس يحتوي على باكور عند أطرافه	42
٤-٣-٨	الأنبوب البلاستيكي المستخدم (بربيج شقلة)	43
٤-٣-٩	قضيب مبزر يغطيه الطين	44
٤-٣-١٠	عملية دهن الحديد بالدهان الزيتي الميع	45
٤-٣-١١	مادة الدهان المستخدمة	45
٤-٤-١	تنظيف القوالب	46
٤-٤-٢	دهن الجسور بالزيت	47
٤-٤-٣	عملية تحضير مكونات الخلطة الخرسانية	48
٤-٤-٤	عملية الخلط	48
٤-٤-٥	صب القوالب	49
٤-٤-٦	صب الخرسانة و توزيعها على الجسر	50
٤-٤-٧	ألدمك باستخدام قضيب معدني	50
٤-٤-٨	القوالب بعد صب الخرسانة فيها	51
٤-٤-٩	القوالب بعد أن تصلبت الخرسانة فيها	52
٤-٤-١٠	الجسور مغمورة في الماء	52
٤-٤-١١	العينات الجاهزة للفحص	53

٤-٥-١-أ	جهاز كسر العينات	56
٤-٥-١-ب	مؤشر القراءة لجهاز كسر العينات	57
٤-٥-٢	عملية تحميل الجسور	58
٤-٥-٣	الهيكل المعدني المستخدم لفحص الجسور	58
٤-٥-٤	**شكل الكسر في المكعبات**	59
٤-٥-٥	**أشكال الكسر في بعض الجسور المستخدمة لاختبارات ٧ أيام**	60
٤-٥-٦	صورة تظهر **مجموعة من الجسور التي استخدمت** في هذه الدراسة	61
٤-٦-١	جهاز فحص الشد للقضبان التسليح	62
٤-٦-٢	جزء المدخلات و شاشة النتائج لجهاز فحص الشد للقضبان التسليح	62
٤-٦-٣	كيفية تثبيت القضيب الفولاذي ووضع القلب الحديد عليه	63
٥-٢-١	كيفية تحميل العينات على جهاز فحص الضغط	69
٥-٢-٢	العينات التي تحتوي على الحديد المبزر النظيف بعد اختبار ٧ أيام	72
٥-٢-٣	**أشكال** الكسر لعينات الحديد المبزر النظيف بعد اختبار ٢٨ يوم	72
٥-٢-٤	**أشكال** الكسر لعينات الحديد المبزر النظيف بعد اختبار ٧ أيام	74
٥-٢-٥	أشكال العينات التي تحتوي على صدا بعد انهيارها	77
٥-٢-٦	أشكال الكسر لعينات حديد يغطيه الصدأ بعد **اختبار ٧** أيام	78
٥-٢-٧	**أشكال** الكسر لعينات حديد يغطيه الصدأ بعد **اختبار ٢٨** يوم	80
٥-٢-٩	أشكال الكسر لحديد تسليح الذي تغطيه الأتربة بعد اختبار ٧ أيام	85
٥-٢-١٠	أشكال الكسر لحديد تسليح الذي تغطيه الأتربة **بعد اختبار ٢٨** يوم	87
٥-٢-١٢	**أشكال** الكسر لعينات فولاذ تسليح مغطى بالزيت بعد اختبار ٧ أيام	92
٥-٢-١٣	**أشكال** الكسر لعينات فولاذ تسليح مغطى بالزيت بعد اختبار ٢٨ يوم	95
٥-٢-١٥	أشكال الكسر في الحديد الأملس + **باكور بعد اختبار ٧** أيام	98
٥-٢-١٦	**أشكال الكسر في** الحديد الأملس + **باكور بعد اختبار ٢٨** يوم	102
٥-٢-١٨	**أشكال الكسر** لعينات الحديد **المبذر المغطى بالخرسانة بعد ٧** أيام	105
٥-٢-١٩	**أشكال الكسر** لعينات الحديد **المبذر المغطى بالخرسانة بعد ٢٨** يوم	107
٥-٢-٢١	أشكال عينات الحديد **المبزر المغطى** بأنبوب بلاستيكي +**باكور**	111
٥-٢-٢٢	**أشكال الكسر للحديد المبزر المغطى بأنبوب** بلاستيكي **باكور ٧** أيام	112
٥-٢-٢٣	**أشكال الكسر للحديد المبزر المغطى بأنبوب** بلاستيكي **باكور ٢٨**يوم	115
٥-٢-٢٥	عينات الحديد **المبزر المغطى** بدهان زيت لميع بعد انهيارها	120
٥-٢-٢٦	**أشكال الكسر للحديد المبزر المغطى** بدهان زيت لميع **بعد ٧** أيام	121
٥-٢-٢٧	**أشكال الكسر للحديد المبزر المغطى** بدهان زيت لميع بعد ٢٨ يوم	124

الفصل الأول

المقدمة

(١-١) نظرة عامة

إن الهدف من أي مبنى هو المتانة والحماية والجمال والاقتصاد، ومن أهم الأغراض الحماية من أي انهيار محتمل للمبنى، فكل مبنى يجب أن يؤمن الاحتياجات الضرورية للإنسان ليقوم بوظائفة المختلفة ويمارس نشاطه بشكل صحيح ويتلاءم مع العصر الذي يعيش فيه.ومن هنا كان لابد لنا من أن نبحث عن كل ما فيه راحة للإنسان وبما في ذلك تأمين الحماية له من أي احتمال لانهيار المبنى الذي يسكنه أو تصدعه لأسباب تتعلق بضعف قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة.

وعلى ذلك فان جميع المباني يجب أن تتوافر فيها عوامل المتانة والخدمة، وهذا ناتج عن مراعاة أسس التشييد الموصى بها من قبل المهندسين والخاصة باستخدام حديد تسليح نظيف وخال من أي مواد قد تؤثر على تماسكه بالخرسانة وبالتالي عدم حدوث مشاكل في المنشأ. ولكي يقوم البناء بوظيفته المناسبة، لابد من توافر كافة أسباب الحماية من أي انهيار بسب استخدام فولاذ تسليح غير مناسب(مطابق للمواصفات).

(١-٢) أهمية الموضوع

تتلخص أهمية الموضوع في تسليط الضوء على أحد الأخطار التي قد تتعرض لها الخرسانة المسلحة وهو ضعف التماسك بين الخرسانة وفولاذ التسليح في حالة استخدام حديد غير ملائم للمواصفات من ناحية النظافة، وحيث أن هذا الموضوع لم يكن بحث بشكل مباشر يعكس جوانب عديدة مما يحدث فعلا في مواقع الإنشاء لذلك فان فريق المشروع ارتأى أن يقوم بالتحقق من تأثير الحديد غير النظيف على قوة التلاصق بين الحديد والخرسانة والأخطار المحتمل حدوثها في حالة ضعف هذا التماسك، وأيضا تأثيره على قوة تحمل المنشات الخرسانة المسلحة وعدم حدوث انهيار أو تشققات غير المسموح بها حسب كودات البناء العربي.

(١-٣) الأهداف

يهدف هذا المشروع إلى تحديد العوامل المختلفة والتي تكون موجودة على فولاذ التسليح و التي تؤثر على قوة التماسك بين الخرسانة وفولاذ التسليح وقيامة بمهامه دون أن يؤدي إلى الخطر على المباني

هناك عدة أسباب كانت وراء اختيارنا لفكرة هذا المشروع، من أهمها:

١) في الواقع النظري تتطلب المواصفات استخدام قضبان تسليح نظيفة في حين أن الواقع ربما يختلف، فالقضبان التي تحتوي على صدأ والقضبان التي يغطي سطحها الزيوت والأتربة والخرسانة سابقة الصب تستعمل دون الاعتبار لتأثير هذه المواد على التماسك بين الحديد والخرسانة، ففي الموقع وفي اغلب الأحيان لا يتم الانتباه لذلك.

٢) لا شك انا هناك اثر لاستخدام قضبان فولاذ تسليح غير مطابقة للمواصفات على قوى التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة المحيطة بها فكانت الفكرة لعمل التجارب المخبرية لمعرفة هذا التأثير.

٣) إذا كانت العوامل سابقة الذكر تؤدي إلى انخفاض في مستوى قوة الخرسانة، فهل هذه النسبة في النقص معروفة؟سنحاول الإجابة على هذا السؤال من خلال مشروعنا هذا.

٤) بما أن المشروع سيدرس من ناحية عملية فنحن نرجو إن شاء الله أن نستطيع تقديم خدمة وتجربة عملية للمجتمع، وتوضيح ظاهرة مستخدمة في إنشاء المباني وهي استخدام فولاذ تسليح غير نظيف.

(١-٤) منهجية البحث

يعتمد البحث على عدة مصادر للمعلومات: منها الدراسات السابقة وخبرة المختصين، الزيارات الميدانية، والفحوصات المخبرية على عينات صنعت خصيصا لهذا الغرض.

وقد تم القيام بجمع المعلومات من الدراسات السابقة وتحليلها. وتم الاستفسار من عدد من المختصين بهذا الموضوع ومراسلة البعض الآخر لأخذ الخبرة حول كيفية المعالجة لهذه المشكلة، وستتم دراسة تأثير عدد من المتغيرات التي يمكن أن تصيب قضبان التسليح في الموقع.

(١-٥) خطاق المشروع

١. الفصل الأول: يحتوي هذا الفصل على معلومات عامة ومقدمة متعلقة بالمشروع ومكوناته بالإضافة إلى وصف لفكرة المشروع والأسباب التي أدت إلى اختياره ومنهجية البحث ووصف لأجزائه المختلفة.

٢. الفصل الثاني: الدراسات السابقة، حيث يحتوي هذا الفصل على مقدمة عامة حول الأسباب المؤدية لضعف التلاصق بين فولاذ التسليح و الخرسانة.

٣. الفصل الثالث: يحتوي على خطة البحث، ونماذج العينات وأشكالها والفحوصات المستخدمة.

٤. الفصل الرابع: ويحتوي هذا الفصل على برنامج العمل المخبري، ويصنف قائمة المتغيرات، بالإضافة إلى إعداد العينات المتوقعة، وسيتم من خلال هذا الفصل شرح خطوات العمل بشكل وافي ومفصل

٥. الفصل الخامس: يشتمل على نتائج فحوصات المكعبات والجسور على مدار الفترات الزمنية المطلوبة، مع القيام بدراسة وتحليل النتائج بشكل مفصل.

٦. الفصل السادس: ملخص المشروع إضافة إلى الاستنتاجات و التوصيات.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

(٢-١)حديد التسليح

(٢-١-١) مقدمة [1]

يعمل تسليح الخرسانة بأسياخ مبزره من الصلب ويشترط أن تكون تلك القضبان خالية من الأوساخ أو المواد المانعة للالتصاق مع الخرسانة، و وجود بقع سطحية من الصدأ متماسكة كل التماسك بالحديد لا يكون سببا في عدم استعماله إذ أنها لا تضعف التصاق الحديد بالخرسانة. وإذا كانت الأوساخ يعلوها في كل طولها صدا غير متماسك يخلف باليد عند مسحه ترابا ينبغي حينئذ قبل استعمالها إزالة الصدأ بحك سطح الأسياخ بفرشاة سلكية بحيث لا يؤثر على قوتها، ولن كانت الأسياخ شديدة التآكل بالصدأ فلا تستعمل البتة.

إذا كانت القضبان ملوثة بالوحل أو التراب فيلزم تنظيفها قبل تركيبها، حيث أن وجود جير أو تراب على سطح الأسياخ يضر بالتصاقها بالخرسانة ينبغي وضع الحديد في مكان بعيد عن مواضع الجير و التراب، ويزال الشحم الموجود على سطح الأسياخ داخل الورش أو المعامل بالفرش والرمل.ويفضل خزن الأسياخ في مواضع لا تصل إليها الرطوبة بقدر الامكان.

(٢-١-٢) تلاصق قضبان التسليح مع الخرسانة(bond) [٢]

إن تلاصق قضبان التسليح مع الخرسانة يحول دون انزلاقها في الخرسانة عند تعرض المنشآت الخرسانية المسلحة لتأثير الأحمال، وينشأ هذا التماسك نتيجة للعوامل التالية:

١. التماسك الذي ينشأ ذاتيا بفضل الخاصية الغرائية للعجينة الإسمنتية
٢. اشتباك النتوءات (engagement) الموجودة على سطح القضبان الفولاذية
٣. قوى الاحتكاك التي تتولد على سطوح القضبان الفولاذية نتيجة لانضغاطها أثناء انفعال الخرسانة
٤. وجود الباكور (hook) في أطراف القضبان

عند نزع أو دفع القضيب المثبت في الخرسانة، تكون لقوى التماسك قيمة متغيرة على امتداد النهاية (الطرف) المثبتة (fixed end). أيضا تزداد قوة التصاق الخرسانة بقضبان التسليح كلما زادسطح محيط القضبان.

يكون تماسك القضبان ذات النتوءات الجانبية مع الخرسانة، أكبر من تماسك القضبان الملساء بمرتين أو ثلاث مرات، وذلك بفضل النتوءات الموجودة على سطحه، كما يساعد على التخلص من استخدام المثبتات الخاصة.

(٢-١-٣) مواصفات حديد التسليح[٣]

بالرجوع إلى جداول المواصفات للكود الاردني نجد ما يلي بخصوص مواصفات الحديد المسلح:

في أعمال الخرسانة المسلحة يستعمل أحد أصناف حديد التسليح التالية:

١- الحديد العادي الطري ويكون طبقا للمواصفات القياسية رقم (م ق أ /٧٩/٤٨)

٢- الحديد الصلب عالي المقاومة وتكون نسبة الكربون والمنغنيز فيه أعلى من النوع الأول

٣-الحديد المعالج على البارد حسب المواصفات القياسية (م ق أ /٧٩/٤٨).

جدول(٢-١-١):الاجهادات اللازم توافرها في الأنواع الثلاثة الأولى حسب الكود الاردني

النوع	الجهد الأقصى	الحد الأدنى من الاستطالة
الطري	٣٥كغم/سم٢	%٢٠
الصلب	(٥٠-٥٢)	%١٦
المعالج عن البارد	(٥٠-٥٢)	%١٠

يفضل استعمال أسياخ الحديد ذات النتوءات ويتميز النوع المعالج على البارد بالنتوءات الحلزونية وذلك نتيجة لجدله بشكل حلزوني أثناء معالجته على البارد. وهناك عدة أشكال للنتوءات كما في الشكل(٢-١-١).

شكل(٢-١-١):الأشكال المختلفة للنتواءت في قضبان التسليح حسب المواصفات الامريكية

وبالرجوع إلى مواصفات أحد المشاريع الخاصة بحديد التسليح وجدنا ما يلي من شروط لستخدام: [٤]

- يكون جميع الحديد المستعمل بالخرسانة باستثناء الكانات من النوع المبزر العالي الجهد، و يكون إجهاد الخضوع للحديد (٤٢٠٠كغم/سم٢) أما حديد الكانات فقط فيكون من النوع المبزر ويكون إجهاد الخضوع لهذا الحديد (٣٥٠٠كغم/سم٢).

- يجب أن يكون كافة الحديد المستعمل على الموقع للتسليح أو لغيره نظيفا غير مطلي أو مغطى بالشحومات أو الإسفلت أو الزيوت أو غيرها من المواد العضوية.

- يجب أن يكون كافة الحديد المستعمل في الموقع للتسليح أو لغيره خالي تماما من الصدأ، ويحق للمهندس طلب تنظيف الصدأ عن الحديد بواسطة فراشة سلك، وعند الموافقة على استعمال الحديد المنظف يجب على المتعهد أخذ موافقة المهندس على استعمال حديد التسليح قبل البدء باستعماله.

(٢-٢)مشاكل حديد التسليح[٦]

هناك أخطار على تلاصق قضبان التسليح مع الخرسانة خاصة بعدم نظافة حديد التسليح ووجود مواد قد تؤثر على قيامه بوظائفه بالشكل المطلوب، ومن هذه المواد المؤثرة على حديد التسليح:

١. وجود الصدأ خصوصا عندما يكون بشكل كبير.

٢. الطرطشة من الخرسانة المصبوبة في وقت سابق و التي علقت بقضبان التسليح.

٣. وجود الزيوت على حديد التسليح، حيث تستخدم هذه الزيوت في دهان خشب الطوبار.

٤. الأتربة والطين والتي تعلق بالحديد عند إلقاءه على الأرض الطينية.

قد تكون هذه أهم العوامل المؤثرة على الحديد ولكن يجب محاولة جمع اكبر عدد ممكن من العوامل المؤثرة على حديد التسليح، والتي قد تكون غير منتشرة بشكل كبير.

(٢-٣)الخلطات الخرسانية:[٦]

(٢-٣-١) مقدمة:

بعد أن يتم فحص المواد الأولية (وهي الركام الخشن **والناعم**، والماء والأسمنت **والمضافات**) وبعد التأكد من صلاحيتها ومطابقتها للمواصفات، يتم عمل تصميم للخلطة الخرسانية لتعيين كمية كل مادة من المواد اللازمة للحصول على خلطة خرسانية حسب ظروف العمل ونوع المنشأ أو العنصر الخرساني المراد صبه.

وهناك عوامل عديدة تؤثر على التصميم، كشكل الركام وحجمه وتدرجه وطبيعة العمل والتشغيل وطريقة الدمك وتوفر المواد ودرجات الحرارة، إلا أننا أثناء التصميم نأخذ بعين **الاعتبار** أن يتم تحديد المكونات بحيث تغطى كل حبات الركام بالاسمنت وبحيث تدخل الحبيبات الأصغر حجما في الفراغات الأكبر حجما وبحيث تعطي الخرسانة القوة المطلوبة واللدونة اللازمة وأن تكون غير منفذة للماء ومتينة وقوية ومقاومة للعوامل الجوية بأقل التكاليف.

(٢-٣-٢) المقاومة المتوسطة للكسر:

تعرف المقاومة المتوسطة للكسر بالضغط للخرسانة بمعدل قيمة مقاومة الكسر لنماذج **الفحص المختلفة** لعينة واحدة من الخرسانة، **وعند احتساب المقاومة** المميزة يجب ألا يزيد الفرق بين القيمة الأعلى والقيمة الأدنى **إلى المعدل عن** ٢٠%، **ولا** يجب معاملة نتيجة كل **مكعب على حدة**.

المقاومة المميزة:

تعرف المقاومة المميزة للخرسانة بالقيمة الدنيا لمقاومة كسر نماذج الفحص المختلفة لعينة واحدة من الخرسانة.

(٢-٣-٣) الأعمال المخبرية للخرسانة

تقوم أعمال المختبر على بعض الأعمال التالية:

١- فحص قوة الخرسانة، في الخلطة المقدمة للاعتماد، بعد ٧، ٢٨يوماً، بموجب ACI-318، ليطابق أو يزيد عن المطلوب في التصميم الخاص بالمشروع.

٢- فحص عينات إسطوانية مأخوذة من الخرسانة المصبوبة في المباني الموجودة، لتقرير القوة الحقيقية على الموقع للخرسانات الجافة.

انظر للشكل(٢-٣-١) يبين أجهزة مقاومة الضغط وتستخدم هذه الأجهزة في اختبار الخرسانة بمختلف أشكالها.

شكل(٢-٣-١): أجهزة مقاومة الضغط

(٢-٤) مقاومة الخرسانة للانضغاط (compressive strength): [٥]

تعتبر مقاومة الخرسانة للانضغاط من أهم خواص هذه المادة الإنشائية وهي مقياس غير مباشر لبقية خواصها. يتم تعيين مقاومة الخرسانة للانضغاط في الولايات المتحدة الأمريكية وبعض البلدان الأخرى باختبار عينات اسطوانية (٢٨)يوم، تكون الاسطوانة عادة بارتفاع (٣٠٠mm) قطر (١٥٠mm) توضع بين سطحين مستويين ومتوازيين ومتقابلين وتعرض إلى حمل طولي بمعدل انفعال بطيء (slow strain rate) للوصول إلى الإجهاد الأقصى خلال (٢-٣) دقيقة، حيث لوحظ زيادة مقاومة الخرسانة للانضغاط عند تسليط الحمل على النماذج بمعدل انفعال سريع (fast strain rate).

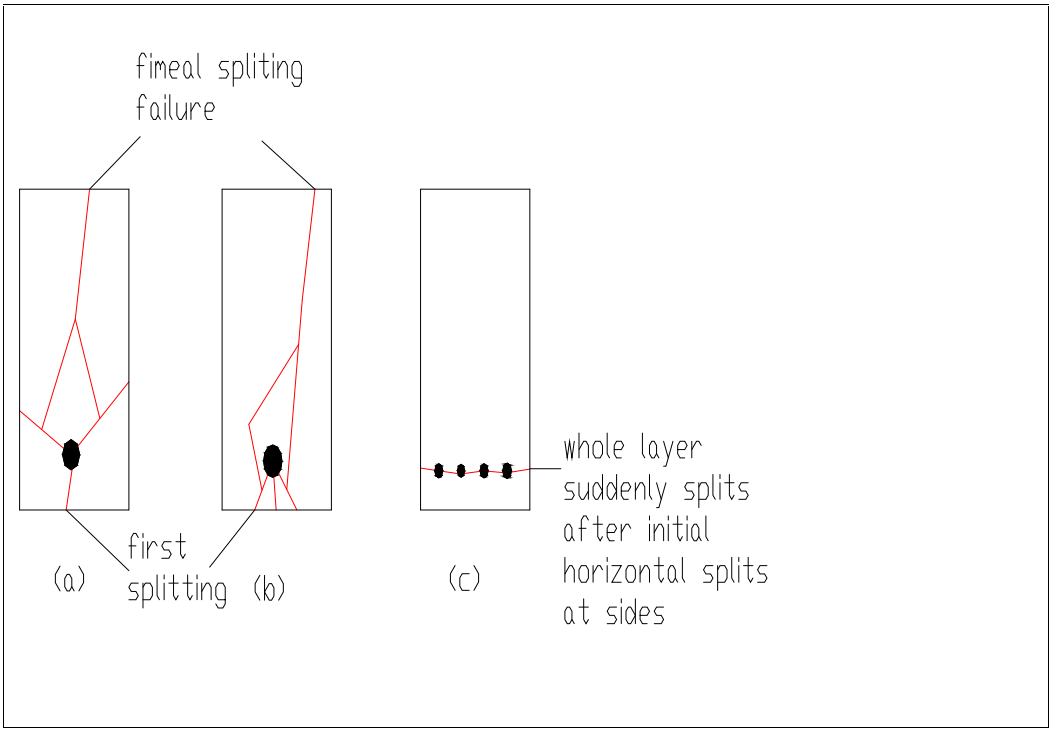
(٢-٥) فشل الرابطة بين الخرسانة وفولاذ التسليح[٧]

يدل مصطلح فشل الرابطة بين الخرسانة وفولاذ التسليح على حالة الانهيار التي تحدث بين الخرسانة وفولاذ التسليح والتي تحدث عندما تضعف الرابطة بين الخرسانة وفولاذ التسليح، وهذه الرابطة إما أن تكون ميكانيكية بفعل وجود برزات حديد تسليح في النوع المبزر من فولاذ التسليح، أو قد تكون هذه الرابطة كيميائية بفعل ألالتصاق الكيميائي بين الفولاذ والخرسانة كما هو في الفولاذ الأملس او المبزر.

عندما تتعرض الخرسانة المسلحة لإجهادات الشد يحدث شق في الخرسانة وتؤدي إلى استراحة الخرسانة، الالتصاق بين الخرسانة وفولاذ التسليح يترك فقط قوى احتكاك لمقاومة حركة القضبان التي تنسب إلى (flexural crack) والذي يحدث مجاور لقضبان التسليح بإتجاهات موازية أو عمودية.

تشوه القضبان أوجدت تغير نمط السلوك لكي يكون هناك اعتماد أقوى على الاحتكاك والالتصاق بين الخرسانة والفولاذ بحيث لا يمكن الاعتماد على قوى الالتصاق بين الفولاذ والخرسانة في مقاومة إجهادا الشد في حالة تشوه قضبان التسليح.

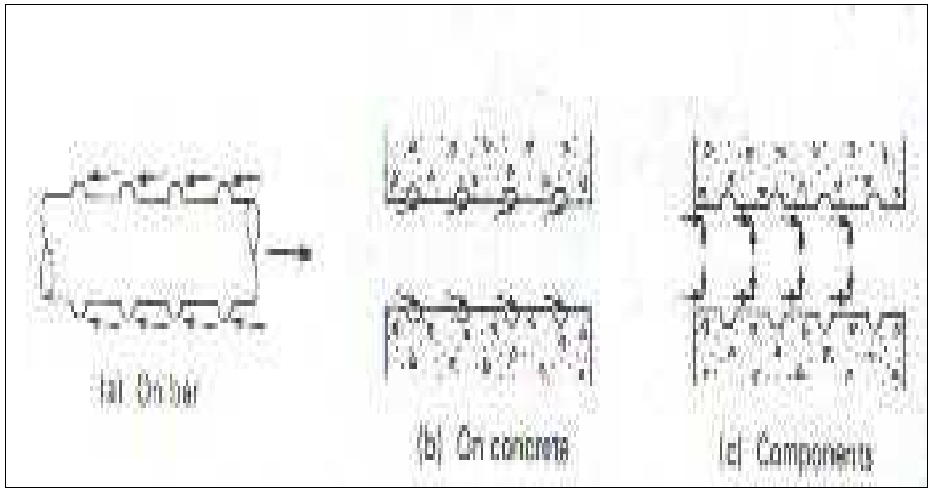
فشل الرابطة أو التشوه للقضبان في الخرسانة التي لها وزن طبيعي، يحدث الفشل المفصل عندما يحدث توتيد العروات الفولاذية على شكل شقوق على طول القضبان كما في شكل (١-٥-٢)،(a, b)، تحدث هذه الشقوق بين القضبان والوجه الخرساني الأقرب لها وكما هو معروف في البنية في شكل (c) أو على مسافات قصيرة بين القضبان في المقطع الخرساني.



شكل(٢-٥-١) :حالات الانهيار كما هي مفروضة في(ACI)

فشل الانسحاب يحدث في القضبان الصغيرة مستعملة بغطاء خرساني كبير، البروزات التي تغطي قضبان التسليح **قد تسحق بفعل الخرسانة وتؤدي إلى فشل الرابطة**.

بالنسبة للقوى بين الخرسانة وحديد التسليح والتي تلعب دورا مهما في مقاومة الانهيارات فهي**قد** تكون من القضبان على البروزات المحيطة بها، **أو قد تكون من الخرسانة على بروزات القضبان**، وقد تتولد قوة مشتركة بفعل تأثير كل من الخرسانة والقضبان كما هو مبين في **الشكل**(٢-٥-٢).



شكل(٢-٥-٢): القوى بين القضبان والخرسانة المحيطة

الفصل الثالث

خطة البحث

(٣-١) مقدمة

تحتل الفحوصات المخبرية والتجارب العلمية الجانب الأكبر من هذا المشروع، لذلك تم تقسيمها إلى اختبارات تجرى على المواد المكونة للخلطة الخرسانية، واختبارات تجرى على العينات بعد ٧، ٢٨ يوم.

(٣-٢) مراحل الإعداد للعينات (الجسور) المستخدمة في الفحوصات

لقد شملت هذه الخطوة ثلاث مراحل هم:

المرحلة الأولى:الاختبارات المعملية لمكونات الخلطة الخرسانية

المرحلة الثانية: تصميم الخلطة الخرسانية للعينات

المرحلة الثالثة: حساب تسليح الجسور

(٣-٢-١) الاختبارات المعملية لمكونات الخلطة الخرسانية

قبل البدء بعملية الخلط هناك عدة تجارب يجب القيام بها للحصول على نتائج تستخدم في حساب الخلطة الخرسانية، ومن هذه التجارب ما يلي:

١. التحليل بالمناخل للركام الخشن والناعم، الهدف من التجربة:
- تحديد التوزيع الحبيبي لعينات الحصمة.
- تحديد معايير النعومة للحصمة الناعمة
- تحديد المقياس الاعتباري الأكبر للحصمة الخشنة.

٢. الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للحصمة
والهدف من التجربة هو إيجاد الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للحصمة الخشنة والناعمة.

٣. تحديد الوزن / الكثافة النوعية
وتشمل هذه التجربة على إيجاد الوزن النوعي للركام الخشن والناعم بما فيه من فراغات بالاعتماد على أن: الوزن النوعي = الوزن/الحجم

(٣-٢-٢) تصميم الخلطة الخرسانية Mix Design

بعد القيام بكافة التجارب اللازمة لاختيار مواد الخلطة الخرسانية ومعرفة مدى ملاءمتها لعملية الخلط، تم اختيار قوة الخرسانة بعد ٢٨ يوم تساوي 25 MPa، باستخدام الأرقام الموجودة بالجداول المرفقة بالملحق -ب –، وبالاعتماد على طريقة volume method لحساب الخلطة الخرسانية.

المعطيات:

fc` = 25 Mpa.

Dimension of the sample 50 cm *١0 cm*10 cm.

Slump=80 mm

Coarse aggregate:

Maximum size of coarse aggregate =9.5 mm

SSD = 2.8

AC = 2.3%

Dry rodded unit weight =1450 kg/m^3

Fine aggregate:

M SSD =2.8

AC = 2%

F.M=2.4

Procedure:

For non air- entrained concrete water = 225 (kg/m3 of concrete) depending on maximum size of coarse aggregate.

From Table (1-B), the approximate amount of air in non air entrained concrete =3 %.

From table (2-B) water cement ratio =0.61

Cement = (225/0.61) =367 kg/m^3 of concrete

Coarse aggregate: from table (5-B) the dry rodded unit weight factor =0.5

Dry rodded unit weight =1450*0.5=725 kg/m^3

Water added =725*(2.4/100) =17.4 kg/m^3 of concrete

SSD weight =725+17.4=742.4 kg/m^3

The volume of each constituent is:

Water =225Kg/1000Kg/m^3=0.225 m^3

Cement =367Kg/1350Kg/m^3=0.17 m^3

Air = 3Kg/100Kg/m^3=0.03m^3

Coarse aggregate = 724.2/2800=0.259m^3

The total volume =0.684 m^3

Volume of fine aggregate =0.335m^3 / m^3 of concrete

The weight of fine aggregate SSD =0.335*2800=938 kg/m^3

Water and Aggregate weight:

Oven dry weight of coarse aggregate = (WSSD)/ (1+absorption capacity)

= 742.4/ (1+0.023) =725.7kg/m^3

Oven dry weight of fine aggregate = (WSSD)/ (1+absorption capacity)

=904.5/ (1+0.023) =884.2 kg/m^3

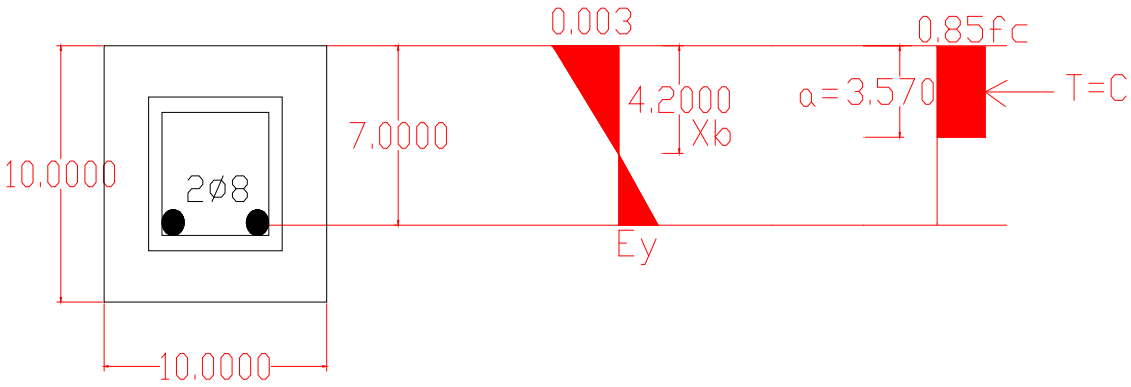
Water =225+ (742.4-725.7) + (904.5-884.2)=262kg/m^3

جدول (٣-٢-١): حسابات مكونات الخلطة الخرسانية

content	**1m^3**	**0.006 m^3**
Water	262 L	1.57
Cement	367 Kg	2.02
Coarse aggregate	725.7 Kg	4.35
Fine aggregate	884.2 Kg	5.3
Air	0.03 m^3	0.00018

(٣-٢-٣) حسابات تسليح الجسور المستخدمة

Bending Reinforcement:



f'c= 30Mpa

Fy= 420Mpa

h=10cm b=10cm

d=h-clear cover-stirrup-Φ/2⇒ d=10-2-0.6-(0.8/2) =7 cm

Ey= Fy/Es =420Mpa/200000Mpa =0.0021

Xb\0.003 = 7 / (0.0021+0.003) ⇒Xb=4.1cm

a=XB =4.1*0.85=3.5cm

C=T=0.85 f'c (a) (d) =0.85*0.3*3.5*10 ⇒ T=9.1t

T=As* Fy⇒ As=T/ Fy=9.1/4.2=2.2 cm^2

As max=0.75Asb=0.75*2.2=1.65cm^2

As min= $[(f'c)^{1/2}/4\ Fy]\ bd \geq [1.4/\ Fy]\ bd$

As min= $[(30)^{1/2}/4*420]10*7 \geq [1.4/\ 420]10*7$

As min= $0.228 \geq 0.233$

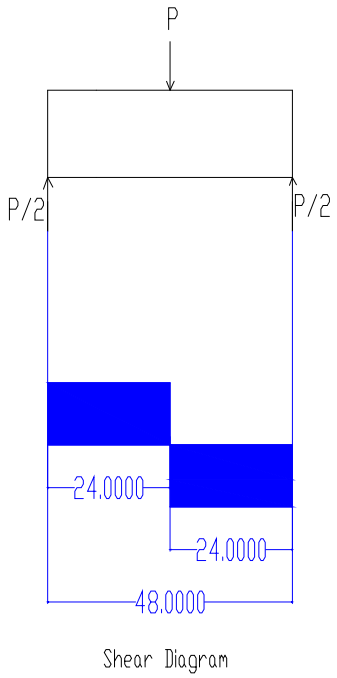
As min= 0.233 cm^2

Take 2Φ8 ⇒ as=1 cm^2

As min= 0.233 cm^2< As proveded=1 cm^2< As max=1.65 cm^2

Shear Reinforcement:

(1) single force



Shear Diagram

T=As*Fy=1*4.2= 4.2t

a= T/ (0.85* f'c *b) =4.2/ (0.85*0.3*10) =1.7cm

Mn= [4.2*(7-1.7/2)]*0.01=0.258t.m

Mmax=P/2*(0.24) =0.258

V applied=P/2= 1.075t

P= 2.15t

ØVc=0.85*($30^{1/2}$ /6)*10*7*0.01

ØVc=0.54t

ØVc=0.54< Vu= 1.075

Shear reinforcement is required.

ØVs min=(1/3)Mpa b d=(1/3)*0.01*10*7=0.233t

Apply category (4)

ØVc+ ØVs min < Vu< 3 ØVc ⇒ 0.54+0.233=0.773 < 1.075< 1.62 OK

ØVs= Vu- ØVc⇒ ØVs=1.075-0.54=0.535t

S= (Ø Av*FY*d)/ ØVs ⇒ S= (0.85*(2*0.283)*2.4*7)/0.54 =15cm

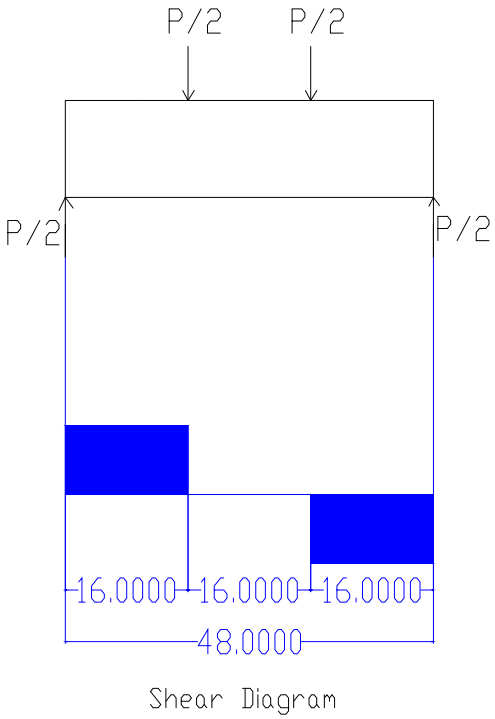
S=d/2=7/2=3.5cm

S=60cm

Use 1Φ6@ 3.5cm

Total number of stirrup= 48/3.5=13.7, take 14 stirrup

(2) Third point loading



Shear Diagram

Mmax=P/2*(0.16) =0.258

P=3.225t

ØVc=0.54t

Vu=P/2= 3.225/2= 1.61t

ØVc=0.54< Vu= 1.61

Shear reinforcement is required.

Apply category (4)

ØVc+ min ØVs < Vu< 3 ØVc

ØVs= Vu- ØVc⇒ ØVs=1.61-0.54=1.07t

S= (Ø Av*FY*d)/ ØVs ⇒ S= (0.85*(2*0.283)*2.4*7)/1.07 =8cm

S=d/2=7/2=3.5cm

S=60cm

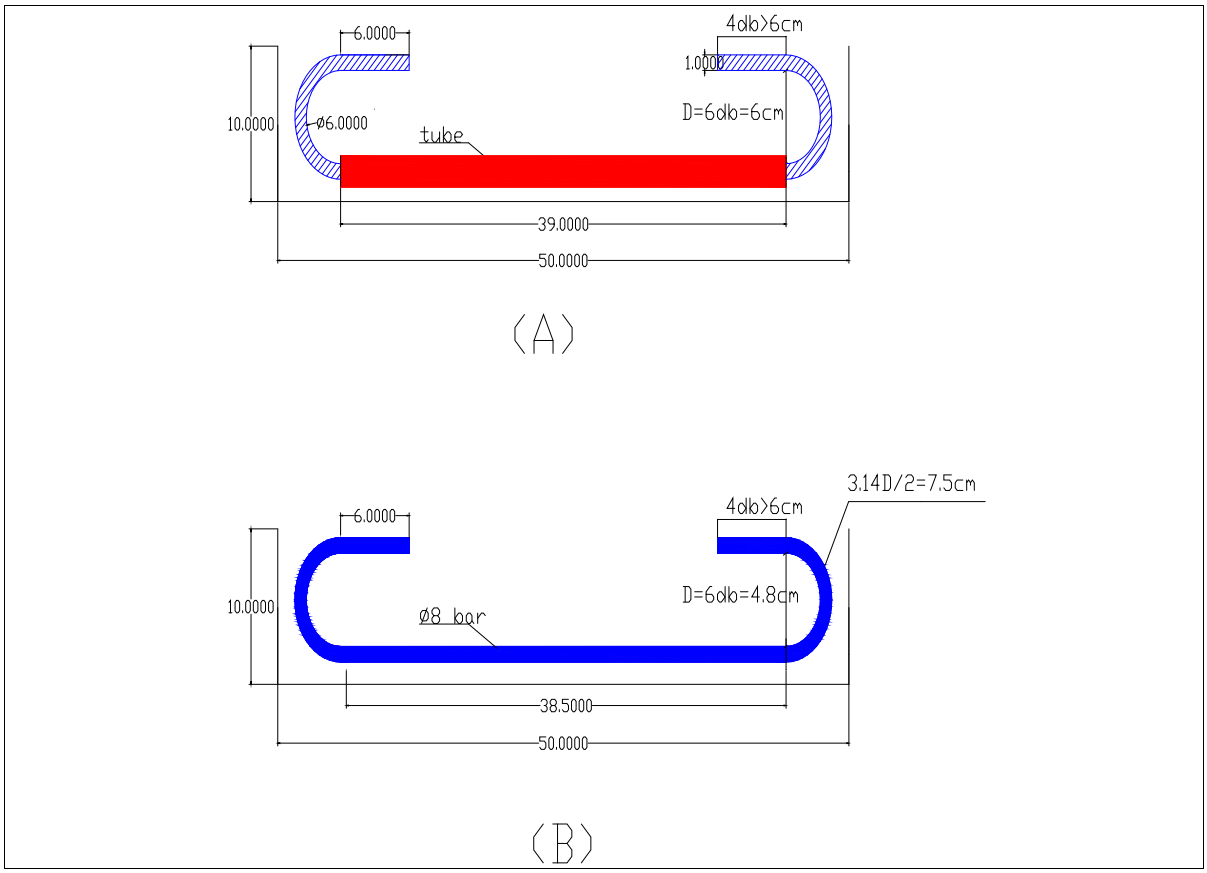
Use 1Φ6@ 3.5cm

Total number of stirrup= 16/3.5=4.6, take 5 stirrup on each side

⇒ We need 10 stirrups, 1Φ6@ 3.5cm along the beam

Hook calculation:

لقد قمنا بعمل قضبان مسلحة وقمنا بامرارها داخل خرطوم بلاستيكي وقمنا بعمل باكور على أطراف القضبان، وذلك لمعرفة تأثير وجود الباكور في حالة عدم وجود أي التصاق بين الخرسانة وحديد التسليح، أيضا قمنا باستخدام قضبان ملساء ووضع باكور في أطرافها، و الشكل (٣-٢-١) يظهر كيفية حسابات أطوال قضيب التسليح في حالة استخدام الباكور.



شكل (٣-٢-١):(A) قضيب تسليح مبزر مغطى بخرطوم بلاستيكي ويحتوي على باكور.

(B) قضيب تسليح أملس ويحتوي على باكور.

(٣-٣) تحضير جدول بالمتغيرات

بعد إعداد مواصفات الخلطة الخرسانية، وحساب تسليح الجسور، ستكون آلية العمل بالنسبة الأعمال المخبرية هي عمل عينات من الجسور (٥٠*١٠*١٠) سم تحتوي على حديد تسليح فيه الصفات الموجودة في جدول العينات، بعد ذلك ستجرى تجارب تحمل الضغط على العينات بعد

مدة اختبار تساوي ٧، ٢٨ يوم، ومن ثم أخذ النتائج ووضع المناقشة بالاعتماد على هذه النتائج.

بالنسبة للمتغيرات التي تؤثر على تماسك فولاذ التسليح بالخرسانة و سيشملها جدول العمل فهي كالتالي:

- ☑ حديد مبزر نظيف (مرجع)
- ☑ حديد مبزر يغطيه الصدأ
- ☑ حديد مبزر تغطيه الأتربة
- ☑ حديد مبزر يغطيه الزيت (الزيت المستخدم لدهان أخشاب البناء)
- ☑ حديد مبزر تغطيه خرسانة سابقة الصب
- ☑ حديد أملس يحتوي على باكور
- ☑ حديد مبزر يغطيه دهان لميع
- ☑ حديد مبزر مغلف بخرطوم بلاستيكي ويحتوي باكور

الفصل الرابع

الأعمال المخبرية

(٤-١) مقدمة

لدراسة تأثير متغيرات الموقع على قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة، تمت الاستفادة من المعلومات التي جمعت في مقدمة المشروع والمتعلقة بعدد من التغيرات مثل الصدأ والزيوت والطين وغيرها.ويعرض هذا الفصل خطوات العمل المتبعة لدراسة وتحليل تأثير المتغيرات على قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة، ومن ثم الاستفادة من نتائج هذه الدراسات في الوصول إلى الأهداف الرئيسية للمشروع.

لقد تم إجراء الدراسات المخبرية على عينات خرسانية مسلحة على شكل جسور ومكعبات صغيرة مفصلة فيما يلي:

١-أبعاد الجسر هي (١٠*١٠*٥٠)سم، حيث قمنا باستخدام جسور من الحديد ذات مفاصل وبراغي حتى تسهل عملية فك العينات بعد أن تتصلب الخرسانة، انظر للشكل(٤-١-١).

الشكل(٤-١-١):قالب صب الجسور

٢-أبعاد المكعب(10cm*10cm*10cm)، ويحتوي كل قالب على فاصل وذلك ليصب مكعبين فيه كما ويحتوي على مفصلات وبراغي لتسهل عملية فك المكعبات، انظر للشكل(٤-١-٢).

الشكل(٤-١-٢):قالب صب المكعبات.

لقد تم حصر المتغيرات المتوقع تأثيرها على تماسك فولاذ التسليح مع الخرسانة والتي ستستخدم في هذه الدراسة وهي مبينة في الجدول (٤-١-١).

جدول(٤-١-١):أنواع المتغيرات المتوقع تأثيرها على التماسك بين الخرسانة و فولاذ التسليح

الرقم	المواد المؤثرة
١	حديد مبزر نظيف (مرجع)
٢	الصدأ
٣	الطين
٤	زيت السيارات
٥	طرطشة الخرسانةسابقة الصب
٦	حديد أملس يحتوي على باكور
٧	طلاء لميع (مقاوم للصدأ)
٨	حديد مبذر مغلف بخرطوم بلاستيكي ويحتوي باكور

(٤-٢)التجارب اللازمة لتصميم الخلطة الخرسانية

إن عملية الخلط، والصب، يجب أن يسبقها عدة تجارب وجميعها تلزم لحساب الخلطة الخرسانية الموضحة في الفصل الثالث، ومن هنا كان لا بد من إجراء بعض التجارب على الركام والاسمنت، كعملية التحليل بالمناخل وإيجاد الوزن النوعي والكثافة النوعية للركام الخشن

والناعم وإيجاد نسبة الامتصاص للركام الخشن والناعم وكانت النتائج التي تم الحصول عليها كالتالي:

- **الوزن النوعي للركام الخشن والناعم*:**

الوزن النوعي = الوزن / الحجم

الوزن النوعي للحصمة الناعمة= 15.685/10081.14

=0.00156kg/cm3

الوزن النوعي للحصمة الخشنة= 15.03/10081.14

=0.00149kg/cm3

*التفاصيل موضحة في الملحق (أ).

- **نسبة الامتصاص:**

طبقت هذه التجربة على كل من الركام الناعم والركام الخشن وكانت النتائج كما في الجداول المرفقة في الملحق (أ).

(٤-٣)عملية تحضير فولاذ التسليح

١. عملية تحضير قضبان الفولاذ:

شملت هذه المرحلة تحضير قضبان مبزرة بقطر Φ8 وفقا لحسابات التسليح التي حصلنا عليها في الفصل الثالث، حيث قمنا بقص قضبان التسليح بطول ٤٨سم وبطول ٦٠سم للقضبان المبزرة والملساء والتي تحتوي على باكور، تبع ذلك عملية تحضير فولاذ التسليح للكانات بقطر Φ6 وبطول كلي ٢٨سم .انظر للشكل (٤-٣-١)، (٤-٣-٢).

الشكل(٤-٣-١): قضبان الحديد المبزرة المستخدمة Φ8

الشكل(٤-٣-٢): الكانات المستخدمة Φ6

في الشكل (٤-٣-٢) يظهر شكل الكانة بعد عملية الثني حيث قمنا باستخدام حديد بقطر Φ6 وبطول كلي ٢٨ سم، حيث تم الثني بطول ضلع ٦cm للكانة وذلك وفق للحسابات المبينة في الفصل الثالث.

٢. عملية تربيط الكانات مع حديد التسليح:

بعد عملية قص قضبان التسليح وتحضير الكانات تتم عملية جمع الكانات مع قضبان التسليح وفقا للحسابات الناتجة في الفصل الثالث، حيث أن كل جسر يحتوي على ٥ كانات من كل جانب و يتم تربيط الكانات بأسلاك(١ ملم) كما في الشكل(٤-٣-٣)، (٤-٣-٤).

الشكل (٤-٣-٣):عملية تربيط الكانات

هنا تظهر قضبان التسليح و الكانات بشكلها النهائي قبل عملية وضعها في قوالب الصب، ويجب الأخذ بعين الاعتبار المسافات بين الكانات وفقا للحسابات الناتجة.

٣. عملية تحضير المتغيرات على فولاذ التسليح:

☑ تحضير قضبان الحديد المبزر التي يغطيها الزيت، **انظر الأشكال** (٤-٣-٤)، (٤-٣-٥).

شكل (٤-٣-٤):عملية دهن الحديد بالزيت

شكل (٤-٣-٥):حديد التسليح لجسر بعد دهانه بالزيت

تظهر في هذه الصورتين **أعلاه** كيفية طلاء قضبان التسليح **بالإضافة إلى قضبان** حديد التسليح بعد عملية طلاءها بالزيت المستخدم في أعمال طلاء أخشاب البناء لمنع التصاقها **بالخرسانة**.

☑ عملية تحضير القضبان الملساء التي تحتوي على باكور

لقد تمت عملية **إعداد (الباكور)** للقضبان باستخدم الملازم الموجودة في مشاغل الجامعة وبمجهود يدوي مما تتطلب وقتا وجهد كبير.**انظر الأشكال** (٤-٣-٦)، (٤-٣-٧).

الشكل(٤-٣-٦):كيفية عمل الباكور في قضبان الحديد **الأملس**

شكل(٤-٣-٧):قضيب **أملس** يحتوي على باكور عند أطرافه

☑ عملية إعداد القضبان المبزرة المغطى سطحها بأنبوب بلاستيكي وتحتوي على باكور عند أطرافها.

تهدف هذه التجربة إلى إلغاء تأثير التملك بين الخرسانة و فولاذ التسليح بشكل كامل و الاعتماد الكلي على التثبيت بواسطة الباكور الطرفي، انظر الشكل (٤-٣-٨).

شكل (٤-٣-٨): الأنبوب البلاستيكي المستخدم (بربيج شقلة)

☑ عملية تجهيز القضبان المبزرة التي يغطيها الطين

شكل (٤-٣-٩): قضيب مبزر يغطيه الطين

☑ تجهيز القضبان المبزرة التي يغطيها دهان لميع

لقد استخدمنا دهان لميع يستخدم لمنع الصدأ وهو مشابه لمادة **(الابوكسي)** التي تغلف بها قضبان التسليح في الموقع لمنع صدأ القضبان. **انظر الأشكال** (٤-٣-١٠)، (٤-٣-١١).

شكل (٤-٣-١٠):عملية دهن الحديد بالدهان الزيتي لميع

شكل(٤-٣-١١):مادة الدهان المستخدمة

في الشكل(٤-٣-١٠) نرى كيف تتم عملية طلاء قضبان التسليح بالطلاء الزيتي، حيث تترك القضبان بعد عملية الطلاء مدة يوم حتى تجف قبل **أن** تتم عملية **الصب، و** يظهر الشكل (٤-٣-١١) **علبة** مادة الطلاء المستخدمة في هذه المرحلة.

(٤-٤)عملية الخلط والصب

بعد القيام بالحسابات المطلوبة للخلطة الخرسانية من نسبة ماء وكميات ركام خشن وناعم ولسمنت تأتي عملية الخلط و الصب حيث يتم العمل وفق الخطوات التالية.

١. تنظيف القوالب وإزالة الطرطشة الناتجة من عمليات الصب السابقة كما في الشكل (٤-٤-١)

الشكل (٤-٤-١): تنظيف القوالب

٢. دهن القوالب بالزيت حتى تسهل عملية إزالة العينات منها كما في الشكل(٤-٤-٢).

يجب طلاء الجسور بمادة الزيت المخصصة لعملية تسهيل فك الجسور عن القوالب بعد يوم من جفافها.

الشكل(٤-٤-٢) دهن الجسور بالزيت

أيضا تتم عملية طلاء قوالب المكعبات بمادة الزيت المخصصة لعملية تسهيل فك المكعبات عن القوالب بعد يوم من جفافها.

٣. تتم عملية تحضير الخلطة الخرسانية وفقا للنسب التي تم حسابها كما في الجدول رقم (٤-٢-١)، حيث تم البدء بعملية الخلط وذلك بوضع كميات محسوبة من الرمل والركام و الاسمنت والماء، والقيام بخلطها جيدا كما في الشكل(٤-٤-٣)، (٤-٤-٤).

الشكل(٤-٤-٣):عملية تحضير مكونات الخلطة الخرسانية

الشكل(٤-٤-٤):عملية الخلط

في عملية الخلط يجب مراعاة بعض الأمور مثل عملية إضافة الماء بشكل تدريجي وعملية الخلط بشكل جيد، أي خلط المواد ببعضها بحيث تتوزع بانتظام في الخلطة، ومن ما لاحظناه أن الركام الخشن يبقى على السطح بينما الرمل والاسمنت يمران من خلاله إلى الأسفل.

٤. عملية الصب حيث تتم عملية الصب في القوالب الموجودة وذلك بعد عملية وضع قضبان التسليح بقطر 2Φ8 وتربيطها بالكانات، حيث أن كل قالب يوضع فيه نوع واحد من المتغيرات كما في الشكل (٤-٤-٥) الذي يظهر صب القوالب بالخلطة المحضرة والتأكد من أن القضبان تبعد المسافة المطلوبة عن قاعدة القالب وهي ٢سم.

الشكل(٤-٤-٥):صب القوالب

عملية التحضير النهائي للقوالب قبل فوات زمن الشك للخرسانة، حيث تتم عملية الدمك بواسطة قضيب معدني، انظر الأشكال (٤-٤-٦)، (٤-٤-٧).

الشكل(٤-٤-٦):صب الخرسانة و توزيعها على الجسر

الشكل(٤-٤-٧):دمك الخرسانة

تتم عملية الدمك بالقضيب الخاص به، حيث يتم الدمك به بمقدار ٢٥ طرقة لكل قالب وتتم توزيع العملية في مواقع مختلفة في القالب، وذلك لتلافي وجود تعشيش في الجسور بين الخرسانة وقضبان التسليح.

٥. تتم في اليوم التالي عملية فك القوالب وإخراج العينات الجافة منها، لتوضع في الماء كما هو موضح في الأشكال (٤-٤-٨)، (٤-٤-٩)، (٤-٤-١٠)، (٤-٤-١١).

الشكل (٤-٤-٨): القوالب بعد صب الخرسانة فيها

الشكل(٤-٤-٩): القوالب بعد أن تصلبت الخرسانة فيها

شكل(٤-٤-١٠-أ): الجسور مغمورة في الماء

شكل(٤-٤-١٠-ب): الجسور مغمورة في الماء

شكل(٤-٤-١١): العينات الجاهزة للفحص

توضع الجسور والمكعبات الناتجة بعد عملية فكها عن القوالب مدة ٧ أيام في حوض الماء، لكي تكتمل عملية تفاعل الخرسانة، وبعد تلك الفترة تخرج لتجرى عليها فحوصات التحميل لمدة(٧) و (٢٨)يوم.

(٤-٥) عملية تحميل العينات

بعد مرور (٧)و(٢٨) يوم على عملية الصب نقوم بتحميل العينات على جهاز الكسر كما في الشكل(٤-٥-١)، (٤-٥-٢)، لمعرفة مقدار قوى التحمل للعينات المختلفة، حيث وضع جدول لتنظيم هذا العمل وذلك لعدد العينات الكبير جدول(٤-٥-١)، ومعرفة أشكال الكسر للعينات "التي سوف تفصل في فصل تحليل النتائج " انظر الأشكال (٤-٥-٣)، (٤-٥-٤)، (٤-٥-٥)، (٤-٥-٦).

جدول(٤-٥-١):جدول العمل للفحوصات المخبرية للمتغيرات

المتغير	تاريخ الصب	تاريخ الفحص	مدة الاختبار	عدد العينات	حمل الكسر KN
حديد مبزر يغطيه الصدأ			٧ أيام	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	
			٢٨ يوم	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	
حديد مبزر نظيف (مرجع)			٧ أيام	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	
			٢٨ يوم	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	
حديد مبزر تغطيه الأتربة			٧ أيام	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	

				عينة ١	
				عينة ٢	
			٢٨ يوم	عينة ٣	
				عينة ١	
				عينة ٢	
			٧ أيام	عينة ٣	
				عينة ١	
حديد مبزر يغطيه الزيت				عينة ٢	
			٢٨ يوم	عينة ٣	
				عينة ١	
				عينة ٢	
			٧ أيام	عينة ٣	
				عينة ١	
حديد أملس يحتوي على باكور				عينة ٢	
			٢٨ يوم	عينة ٣	
				عينة ١	
				عينة ٢	
			٧ أيام	عينة ٣	
				عينة ١	
حديد مبزر تغطيه خرسانة سلبقة الصب				عينة ٢	
			٢٨ يوم	عينة ٣	
				عينة ١	
				عينة ٢	
			٧ أيام	عينة ٣	
				عينة ١	
حديد مبزر مغلف بخرطوم بلاستيكي ويحتوي على باكور				عينة ٢	
			٢٨ يوم	عينة ٣	

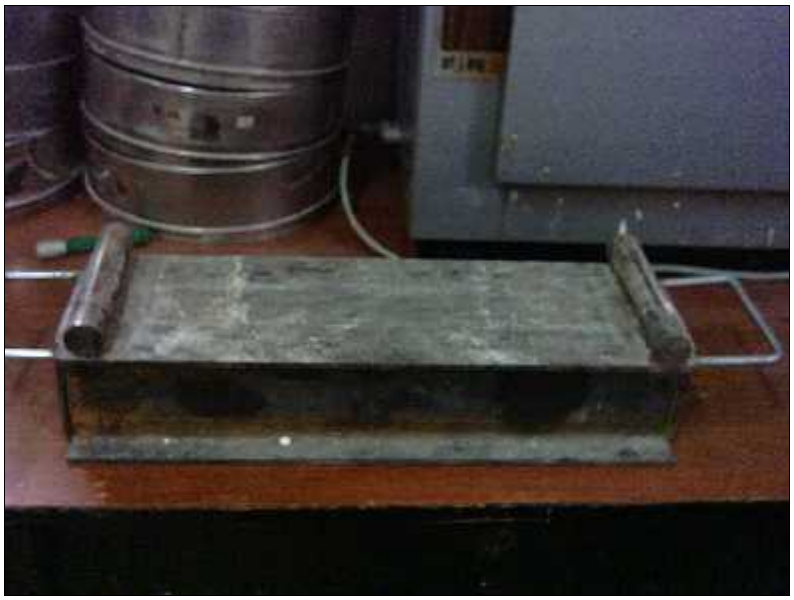
حديد مبزر يغطيه دهان لميع			٧ أيام	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	
			٢٨ يوم	عينة ١	
				عينة ٢	
				عينة ٣	

شكل (٤-٥-١-أ):جهاز كسر العينات

شكل(٤-٥-١ب): مؤشر القراءة لجهاز كسر العينات

هنا يظهر جهاز تحميل العينات، وهو جهاز يستطيع فحص المكعبات والجسور وذلك بوضع قطع إضافية له، **ومن الملاحظ أن** الجهاز يقوم بإعطائنا قوى كسر بوحدة الكيلو نيوتن (KN).

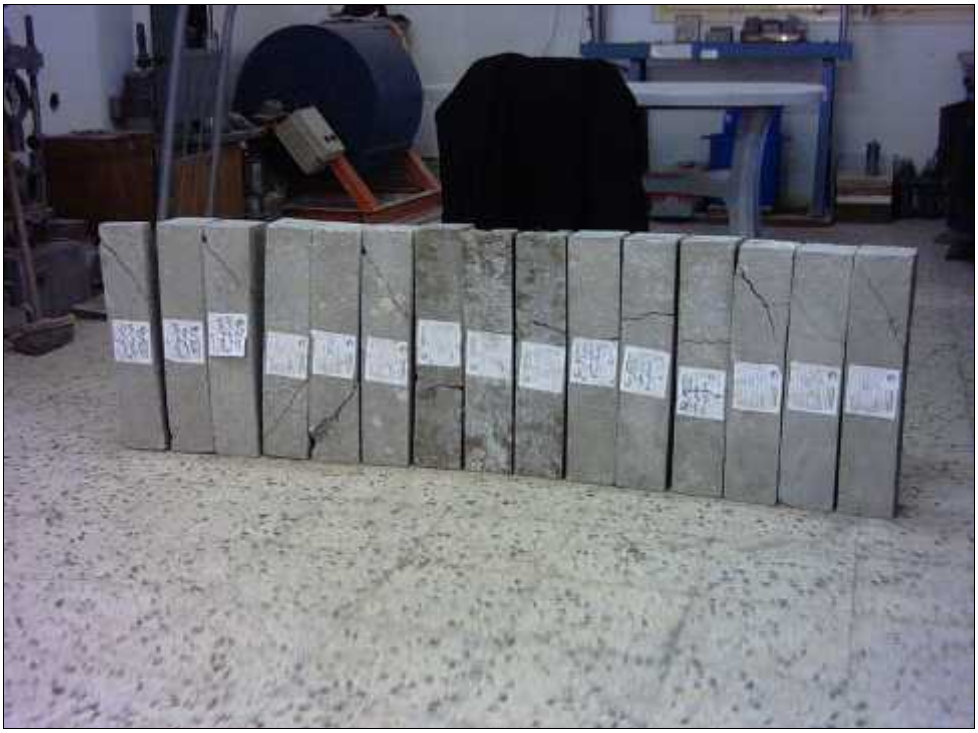
شكل(٤-٥-٢):عملية تحميل الجسور



شكل(٤-٥-٣):الهيكل المعدني المستخدم لفحص الجسور

تظهر هنا عملية تحميل الجسور على جهاز الضغط، ونرى القطع الإضافية التي تضاف للجهاز وذلك لعملية فحص الجسور عليه، ويجب مراعاة اخذ المسافات الصحيحة بين الركائز وبين نقاط الضغط وهي ٦ **اسم**.

الشكل(٤-٥-٤):شكل الكسر في المكعبات



شكل(٤-٥-٥): أشكال الكسر في بعض الجسور المستخدمة لاختبارات ٧ أيام

شكل(٤-٥-٦): صورة تظهر **مجموعة من** الجسور التي استخدمت في هذه الدراسة بعد فحصها على جهاز الكسر.

(٤-٦) فحص إجهاد الشد لقضبان التسليح

يتم من خلال هذا الفحص لتأكيد أن المشكلة هي ليست بنفس خصائص الحديد و أن إجهاد الشد للقضبان المستخدمة هو مطابق للمواصفات **و** أن المشكلة هي في المتغيرات التي تؤثر **على** قضبان التسليح وتضعف التماسك بين الخرسانة و قضبان التسليح.

بالنسبة لفحص إجهاد الشد لقضبان الحديد وجهاز الفحص وطريقة التثبيت للقضبان موضحة في **الأشكال** (٤-٦-١)، (٤-٦-٢)، (٤-٦-٣).

شكل(٤-٦-١): جهاز فحص الشد للقضبان التسليح

شكل(٤-٦-٢): جزء المدخلات و شاشة النتائج لجهاز فحص الشد للقضبان التسليح

شكل(٤-٦-٣): كيفية تثبيت القضيب الفولاذي ووضع القلب الحديد عليه

بالنسبة لطريقة الفحص و خطواتها فهي تكون تابعة لجهاز الفحص، **أما بالنسبة للحسابات الخاصة** بمطابقة الحديد للمواصفات فهي كما يلي:

Input data taken from bars which testing:

1. diameter of bar=7.8mm
2. length of bar=52.26m
3. weight of bar=209.7gm
4. elongation at 10% , 20% which larger

Out put data taken from paper the machine draw it:

1. Area=50.26mm^2
2. Max force=31.59 KN
3. strength=628.6N/ mm^2

4. Yield point ≅21.38KN

*The diameter of bar after test =6.48mm

*10% elongation is larger

Yield strength= Yield point = 21.38*1000

Area 50.26

Fy =425.3N/ mm^2 OK

Equivalent diameter (de)= $12.74\sqrt{\frac{M}{L}} = 12.74\sqrt{\frac{209.7}{522.6}}$

=8 mm

Total Elongation = $\frac{d1-d2}{d1}$ *100% = $\frac{7.8-6.48}{7.8}$ *100% =16.9%

Weight gm/m= $\frac{209.7*100}{52.26}$ 401.26gm/m

جميع المعلومات اللازمة **والأشكال مرفقة في الملاحق، ملحق (ج)**.

الفصل الخامس

النتائج و تحليلها

(5-1) مقدمة

بعد الانتهاء من الأعمال المخبرية بشقيها، الأول وهو عملية صب العينات والثاني عملية فحص العينات، فإنه و بالاعتماد على جدول العمل الموجود في الفصل الرابع حصلنا على النتائج الخاصة بفحص المتغيرات التي تؤثر على حديد التسليح و تماسكه مع الخرسانة، بالنظر إلى جدول العمل فقد قمنا بالفحوصات على الجسور التي تحتوي على المتغيرات بواقع ٣ عينات لكل حالة، وقد قمنا بإجراء الفحوصات بعد ٧، ٢٨ يوم.

ستكون طريقة العرض للنتائج في هذا الفصل هي عرض نتائج الاختبارات بعد أسبوع ومن ثم تحليل هذه النتائج و مقارنتها بالمرجع وهو الحديد النظيف، كذلك الأمر بالنسبة لنتائج اختبارات ل٢٨ يوم سنستخدم نفس الطريقة في العرض. بعد إكمال عرض النتائج و تحليلها سنجمل النتائج للاختبارات على مراحلها المختلفة في جداول و إظهار النتائج في مخططات تظهر الاختلاف في القوة بين المتغيرات.

لقد كانت كميات الخلطة الخرسانية والتي حصلنا عليها في الفصل الثالث موحدة لكل العينات، وللتأكد من قوة الخلطة الخرسانية قمنا بإعداد مكعبات خرسانية وفحصها بعد ٣، ٧، ٢٨ يوم أثناء القيام بعملية الصب لأول متغيرين.انظر إلى الجداول (5-1-1)، (5-1-2) التي تظهر نتائج فحوصات المكعبات التجريبية.

جدول (5-1-1): نتائج فحص المكعبات للعينات التي تحتوي على حديد مبزر نظيف

مدة الاختبار (يوم)	عدد العينات	حمل الكسر (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	قوة الخرسانة * (Mpa)
٣	عينة١	170	163	16.3
	عينة٢	167		
	عينة٣	152		
٧	عينة١	210	209	20.9
	عينة٢	197		
	عينة٣	220		
٢٨	عينة١	328	317.6	31.76
	عينة٢	312		
	عينة٣	319		

*قوة الخرسانة = $\frac{163KN * 1000N}{(100mm * 100mm)1KN}$ = $16.3\ N/mm^2$ =16.3 Mpa

جدول (٥-١-٢): نتائج فحص المكعبات للعينات التجريبية

مدة الاختبار (يوم)	عدد العينات	حمل الكسر KN	متوسط حمل الكسر (KN)	قوة الخرسانة (Mpa)
٣	عينة١	148	150.4	15.04
	عينة٢	160		
	عينة٣	143		
٧	عينة١	195	194.67	19.47
	عينة٢	190		
	عينة٣	199		
٢٨	عينة١	302	299	29.9
	عينة٢	398		
	عينة٣	297		

إذا كما يظهر لنا من الجدولين السابقين إن الفرق في حمل الكسر بين نتائج فحص المكعبات هو إلى حد ما قليل و ذلك للأسباب الذكورة سابقا

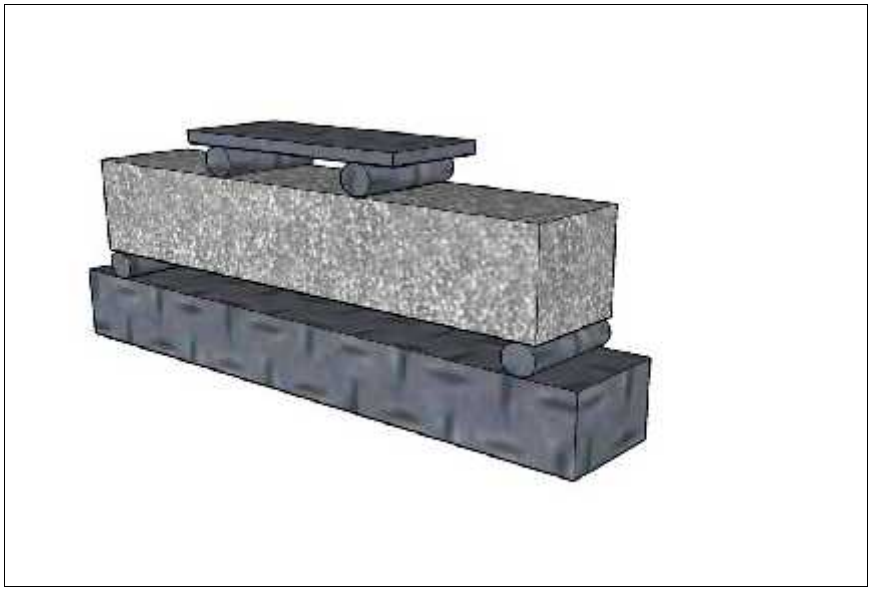
لو أردنا إن نأخذ النقص في حمل الكسر للمكعبات بعد اختبارات الأسبوع للاختبارين في الجداول (٥-١-١، ٢) كما يلي:

القص في حمل الكسر للمكعبات = $\frac{31.76-29.9}{31.76}*100\%$ =5.86%

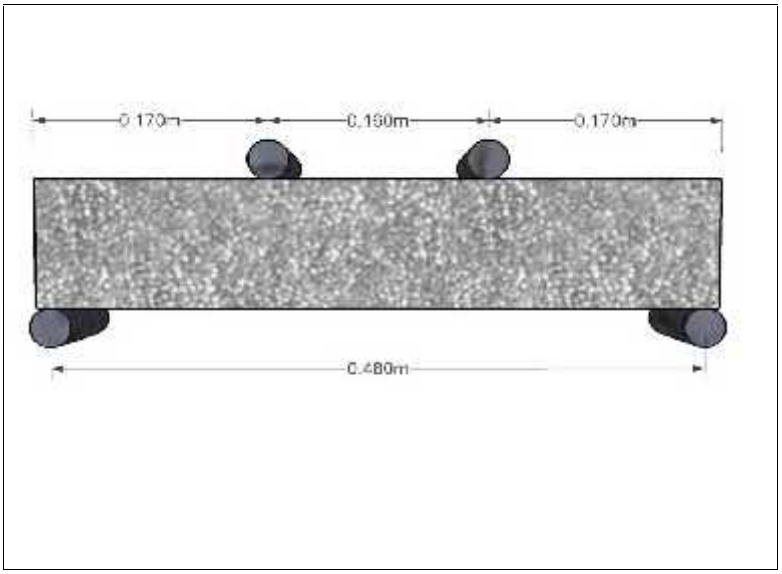
هذه النسبة هي ليست كبيرة بالرجوع إلى أصحاب الخبرة في هذا المجال.

(٥-٢) نتائج اختبارات المتغيرات وتحليلها

في البداية انظر **للشكل** (٥-٢-١)الذي يظهر كيفية تحميل العينات على جهاز الضغط.



شكل (٥-٢-١-أ): كيفية تحميل العينات على جهاز الضغط.



شكل (٥-٢-١ب): كيفية تحميل العينات على جهاز الضغط.

(٥-٢-١)حديد مبزر نظيف (المرجع)

يظهر الجدول (٥-٢-١) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر نظيف للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-١): نتائج اختبارات الفولاذ النظيف

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر* (KN.m)
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7	48	46.17	7.39
		44.5		
		46		
	28	82	87.33	13.97
		93		
		87		

*عزم الكسر= 46.17*0.16m = 7.39 KN.m

وبدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

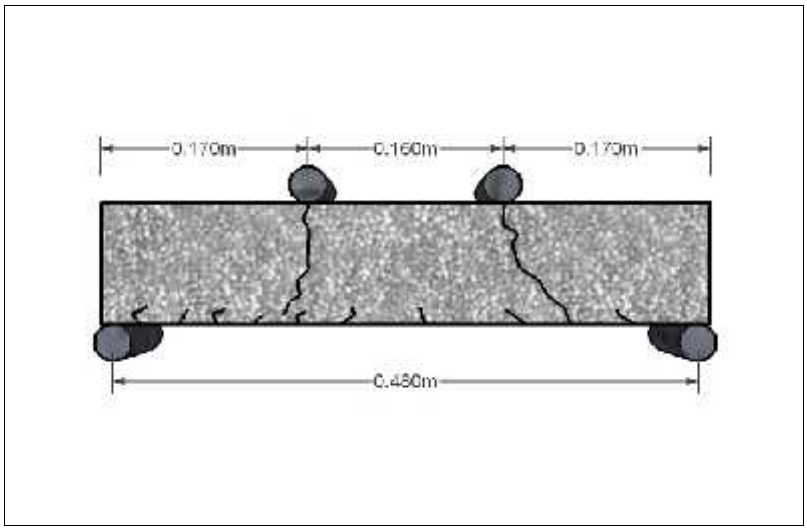
أولا: اختبارات الأسبوع

لقد كانت نتائج اختبار حمل الكسر للعينات التي تحتوي فولاذ نظيف بعد ٧ أيام كما هي موضحة في الجدول (٥-٢-١).

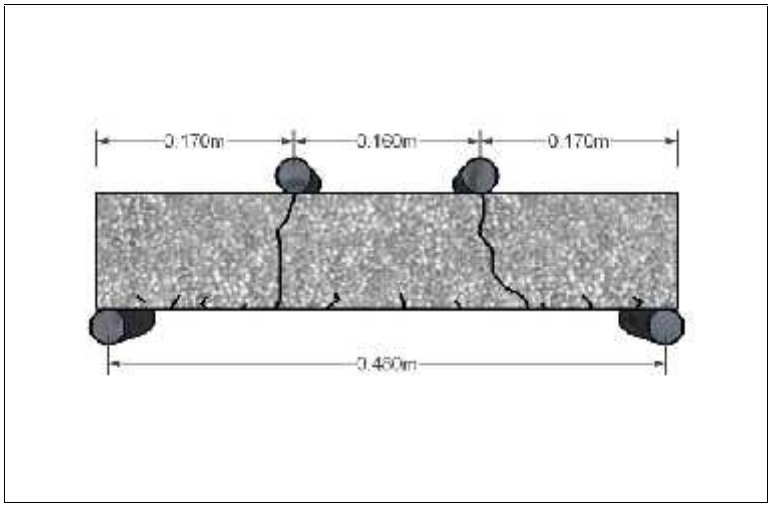
الأصل أن يكون الفولاذ المبزر النظيف الأكثر قيمة في حمل الكسر وبالتالي عزم الكسر، لكن نتائج الفحوصات بعد أسبوع ليست بالضرورة أن تكون هي المرجع للحكم على النتائج.

يبين الشكل (٥-٢-٢) العينات التي تحتوي على الحديد المبزر النظيف بعد انهيارها، و يبين الشكل (٥-٢-٣) أشكال الكسر في العينات التي تحتوي على الحديد المبزر النظيف بعد تعريضها لجهاز الضغط و انهيارها.

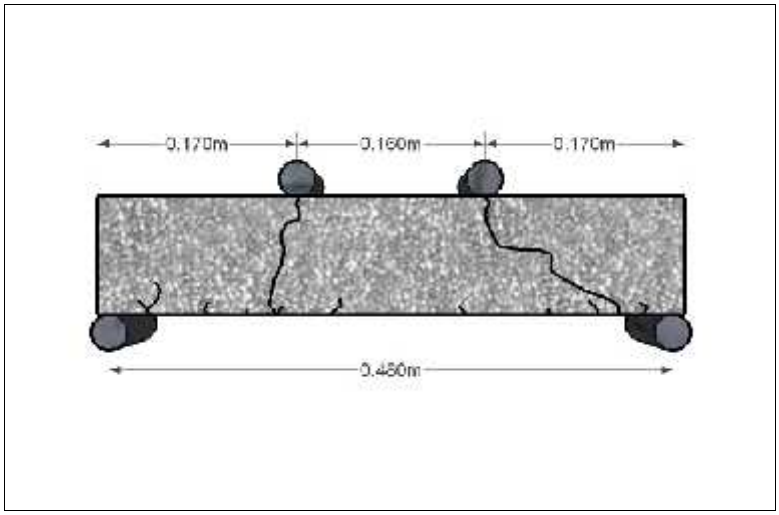
شكل (٥-٢-٢): شكل الكسر في العينات اللتي احتوت على فولاذ نظيف بعد اختبارات **٧** ايام



شكل (٥-٢-٣-أ): شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ مبزر النظيف بعد اختبارات **٧** أيام



شكل (٥-٢-٣-ب): شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ مبزر النظيف بعد اختبارات **٧** أيام

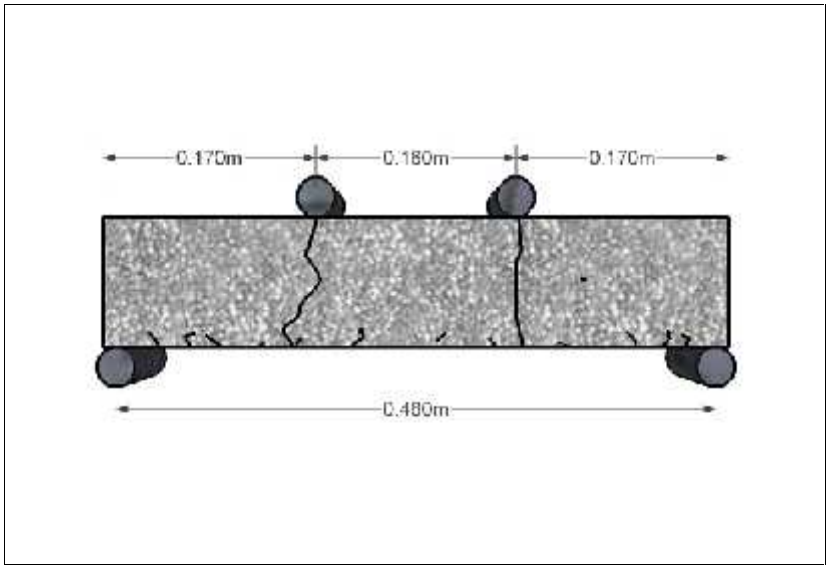


شكل (٥-٢-٣-ج)شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ مبزر النظيف بعد اختبارات **٧** أيام

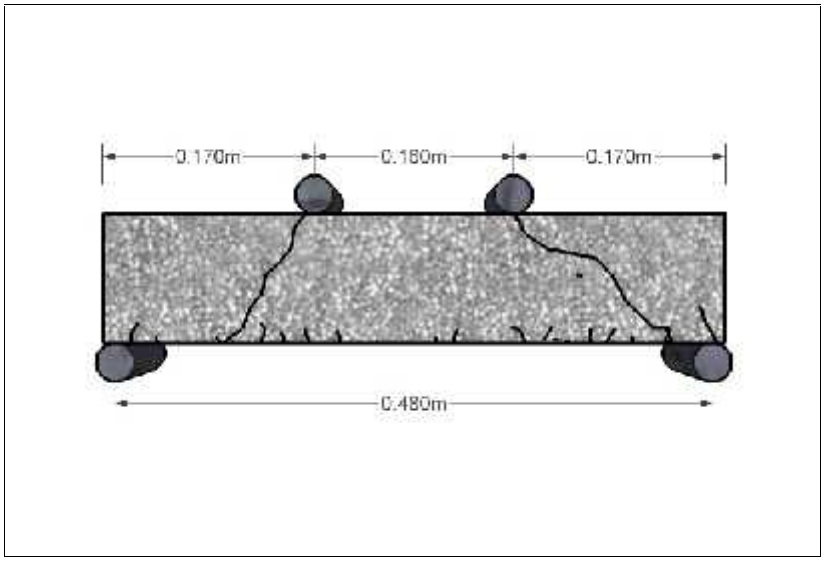
ثانيا: اختبارات (٢٨) يوم

لقد كانت نتائج اختبار حمل الكسر للعينات التي تحتوي حديد نظيف بعد ٢٨ يوم كما هي موضحة في الجدول (٥-٢-١).

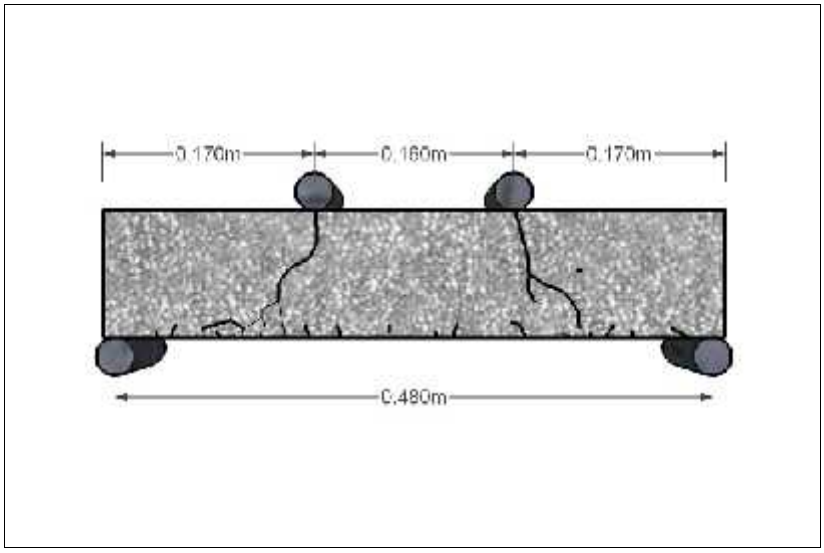
يبين الشكل (٥-٢-٤) أشكال الكسر في العينات التي تحتوي على الحديد المبزر النظيف بعد تعريضها لجهاز الضغط بعد اختبارات ٢٨ يوم.



شكل (٥-٢-٤-أ):شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ مبزر نظيف بعد اختبارات ٢٨ يوم.



شكل (٥-٢-٤-ب):شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ مبزر نظيف بعد اختبارات ٢٨ يوم.



شكل (٥-٢-٤-ج):شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ مبزر نظيف بعد اختبارات ٢٨ يوم.

(٥-٢-٢) حديد مبزر يغطيه الصدأ

يظهر الجدول (٥-٢-٢) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر يغطيه الصدأ للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٢): نتائج اختبارات للفولاذ المبزر الذي يغطيه الصدأ

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد مبزر يغطيه الصدأ	7	39.6	40.53	6.49
		42		
		40		
	28	90	87	13.92
		83		
		88		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

القص في العزم للحديد المبزر الذي يغطيه الصدأ بعد ٧ أيام = $\frac{7.39 - 6.49}{7.39} * 100\%$

$= 12.18\%$

القص في العزم للحديد المبزر الذي يغطيه الصدأ بعد ٢٨ يوم = $\frac{87.33 - 87}{87.33} * 100\%$

$= 0.36\%$

و بدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

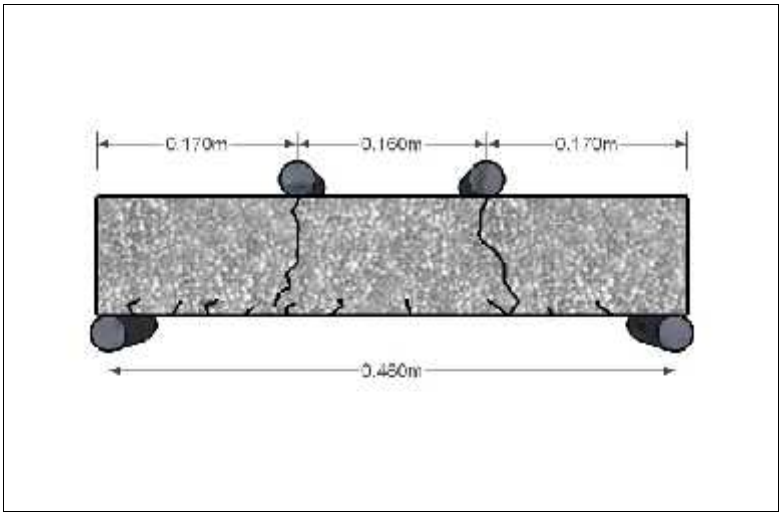
أولا: اختبارات الأسبوع

لقد كانت اختبارات الحديد المبزر الذي يغطيه الصدأ هي المرحلة الثانية من الاختبارات و الجدول (٥-٢-٢) يظهر نتائج اختبار للعينات بعد أسبوع.

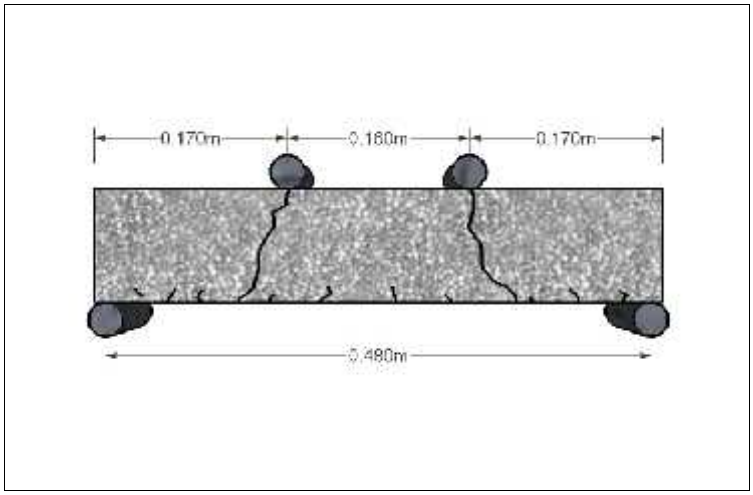
لقد كان الحديد في هذه الحالة يغطيه الصدأ بشكل كبير، النقص في القوة والعزم ١٢.١٨% و هي نسبة ليست كبيرة، ربما لان الصدأ بحد ذاته لا يمنع التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح.

الشكل(٥-٢-٥) يظهر أشكال العينات التي تحتوي على صدا بعد تعريضها لجهاز الضغط، و الشكل(٥-٢-٦) يظهر كيفية أشكال الكسر في العينات التي تحتوي على فولاذ يغطيه الصدأ بعد فحوصات الأسبوع.

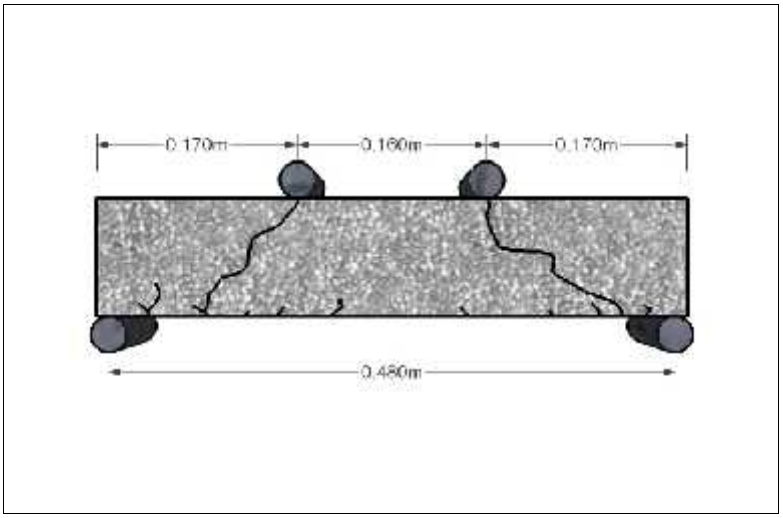
شكل(٥-٢-٥): أشكال العينات التي تحتوي على فولاذ يغطيه الصدأ بعد انهيارها بعد اختبارات ٧ أيام



شكل(٥-٢-٦-أ)**شكل الكسر في** عينة تحتوي على فولاذ يغطيه الصد بعد اختبار ٧ أيام



شكل(٥-٢-٦-ب)**شكل اخر للكسر في** عينة تحتوي على فولاذ يغطيه الصد بعد اختبار ٧ أيام

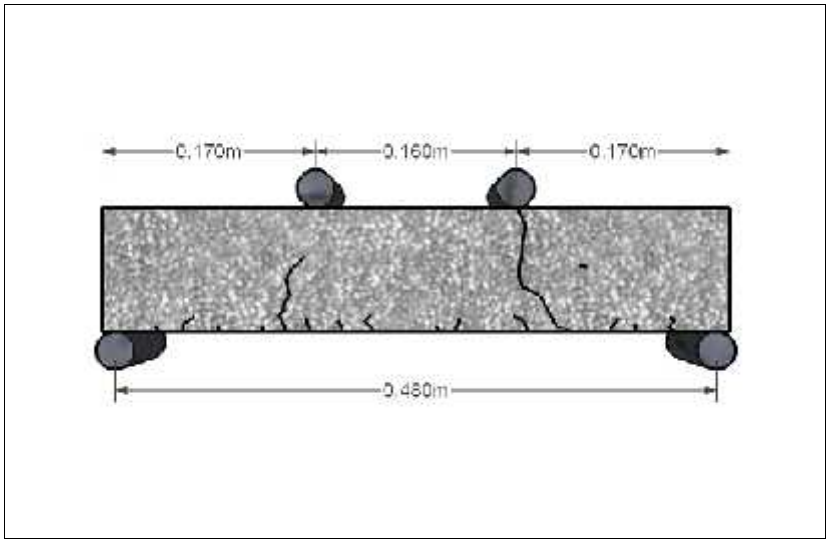


شكل(٥-٢-٦-ج)شكل اخر للكسر في عينة تحتوي على فولاذ يغطيه الصد بعد اختبار ٧ أيام

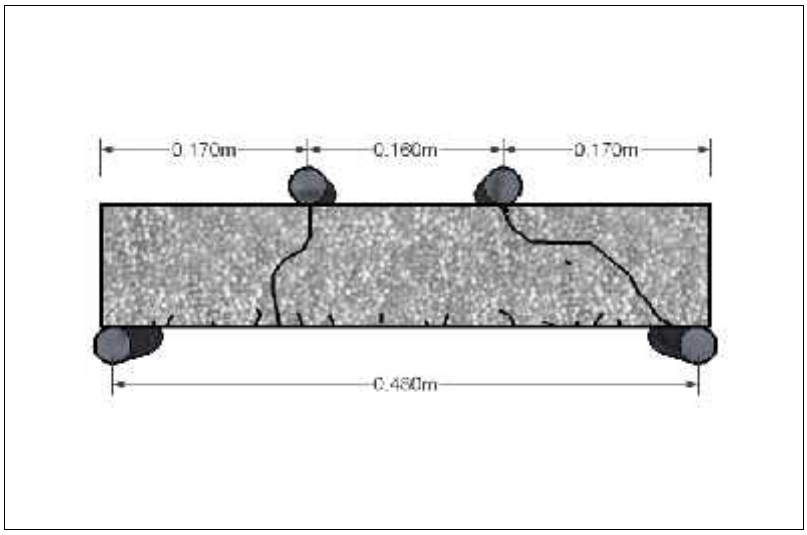
ثانيا: اختبارات (٢٨) يوم

الجدول (٥-٢-٢) يظهر نتائج الاختبار للعينات التي تحتوي على حديد مبزر يغطيه بعد ٢٨ يوم

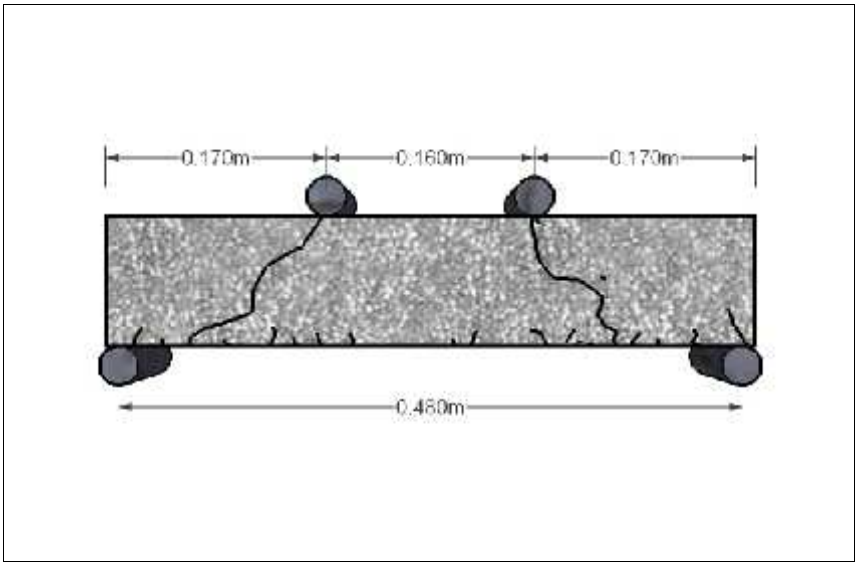
إن النقص في العزم ٠.٣٦% هي نسبة قليلة جدا وهي أيضا اقل من النسبة التي حصلنا عليها بعد اختبارات الأسبوع، هذا يؤكد أن الصدأ بحد ذاته لا يمنع التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح.الشكل(٥-٢-٧) يظهر كيفية أشكال الكسر في العينات التي تحتوي على فولاذ يغطيه الصدأ بعد فحوصات ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-٧-أ):شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ يغطيه الصدأ بعد اختبارات ٢٨ يوم

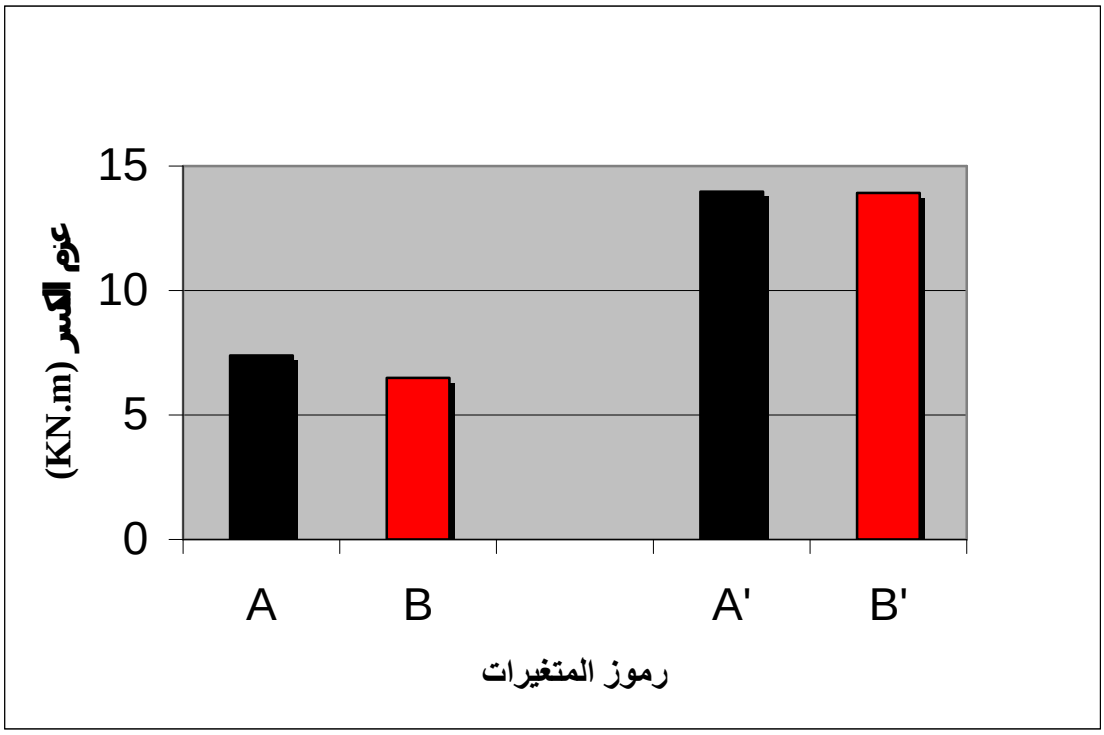


شكل(٥-٢-٧-ب):شكل الكسر في عينة تحتوي على فولاذ يغطيه الصدأ بعد اختبارات ٢٨ يوم



شكل(٥-٢-٧-ج)**شكل** الكسر في عينة تحتوي على فولاذ يغطيه الصدأ **بعد اختبارات** ٢٨ يوم

يظهر **الشكل**(٥-٢-٨) رسم تخطيطي للاختلاف في عزم الكسر بين الفولاذ المبزر النظيف (**المرجع**) **و الفولاذ** المبزر الذي يغطيه الصدأ بحيث أن هذه المخطط لاختبارات ٧، ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-٨): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ يوم بين

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف بعد اختبار ٧ أيام

B: رمز الفولاذ المبزر الذي يغطيه الصدأ بعد اختبار ٧ أيام

A': رمز الفولاذ المبزر النظيف بعد اختبار ٢٨ يوم

B': رمز الفولاذ المبزر الذي يغطيه الصدأ بعد اختبار ٢٨ يوم

(٥-٢-٣) حديد مبزر تغطيه الأتربة

يظهر الجدول (٥-٢-٣) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر تغطيه الأتربة للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٣): نتائج اختبارات للفولاذ المبزر الذي تغطيه الأتربة

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد مبزر تغطيه الأتربة	7	30.5	31	4.97
		25.5		
		31		
	28	54	52.3	8.37
		43		
		60		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

القص في العزم للحديد المبزر الذي تغطيه الأتربة بعد اختبار ٧ أيام =

$$\frac{7.39 - 4.97}{7.39} * 100\% = 32.75\%$$

القص في العزم للحديد المبزر الذي تغطيه الأتربة بعد اختبار ٢٨ يوم =

$$\frac{13.97 - 8.37}{13.97} * 100\% = 40.07\%$$

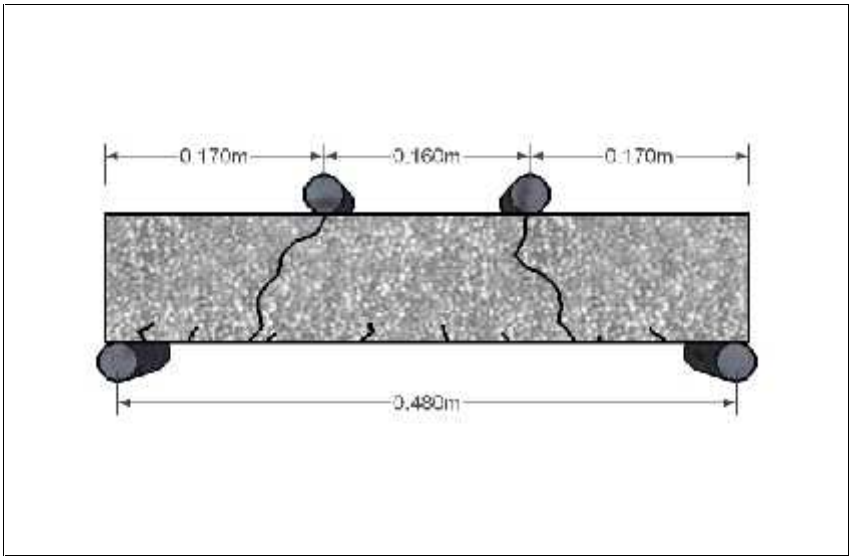
و بدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

أولا: اختبارات الأسبوع

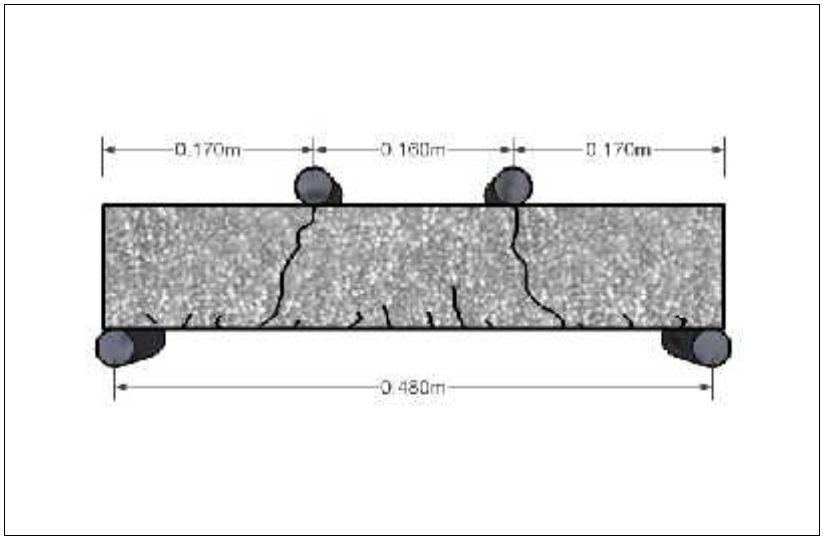
الجدول (٥-٢-٣) يمثل نتائج العينات التي تحتوي على الحديد المبزر الذي تغطيه الأتربة بعد اختبار أل ٧ أيام.

لو لاحظنا النتائج التي أمامنا لوجدنا أن الفرق بينها في حمل الكسر قريب نوعا ما, وهذا يبين أن العينات الثلاثة ستأخذ في عين الاعتبار.لكن نلاحظ في انخفاض في قوة تحمل الجسور مما يضع أمامنا سؤال, هي وجود الأتربة على حديد التسليح قد يسبب ضعف التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح لدرجة انهيار المنشأ؟, ولكن لابد من التأكيد أن نتائج اختبارات الأسبوع هي غير نهائية وإنما يعتمد على اختبارات ٢٨ يوم.

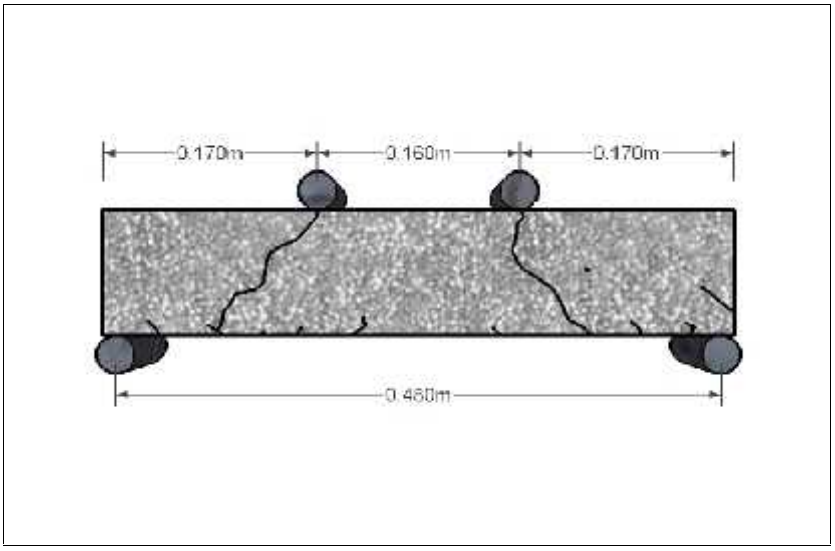
إن الانخفاض في نسبة العزم الذي يتحمله هذا النوع من المتغيرات كبيرة حيث أن النقص في نسبة العزم ٣٢.٧٥%، ربما يعود السبب في هذا الانخفاض في القوة لان الأتربة تغطي الحديد وتمنع البروزات من أداء عملها وهو توفير اكبر قدر ممكن من التماسك و الاحتكاك بين الخرسانة وحديد التسليح.الشكل(٥-٢-٩) يظهر كيفية شكل الكسر في الجسور التي تحتوي على حديد تسليح تغطيه الأتربة بعد فحوصات الأسبوع.



شكل(٥-٢-٩-أ): شكل الكسر في جسر يحتوي على فولاذ تسليح تغطيه الأتربة



شكل(٥-٢-٩-ب): شكل الكسر في جسر يحتوي على فولاذ تسليح تغطيه الأتربة



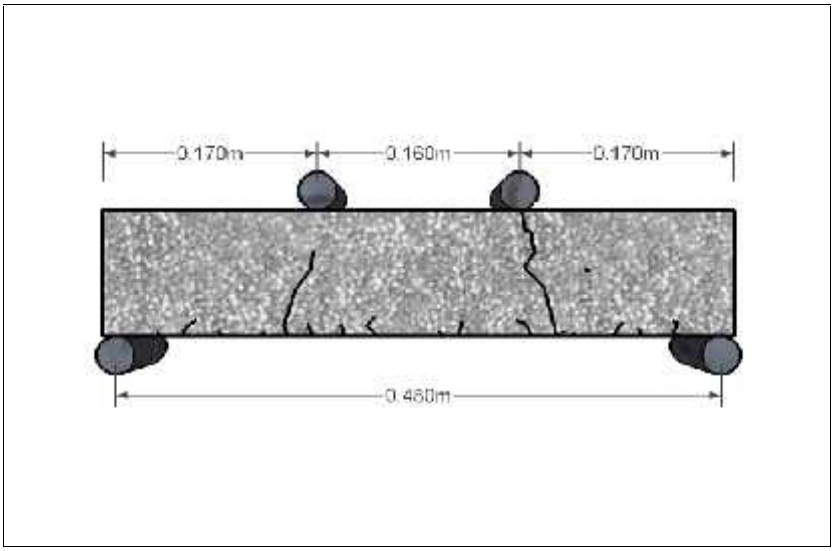
شكل(٥-٢-٩-ج): شكل الكسر في جسر يحتوي على فولاذ تسليح تغطيه الأتربة

ثانيا: اختبارات (٢٨) يوم

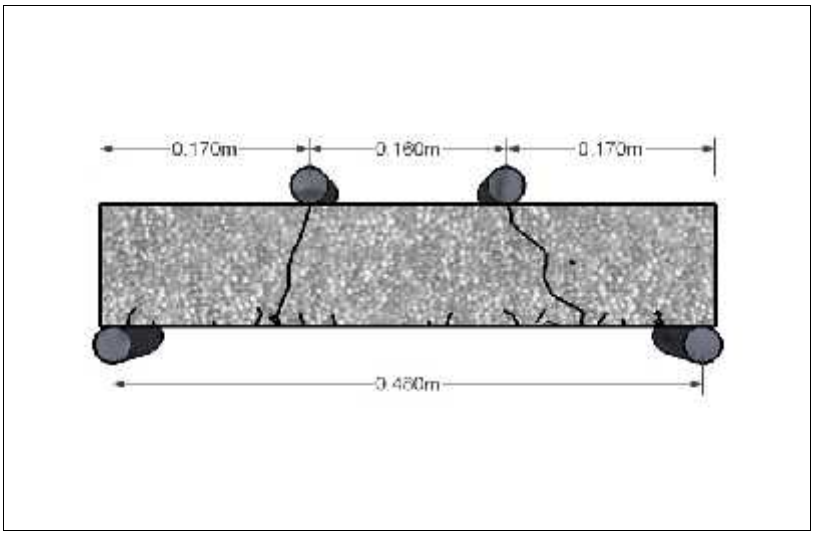
الجدول (٥-٢-٣) يمثل نتائج العينات التي تحتوي على الحديد المبزر الذي تغطيه الأتربة بعد اختبار أل ٢٨ يوم.

نلاحظ في انخفاض في قوة تحمل الجسور و قيمة النقص في عزم الكسر ٤٠.٠٧% هي قيمة كبيرة وان التشابه في نتيجة بين اختبارات ٧، ٢٨ في القص الكبير في عزم الكسر يؤكد أن وجود الأتربة على حديد التسليح يسبب ضعف التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح لدرجة انهيار العنصر الإنشائي.

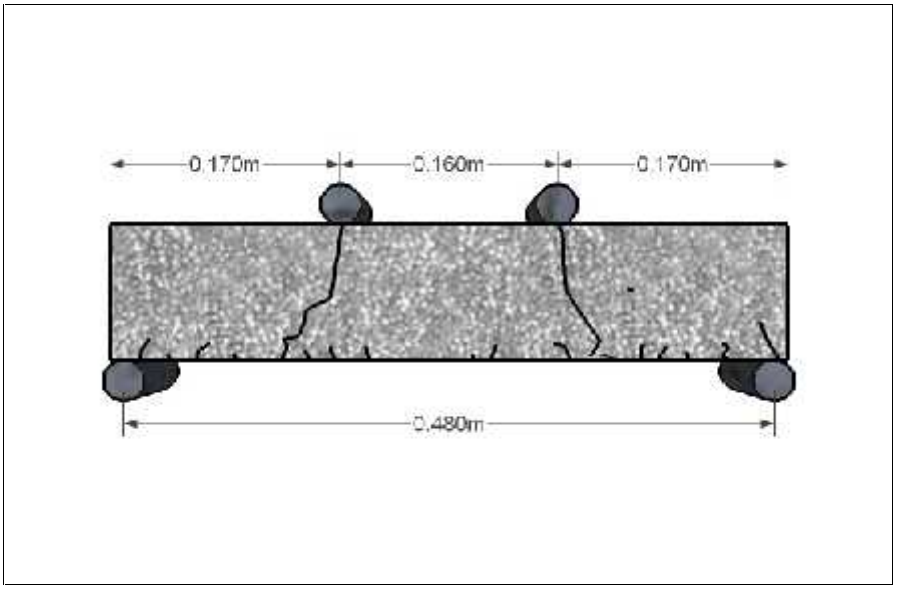
للشكل(٥-٢-١٠) يظهر أشكال الكسر في الجسور التي تحتوي على حديد تسليح تغطيه الأتربة بعد تعريضه لجهاز الضغط لفحوصات أل ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-١٠-أ)شكل الكسر في جسر يحتوي على فولاذ تسليح تغطيه الأتربة بعد اختبار ٢٨ يوم



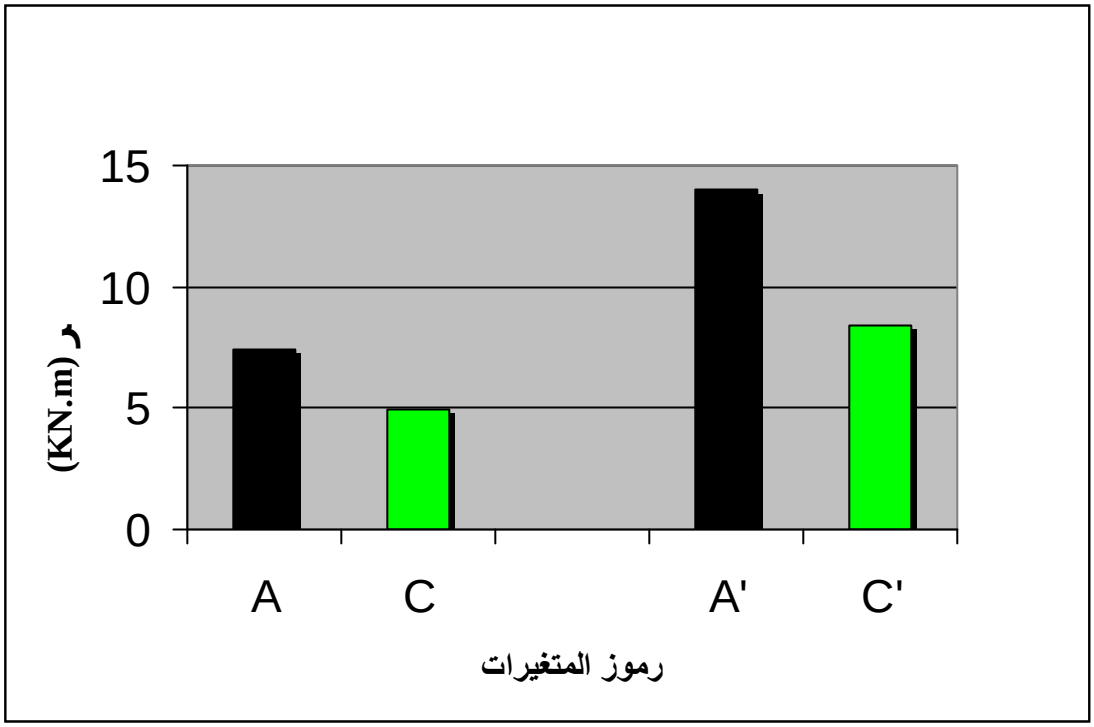
شكل(٥-٢-١٠-ب)شكل اخرلكسر في جسر يحتوي على فولاذ تسليح تغطيه الأتربة بعد اختبار ٢٨ يوم



شكل(٥-٢-١٠-ج)شكل اخر للكسر في جسر يحتوي على فولاذ تسليح تغطيه الأتربة بعد اختبار ٢٨ يوم

من المناسب هنا الحديث عن خرسانة النظافة, تظهر لنا نتائج اختبارات فولاذ الذي تغطيه الأتربة أن هناك نقص كبير في عزم الكسر مقارنة بالفولاذ النظيف مما يدل على أن وجود طبقة نظافة أرضية قبل صب الأساسات تساعد على حماية فولاذ التسليح من الأتربة و الأوساخ أن تلعق به.

انظر للشكل (٥-٢-١١) يظهر مخطط تفصيلي يبن الفرق في عزم الكسر بين الحديد المبزر النظيف والحديد المبزر الذي تغطيه الأتربة.



شكل(٥-٢-١١): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ بين

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف بعد اختبار ٧ أيام

C: رمز الفولاذ المبزر الذي يغطيه الأتربة بعد اختبار ٢٨ يوم

A': رمز الفولاذ المبزر النظيف بعد اختبار ٧ أيام

C': رمز الفولاذ المبزر الذي يغطيه الأتربة بعد اختبار ٢٨ يوم

(٥-٢-٤)حديد مبزر يغطيه الزيت

يظهر الجدول (٥-٢-٤) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر يغطيه الزيت للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٤): نتائج اختبارات للفولاذ المبزر الذي يغطيه الزيت

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد مبزر يغطيه الزيت	7	37	38.5	6.16
		43		
		38.5		
	28	71	64.67	10.35
		57		
		66		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

القص في العزم للحديد المبزر الذي يغطيه الزيت بعد اختبار ٧ أيام=

$$\frac{7.39 - 6.16}{7.39} * 100\% = 16.64\%$$

القص في العزم للحديد المبزر الذي يغطيه الزيت بعد اختبار ٢٨ يوم=

$$\frac{13.97 - 10.35}{13.97} * 100\% = 25.91\%$$

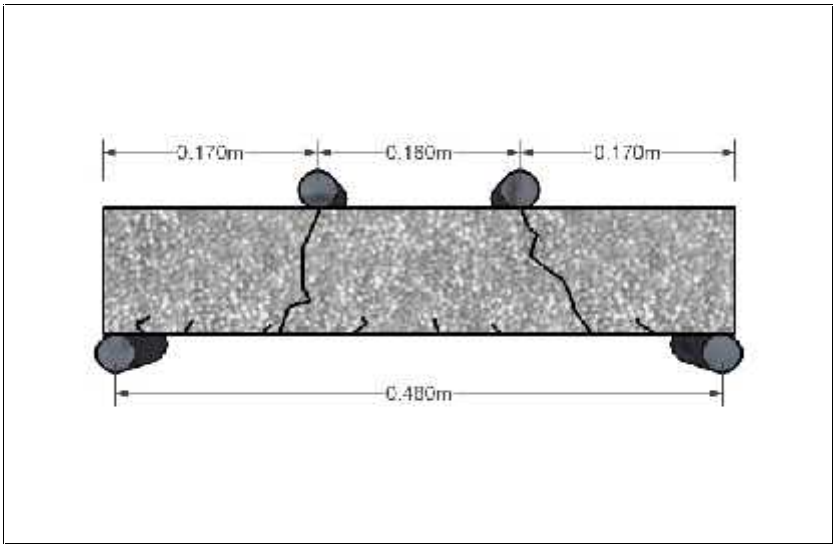
وبدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

أولا: اختبارات الأسبوع

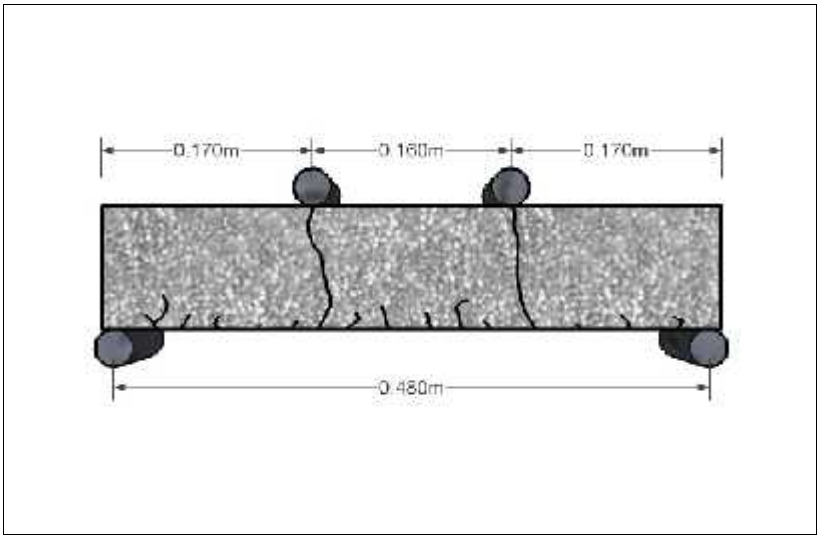
كما يظهر في الجدول (٥-٢-٤) نلاحظ أن قوة تحمل الجسور التي تحتوي حديد تسليح مغطى بالزيت هي نوعا ما ليست بعيدة عن الحديد النظيف, أيضا فان قوة تحمل العينات الثلاثة مقاربة نوع ما.

لا بد أن نشير إلى أن المتغيرين السابقين وهما الأتربة و الزيوت المستخدمة في دهان الأخشاب والتي يطلق عليه في السوق (زيت السيارة غير النظيف) هي غير موجودة دائما في الموقع أو بمعنى آخر هي ربما ليست موجودة بشكل كبير كما في استخدام القضبان التي تحتوي على حديد يغطيه الصدأ أو الخرسانةسابقة الصب مثلا. ربما تكون الزيوت بعيدة عن حديد التسليح أثناء إعداد حديد التسليح للعناصر الإنشائية قبل الصب, لكن هذا لا يعني أن تأثير هذه المتغيرات يمكن إهماله في حال وجودها.

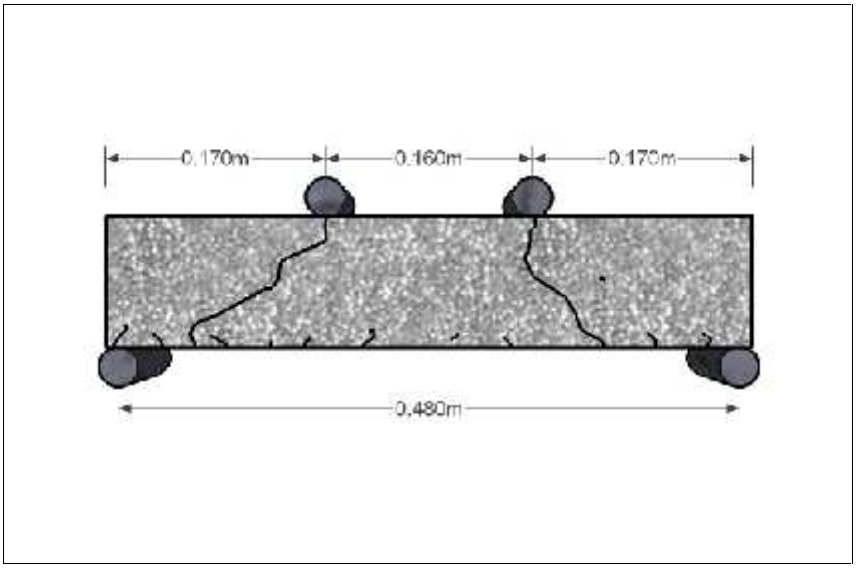
بالنسبة للحديد الذي يغطيه الزيت (المستخدم في دهان الأخشاب)فان نسبة النقص في تحمل العزم هي ليست كبيرة حيث أنها تساوي ١٦.٦٤% وهي تقريبا اقل من خمس القوة التي تتحملها الجسور التي تحتوي على حديد نظيف, يعود السبب إلى أن الزيوت ربما لا تمنع من دخول الخرسانة بين البروزات و تماسكه مع حديد التسليح. للشكل (٥-٢-١٢) يظهر أشكال الكسر لهذا المتغير.



شكل (٥-٢-١٢-أ): شكل الكسر لعينة تحتوي على فولاذ تسليح يغطيه الزيت بعد اختبار **٧** أيام.



شكل (٥-٢-١٢-ب): شكل الكسر لعينة تحتوي على فولاذ تسليح يغطيه الزيت بعد اختبار **٧** أيام.

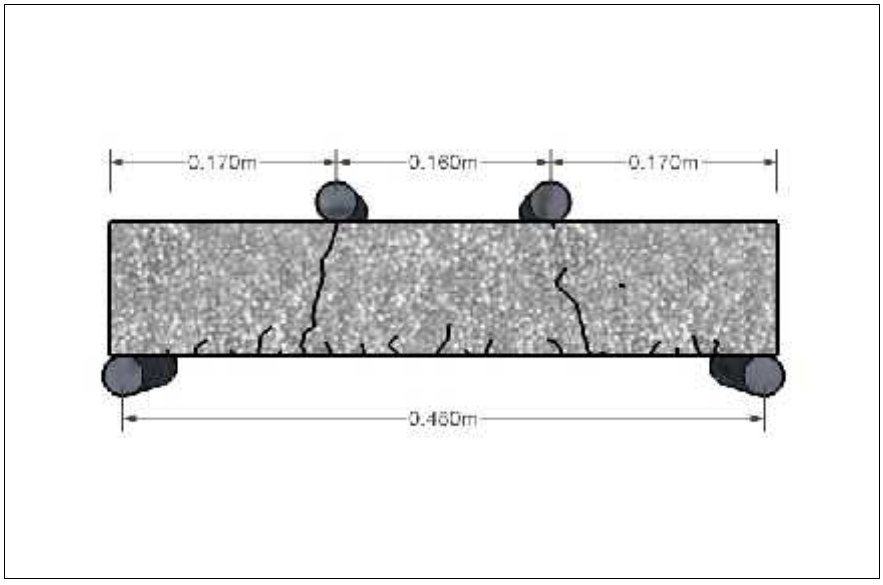


شكل (٥-٢-١٢-ج): شكل الكسر لعينة تحتوي على فولاذ تسليح يغطيه الزيت **بعد اختبار ٧** أيام.

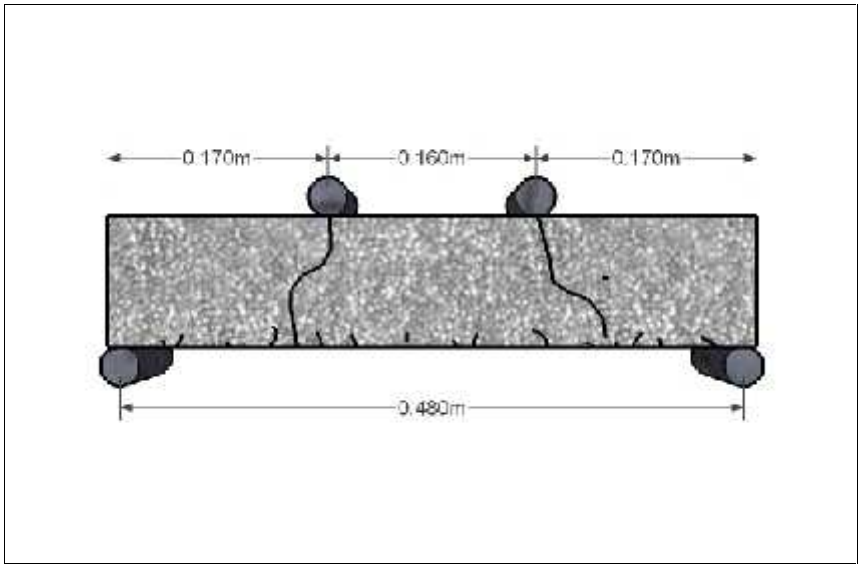
ثانيا: اختبارات (٢٨) يوم

كما يظهر في الجدول (٥-٢-٤) **نلاحظ** أن قوة تحمل الجسور التي **تحتوي** حديد تسليح مغطى بالزيت هي بعيدة عن الحديد النظيف، **ونلاحظ أن النقص في القوة بعد ٢٨** يوم اكبر منها **بعد ٧** أيام.

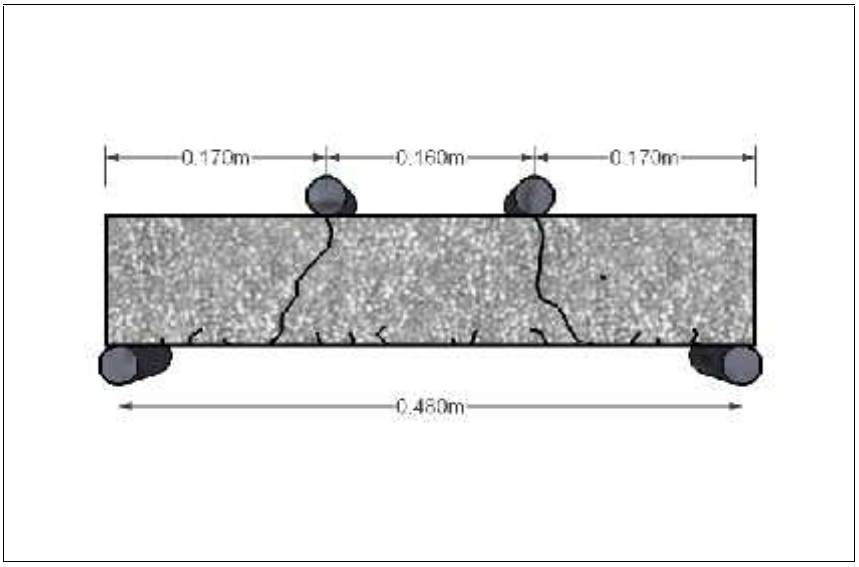
الشكل (٥-٢-١٣) يظهر أشكال الكسر للعينات التي تحتوي على حديد مبزر مغطى بالزيت بعد اختبارات ٢٨ يوم.



شكل (٥-٢-١٣-أ): شكل الكسر لعينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بالزيت بعد اختبارات ٢٨ يوم.

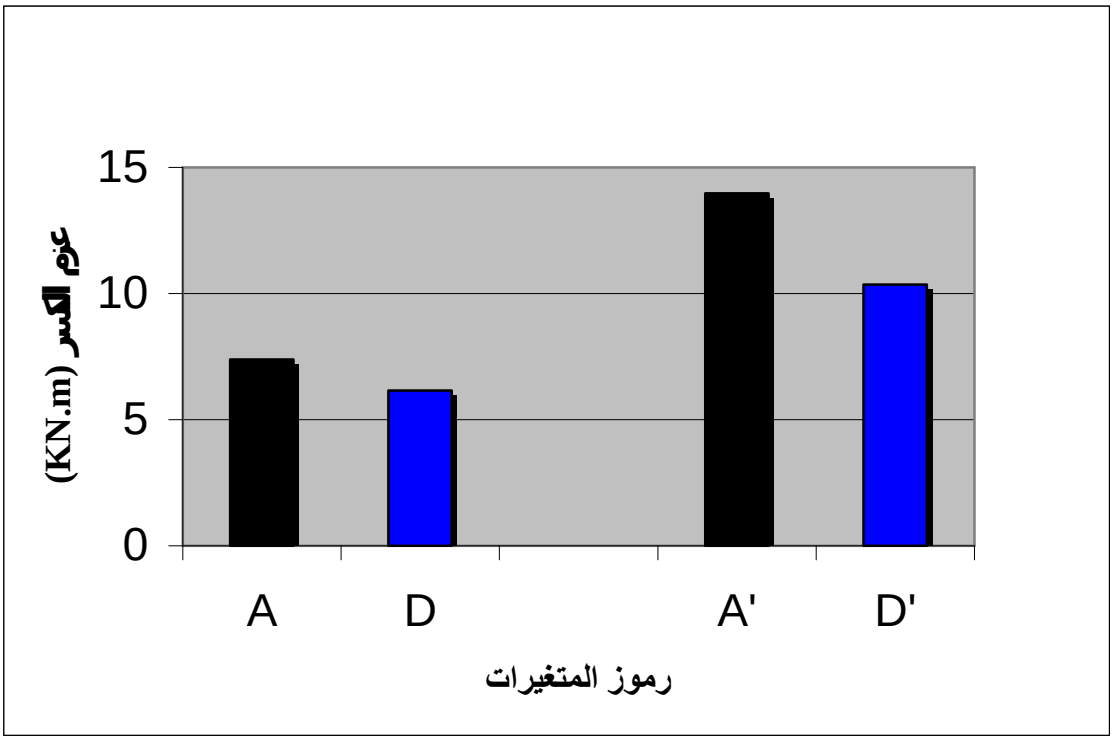


شكل (٥-٢-١٣-ب): شكل الكسر لعينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بالزيت بعد اختبارات ٢٨ يوم.



شكل (5-2-13-ج): شكل الكسر لعينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بالزيت بعد اختبارات ٢٨ يوم.

الشكل (5-2-١٤) يظهر مخطط تفصيلي يبن الفرق في عزم الكسر بين الحديد المبزر النظيف والحديد المبزر الذي يغطيه الزيت.



شكل(٥-٢-١٤): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ يوم بين

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف بعد اختبار ٧ أيام

D: رمز الفولاذ المبزر الذي يغطيه الزيت بعد اختبار ٧ أيام

A': رمز الفولاذ المبزر النظيف بعد اختبار ٢٨ يوم

D': رمز الفولاذ المبزر الذي يغطيه الزيت بعد اختبار ٢٨ يوم

(٥-٢-٥) حديد أملس يحتوي على باكور

يظهر الجدول (٥-٢-٥) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ أملس يحتوي على باكور للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٥): نتائج اختبارات للفولاذ الأملس الذي يحتوي على باكور

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد أملس يحتوي على باكور	7	42	40.83	6.53
		41.5		
		39		
	28	64	72.66	11.63
		83		
		71		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

القص في العزم للحديد الأملس الذي يحتوي على باكور بعد اختبار ٧ أيام=

$$\frac{7.39 - 6.53}{7.39} * 100\% = 11.64\%$$

القص في العزم للحديد الأملس الذي يحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم =

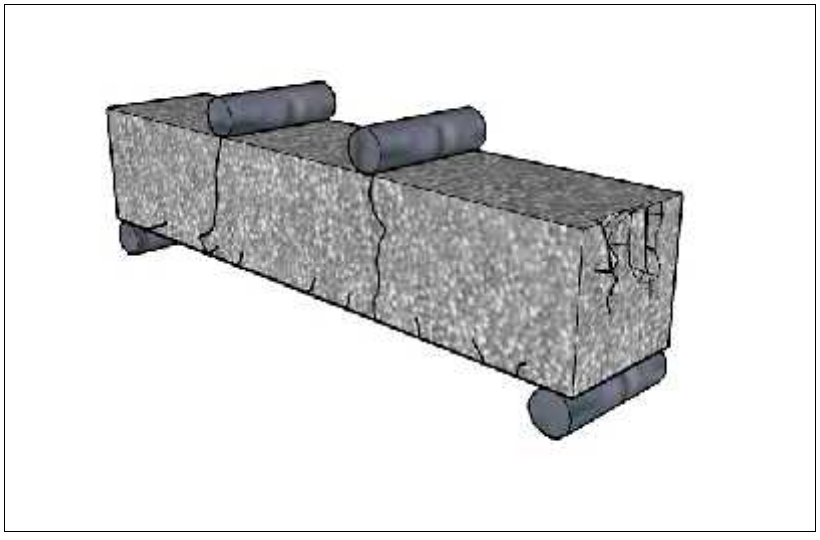
$$\frac{13.97 - 11.63}{13.97} * 100\% = 16.75\%$$

وبدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

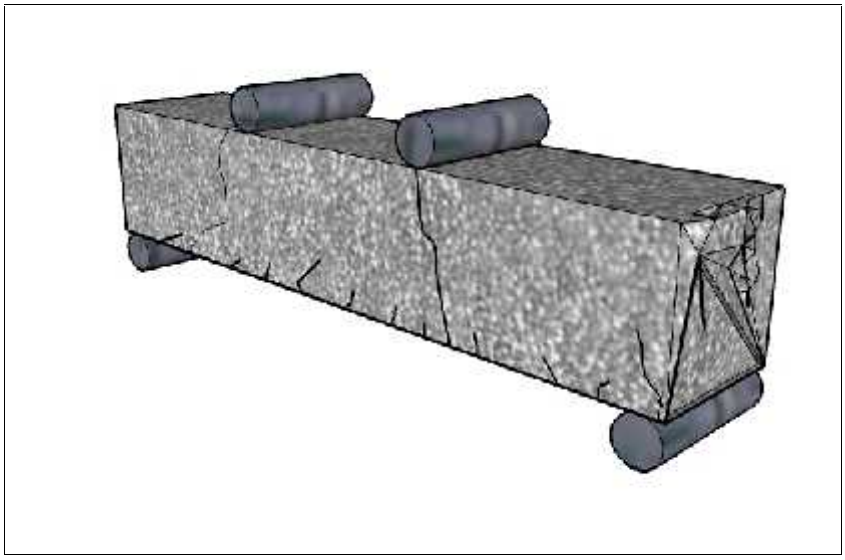
أولا:اختبارات الأسبوع

بالنسبة للعينات التي تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور فنحن هنا ألغينا تأثير البروزات في التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح و أصبح الاعتماد على الالتصاق الكيميائي بين الخرسانة وحديد التسليح، **ولكن** وجود الباكور يزيد من تأثير التماسك.

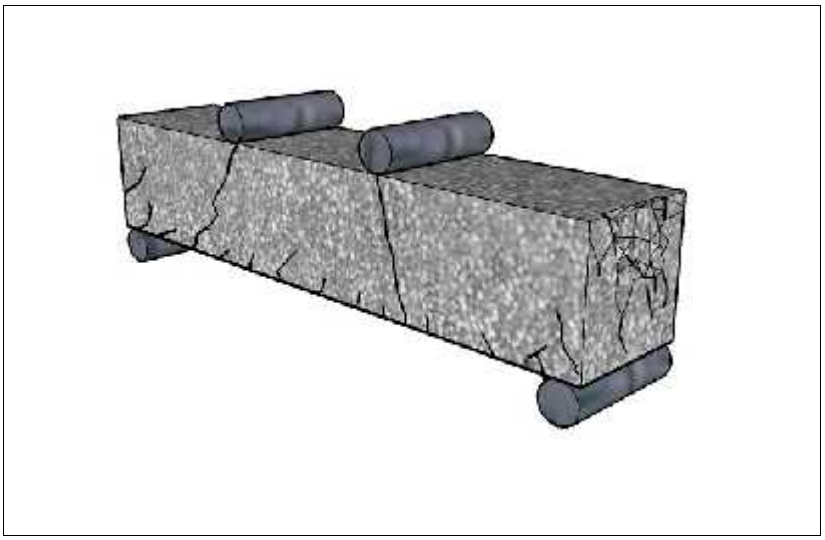
الهدف من هذه المتغير هو معرفة مدى النقص في القوة في حال إلغاء تأثير البروزات و الاستغناء عن ذلك بوجود باكور، **ومن جدول** أعلاه يظهر أن النقص في تحمل العزم لهذا المتغير بعد أسبوع ١١.٦٤% وهذه نسبة ليست كبيرة مما يدل على أن الالتصاق الكيميائي و وجود الباكور له دور كبير في تماسك الخرسانة مع فولاذ التسليح. **للشكل**(٥-٢-١٥) يظهر أشكال الكسر في العينات التي تحتوي على هذا المتغير بعد فحوصات الأسبوع.



شكل(٥-٢-١٥-أ):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور بعد اختبار ٧ أيام



شكل(٥-٢-١٥-ب):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور بعد اختبار ٧ أيام



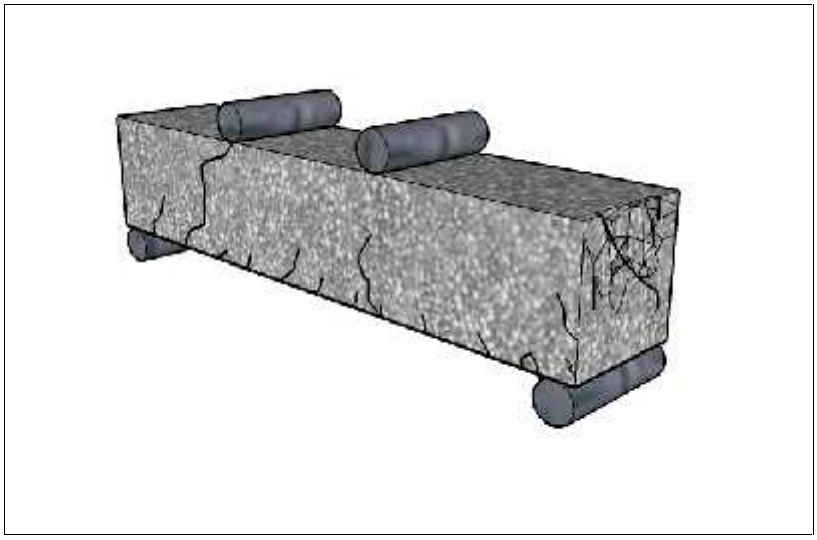
شكل(٥-٢-١٥-ج)شكل اخر لكسر في عينة تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور بعد اختبار ٧ أيام

الآن لو أردنا المقارنة بين عزم الكسر بين الحديد المبزر النظيف والحديد الأملس الذي يحتوي باكور فنحن هنا نوضح مدى فاعلية الباكور في توفير تماسك بين الخرسانة و فولاذ التسليح، إن بوجود حديد أملس فنحن ألغينا تأثير البروزات كما ذكرناسابقا، فنحن لم نعد ندرس تأثير متغيرات تضعف التماسك بإلغاء وجود البروزات كما في الحديد المبزر المغطى بالأتربة مثلا، إنما هنا نركز البحث على فاعلية الباكور في حال لم يعد تماسك ميكانيكي بين الخرسانة و فولاذ التسليح بشكل تام و ذلك لعدم وجود بروزات.

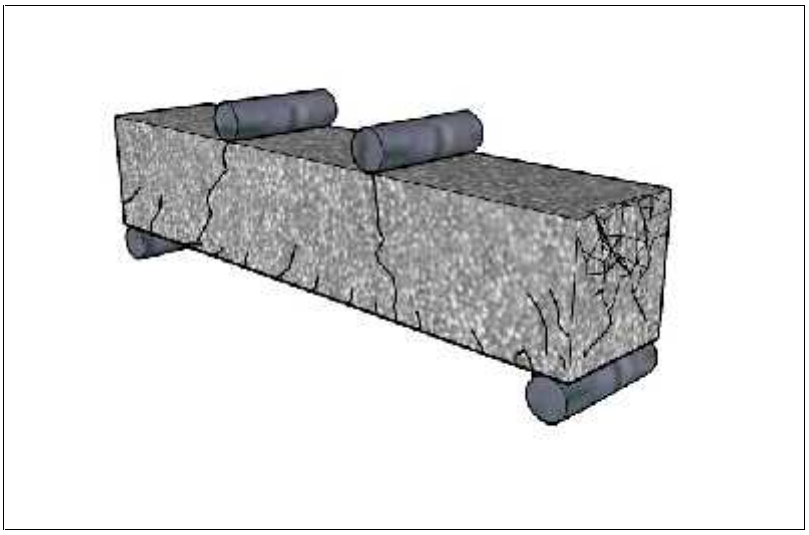
ثانيا:اختبارات (٢٨) يوم

لو نظرنا إلى الجدول (٥-٢-٥) نرى أن النقص في تحمل العزم لهذا المتغير بعد أسبوع ١٦.٧٥% وهذه نسبة ليست كبيرة، هذه النتيجة مشابه نوعا ما إلى نتيجة اختبار(٧)أيام مما يؤكد أن الالتصاق الكيميائي و وجود الباكور له دور كبير في تماسك الخرسانة مع فولاذ التسليح. انظر للشكل(٥-٢-١٦) يظهر أشكال الكسر في الحديد الأملس الذي يحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم مع ملاحظة شكل الكسر في طرفي الجسر.

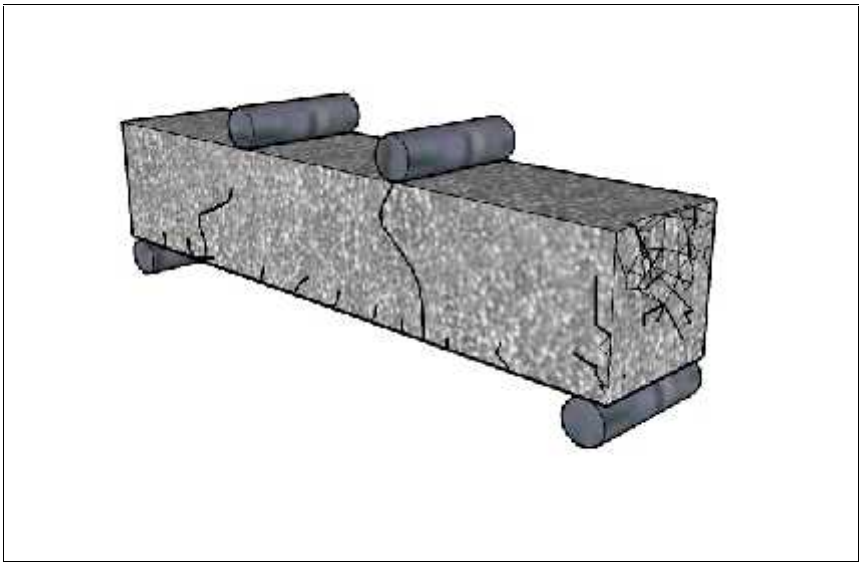
انظر الشكل (٥-٢-١٧) الذي يظهر مخطط يبين الفرق في عزم الكسر بين الحديد المبزر النظيف والحديد الأملس الذي يحتوي باكور بعد اختبار ٧، ٢٨يوم.



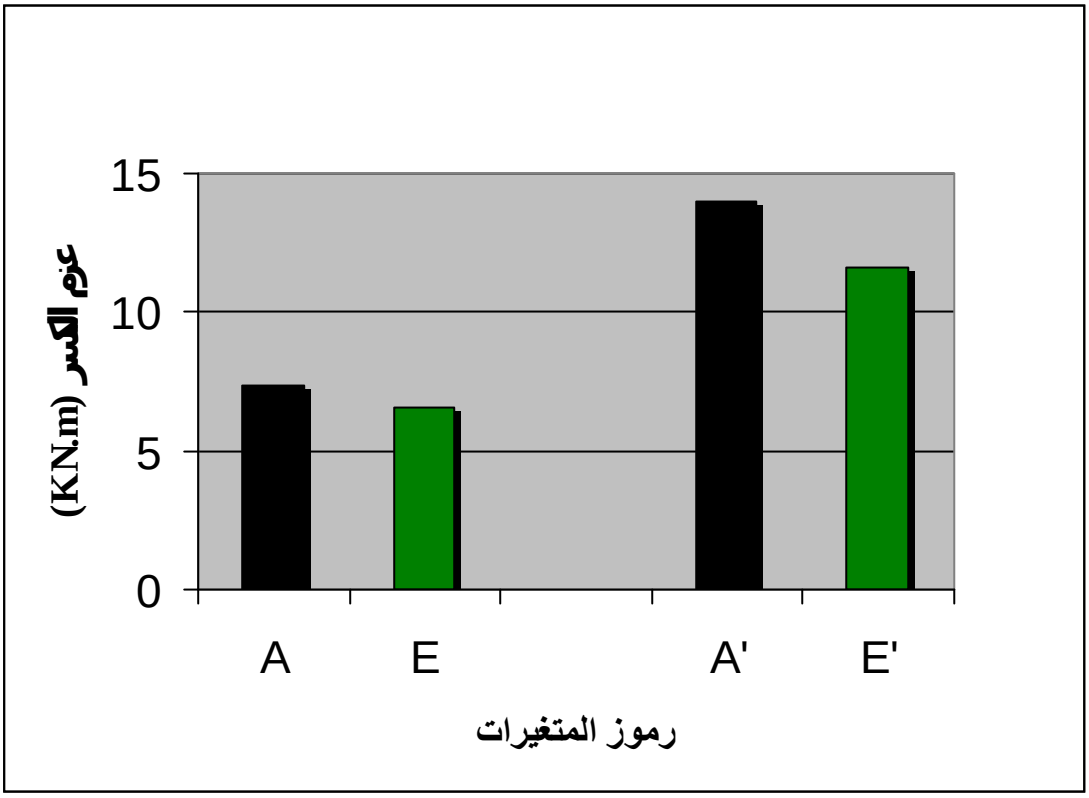
شكل(٥-٢-١٦-أ): شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-١٦-ب): شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-١٦-ج): شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد أملس يحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-١٧): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ بين

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف (٧ أيام)

E: رمز الفولاذ الأملس الذي يحتوي على باكور (٧ايام)

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف (٢٨ يوم)

E': رمز الفولاذ الأملس الذي يحتوي على باكور (٢٨ يوم)

(٥-٢-٦) حديد مبزر تغطيه خرسانةسابقة الصب

يظهر الجدول (٥-٢-٦) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر تغطيه خرسانة سابقة الصب للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٦): نتائج اختبارات للفولاذ المبزر الذي تغطيه الخرسانة سابقة الصب

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد مبزر تغطيه خرسانةسابقة الصب	7	40	44.67	7.15
		51		
		43		
	28	72	66.83	10.69
		75.5		
		53		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

القص في العزم للحديد المبزر المغطى بالخرسانةسابقة الصب بعد اختبار ٧ أيام=

$$\frac{7.39 - 7.15}{7.39} * 100\% = 3.25\%$$

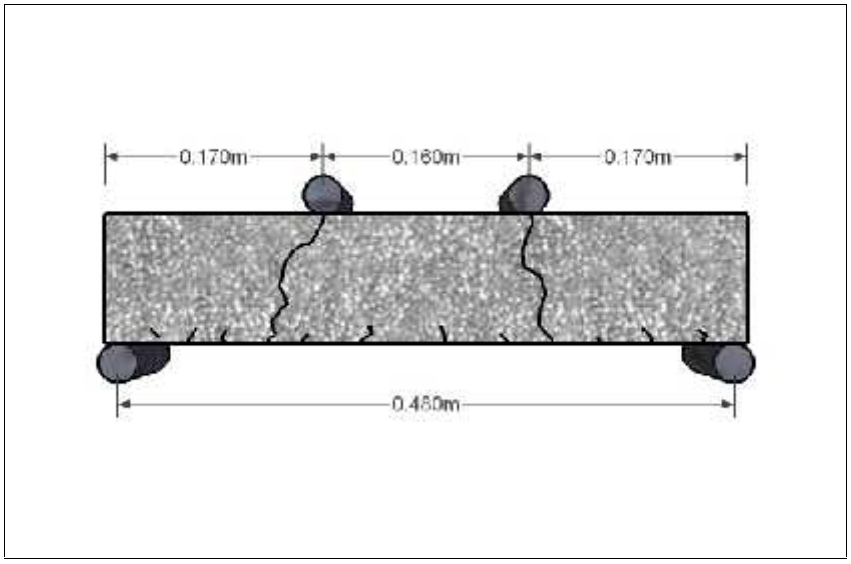
القص في العزم للحديد المبزر المغطى بالخرسانةسابقة الصب بعد اختبار ٢٨ يوم=

$$\frac{13.97 - 10.69}{13.97} * 100\% = 23.48\%$$

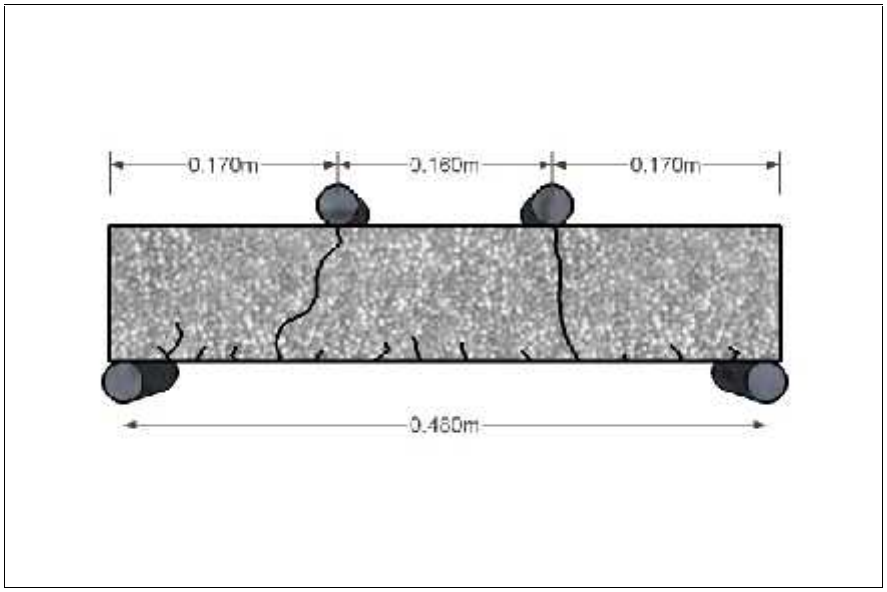
وبدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

أولا: اختبارات الأسبوع

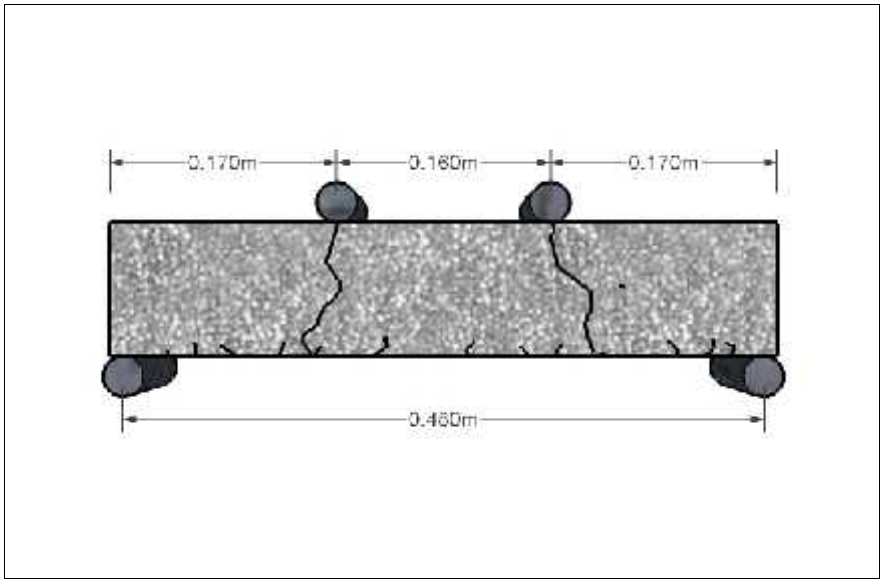
نلاحظ أن الفرق في النتائج لحمل الكسر ليست بعيدة، أيضا نلاحظ من النتائج التي حصلنا عليها في الجدول (٥-٢-٦) أن النسبة في النقص في القوة هي قليلة جدا، وهي الأقل في حالة عدم وجود باكور حيث أن النسبة في النقص في تحمل العزم مقارنة بحديد التسليح النظيف هي ٣.٢٥%. الشكل (٥-٢-١٨) يظهر أشكال الكسر لهذا المتغير.



شكل(٥-٢-١٨-أ):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر تغطية خرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٧ أيام



شكل(٥-٢-١٨-ب):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر تغطية خرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٧ أيام

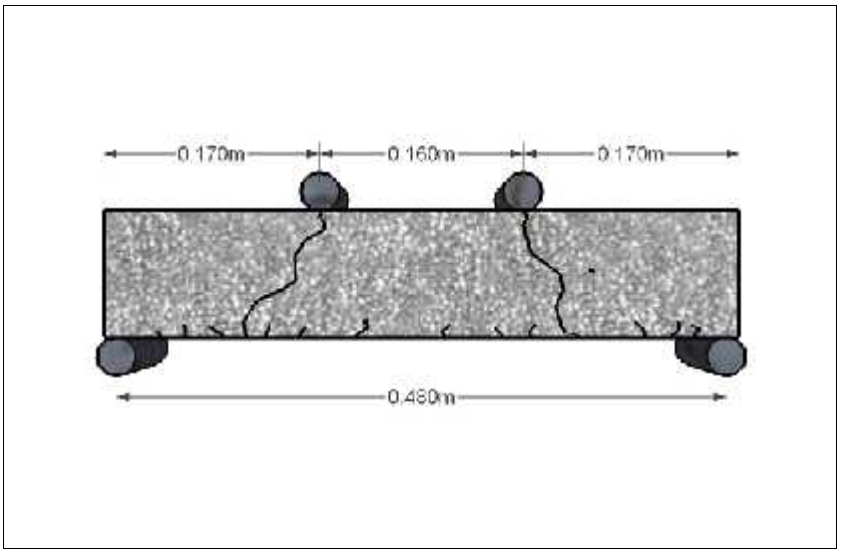


شكل(٥-٢-١٨-ج):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر تغطية خرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٧ أيام

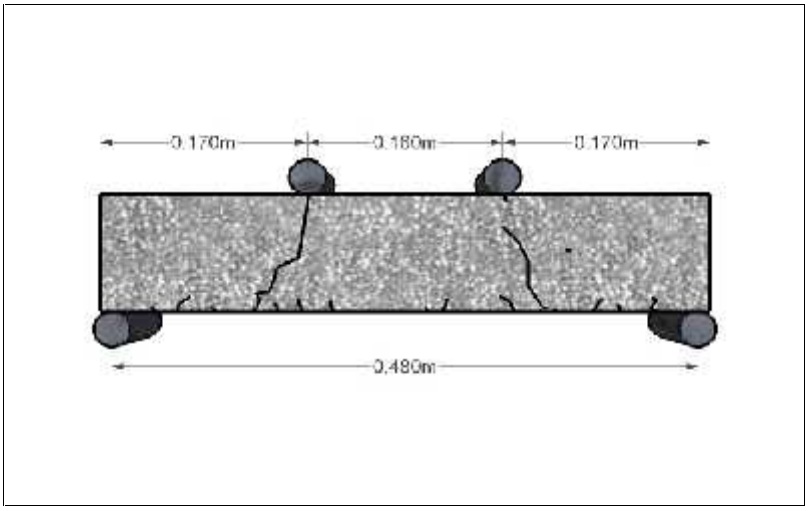
ثانيا: اختبارات (٢٨) يوم

نلاحظ من النتائج التي حصلنا عليها في الجدول (٥-٢-٦) أن النسبة في النقص في القوة هي اكبر من النسبة التي حصلنا عليها في اختبار ٧ أيام، فبنما كانت نسبة النقص في العزم بعد اختبار ٧ أيام هي ٣.٢٥% ارتفعت هذه النسبة إلى ٢٣.٤٨% بعد اختبار ٢٨ يوم.

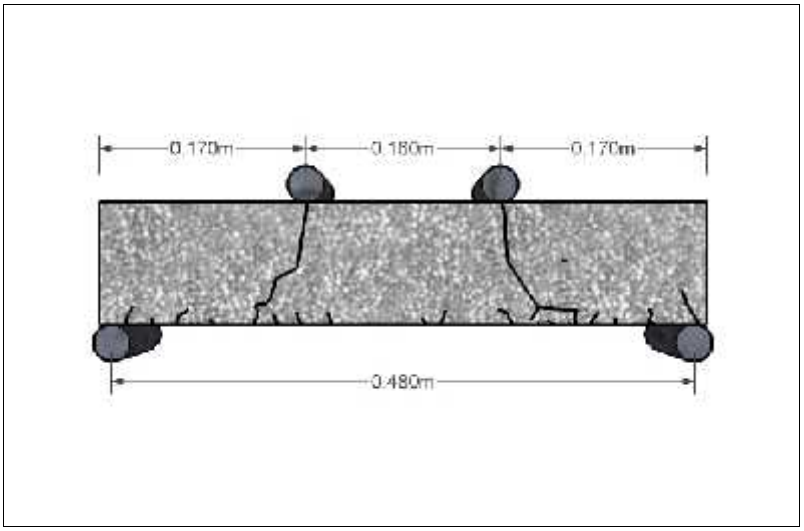
إن نتائج اختبار أل ٢٨يوم هي المعتمدة أو بمعنى آخر هي المرجع للمقارنة، يتبين لنا من خلال هذه الدراسة حتى هذه المرحلة أن الحديد المبزر الذي يغطيه الصدأ هو الأقل نسبة في القص في عزم الكسر. انظر للشكل (٥-٢-١٩) يظهر أشكال الكسر للعينات التي تحتوي على حديد تسليح مبزر مغطى بالخرسانةسابقة الصب بعد اختبار ٢٨ يوم.



شكل (٥-٢-١٩-أ):شكل الكسر لعينة تحتوي على فولاذ تسليح مبزر مغطى بالخرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٢٨ يوم

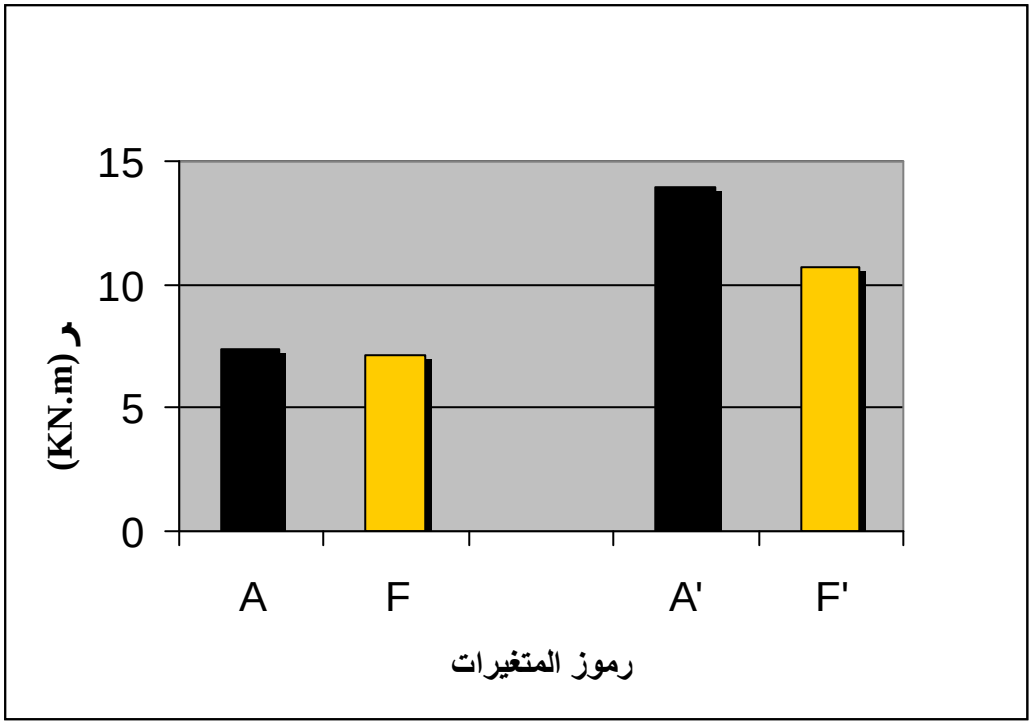


شكل (٥-٢-١٩-ب):شكل الكسر لعينة تحتوي على فولاذ تسليح مبزر مغطى بالخرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٢٨ يوم



شكل (٥-٢-١٩-ج):شكل الكسر لعينة تحتوي على فولاذ تسليح مبزر مغطى بالخرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٢٨ يوم

انظر الشكل (٥-٢-٢٠) الذي يظهر مخطط يبين الفرق في عزم الكسر بين الحديد المبزر النظيف والحديد المبزر الذي تغطيه الخرسانة سابقة الصب بعد اختبار ٧، ٢٨ يوم.



شكل(٥-٢-٢٠): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ يوم بين

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف (٧ أيام)

F: رمز الفولاذ المبزر الذي تغطيه الخرسانة سابقة الصب (٧ أيام)

A': رمز الفولاذ المبزر النظيف (٢٨ يوم)

F': رمز الفولاذ المبزر الذي تغطيه الخرسانة سابقة الصب (٢٨ يوم)

نلاحظ من المخطط أعلاه أن الفرق في عزم الكسر بين الفولاذ المبزر النظيف و الفولاذ المبزر الذي تغطيه خرسانة تصلبت يختلف بشكل ملحوظ بين اختبار ٧ أيام و اختبار ٢٨ يوم، التعليل يعود لان الزمن الإضافي للخرسانة التي تصلبت لا يكسبها قوة إضافية فهي أخذت معظم قوتها في اختبار ٧ أيام، بذلك يظهر لنا أن الفرق في عزم الكسر ليس شرطا أن يكون متساوي بعد اختباري ٧ أيام و ٢٨ يوم.

(٥-٢-٧) حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور

يظهر الجدول (٥-٢-٧) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور في طرفيه للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٧): نتائج اختبارات الفولاذ المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور بعد اختبار ٧ أيام

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور	7	46	44.5	7.12
		42		
		45.5		
	28	55	51.67	8.27
		49		
		51		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

القص في عزم الحديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور بعد اختبار ٧ أيام=

$$\frac{7.39 - 7.12}{7.39} * 100\% = 3.65\%$$

القص في عزم الحديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨يوم=

$$\frac{13.97 - 8.27}{13.97} * 100\% = 40.8\%$$

وبدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

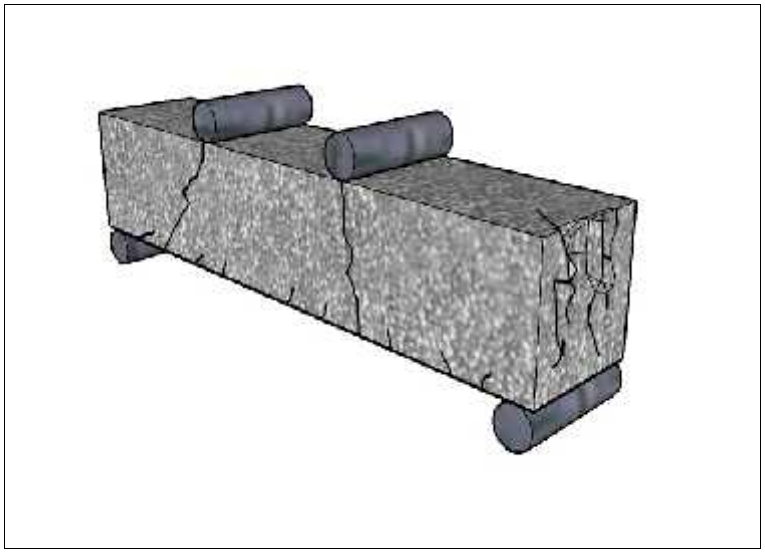
أولا: اختبارات الأسبوع

نلاحظ من النتائج التي حصلنا عليها في جدول (٥-٢-٧) أن عزم الكسر لهذا المتغير اقل بنسبة ٣.٦٥% من الحديد النظيف، هذه قيمة قليلة جدا فبالرغم من الأنبوب البلاستيكي ألغى تأثير التماسك بين الخرسانة وحديد التسليح سواء الميكانيكي أو الكيميائي فان الباكور ربما يقوم بتوليد عملية تماسك تثبيت جيد.

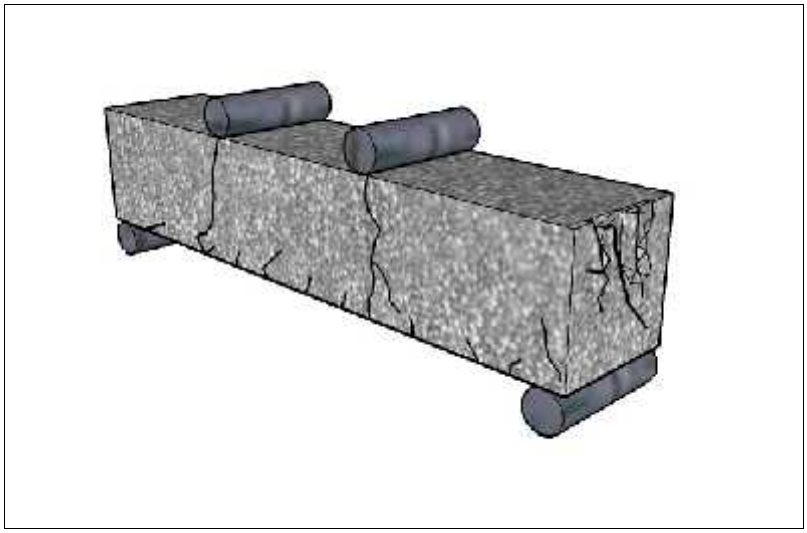
الشكل(٥-٢١) يظهر عينات الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور بعد انهيارها، الشكل(٥-٢-٢٢)يظهر أشكال الكسر في الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور

شكل(٥-٢-٢١-أ):شكل الكسر في عينة تحتوي فولاذ مبزر يحتوي باكور وانبوب بلاستيكي لمنع التلاصق بعد اختبار ٧ أيام.

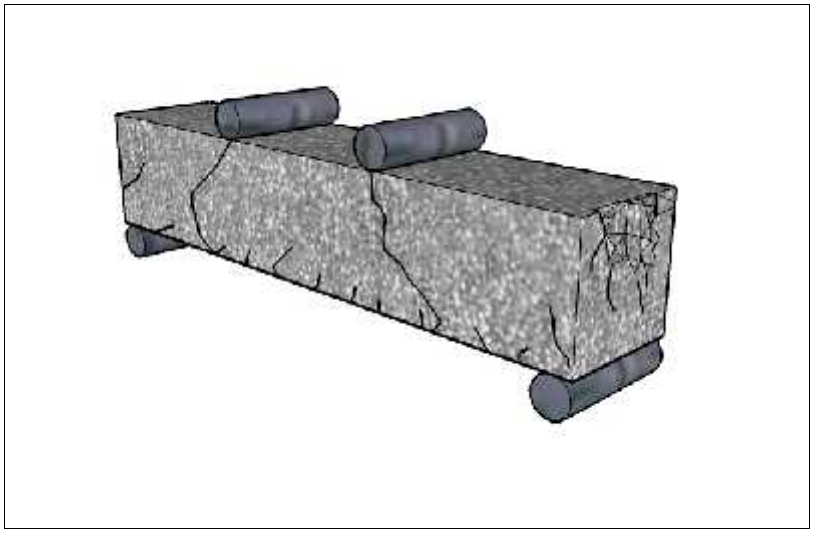
شكل(5-2-21ب)**شكل** عينة مسلحة بحديد **مبزر مغطى** بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على **باكور** بعد انهيارها بعد اختبار **٧** أيام.



شكل(5-2-22-أ): رسم تمثيلي للكسر **في** عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور **بعد اختبار ٧** أيام.



شكل(5-2-22-ب):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور **بعد اختبار ٧** أيام.



شكل(5-2-22-ج):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور **بعد اختبار ٧** أيام.

ثانيا: اختبارات (٢٨) يوم

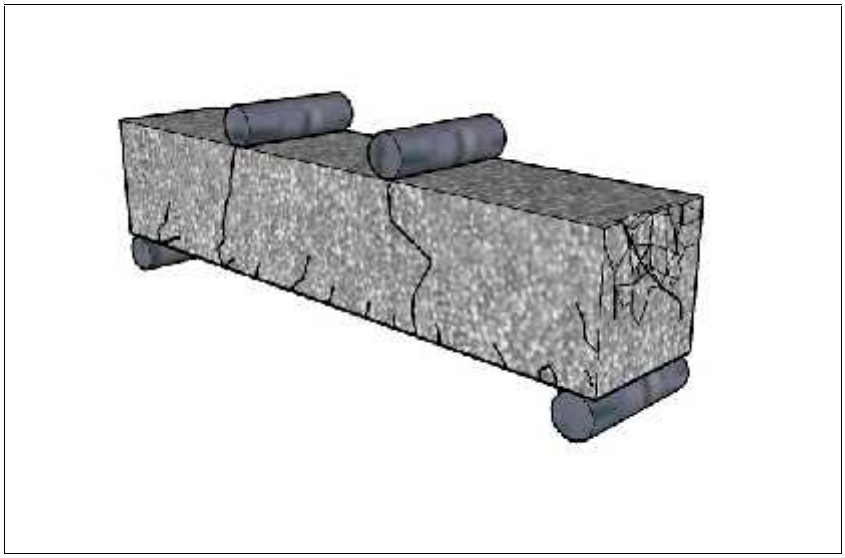
نلاحظ من النتائج التي حصلنا عليها في جدول (٥-٢-٧) أن عزم الكسر لهذا المتغير اقل بنسبة بكبيرة جدا مقارنة باختبار الأسبوع من الحديد النظيف، فبينما كان القص في العزم بعد ٧ أيام ٣.٢٥% ارتفعت هذه النسبة إلى ٤٠.٨% بعد اختبار ٢٨ يوم وهذا ارتفاع كبير.

مماسبق نستدل على انه ليس بالضرورة توافق نتائج اختبار ٧ أيام مع اختبار ٢٨ يوم، وفي المحصلة اختبار ٢٨ يوم هو المرجع، و بالنظر إلى النتائج نرى انه من المنطقي أن يكون هناك نقص كبير في عزم الكسر للحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور لأنه بإلغاء التماسك بشكل تام فإن وجود الباكور وحده لا يكفي لتوليد التماسك المناسب بين الخرسانة وحديد التسليح. الشكل(٥-٢-٢٣)يظهر أشكال الكسر في الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكو ر بعد اختبار ٢٨ يوم.

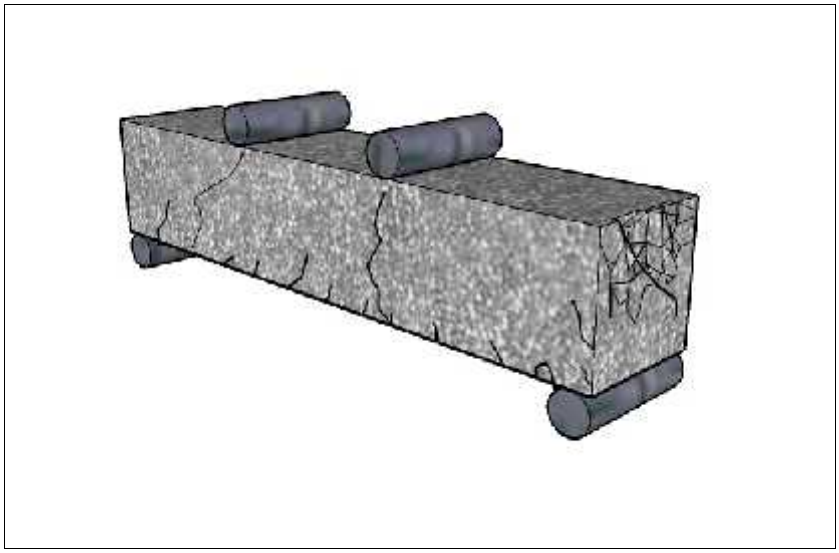
نرى هنا انه المفيد إدخال مقارنة بين نتائج اختبار الحديد الأملس الذي يحتوي على باكور و الذي كان عزم الكسر له ١١.٦٣KN.m والحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور والذي عزم الكسر له 8.27KNN.m

الاختلاف في عزم الكسر بين الحديد الاملس الذي يحتوي باكور والحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم= $\frac{11.63-8.27}{11.63}*100\%$ =28.9%

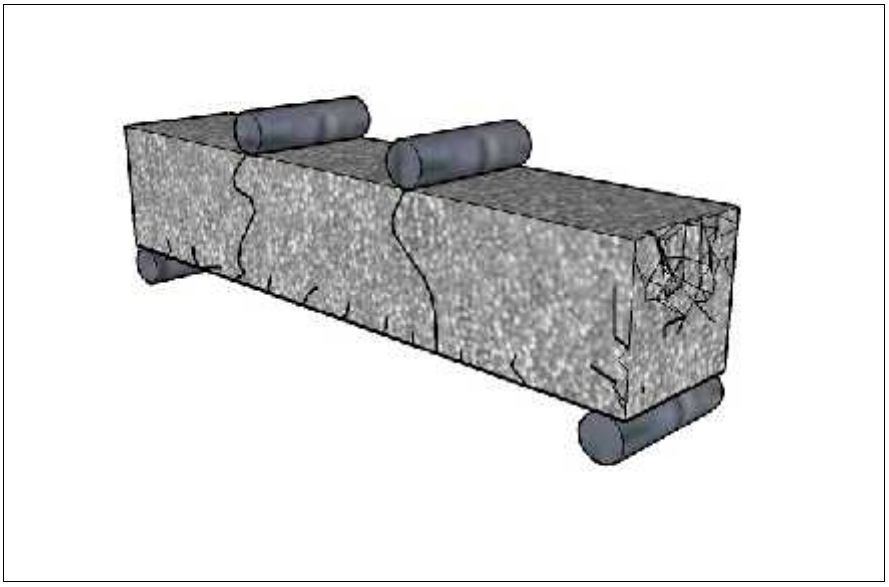
يدل هذا النقص في عزم الكسر أن القضبان الملساء توفر تماسك يجب أخذه في الحسبان، فعندما ألغينا التماسك بين الخرسانة و فولاذ التسليح نقص عزم الكسر بمقدار 28.9% عن قيمة عزم الكسر عند الاعتماد على التماسك بين القضبان الملساء و الخرسانة.



شكل(٥-٢-٢٣-أ):**شكل الكسر في** عينة تحتوي **على** حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور **بعد اختبار** ٢٨ يوم

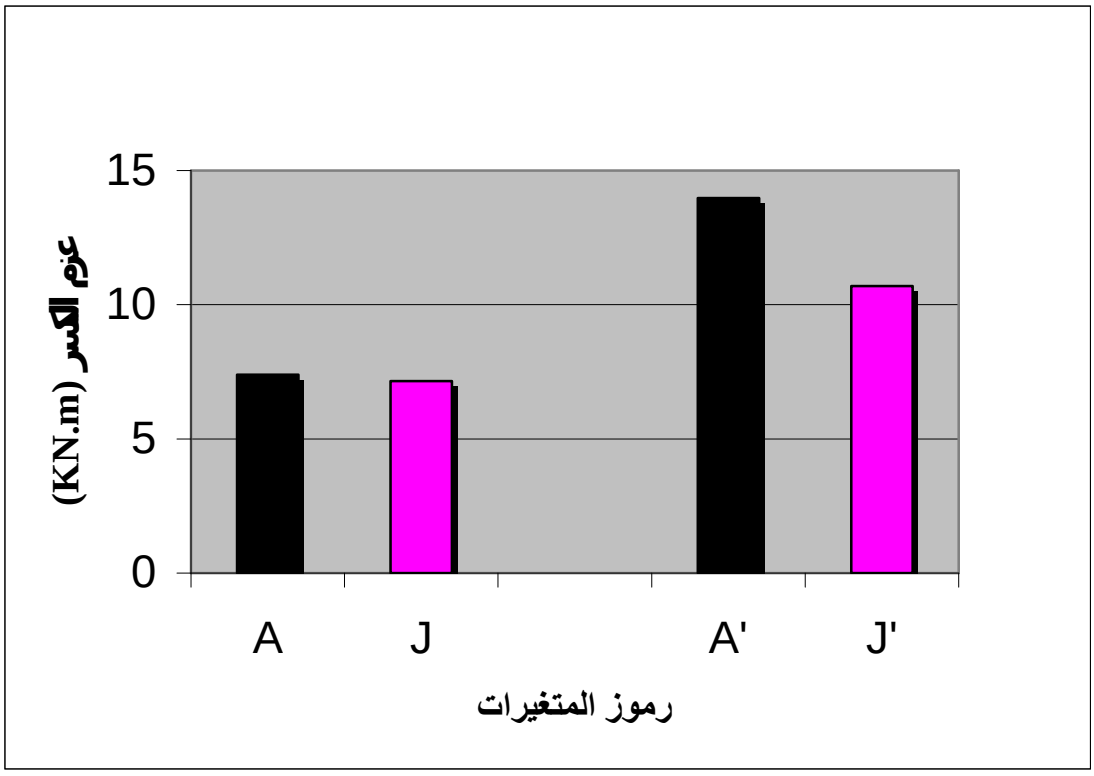


شكل(٥-٢-٢٣-ب):**شكل الكسر في** عينة تحتوي **على** حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور **بعد اختبار** ٢٨ يوم



شكل(٥-٢-٢٣-ج):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور بعد اختبار ٢٨ يوم

انظر إلى الشكل (٥-٢-٢٤) الذي يظهر مخطط تفصيلي يبين الفرق في عزم الكسر بين الحديد النظيف المبزر (المرجع) و الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور.



شكل(٥-٢-٢٤): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ يوم بين

A: رمز الحديد المبزر النظيف (٧ أيام)

J: رمز الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور (٧ أيام)

A': رمز الحديد المبزر النظيف (٢٨ يوم)

J': رمز الحديد المبزر المغطى بأنبوب بلاستيكي و يحتوي على باكور (٢٨ يوم)

نلاحظ أن هناك اختلاف ملحوظ في النقص في عزم الكسر بين اختبار ٧ أيام و اختبار ٢٨ يوم و التعليل يعود انه في اختبار ٧ أيام أن الباكور و فر قوة تماسك و ارتباط كبيرة بين الخرسانة وفولاذ التسليح في حين انه في اختبار ٢٨ يوم لم تكفي قوة الارتباط بين الباكور و الخرسانة لتوليد قوة لرفع عزم الكسر في ظل إلغاء التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة.

(٥-٢-٨) حديد مبزر يغطيه دهان لميع

في البداية فإننا اعتبرنا هذا المتغير لهذا البحث، أحد العوامل أو المتغيرات التي تؤثر على فولاذ التسليح لكونه مشابه بشكل كبير جدا لمادة (الأبوكسي) التي تستخدم في دهان فولاذ التسليح في بعض مواقع البناء، الهدف من استخدام هذه المادة هو تشكيل طبقة تحمي الفولاذ من الصدأ.سنرى مدى صحة هذه الحماية من خلال نتائج البحث.

يظهر الجدول (٥-٢-٨) نتائج فحوصات عينات الجسور المسلحة لفولاذ مبزر مغطى بدهان لميع للفترتين ٧ أيام ثم ٢٨ يوم.

جدول(٥-٢-٨):نتائج اختبارات الفولاذ المبزر المغطى بدهان لميع

المتغير	مدة الاختبار (يوم)	حمل الكسر للعينات (KN)	متوسط حمل الكسر (KN)	عزم الكسر (KN.m)
حديد مبزر يغطيه دهان لميع	7	21.5	21.33	3.41
		20.5		
		22		
	28	34	35.33	5.65
		32		
		40		
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7		46.17	7.39
	28		87.33	13.97

النقص في العزم للحديد المبزر المدهون لميع بعد اختبار ٧ أيام= $\frac{7.39 - 3.41}{7.39} * 100\%$

=53.86%

النقص في العزم للحديد المبزر المدهون لميع بعد اختبار ٢٨ يوم = $\frac{13.97 - 5.65}{13.97} * 100\%$

=59.56%

وبدراسة النتائج يمكن تحليلها كما يلي:

أولا: اختبار الأسبوع

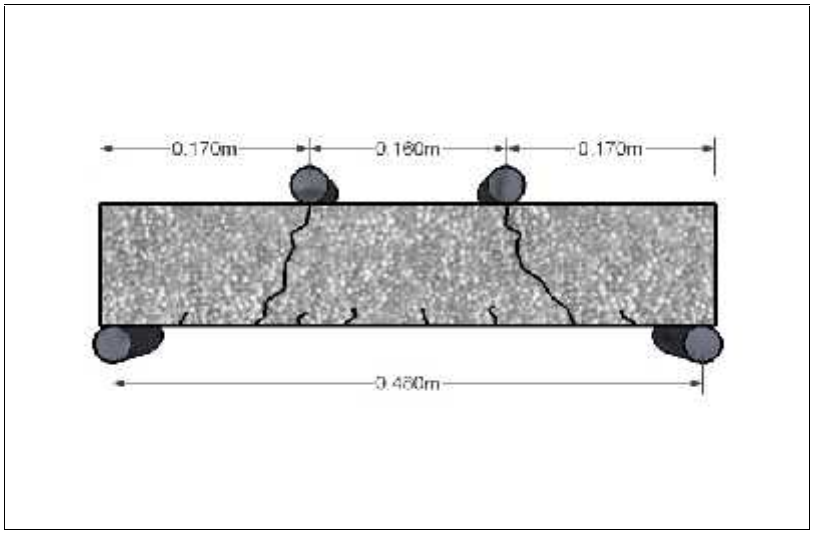
نلاحظ أن هذه النتائج تبين أن قوة تحمل الحديد الذي يحوي هذا المتغير قليلة جدا مقارنة بغيرها من المتغيرات وأيضا فإننا من جدول (٥-٢-٨) نرى أن النسبة في النقص في قوة العزم تساوي ٥٣.٨٦% و مما لا شك فيه إن هذه النسبة كبير جدا، حيث إن النقص في القوة تجاوز النصف، ربما يعود السبب لكون هذه المادة تشكل طبقة مطاطية تمنع التماسك.

الشكل(٥-٢-٢٥) يظهر عينات الحديد المبزر المغطى بدهان زيت لميع بعد انهيارها، الشكل(٥-٢-٢٦)يظهر أشكال الكسر في الحديد المبزر المغطى بدهان زيت لميع

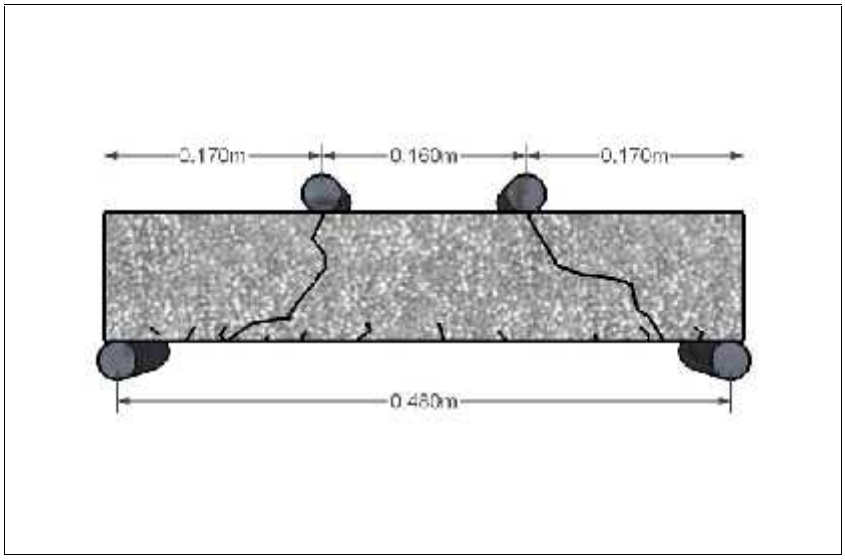
شكل(٥-٢-٢٥-أ)**شكل** الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد انهيارها بعد اختبار ٧ أيام

شكل(٥-٢-٢٥ب):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد انهيارها بعد اختبار ٧ أيام

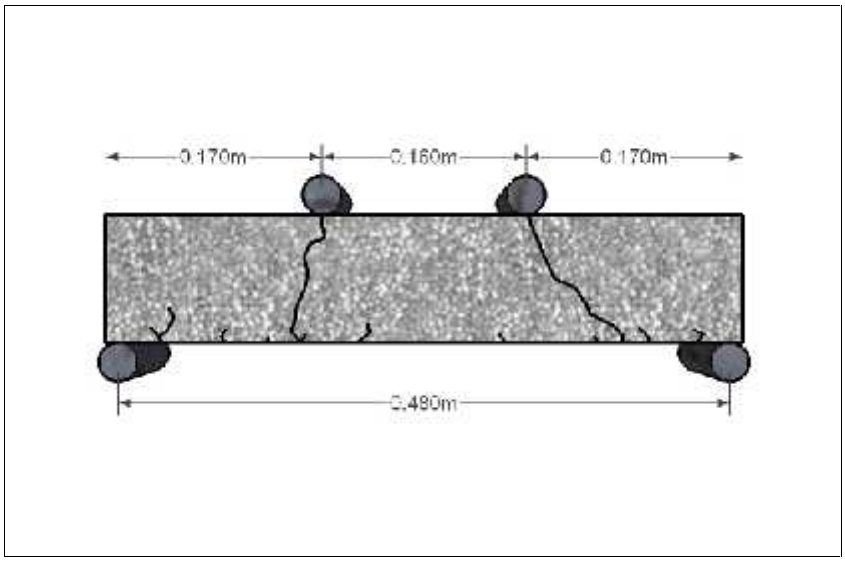
شكل(٥-٢-٢٥-ج):شكل الكسر في عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد انهيارها بعد **اختبار** ٧ أيام



شكل(٥-٢-٢٦-أ):**شكل الكسر في** عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد **اختبار** ٧ أيام



شكل(٥-٢-٢٦-ب):شكل الكسرفي عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد اختبار ٧ أيام



شكل(٥-٢-٢٦-ج):شكل الكسرفي عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد اختبار ٧ أيام

ثانيا: اختبار (٢٨) يوم

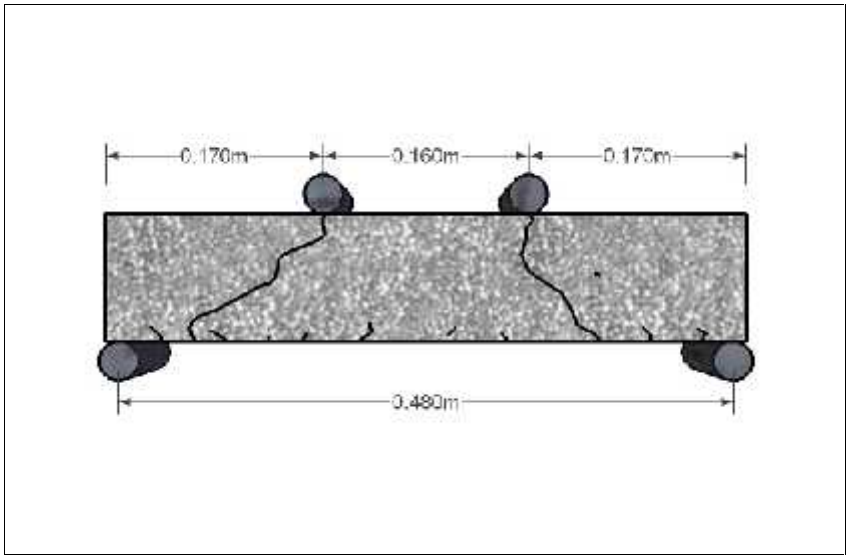
نلاحظ أن هذه النتائج تبين أن قوة تحمل الحديد الذي يحوي هذا المتغير قليلة جدا وهي تقريبا مشابه لاختبار ٧ أيام، من جدول (٥-٢-٨) نرى أن النسبة في النقص في قوة العزم تساوي ٥٩.٥٦% و هذه النسبة كبير جدا وهي تقارب نسبة اختبار ٧ أيام التي تساوي ٥٣.٨٦%.

النتائج السابقة تؤكد لنا أن استخدام مادة الابوكسي في المشاريع الإنشائية لطلاء حديد التسليح لحماية من الصدأ هي عملية تضعف الرابطة بحيث تحتاج القضبان إلى أطول تثبيت اكبر و هذا يتوافق مع متطلبات الكود الأمريكي و الذي يخصص زيادة بمقدار نسبة معينة لأطول التثبيت Development Length للقضبان المغطاة بمادة الابوكسي.

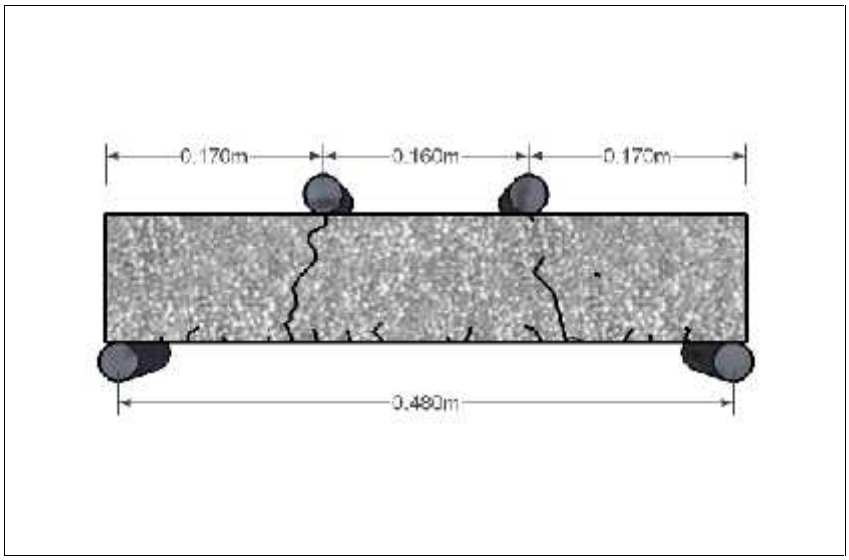
نرى هنا انه المفيد إدخال مقارنة بين نتائج اختبار الحديد المبزر المغطى بدهان السيارات الذي كان عزم الكسر له KN.M 10.35 والحديد المبزر المغطى بأنبوب بدهان لميع والذي عزم الكسر له 5.65 KNN.m

الاختلاف في عزم الكسر بين الحديد المبزر المغطى بدهان السيارات والحديد المبزر المغطى بأنبوب بدهان لميع بعد اختبار ٢٨ يوم= $\frac{10.35 - 5.65}{10.35} * 100\% = 45.4\%$

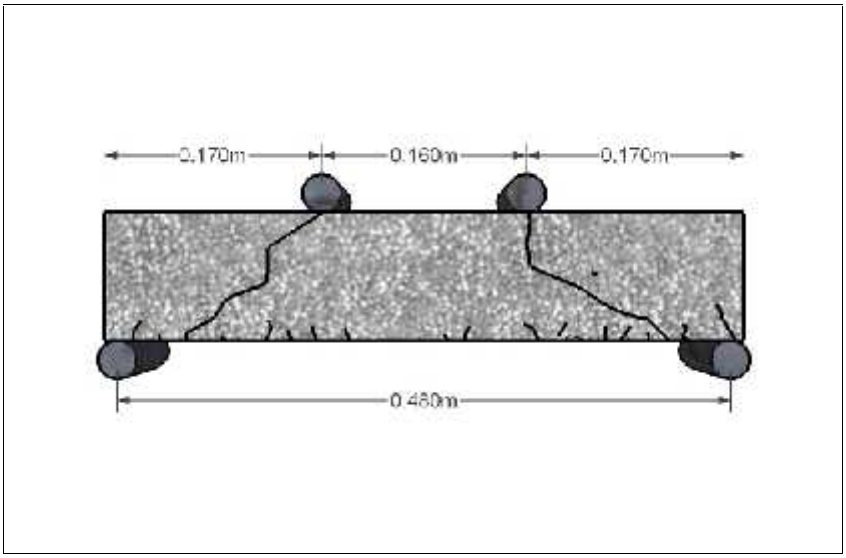
انظر للشكل(٥-٢-٢٧)يظهر أشكال الكسر في الحديد المبزر المغطى بدهان زيت لميع بعد اختبار ٢٨ يوم، للشكل (٥-٢-٢٨) الذي يظهر مخطط تفصيلي يبين الفرق في عزم الكسر بين الحديد النظيف المبزر (المرجع) و الحديد المبزر المغطى بدهان لميع، لاحظ الفرق.



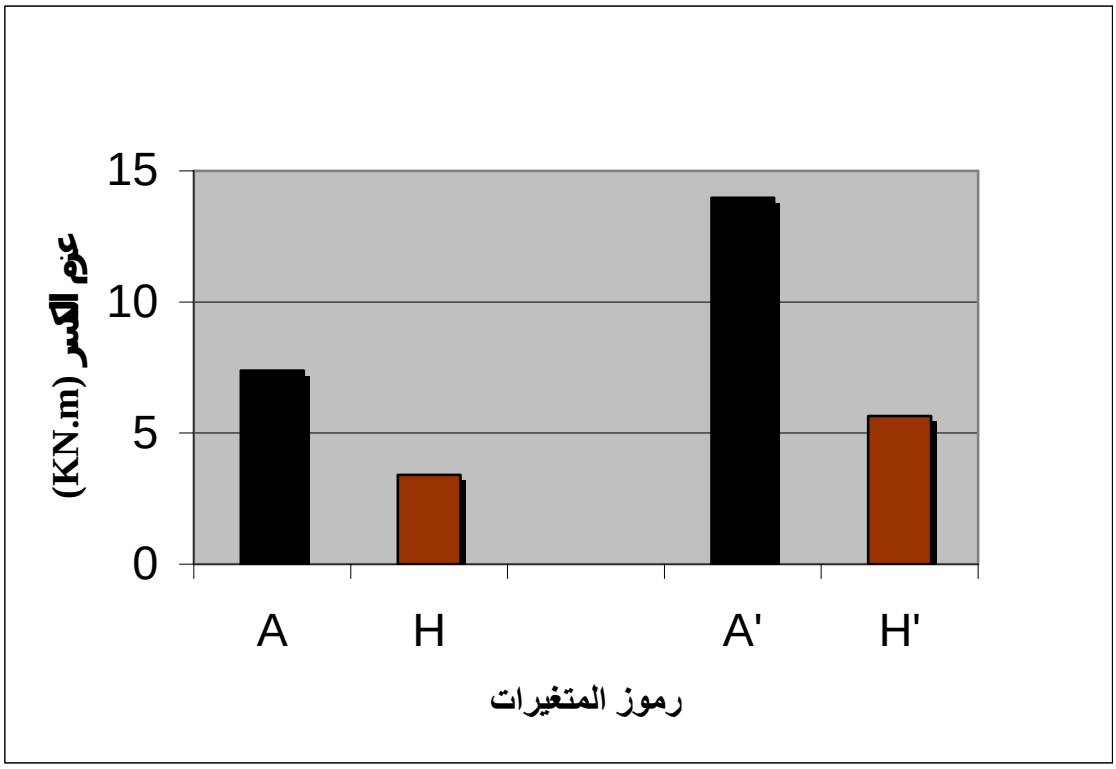
شكل(٥-٢-٢٧-أ):شكل الكسرفي عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد اختبار ٢٨ يوم



شكل(٥-٢-٢٧ب):شكل الكسرفي عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع بعد اختبار ٢٨ يوم



شكل(٥-٢-٢٧-ج):**شكل الكسر في** عينة تحتوي على حديد مبزر مغطى بدهان زيت لميع **بعد** اختبار ٢٨ يوم



شكل(٥-٢-٢٨): الاختلاف في عزم الكسر بعد اختبارات ٧، ٢٨ يوم بين

A: رمز الفولاذ المبزر النظيف (٧ أيام)

H: رمز الفولاذ المبزر المغطى بدهان لميع (٧ أيام)

A': رمز الفولاذ المبزر النظيف (٢٨ يوم)

H': رمز الفولاذ المبزر المغطى بدهان لميع (٢٨ يوم)

(٥-٣) ملخص نتائج الاختبارات

(٥-٣-١) نتائج اختبارات ٧ أيام

بالنسبة لاختبارات الضغط للجسور التي تحتوي على المتغيرات سابقة الذكر فقد كانت نتائج غير نهائية، وكان الاعتماد الأكبر على نتائج الفحوصات التي بعد ٢٨ يوم، ولكن كان لابد من تحليل نتائج اختبارات الأسبوع واخذ فكرة عن كيفية النقص في القوة للجسور بعد أسبوع، الجدول (٥-٣-١) يبين مجمل نتائج الفحوصات للمتغيرات بعد اختبار ٧ أيام.

جدول (٥-٣-١):نتائج فحوصات الضغط بعد اختبار ٧ أيام للجسور التي تحتوي على المتغيرات

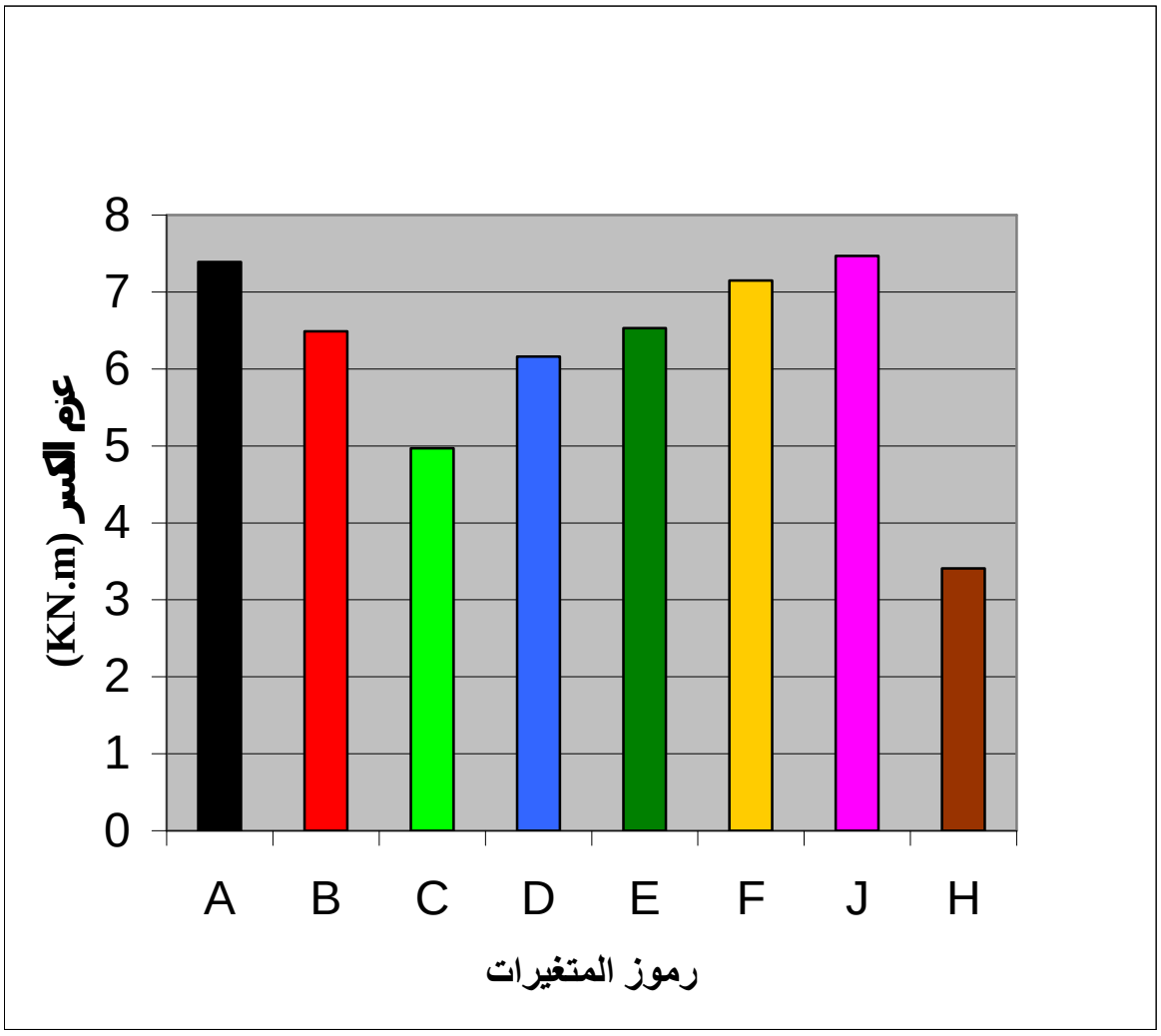
المتغير	حمل الكسر KN	عزم الكسر* KN.m	النقص في عزم الكسر %
١. حديد مبزر نظيف (المرجع)	46.17	7.39	0
٢. حديد مبزر يغطيه الصد	40.53	6.49	12.18
٣. حديد مبزر تغطيه الأتربة	31	4.97	32.75
٤. حديد مبزر يغطيه الزيت	38.5	6.16	16.64
٥. حديد أملس يحتوي على باكور	40.83	6.53	11.64
٦. حديد مبزر تغطيه خرسانة سابقة الصب	44.67	7.15	3.25

٧. حديد مبزر مغلف بأنبوب بلاستيكي باكور	44.5	7.12	3.65
٨. حديد مبزر يغطيه دهان لميع	21.33	3.41	53.86

*عزم الكسر = حمل الكسر *الذراع

فمثلا للحديد المبزر النظيف عزم الكسر= 46.17 *0.16 =7.39 KN.m

أيضا يمكننا عرض النتائج من خلال تخطيط بياني يظهر التفاوت في عزم الكسر لكل متغير من المتغيرات التي أخذناهافي عين الاعتبار و المؤثرة على التماسك بين الخرسانة و فولاذ التسليح بعد اختبارات ٧ أيام. انظرشكل(٥-٣-١)



شكل(٥-٣-١): الاختلاف في عزم الكسر للمتغيرات التي تؤثر على تماسك فولاذ التسليح مع الخرسانة بعد اختبارات ٧ أيام

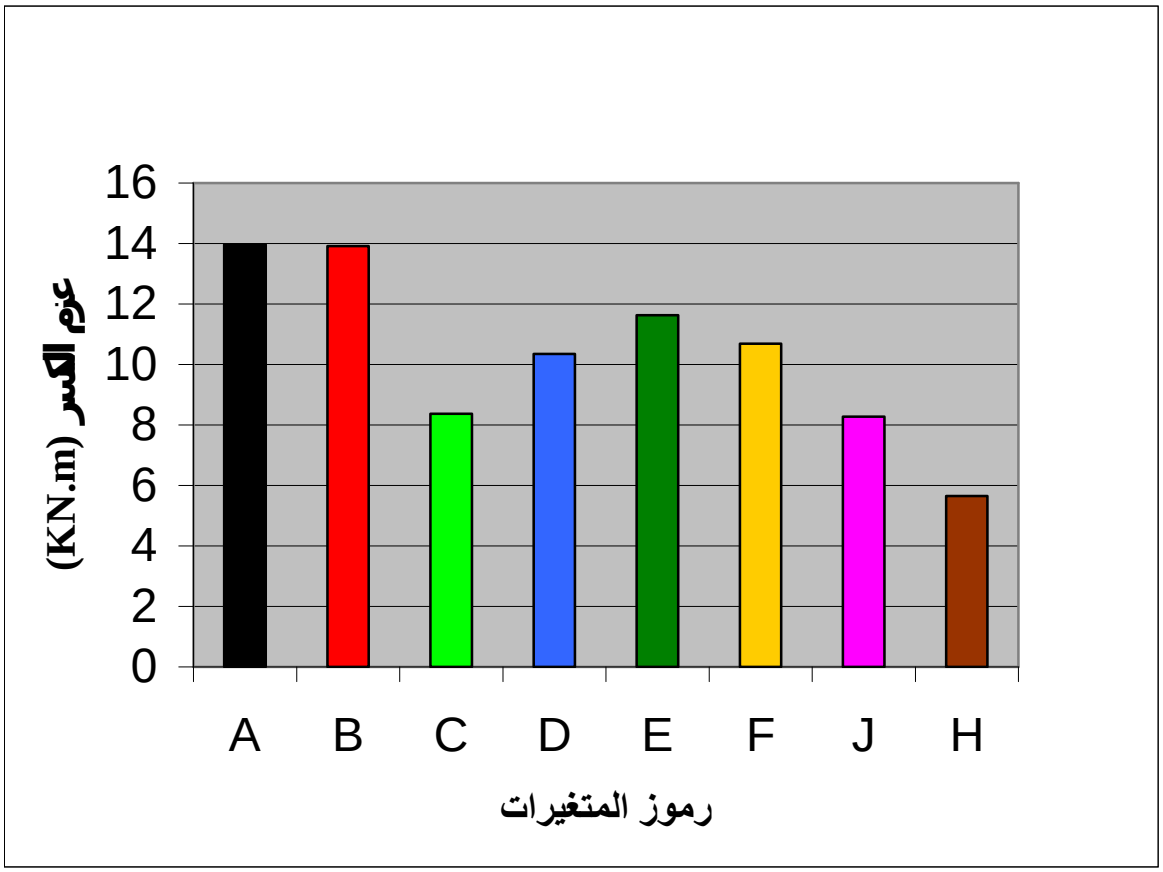
المتغير	عزم الكسر KN.m	الرمز
حديد مبزر نظيف (المرجع)	7.39	A
حديد مبزر يغطيه الصدأ	6.49	B
حديد مبزر تغطيه الأتربة	4.97	C
حديد مبزر يغطيه الزيت	6.16	D
حديد أملس يحتوي على باكور	6.53	E
حديد مبزر تغطيه خرسانةسابقة الصب	7.15	F
حديد مبزر مغلف بأنبوب بلاستيكي باكور	7.47	J
حديد مبزر يغطيه دهان لميع	3.41	H

(٥-٣-٢) نتائج اختبارات ٢٨ يوم

تجدر الإشارة إلى أن الجدول (٥-٣-٢) و المخطط التوضيحي (٥-٣-٢) هي بمثابة النتيجة النهائية النهائية للدراسة بعد اختبار ٢٨ يوم، لكن نحن لن نقوم بالحكم على هذه النتائج أنها خطر أو اقل درجة خطورة إلى ما ذلك من التخمينات، بل سنكتفي بعرض النتيجة النهائية ومن ثم عرض مقدار القوة التي فقدها كل متغير مقارنة بالحديد المرجع، أما باقي التصورات فسنتركها لقارئ هذه الدراسة وأيضا سندعم نتائجنا باستنتاجات و توصيات سنرفقها للدراسة في الفصل السادس ولنشاء الله أن نكون قد قدمنا ما هو مفيد.

جدول (٥-٣-٢):نتائج فحوصات الضغط بعد اختبار ٢٨ يوم للجسور التي تحتوي على المتغيرات

المتغير	حمل الكسر KN	عزم الكسر KN.m	النقص في عزم الكسر %
١. حديد مبزر نظيف (المرجع)	87.33	13.97	0
٢. حديد مبزر يغطيه الصدأ	87	13.92	0.36
٣. حديد مبزر تغطيه الأتربة	52.3	8.37	40.09
٤. حديد مبزر يغطيه الزيت	64.67	10.35	25.91
٥. حديد أملس يحتوي على باكور	72.66	11.63	16.75
٦. حديد مبزر تغطيه خرسانة سابقة الصب	66.83	10.69	23.48
٧. حديد مبزر مغلف بأنبوب بلاستيكي باكور	51.67	8.27	40.8
٨. حديد مبزر يغطيه طلاء لميع	35.33	5.65	56.56



شكل(٥-٣-٢): الاختلاف في عزم الكسر للمتغيرات التي تؤثر على تماسك حديد التسليح مع الخرسانة بعد اختبارات ٢٨ يوم.

المتغير	عزم الكسر KN.m	الرمز
حديد مبزر نظيف (المرجع)	13.97	A
حديد مبزر يغطيه الصدأ	13.92	B
حديد مبزر تغطيه الأتربة	8.37	C
حديد مبزر يغطيه الزيت	10.35	D
حديد أملس يحتوي على باكور	11.63	E
حديد مبزر تغطيه خرسانةسابقة الصب	10.69	F
حديد مبزر مغلف بأنبوب بلاستيكي باكور	8.27	J
حديد مبزر يغطيه دهان لميع	5.65	H

الفصل السادس

الاستنتاجات والتوصيات

(٦-١) ملخص المشروع:

يمكننا في نهاية عرض محتويات هذا المشروع أن نلخص الأفكار التالية والتي توصل لها بالدراسة النظرية والعملية، بحيث أن هذه الأفكار تلخص هدف المشروع و هو دراسة تأثير المتغيرات المختلفة على قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة.

١. بعد القيام بالدراسة النظرية للموضوع، فقد لاحظنا وجود قناعة عامة عند المختصين بالموضوع بان هناك تأثير للمتغيرات المختلفة والموجودة بالموقع على قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة، ولكن حجم هذا التأثير ومدى خطورته غير معروفة.

٢. كان الاعتماد في السابق في ظل استخدام قضبان تسليح ملساء على قوى التماسك الكيميائي بين الحديد والخرسانة ووجود الباكور في طرف القضبان، في الوقت الحاضر وفي حين وجود قضبان تسليح ذات نتؤات تشارك في عملية التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة، فانه يجب حماية الحديد من وجود أي مواد قد تضعف تأثير النتؤات.

٣. تم إعداد تصور للمتغيرات المختلفة الموجودة بالموقع والناتجة عن نقص الاهتمام سواء كان ذلك من المراقبين أو المشرفين على العمل والتي قد يكون لها تأثير على قوة التماسك بين فولاذ التسليح والخرسانة، وتشمل هذه المتغيرات وجود صدأ على قضبان التسليح، وجود طبقة من الخرسانة سابقة الصب على قضبان التسليح، الزيوت المستخدمة في دهان أخشاب البناء والتي قد تغطي سطح قضبان التسليح، وجود طين يغطي سطح قضبان التسليح، دهان فولاذ التسليح بمواد مانعة للصدأ، مع وجود هذه المتغيرات والتي تؤثر على

التماسك الميكانيكي بين فولاذ التسليح والخرسانة، قمنا بدراسة تأثير عدم وجود النتوءات في قضبان التسليح.

٤. بعد القيام بكامل التجارب المخبرية على المتغيرات سابقة الذكر والتي شملت فحص العديد من الجسور التي تحتوي على المتغيرات المعنية، لقد تبين أن هناك نقص في حمل الكسر بين الحديد الميزر النظيف المطابق للمواصفات (المرجع) وباقي المتغيرات.

٥. بالنسبة للحكم على مدى خطورة كل متغير من المتغيرات المطروحة في هذه الدراسة، تم عرض مخطط يظهر مدى النقص في حمل الكسر لكل متغير مقارنة مع الحديد المرجع وذلك لاختبارات ٧ أيام و اختبارات ٢٨ يوم.

(٦-٢) الاستنتاجات والتوصيات:

١. ضرورة الاهتمام بنظافة حديد التسليح وذلك لما له من دور أساسي في زيادة قوى تحمل العناصر الخرسانية المسلحة.

٢. استعمال خرسانة النظافة قبل عملية وضع حديد التسليح للأساسات حتى لا يتأثر بالأتربة والغبار المحيط به، وبالتالي التأثير على قوى الترابط بين فولاذ التسليح والخرسانة.

٣. قبل القيام بعملية الصب في الموقع يجب التأكد من أن فولاذ التسليح مرتفع عن الطوبار، حتى لا يلامس أخشاب الطوبار وذلك لمنع التصاق الزيوت المستخدمة في دهان أخشاب الطوبار بفولاذ التسليح،ويجب ملاحظة وجود cover للخرسانة بمسافة كافية لحماية فولاذ التسليح.

٤. في حالة وجود قضبان تسليح يغطي سطحها الخارجي طبقة من الصدأ فانه ينصح بتنظيف القضبان باستخدام فرشات سلك، أما إذا كان الصدأ من النوع الشديد فانه لا ينصح باستخدام هذه القضبان إلا في الأعمال الإنشائية غير الهامة والتي لا تشكل خطورة على المنشأ.

٥. في حالة تخزين قضبان تسليح في موقع فإننا ننصح بعدم تعريضها لعوامل التأكسد التي تسبب الصدأ، أيضا ننصح بإبعاد فولاذ التسليح عن الأتربة والتي قد تلتصق بالقضبان مشكلة طبقة مانعة للتماسك مع الخرسانة.

٦. تشجيع استعمال الباكور وذلك لما له من اثر في زيادة قوى الترابط بين فولاذ التسليح والخرسانة بالإضافة إلى قوى الترابط في حالة قضبان الحديد المبزرة، ومنع الانزلاق أيضا بالإضافة إلى زيادة قوى التحمل في حالة وجود قضبان تسليح ملساء.

٧. تبين أن أعلى تأثير كان للعملية التي تم فيها طلاء فولاذ التسليح بدهان لميع حيث كانت نسبة النقص بمعدل 59.56% ، أما في الحالة التي تم فيها تغطية فولاذ التسليح بالأتربة أو عملية وضع الباكور فيه وتجنب قوى الترابط الناتجة عن البروزات فكانت نسبة النقص بمعدل 40.8% ،في حالة الطلاء بالزيت أو تغطية الخرسانةسابقة الصب أو وجود الباكورفي القضبان الملساء فكان النقص بمعدل 16%- 26% ، في حين كان تأثير وجود الصدأ محدود جدا بنسبة نقص 0.36%.

الفصل الأول :مقدمة

(١-١) نظرة عامة

(١-٢) أهمية الموضوع

(١-٣) الأهداف

(١-٤) منهجية البحث

(١-٥) نطاق المشروع

الفصل الثاني :الدراسات السابقة

(٢-١) حديد التسليح

(٢-١-١) مقدمة

(٢-١-٢) تلاصق قضبان التسليح مع الخرسانة(Bond)

(٢-١-٣) مواصفات حديد التسليح

(٢-٢) مشاكل حديد التسليح

(٢-٣) الخلطات الخرسانية

(٢-٣-١) مقدمة

(٢-٣-٢) مقاومة المتوسطة للكسر

(٢-٣-٣) الأعمال المخبرية للخرسانة

(٢-٤) مقاومة الخرسانة للانضغاط

(٢-٤-١) مقدمة

(٢-٤-٢) العوامل المؤثرة على المقاومة

(٢-٥) فشل الرابطة بين الخرسانة وحديد التسليح

الفصل الثالث: خطة البحث

(٣-١) مقدمة

(٣-٢) مراحل الإعداد للعينات (الجسور) المستخدمة في الفحوصات

(٣-٢-١) الاختبارات المعملية لمكونات الخلطة الخرسانية

(٣-٢-٢) تصميم الخلطة الخرسانية Mix Design

(٣-٢-٣) حسابات تسليح الجسور المستخدمة

(٣-٣) تحضير جدول بالمتغيرات

(٣-٤) برامج الحاسوب المستخدمة

الفصل الرابع: الأعمال المخبرية

(٤-١)مقدمة

(٤-٢)التجارب اللازمة لتصميم الخلطة الخرسانية

(٤-٣)عملية تحضير فولاذ التسليح

(٤-٤)عملية الخلط والصب

(٤-٥) عملية تحميل العينات

(٤-٦) فحص إجهاد الشد لقضبان التسليح

الفصل الخامس :النتائج وتحليلها

(٥-١) مقدمة

(٥-٢) نتائج اختبارات المتغيرات وتحليلها

(٥-٢-١)حديد مبزر نظيف (المرجع)

(٥-٢-٢) حديد مبزر يغطيه الصدأ

(٥-٢-٣) حديد مبزر تغطيه الأتربة

(٥-٢-٤)حديد مبزر يغطيه الزيت

(٥-٢-٥) حديد أملس يحتوي على باكور

(٥-٢-٦) حديد مبزر تغطيه خرسانةسابقة الصب

(٥-٢-٧) حديد مبزر مغطى بأنبوب بلاستيكي ويحتوي على باكور

(٥-٢-٨) حديد مبذر يغطيه دهان لميع

(٥-٣) ملخص نتائج الاختبارات

(٥-٣-١) نتائج اختبارات ٧ أيام

(٥-٣-٢) نتائج اختبارات ٢٨ يوم

الفصل السادس :الإستنتاجات و التوصيات

(٦-١) ملخص المشروع

(٦-٢) الاستنتاجات و التوصيات

(٦-٣)التوصيات للدراسات المستقبلية

الملاحق

الملحق : أ
طريقة عمل التجارب المخبرية

الملحق : ب
جداول تصميم الخلطة الخرسانية

الملحق : ج
فحوصات فولاذ التسليح

طريقة عمل التجارب المخبرية

١.التحليل بالمناخل

-الحصمة الخشنة:

يتم وزن كمية محددة من الحصمة الخشنة وتستبعد منها الأجزاء المارة من منخل رقم ٣ /8 أنش.

وللتأكد من خلو العينة من المواد الضارة العالقة بها، تغسل العينة بالماء وتجفف في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية. بعد ذلك تغمر العينة بماء درجة حرارته من 15-25 درجة حرارة مئوية لمدة ٢٤ ساعة، ثم تخرج العينة من الماء وتجفف بواسطة تيار هوائي دافىء أو بقطعة قماش في حالة الحبيبات الكبيرة. توزن العينة الجافة السطوح في الهواء ثم توضع في سلة شبكية تعتبر منخل رقم 4 انش، وتوزن العينة مغمورة بالماء، ثم تجفف العينة في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية. يتم تحديد كل من الوزن النوعي ونسبة الامتصاص من خلال العلاقتين التاليتين:

الوزن النوعي =(وزن العينة جافة في الهواء)/(وزن العينة جافة في الهواء – وزن العينة في الماء)

نسبة الامتصاص =(وزن العينة مشبعة في الهواء- وزن العينة جافة في الهواء)/(وزن العينة جافة في الهواء)

-الحصمة الناعمة:

الحصمة الناعمة (رمل +سمسية) حيث توزن عينة من كل من الرمل والسمسية وتغسل لإزالة المواد التي تمر من منخل رقم 200 ، تجفف في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية حتى يثبت الوزن، يتم غمر العينتان في الماء لمدة 24 ساعة ثم تجفف السطوح الخارجية بواسطة

تيار هوائي دافىء أما السمسمية فتجفف بواسطة قطعة قماش . ونظرا لحساسية هذه التجربة يتم التأكد من جفاف السطوح الخارجية ووزن كمية من كلا المادتين لأقرب 0.10 غم، ثم توضع عينة السمسمية في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية وتوزن العينة جافة في الهواء. أما بالنسبة لعينة الرمل لحساب وزن النوعي يتم ملا دورق زجاجي بالماء لعلامة محددة ويوزن، ثم توضع العينة جافة الموزونة (جافة السطوح) في الدورق و يملا مرة ثانية بالماء حتى العلامة ويتم رج الدورق جيدا ويدون وزنه، يفرغ الدورق (العينة والماء) في وعاء و تجفف في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية، ثم توزن العينة جافة. وبالتالي يتم تحديد الوزن النوعي للسمسمية كما للحصمة الخشنة، أما الرمل فيحدد كالأتي:

الوزن النوعي =(وزن العينة جافة في الهواء)/(وزن الدورق الزجاجي مملوء + وزن العينة جافة في الهواء – وزن العينة و الماء و الدورق)

نسبة الامتصاص =(وزن العينة جافة السطوح- وزن العينة جافة في الهواء)/(وزن العينة جافة في الهواء)

الأجهزة المستخدمة:

- مجموعة من المناخل القياسية للحصمة الناعمة:

جدول(أ- ١):مجموعة المناخل القياسية للحصمة الناعمة

فتحة المنخل (انش)	فتحة المنخل (ملم)
No 4	4.76
8	3.36
16	1.18
30	0.6
50	0.3
100	0.15
pan	-

- مجموعة مناخل للحصمة الخشنة:

جدول(أ-٢):مجموعة المناخل القياسية للحصمة الناعمة

فتحة المنخل (انش)	فتحة المنخل (ملم)
1.5	37.5
1	25
3/4	19
1/2	12.5
3/8	9.5
4	4.67
pan	-

- منخل رقم 200 لغسل وسكب المياه عليه.
- ميزان لا تقل حساسيته عن 0.1 غم.
- فرن تجفيف

طريقة إجراء التجربة:

١.نأخذ عينة مناسبة من الحصمة ونجففها في الفرن على درجة حرارة (105-110) درجة مئوية ونوزنها وليكون وزنها (أ)

٢.نغسل العينة ونسكب ماء الغسيل عليها من منخل رقم ٢٠٠ حتى يصبح ماء الغسيل صافيا

٣. تعاد المواد المحجوزة على منخل رقم ٢٠٠ للعينة وتوضع في الفرن وتجفف ثم توزن وليكن وزنها (ب)

٤. نسبة المواد الناعمة والمارة من منخل ٢٠٠=(أ-ب/ب)x١٠٠%.

٥. نرتب كل من المناخل القياسية تصاعديا لطل نوع من الحصمة عل حدا ونجهزها للتحليل

٦.توضع العينة على مجموعة المناخل القياسية ومن ثم نضعها على الهزاز الميكانيكي لمدة كافية من الزمن

٧. نحسب وزن المواد المتبقية على كل منخل والنسبة المئوية لكل منها كما في الجدول التالي

جدول(أ-٣): التحليل بالمناخل

مقاس المنخل	الوزن المحجوز(غم)	النسبة المئوية المحجوزة	الوزن التراكمي(غم)	النسبة المئوية المحجوزة التراكمية	النسبة المئوية المارة

معاير النعومة= مجموع النسب المئوية المتبقية المتراكمة

مجموع النسب المئوية المتبقية

٢. الوزن /الكثافة النوعية:

لإيجاد الوزن النوعي للركام الخشن والناعم بما فيه من فراغات يتم الوزن.
تتكون الأجهزة من الأتي:

أ- ميزان ذو حساسية يصل إلى.% 03من وزن العينة
ب- قضيب صب قطره ٥/٨ in تقريبا وطوله٤٢in وإحدى نهايتيه مستديرة
ج- مكيال معدني واسطواني الشكل ويكون مستويا من أعلى وأسفل لضبط القياس الداخلي كما يجب أن يكون صلبا يتحمل الاستعمال الشديد

طريقة إجراء التجربة:

١: يتم وزن المكيال فارغا

٢.يملئ المكيال لخمسه ويسوى المنسوب للأعلى بالأصابع ويدك سطح الطبقة بقضيب الدك ٢٥ مرة موزعة على كل السطح، ثم يملئ المكيال للخمس الثاني ويدك ٢٥ مرة، ثم يملئ المقياس لنهايته ويدك ٢٥ مرة، وتزال المواد الزائدة باستعمال الجزء المستقيم بقضيب الدك وذالك لتسويته.

٣. يراعا عند دك الطبقة الأولى أن لا يسمح للقضيب بان يخترق الطبقة لقاع المقياس، وعند دك الطبقة الثانية والنهائية يكون الدك كافيا لان يخترق القضيب قاع الطبقة السابقة لها للمواد الموضوعة في المقياس

٤. يحدد الوزن الصافي للمواد في المكيال = وزن الوعاء مع المادة – وزن الوعاء فارغا

حجم الاسطوانة = $L*\pi(D*D/4)$

الوزن النوعي = الوزن / الحجم

٣. الوزن النوعي ونسبة الامتصاص:

أ-الركام الخشن

الأجهزة والأدوات:

١. ميزان ذو سعة ٥كغم ولا تقل حساسيته عن ٥ كغم

٢. سلة شبكية ذات ارتفاع ٨انش وقطر ٨انش مزودة بشبكة من منخل رقم ٤.

٣. وعاء مناسب لغمر العينة والسلة الشبكية بالماء.

خطوات إجراء التجربة:

١.يؤخذ حوالي ٥كغم من الحصمة الخشنة.

٢. تغسل العينة لإزالة المواد الناعمة والضارة العالقة بها وتجفف في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية

٣. تغمر العينة في الماء لمدة ٢٤ ساعة بدرجة ١٥ـ٢٥ درجة مئوية.

٤. إخراج العينة من الماء وتجفف الحبيبات بواسطة تيار دافىء.

٥.توزن العينة الجافة الجافة السطوح في الهواء ثم توضع في السلة الشبكية وتوزن وهي مغمورة بالماء.

٦. توزن العينة في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية، ثم يتم إجراء الحسابات التالية:

جدول(أ-٤): الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الخشن

البيان	الركام الخشن
وزن العينة جافة (أ)	
وزن العينة جافة السطوح (ب)	
وزن العينة مشبعة بالماء(ج)	
الوزن النوعي المجموعي [أ/(ب-ج)]	
الوزن النوعي لعينة مشبعة السطوح [ب/(ب-ج)]	
الوزن النوعي الظاهري(WSSD)[أ/أ-ج)]	
نسبة الامتصاص(AC)[ب-أ/(أ*١٠٠%)]	

ب: الركام الناعم:

الأجهزة والأدوات:

١. ميزان ذو حساسية ٠.١ غم
٢. دورق زجاجي سعة ٥٠٠ سم٣

خطوات إجراء التجربة:

١. تؤخذ عينة مناسبة من الحصمة الناعمة وتغسل لإزالة المواد التي تمر من منخل رقم ٢٠٠.
٢. تجفف العينة في فرن على درجة حرارة ١١٠ م حتى يثبت الوزن.
٣. تغمر العينة في الماء مدة ٢٤ ساعة ثم تجفف الطروح الخارجية تحت تأثير هوائي دافىء.
٤. بعد التأكد من من جفاف السطوح الخارجة للعينة نزنها لأقرب ٠.١ غم وليكن وزنه(أ).
٥. يملأ الدورق الزجاجي بالماء ويوزن وليكن (ب).

٦. توضع العينة في الدورق يملأ الخير بالماء ثم يوزن وليكن (ج)

٧. تخرج العينة من الدورق وتجفف في درجة حرارة ١١٠ ثم توزن وليكن (د)، ويتم إجراء الحسابات التالية:

جدول(أ-٥): الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الناعم

البيان	الركام الناعم
وزن العينة جافة السطوح (أ)	
وزن الدورق مملوء بالماء حتى العلامة (ب)	
وزن الدورق والعينة مملؤة بالماء حتى العلامة(ج)	
وزن العينة جافة (د)	
الوزن النوعي ألمجموعي [د/(ب+أ- ج)]	
الوزن النوعي لعينة مشبعة السطوح[أ/(ب+أ- ج)]	
الوزن النوعي الظاهري(WSSD)[د/(ب+د- ج)]	

النتائج والحسابات

١. التحليل بالمناخل

- **الركام الخشن:**

جدول(أ-٦):نتائج التحليل بالمناخل للحصمة الخشنة

مقاس المنخل	الوزن المحجوز(غم)	النسبة المئوية المحجوزة %	الوزن التراكمي(غم)	النسبة المئوية المحجوزة التراكمية%	النسبة المئوية المارة%
1.5	0	0	0	0	100
3/4	0	0	0	0	100
3/8	1440	72	1440	72	28
4	536	26.8	1976	98.8	1.2
pan	22	1.1	1998	-	0.1

نلاحظ من هذه التجربة أن المقياس الاعتباري الأكبر للركام الخشن (٣/٨)

- **الركام الناعم**

جدول(أ-٧):نتائج التحليل بالمناخل للحصمة الناعم

مقاس المنخل	الوزن المحجوز(غم)	النسبة المئوية المحجوزة %	الوزن التراكمي(غم)	النسبة المئوية المحجوزة التراكمية%
٤	44.352	4.44	44.325	4.44
8	102.816	10.28	147.168	14.717
16	46.368	4.46	193.536	19.353
30	8.046	0.804	201.58	20.158
50	590.72	59.47	796.302	79.63
100	193.536	19.35	989.84	98.984
pan	10.08	1.008	_	_

معاير النعومة= مجموع النسب المئوية المتبقية المتراكمة

مجموع النسب المئوية المتبقية

معامل النعومة = 237.28/100 =2.4

٢. الوزن/الكثافة النوعية:

وزن المكيال فارغا=6.84kg

وزن المكيال مع الحصمة الناعمة=22.525kg

وزن المكيال مع الحصمة الخشنة= 21.87kg

الصافي للمواد في المكيال للحصمة الناعمة = وزن الوعاء مع المادة – وزن الوعاء فارغا

22.525-6.84=

15.685kg=

الصافي للمواد في المكيال للحصمة الناعمة = وزن الوعاء مع المادة – وزن الوعاء فارغا

21.87-6.84=

15.03kg=

قطر الاسطوانة=26.6cm

ارتفاع الاسطوانة=18.15cm

حجم الاسطوانة = $L*\pi(D*D/4)$

$18.15*\pi(26.6*26.6)/4=$

10081.14cm3 =

الوزن النوعي = الوزن / الحجم

الوزن النوعي للحصمة الناعمة= 15.685/10081.14

0.00156kg/cm3=

الوزن النوعي للحصمة الخشنة= 15.03/10081.14

0.00149kg/cm3=

٣. نسبة الامتصاص:

أ- الركام الخشن

جدول(أ-٨):نتائج تجربة الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الخشن

البيان	الركام الخشن
وزن العينة جافة (أ)	٩٥٠
وزن العينة جافة السطوح (ب)	٩٦٩.٣
وزن العينة مشبعة بالماء(ج)	٦٠٩.٣
الوزن النوعي المجموعي [أ/(ب-ج)]	٢.٦٣٨
الوزن النوعي لعينة مشبعة السطوح [ب/(ب-ج)]	٢.٦٩٢
الوزن النوعي الظاهري(WSSD)[أ/أ-ج)]	٢.٧٨٨
نسبة الامتصاص(AC)[ب-أ/(أ*١٠٠%)]	%٢.٣

ب: الركام الناعم:

جدول(أ-٩):نتائج تجربة الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الناعم

البيان	الركام الناعم
وزن العينة جافة السطوح (أ)	٣٠٠
وزن الدورق مملوء بالماء حتى العلامة (ب)	٩٢٤.٢
وزن الدورق والعينة مملؤة بالماء حتى العلامة(ج)	١١٠٧
وزن العينة جافة (د)	٢٩٤.١
الوزن النوعي ألمجموعي [د/(ب+أ- ج)]	٢.٥٠٩
الوزن النوعي لعينة مشبعة السطوح[أ/(ب+أ- ج)]	٢.٥٦
الوزن النوعي الظاهري(WSSD)[د/(ب+د- ج)]	٢.٦٤
نسبة الامتصاص (AC)[أ-د/(د*١٠٠%)]	%٢

المصادر والمراجع

١. أ سيجالوف سترونجين-ترجمة الدكتور داود سليمان المنير -طبعة ثانية ١٩٧٨- الخرسانة المسلحة-دار الأمير للطباعة والنشر- الاتحاد السوفيتي-موسكو.

٢. المهندس عزيز خلاط-طبعة أولى ١٩٥٦-المجموعة الفنية في الخرسانة المسلحة - مطبعة المدرسة الصناعية للفرير- جمهورية مصر العربية-الإسكندرية.

٣.الكود العربي لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية-١٩٧٦-الباب السادس-اتحاد المهندسين العرب -الأمانة العامة.

٤. مواصفات لمشروع مدرسة منشأة في الخليل

٥. الدكتور علاء محمود حين التميمي-طبعة ثانية ٢٠٠١- تصميم المنشات الخرسانية و المنشات مسبقة الصب-دار المناهج للنشر و التوزيع-المملكة الأردنية الهاشمية-عمان.

6. http://www.google.com (محرك البحث عنوان الباب أو الفصل)

7. Chu-Kia Wang, Charles G. Salmon, Reinforced Concrete Design, Addison-Wesley, 1998.

8. ACI-Code, 1992, Building Engineer.