جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

مشروع تخرج

بعنوان

"العوامل المؤثرة في مقاومة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح"

إعداد الطالب

طارق كايد جرادات

إشراف: د. نبيل الجولاني

الخليل - فلسطين

2009

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل –فلسطين

مشروع تخرج

بعنوان

"العوامل المؤثرة في مقاومة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح"

إعداد الطالب

طارق كايد جرادات

بناء على توجيهات الدكتور المشرف على مشروع التخرج وموافقة اعضاء اللجنة الممتحنة تم تقديم هذا المشروع الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا وذلك للوفاء الجزئي بمتطلبات الدائرة لنيل درجة البكالوريوس في هندسة المباني.

مشرف المشروع	**رئيس الدائرة**
د.نبيل الجولاني	**د. هيثم عياد**

إهداء

الى والد الشعب الفلسطيني وكبير الشهداء..... مفجر الثورة وقائدها .....

رمز الشعب الفلسطيني ..... ذلك الكاسر الجاسر ..... الشهيد ياسر

عرفات .

الى رمز الامة العربية وفارسها ..... الى من كان دوما يردد عاشت فلسطين

حرة عربية..... الشهيد صدام حسين .

الى نبع الحنان والعطاء ..... تلك التي سهرت لراحتي واعطت كل ما تستطيع

لاجلي ..... امي الغالية

الى ذلك الرجل الذي ضحى من اجل ان اكون ناجحا في حياتي ..... الى

قدوتي الاولى ..... ابي الغالي

الى تلك الحركة التي افخر بالانتماء لها ..... الى الرصاص و الى الحجارة ....

حركة فتح .

الى اخوتي واصدقائي وزملائي ..... الى كل من ساندني في حياتي ..... الى كل

من علمني حرفا في الجامعة ..... الى المدرسين والعمداء وادارة الجامعة .

الى كل هؤلاء اهدي هذا العمل المتواضع

الشكر والتقدير

بفضل الله وحمده تم استكمال مشروع التخرج، وبناء عليه فإنني أتقدم بجزيل الشكر والتقدير والعرفان إلى كل من ساهم في إنجاح وتطوير وتحسين هذا العمل. ونخص بالشكر جامعة بوليتكنك فلسطين وكلية الهندسة والتكنولوجيا ودائرة الهندسة المدنية والمعمارية. كما وأتقدم بالشكر والعرفان إلى الدكتور نبيل الجولاني الذي أشرف على هذا المشروع وقدم لي كل مساعدة وعون وإرشاد، وخاصة في مراجعة وتنقيح هذا التقرير. كما أتقدم بالشكر الجزيل أيضا إلى موظفي دائرة الاستشارات وخدمة المجتمع وبالأخص الأستاذ جبريل الشويكي على جهوده المتميزة التي قدمها لي في تحضير العينات واجراء الفحوصات، كما اتقدم بالشكر الجزيل لكل من ساندني من اصدقائي في تجهيز الخلطات الخرسانية واخص بالذكر اخي محمد الدرعاوي واخي نيبال كفافي.

إلى كل هؤلاء أسدي إليهم الشكر والتقدير والعرفان

ملخص البحث

هذا البحث هو محاوله لدراسة بعض العوامل المؤثرة في مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة. تم تحضير عينات خرسانيه على شكل متوازي مستطيلات (Prisms) بأبعاد 10x10x20 سم (طولxعرضxارتفاع) ، وتم استخدام قضبان تسليح فولاذية باطوال مختلفة بحيث يتم وضعها في العينات الخرسانية بالاتجاه الطولي من الطرفين، وتم فحص مقاومة الشد بواسطة سحب القضبان الفولاذية من العينات الخرسانية بعد فترات زمنية محددة من تجهيز العينات والمعالجة.

أهم متغيرات البحث التي تم دراسة أثرها على مقاومة السحب لحديد التسليح من الخرسانة هي ، العمر الزمني للعينات الخرسانية (7 و 14 و28 يوم) ، وقطر القضبان الفولاذية (12، 14، و 16 ملم)، كما تم فحص أثر نوع الخلطة الخرسانية على مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة(B200، B300). وقد تمت جميع الفحوصات على جهاز الفحص الشامل (Universal Testing Machine) التي تصل قدرته القصوى الى 1200 kN في حالة الشد.

وتم حساب مقاومة السحب لحديد التسليح من الخرسانة عن طريق المعادلة التالية:

$$\tau = F/ \prod.d.L$$

حيث:

τ :مقاومة السحب لحديد التسليح (كغم/سم^2)

F : قوة السحب (كغم)

d : قطر قضيب الحديد المستعمل في العينة (سم)

L : عمق التشريك لقضيب الحديد داخل العينة الخرسانية (سم)

Abstract:

This research project is an attempt to investigate the pull out strength of reinforcement steel from concrete. Samples were prepared as Prism shape, with dimensions of 20x10x10 cm (length, width and hight). The reinforcement steel were centrically embedded in the middle of the prism in the long direction from both sides.

The research variables included curing time of samples (7, 14 and 28 days), bars diameters (12, 14 and 16 mm), and the grade of concrete mixture(B200, B300).

Compressive strength of concrete cubes and pull out strength of steel reinforcement were carried out on the Universal Testing Machine (UTM), available at the materials laboratories at the PPU. Pull out strength was compute according the to following formula,

$$^2 = F / \prod . d . L$$

Where:

^{2} *= pullout strength (kg/cm^2)*

F= pull out force (kg)

d= bars diameter (cm)

L= Embedment lengths of reinforcement bars (cm)

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
صفحة الاعتراف	I
الإهداء	II
الشكر والتقدير	III
ملخص باللغة العربية	IV
ملخص باللغة الإنجليزية	V
فهرس المحتويات	VI
فهرس الأشكال والصور	VIII
فهرس الجداول	X
الفصل الأول	١
1.1 **مقدمة**	1
1.2 أهداف وأهمية البحث	3
1.3 متغيرات البحث	3
1.4 طريقة البحث	5
الفصل الثاني: الدراسات السابقة	7
الفصل الثالث : خصائص المواد المستخدمة والفحوصات ألمخبريه	١٢
3.1 **المواد المستخدمة**	١٢
3.1.1 **الخرسانة**	١٢
3.1.2 حديد التسليح	١٢
3.2 الفحوصات المخبريه	14
3.2.1 فحص الهبوط للخلطات الخرسانية	14
3.2.2 **فحص مقاومة الضغط للخرسانة**	14
3.2.3 فحص مقاومة سحب حديد التسليح من الخرسانة	15
الفصل الرابع : النتائج والتجارب العملية	18
٤.١ نتائج الفحوصات المخبرية	١٨

4.1.1 نتائج تجربة فحص الهبوط للخلطات الخرسانية	18
4.1.2 نتائج فحص مقاومة الضغط للعينات	18
4.1.3 نتائج فحص مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة	18
٤.٢ نتائج فحوصات الخرسانة B200	٢٥
٤.٣ نتائج فحوصات الخرسانة B300	٢٨
٤.٤ مقارنة نتائج الخرسانة B200 و B300	٣١
٤.٥ مقارنة اثر قطر حديد التسليح	٤٠
٤.٦ مقارنة بين مقاومة السحب لحديد التسليح ومقاومة الضغط للخرسانة	٤٦
الفصل الخامس : النتائج والتوصيات	٥٢
المراجع	٥٥

فهرس الأشكال والصور

الشكل أو الصورة	رقم الصفحة
شكل (1-1): تمثيل لمقاومة السحب في الحديد بواسطة الاحتكاك	٢
شكل (١-٢): قوى السحب في قضيب التسليح	٢
صورة (١-١): مكونات الخرسانة قبل عملية الخلط	٤
صورة (١-٢): الخلطة الخرسانية جاهزة	٤
صورة (١-٣): مكعبات الصب للعينات قبل صب الخرسانة بها	٥
صورة (١-٤): الإطار المعدني المستخدم لحصر عينة الخرسانة أثناء الفحص	٦
صورة (٢-١): حديد مبروم	١٠
صورة (٣-١): قضيب حديد مع خطاف	١٣
صورة (٣-2): فحص شد حديد التسليح	13
صورة (٣-3): ادوات فحص الهبوط للخرسانة	14
صورة (٣-4): عينات خرسانة غير مسلحة لفحص مقاومة الكسر	15
صورة (٣-5): عملية فحص عينات الضغط	15
صورة (٣-6): العينات بعد صبها في المكعبات الخاصة	16
صورة (٣-7): عينة خرسانة مع قضيب التسليح قبل الفحص	16
صورة (٣-8):اختبارسحب الحديد من الخرسانة موضحا الإطار المعدني لحصر العينة الخرسانية	17
شكل(٤-١):العلاقة بين زمن المعالجة ومقاومة الضغط	٢٢
صورة (٤-١): العينة بعد فحصها على الجهاز وسحب الحديد منها	22
صورة (٤-٢): شكل الانهيار بعد شد قضيب الحديد من العينة الخرسانية	23
شكل (٤-٢): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة وقوة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B200 .	٢٣
شكل (٤-٣): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة وقوة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B300 .	٢٤
شكل (٤-٤): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 12 ملم وخرسانة B200	25
شكل (٤-٥): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 14 ملم وخرسانة B200	26

شكل (٤-6): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 16 ملم وخرسانة B200	27
شكل (٤-7): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 12 ملم وخرسانة B300	٢٨
شكل (٤-8): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 14 ملم وخرسانة B300	٢٩
شكل (٤-9): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 16 ملم وخرسانة B300	٣٠
شكل (٤-10): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 12 ملم و عمق تشريك 5سم	٣١
شكل (٤-11): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 14ملم و عمق تشريك 5سم	32
شكل (٤-١٢): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 16ملم و عمق تشريك5سم	33
شكل (٤-١٣): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 12ملم و عمق تشريك 5سم مع خطاف	34
شكل (٤-١٤): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ملم و عمق تشريك ٥سم مع خطاف	35
شكل (٤-١٥): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ملم و عمق تشريك ٥سم مع خطاف	36
شكل (٤-١٦): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ملم و عمق تشريك ١٠سم	37
شكل (٤-١٧): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ملم و عمق تشريك ١٠سم	38
شكل (٤-١٨): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ملم و عمق تشريك ١٠سم	39
شكل (٤-١٩): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥سم وخرسانة B200	40
شكل (٤-٢٠): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥سم مع خطاف وخرسانة B200	41
شكل (٤-٢١): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ١٠سم وخرسانة B200	42
شكل (٤-٢٢): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥سم وخرسانة B300	43
شكل (٤-٢٣): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥سم مع خطاف وخرسانة B300	44

شكل (٤-٢٤): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ١٠سم وخرسانة B300	٤5
شكل (٤-٢٥): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B200 وقطر١٢ ملم	٤٦
شكل (٤-٢٦): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B300 وقطر١٢ ملم	٤٧
شكل (٤-٢٧): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B200 وقطر١٤ ملم	٤٨
شكل (٤-٢٨): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B300 وقطر١٤ ملم	٤٩
شكل (٤-٢٩): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B200 وقطر١٦ ملم	٥٠
شكل (٤-٣٠): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B300 وقطر١٦ ملم	٥١

فهرس الجداول

الجدول	رقم الصفحة
جدول (٣-١): نسب الخلط في الخرسانة	١٢
جدول (٤-١): النتائج النهائية لفحوصات الخرسانة B200 .	٢٠
جدول (٤-٢): النتائج النهائية لفحوصات الخرسانة B300 .	٢١

الفصل الأول

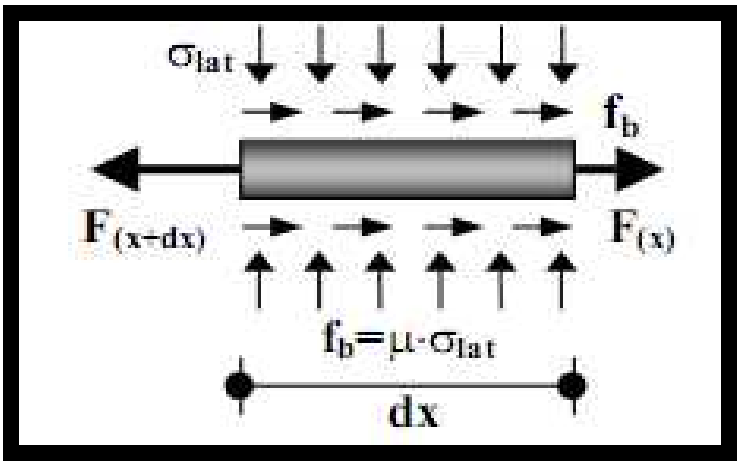
١.١ مقدمه:

تعتبر مقاومة الشد في حديد التسليح ومقاومة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح ، من أهم العناصر التي تتحكم في متانة ومقاومة المباني الخرسانية للإجهاد والعزوم المختلفة. عادة ما يتم تحويل القوى والاجهادات الداخلية بين الخرسانة وحديد التسليح بطرق ميكانيكية وآليات تبادلية للحفاظ على التوازن وعدم حدوث انهيار بأي شكل من الأشكال.

تعتمد مقاومة السحب في حديد التسليح على عدة عوامل، منها نوع الحديد المستخدم وعمق التشريك وقطر القضبان المستخدمة بالإضافة إلى عوامل أخرى تتعلق بالمواد المستخدمة في الخلطات الخرسانية.

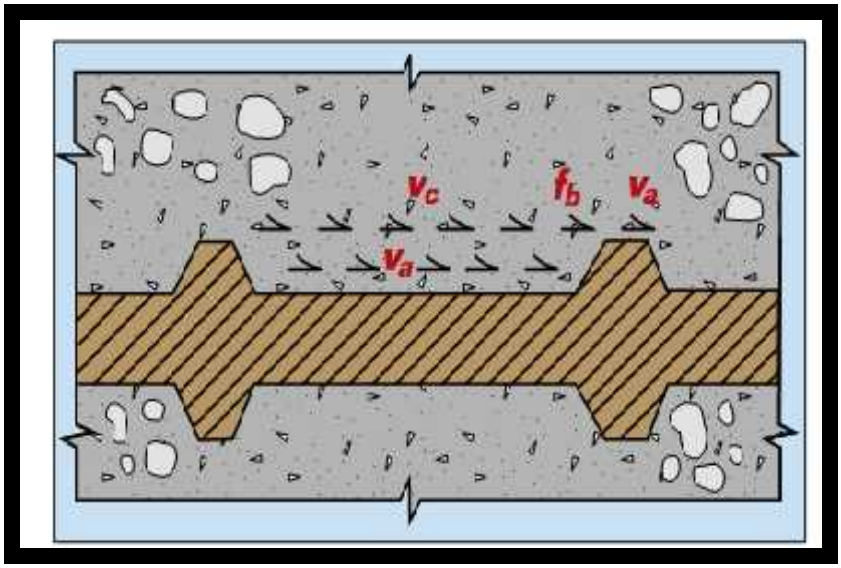
ان استخدام كميات كبيرة من الحديد قد يؤدي إلى عدد من المشاكل في الخرسانة المسلحة، من أهمها ازدحام الحديد وصعوبة صب الخرسانة وبالتالي حدوث نوع من التعشيش في الخرسانة ونقصان المقاومة بسبب الفراغات الناشئة عن عدم تجانس الوسط الخرساني حول حديد التسـليح، كما أن استخدام كميات كبيرة من حديد التسليح في ظل الارتفاع المتزايد في أسعار الحديد سوف يؤدي الى تضاعف تكاليف الإنشاء بشكل عام. إن ابتكار طرق وأساليب لزيادة مقاومة السحب (زيادة التماسك) بين حديد التسليح والخرسانة، قد يؤدي الى زيادة فاعلية حديد التسليح واستخدام كميات أقل في ظل الازدياد السريع في أسعار الحديد. إن هذه الدراسة تهدف بالدرجة الأولى إلى التعرف على طبيعة مقاومة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح والعوامل المؤثرة فيها، وطبيعة وأشكال الانهيار الناتج عن سحب القضبان المعدنية من الخرسانة.

هناك بعض القوانين المستخدمة التي تمثل عملية تحويل قوى ومقاومة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح، أهمها قانون الاحتكاك. **شكل رقم** (١- ١) يبين مبدأ تحويل القوى بين قضيب من حديد التسليح والخرسانة المحيطة به. في هذا النظام يلاحظ أن مقاومة السحب تعتمد بشكل مباشر على قوى الحصر العمودية على قضيب حديد التسليح (confining pressure) وعلى معامل الاحتكاك بين الحديد والخرسانة. يمكن زيادة قوى الحصر الأفقية بواسطة زيادة غطاء الخرسانة واستخدام حديد تسليح معاكس لاتجاه الشقوق الناتج عن عملية سحب قضبان التسليح.



شكل (١- ١): **تمثيل لمقاومة السحب في الحديد بواسطة الاحتكاك**

الشكل رقم (١-٢) يوضح مقطع لوسط خرساني وقضيب تسليح، مشار علية برموز تمثل مقاومة الالتصاق والاختراق لقضيب التسليح ومقاومة القص في الخرسانة، حيث ان **(Va)** تمثل قوة الالتصاق بين حديد التسليح والخرسانة،و **(f b)** تمثل مقاومة الاختراق على سطح القضيب، و **(Vc)** تمثل مقاومة القص في الخرسانة.



شكل (١- ٢): **قوى السحب في قضيب التسليح**

١.٢ أهداف البحث وأهميته:

الهدف الرئيسي من هذا البحث هو دراسة العوامل المؤثرة في مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة، وتحديد إمكانية الاستفادة من تعديل خصائص بعض مكونات الخرسانة المسلحة لتحسين مقاومة التلاصق بين الخرسانة وحديد التسليح وزيادة مقاومة السحب في الحديد.

إن أهمية هذا البحث تأتي من ارتفاع تكلفة الإنشاء والناتجة عن ارتفاع أسعار حديد التسليح، وبالتالي فإن أي دراسة تسهم في تقليل تكاليف الإنشاء وتقليل استخدام كميات حديد التسليح قد يكون لها آثار ايجابية على قطاع الإنشاءات بشكل عام، وسوف يستفيد من هذا البحث قطاع واسع من الناس بالإضافة للشركات والحكومات.

١.٣ متغيرات البحث

في هذا البحث تم اعتماد عدد من المتغيرات الخاصة بالحديد والخرسانة كالتالي:

A) قطر قضبان حديد التسليح (Bars diameter)

وقد تم استخدام قضبان باقطار ١٢ و ١٤ و ١٦ ملم

B) عمق التشريك في العينات الخرسانية (embedment length)

تم تشريك الحديد بداخل العينات الخرسانية لأعماق تتراوح بين 5 سم و5 سم مع خطاف و 10 سم.

C) نوع الخرسانة ومقاومتها للضغط (Concrete grade)

تم تحضير نوعين من الخلطات الخرسانة، بحيث تتغير نسبة الحبيبات الخشنة عن الحبيبات الناعمة والرمل في الخلطة الخرسانية مع تثبيت نسبة الأسمنت والماء، بمعنى آخر تم إجراء فحوصات مقاومة السحب لحديد التسليح على نوعين من الخرسانة بمقاومة ضغط مختلفة لكل منها (خرسانة B200 وخرسانة B300)، **والجدول** (٣- ١) المبين لاحقا يوضح نسب الخلط المستخدمة في هذا البحث.

والصور (١- ١) و (١- ٢) توضح كيفية عمل الخلطة الخرسانية.

صورة (١- ١): مكونات الخرسانة قبل عملية الخلط

صورة (١- ٢): الخلطة الخرسانية جاهزة

١.٤ طريقة البحث

١) تجهيز القوالب التي سيتم عمل العينات الخرسانية فيها، وهي ذات إبعاد ٢٠x١٠x١٠ سم، وتحضير قضبان الحديد التي سيتم استخدامها وتشريكها في الخرسانة التي ستم صبها في هذه القوالب، والصورة (١-٣) تبين القوالب التي تم استخدامها.

صورة (١-٣): مكعبات الصب للعينات قبل صب الخرسانة بها

ولتفادي حدوث انهيار في الخرسانة نفسها فقد تم صناعة إطار خاص لحصر العينات أثناء الفحص صورة رقم (١-٤)، وقد تم استخدام هذا الإطار المعدني أثناء فحص العينات.

صورة (١- ٤): الإطار المعدني المستخدم لحصر عينة الخرسانة أثناء الفحص

٢) تجهيز الخلطات الخرسانية وصب العينات بعد تثبيت قضبان التسليح بداخل العينات من جهتين متقابلتين.

٣) تجهيز عينات مكعبة من نفس الخرسانة لفحص مقاومة الضغط .

٤) فك العينات بعد ٢٤ ساعة من صبها ووضعها في حوض المعالجة بالماء وذلك لمدة أسبوع.

٥) بعد أسبوع تم إخراج العينات جميعها من حوض المعالجة وتركها بعض الوقت لتجف يقدر بساعتين، ثم تم إجراء فحص مقاومة الخرسانة للضغط ويجب الملاحظة ان عينات فحص الكسر لا تحتوي على أي قضبان تسليح كما في عينات فحص قوة سحب الحديد.

٦) إجراء فحص على العينة الأولى لمقاومة الضغط للخرسانة ومقاومة السحب لحديد التسليح ، وإجراء فحوصات مماثلة بعد ١٤ و ٢٨ يوم من تاريخ الخلط، وتوثيق النتائج وتحليلها ومقارنتها.

٧) تجهيز عينات خرسانية مختلفة لفحص أثر المتغيرات سابقة الذكر على مقاومة الضغط للخرسانة ومقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة.

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

تعرف الخرسانة بأنها خليط غير متجانس من الركام (الحصمة) و الأسمنت والماء مع بعض الفراغات و يمكن إضافة بعض المواد الأخرى (المضافات) للحصول على خواص معينة. يتم اختيار نسب هذه المواد للحصول على الخرسانة التي تبدأ بالتصلب التدريجي مع الوقت حتى تصبح صلبة وقوية ، وتتفاوت قوتها حسب المكونات الأساسية وكذلك حسب طريقة الرج أثناء الصب ونوعية المعالجة. تعتبر الخرسانة قوية في مقاومة إجهاد الضغط وضعيفة جدا في مقاومة إجهاد الشد. وللتغلب على هذه المشكلة ، فان الحديد يستخدم مع الخرسانة ، وهو مقاوم ممتاز لقوى الشد وقوى الضغط، والخرسانة يمكن أن تقسم من حيث مكوناتها إلى خرسانة عادية وخرسانة مسلحة وهي التي تحتوي حديد التسليح لمقاومة إجهادات الشد[١].

كما يوجد أنواع أخرى من الخرسانة المسلحة التي لها صفات و استخدامات خاصة مثل:

- الخرسانة المسلحة المصبوبة تحت الماء.
- الخرسانة المسلحة المقاومة للحريق.
- الخرسانة المسلحة المقاومة للإشعاعات الذرية.
- الخرسانة المسلحة للسدود.
- الخرسانة المسلحة ضد القنابل.
- الخرسانة المسلحة المقاومة للزلازل.
- الخرسانة المسلحة الملونة.

كما أن الطرق المختلفة لتجهيز منتجات الخرسانة المسلحة يكسبها أسماء أخرى مثل:

-الخرسانة المصبوبة في الموقع (In-Situ concrete).

-الخرسانة مسبقة الصب (Pre-Cast concrete)

-الخرسانة سابقة الإجهاد (Pre-Stressed concrete)

وتحتوي الخلطة الخرسانية عادة على (١٠-١٥) % أسمنت و (٦٠-٧٥) % ركام ناعم وخشن و (١٥ - ٢٠ %) ماء بالإضافة إلى نسبة (٥ - ٨) % هواء محبوس بداخل الخرسانة.(هذه النسب هي نسب المكونات إلى الحجم الكلي للخرسانة).

وفيما يلي شرح مبسط لاهم مكونات الخلطة الخرسانية:

1. الاسمنت

الأسمنت هو تلك المادة الناعمة الداكنة اللون التي تمتلك خواص تماسكية وتلاصقية بوجود الماء مما يجعله قادراً على ربط مكونات الخرسانة بعضها ببعض و تماسكها مع حديد التسليح. ويتكون الأسمنت من ٤ مواد خام أساسية هي كربونات الكالسيوم الموجودة في الحجر الكلسي، والسيليكا الموجودة في الطين والرمل، والألومنيا (أكسيد الألمنيوم)، واكسيد الحديد. وهناك عدة أنواع من الاسمنت تأخذ اسمها من الغرض منها ولزوم استعمالها ولكن تبقى مكوناتها الأساسية واحدة وان اختلفت نسبتها من نوع لآخر ومن أهم هذه الأنواع : الاسمنت البورتلاندي العادي ، الاسمنت البورتلاندي سريع التصلد ، الاسمنت المنخفض الحراري ، الاسمنت المقاوم للأملاح و الكبريتات ، ... الخ .

عادة ما تجرى على الأسمنت بعض الفحوصات للتأكد من خصائصه ، وأهم هذه الفحوصات هي نعومة الأسمنت وفحص القوام القياسي للعجينة الأسمنتية. وزمن الشك الابتدائي والنهائي والتحليل الكيماوي للاسمنت ومقاومة الأسمنت للضغط والشد المباشر. وفي هذا البحث سوف يتم استخدام الاسمنت التركي.

2. الماء

يجب أن يكون الماء المستخدم خاليا من المواد الضارة مثل الزيوت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة. ويعتبر الماء الصالح للشرب صالحا للخلطات الخرسانية.

ويتم تحديد كمية ماء الخلط بحيث تتراوح نسبة الماء إلى الاسمنت من 35% إلى 60% وذلك حسب درجة التشغيل والعمل المطلوب انجازه، وقد تم التوصل إلى أن زيادة كمية ماء الخلط تؤدي إلى حدوث مشاكل في الخرسانة منها حدوث انفصال حبيبي في الخرسانة الطازجة وصعوبة وصل الخرسانة القديمة بالخرسانة حديثة الصب وغيرها .

3. الركام

الركام له تأثير كبير على خواص الخرسانة ونوعيتها لكونه يشغل حوالي (٧٠ – ٧٥) % من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية. ويتكون الركام بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل والأخرى حبيبات كبيرة كالحصى.

وإضافة إلى كون الركام يشكل الجزء الأكبر من هيكل الخرسانة والذي يعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للقوى الخارجية والعوامل الجوية المختلفة كالحرارة والرطوبة والتجمد فانه يقلل التغيرات ألحجميه الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت عند تعرض الخرسانة للرطوبة والجفاف . ولذا فإن الركام يعطي للخرسانة متانة أفضل مما لو استعملت عجينة الاسمنت لوحدها.

وعند اختيار الركام لغرض الاستعمال في خرسانة معينة يجب الانتباه بصورة عامة إلى ثلاثة متطلبات هي: اقتصادية الخليط ، المقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة ، والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة. ومن الخواص المهمة الأخرى لركام الخرسانة هي تدرج حبيباته، ولغرض الحصول على هيكل خرساني كثيف يجب أن يكون تدرج ركام الخرسانة مناسبا وذلك بتحديد نسبة الركام الناعم والركام الخشن في الخليط. بالإضافة إلى ذلك يكون تدرج حبيبات الركام عاملا مهما في السيطرة على قابلية تشغيل الخرسانة الطرية. فعند تحديد كمية الركام الموجود في وحدة الحجم للخرسانة تكون قابلية تشغيل الخليط أكثر عندما يكون تدرج الركام مناسبا وبذلك تكون الحاجة لكمية الماء اللازمة للخليط أقل وهذا بدوره يؤدي إلى زيادة مقاومة الخرسانة الناتجة. كما ويؤثر الركام على الكلفة الكلية للخرسانة .

٤. حديد التسليح

الحديد هو عنصر كيميائي وفلز ، من أقدم المعادن المكتشفة ، يرمز له بالرمز Fe وعدده الذري ٢٦، وفي الجدول الدوري يقع الحديد في المجموعة الثامنة والدورة الرابعة، وهو عنصر ضروري لحياة الإنسان كونه يدخل في تركيب هيموجلوبين الدم وكذلك لحياة النباتات كونه يدخل في تركيب الكلوروفيل. ويحتل الحديد المركز الرابع من حيث وجوده ضمن عناصر القشرة الأرضية، وهو فلز قابل للطرق والسحب ويدخل في صناعة العديد من السبائك.

يعد الحديد أقوى الفلزات على الإطلاق وأكثرها أهمية للأغراض الهندسية شرط حمايته من الصدأ. (أي التفاعل مع الأكسجين) وهناك عدة طرق لحماية الحديد من الصدأ وابسطها منع تماس الأكسجين والرطوبة عن الحديد وذلك بتغليف الحديد بمادة عازلة مثل استخدام الأصباغ أو عوازل PVC

مثلا. من أفضل الطرق المستخدمة في الصناعة هي استخدام نظام الحماية الكاثودية لحماية الحديد من الصدأ والتآكل. الصورة رقم (٢-١) تبين نموذج للحديد المبروم.

صورة (٢-١): حديد مبروم

هناك بعض الدراسات [2,3,4] التي أجريت لفحص أداء قضبان حديد التسليح وعمق التشريك في الخرسانة عالية الإجهاد. كما تمت دراسة أثر عدد من المتغيرات **مثل نوع ومقاومة الضغط للخرسانة** وموقع وضع قضبان التسليح. وقد أظهرت النتائج أنة في حالة الخرسانة عالية الإجهاد فأن زيادة طول التشريك ليست فعالة لزيادة مقاومة السحب لقضبان التسليح المبرومة، خاصة عندما يكون الغطاء الخرساني قليل.

وفي دراسة أخرى شاملة [٥]، أجريت لدراسة أثر قطر قضبان التسليح في مقاومة السحب للخرسانة العادية، فقد أظهرت النتائج أن مقاومة سحب حديد التسليح تنقص بشكل طفيف بزيادة قطر قضبان التسليح.

وفي دراسة أخرى [٦] أجريت لفحص تأثير قطر قضبان التسليح على مقاومة السحب في الخرسانة عالية الإجهاد، فقد أظهرت النتائج أن مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة تكون أعلى في حالة استخدام قضبان تسليح بأقطار صغيرة مقارنة مع استخدام قضبان بأقطار كبيرة.

ويجب الاشارة هنا انه تم اجراء فحوص شد للحديد نفسه قبل تشريكه بعينة الخرسانة وكانت النتائج مطابقة للمواصفات من حيث نقطة الخضوع و اكبر قوة شد يتحملها حديد التسليح قبل كسره، حيث ان حديد التسليح يعتبر فاشلا اذا نقصت نقطة الخضوع عن الارقام التالية :

حديد قطر ١٢ = ٤٣٣١ كغم/سم^{٢}

حديد قطر 14= ٤١١٠ كغم/سم^{٢}

حديد قطر ١٦ = ٤١١١ كغم/سم^{٢}

وبعد اجراء عدد من الفحوص على بعض قضبان الحديد المستخدمة في هذا البحث كان حديد التسليح فيها مطابقا للمواصفات فلم تقل نقطة الخضوع لاي منها عن الارقام السابقة ، اما بالنسبة لقوة الشد لهذه الانواع من الحديد فهي موضحة في النتائج النهائية .

الفصل الثالث

المواد المستخدمة و الفحوصات ألمخبريه

٣.١ المواد المستخدمة

٣.١.١ الخرسانه

تم تصميم خلطات خرسانيه لتستخدم في هذا البحث بمقاومة ٢٠٠ كغم/سم^{٢} و ٣٠٠ كغم/سم^{٢} ، علما بأن هذا النوع من الخرسانة استخدم مع بعض متغيرات البحث (بحث أثر عمق التشـــريك وقطـــر قضيب التسليح على مقاومة السحب) .

والجدول (٣- ١) يوضح نسب الخلط المستخدمة في الخلطات الخرسانية المستخدمة في هذا البحث:

جدول(٣- ١): نسب الخلط في الخرسانة

المادة	B200	B300
ركام خشن	٧٨١٠ غم	٧٩٠٠ غم
ركام ناعم (سمسمية)	٣٣٤٠ غم	٤٥٠٠ غم
رمل	٧٤٠٠ غم	٦٠٠٠ غم
اسمنت	٢٧٥٠ غم	٤٠٠٠ غم
ماء	٧٣% من نسبة الاسمنت=٢٠٠٧ غم	٦١% من نسبة الاسمنت=٢٤٤٠ غم

وقد تم اعتماد هذه النسب وتجهيز العينات بحيث تتناسب مع عدد المكعبات التي سيتم صبها في كل خلطة.

٣.١.٢ حديد التسليح

تم استخدام نوع واحد من حديد التسليح في هذا البحث وهو الحديد المبروم، وتم استخدام عدد مـــن الأقطار تتراوح بين حديد قطر ١٢، ١٤ و ١٦ ملم، والصورة (٣- ١) توضح قضبان الحديد مـــع خطاف التي استخدمت في هذا البحث.

صورة (٣- ١): قضيب حديد مع خطاف

وقد تم اجراء فحص الشد لحديد التسليح المستخدم وكانت نتائج الفحوصات كما يلي:

حديد قطر ١٢ = ٦٥٥٥ كغم/سم^{٢}

حديد قطر ١٤ = ٦٤٥٠ كغم/سم^{٢}

حديد قطر ١٦ = ٦١٧٧ كغم/سم^{٢}

والصورة (٣-٢) تبين فحص مقاومة الشد لحديد التسليح المستخدم.

صورة (٣-٢): فحص شد حديد التسليح

٣.٢ الفحوصات ألمخبريه

٣.٢.١ فحص الهبوط للخلطات الخرسانية

تم هذا الفحص قبل صب الخرسانة في القوالب وذلك بوضعها في المخروط ودكها داخله حسب المواصفات القياسية ثم إزالة المخروط لمعرفة نسبة الهبوط في العينات، والصورة (٣-٣) تبين ادوات فحص هبوط الخرسانة.

صورة (٣-٣): ادوات فحص الهبوط للخرسانة

٣.٢.٢ فحص مقاومة الخرسانة للضغط

تم فحص العينات بعد أسبوع وأربعة عشر يوما و ثمانية وعشرين يوما لحساب مقاومة الخرسانة وتحملها للضغط والصور (٣-٤) و(٣-٥) تبين عينات الضغط وعملية فحص عينات الضغط.

صورة (٣- ٤): عينات خرسانة غير مسلحة لفحص مقاومة الكسر

صورة (٣- ٥): عملية فحص عينات الضغط

٣.٢.٣ فحص مقاومة سحب حديد التسليح من الخرسانة

وهو هدف المشروع الرئيسي، حيث تم وضع العينات الخرسانية المسلحة بالحديد على جهاز سحب الحديد ويحتوي الجهاز على ٣ مجسات موضوعة في أعلى العينة الخرسانية عند وضعها ومجس رابع في أسفل العينة وتم سحب الحديد وقراءة القوة التي تصل عندها العينة للانهيار من خلال

الشاشة الالكترونية الموجودة أعلى الجهاز والتي تم تحديدها من خلال المجسات الأربعة الموجـــودة على الجهاز، والصور (٣-٦) و(٣-٧) و(٣-٨) توضح العينات التي سيتم سحب الحديد منها بعـــد صبها في القوالب وقبل فحصها وعملية سحب الحديد من الخرسانة.

صورة (٣-6): العينات بعد صبها في المكعبات الخاصة

صورة (٣-7): عينة خرسانة مع قضيب التسليح قبل الفحص

صورة (٣- 8): اختبار سحب الحديد من الخرسانة موضحا الإطار المعدني لحصر العينة الخرسانية

الفصل الرابع

النتائج العملية

٤.١ نتائج الفحوصات المخبرية :

٤.١.١ نتائج تجربة فحص الهبوط للخلطات الخرسانية :

بعد اجراء الخلطة الخرسانية في المختبر وقبل صبها في القوالب لانشاء العينات تم فحص نسبة الهبوط في هذه الخرسانة ، وقد تم فحص الهبوط في نوعي الخرسانة المستخدمة في هذا المشروع، ووجد ان نسبة الهبوط في الخلطة التي استخدمت لصب العينات النهائية لخرسانة B200 هي تقريبا ١٠ سم ولخرسانة B300 تقريبا ٦ سم.

٤.١.٢ نتائج فحص مقاومة الضغط للعينات :

يجب الإشارة هنا انه تم عمل عدد من المكعبات لحساب مقاومة الضغط قدرت بست عينات لكل خلطة، اثنتين منها تم فحصها بعد سبعة ايام واثنتين بعد ١٤ يوما واثنتين تم فحصها بعد ٢٨ يوما.

<u>تجهيز العينات :</u>

باستخدام مكعبات صممت خصيصا لهذا العمل تم تجهيز العينات المستخدمة في الفحوصات النهائية وذلك بمراعاة نسب الخلط الوزنية لنوعي الخرسانة المستخدمة والمبينة في **الجدول** (٣- ١) سابقا.
وقد تمت معالجة جميع العينات في حوض المعالجة لمدة ٧ و١٤ و٢٨ يوم.

٤.١.٣ نتائج فحص مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة :

يجب الإشارة هنا انه تم عمل عينات لفحص مقاومة السحب لحديد التسليح في الخرسانة **صورة** (٣- ٧)، وقد تم فحص هذه العينات بعد ٧ ايام و ١٤ يوما و ٢٨ ولحساب قوة مقاومة سحب حديد التسليح لعينة (مثال رقمي) فهي كالتالي (بعد ٧ ايام):
(عينة باستخدام قطر ١٢ ، خرسانة B300 ، تشريك ٥ سم)

$$\tau = F / \prod .d.L$$

$$= ٨.٩ * ٠.٠١٠٢ / 3.14 * ٠.٠١٢ * ٠.٠٥$$

$$= ٤٨.١٨ \ kg/cm^2$$

وتجدر الإشارة هنا انه تم اعتبار طول القضيب في العينة ٥ سم لان كل القضيب الذي تم سحبه تم تشريكه بمسافة ٥ سم وفي هذه العينة سحب قضيب واحد وهو كان الأضعف من القضيبين في العينة وبقي القضيب الثاني ولم يتعرض للسحب، اما بالنسبة للرقم ٠.٠١٠٢ فتم ضرب النتيجة في هذا الرقم للتحويل من كيلو نيوتن/م^{٢} الى كغم/سم^{٢} .

اما بالنسبة لنفس العينة (بعد 14 يوما) فهي كالتالي :

$$\tau = F / \prod .d.L$$

$$= ٩.٤٥ * 0.0102 / 3.14 * 0.012 * 0.05$$

$$= ٥١.١٦ \text{ kg/cm}^2$$

اما بالنسبة لنفس العينة (بعد ٢٨ يوما) فهي كالتالي :

$$\tau = F / \prod .d.L$$

$$= 12.55 * 0.0102 / 3.14 * ٠.٠١٢ * 0.05$$

$$= 68 \text{ kg/cm}^2$$

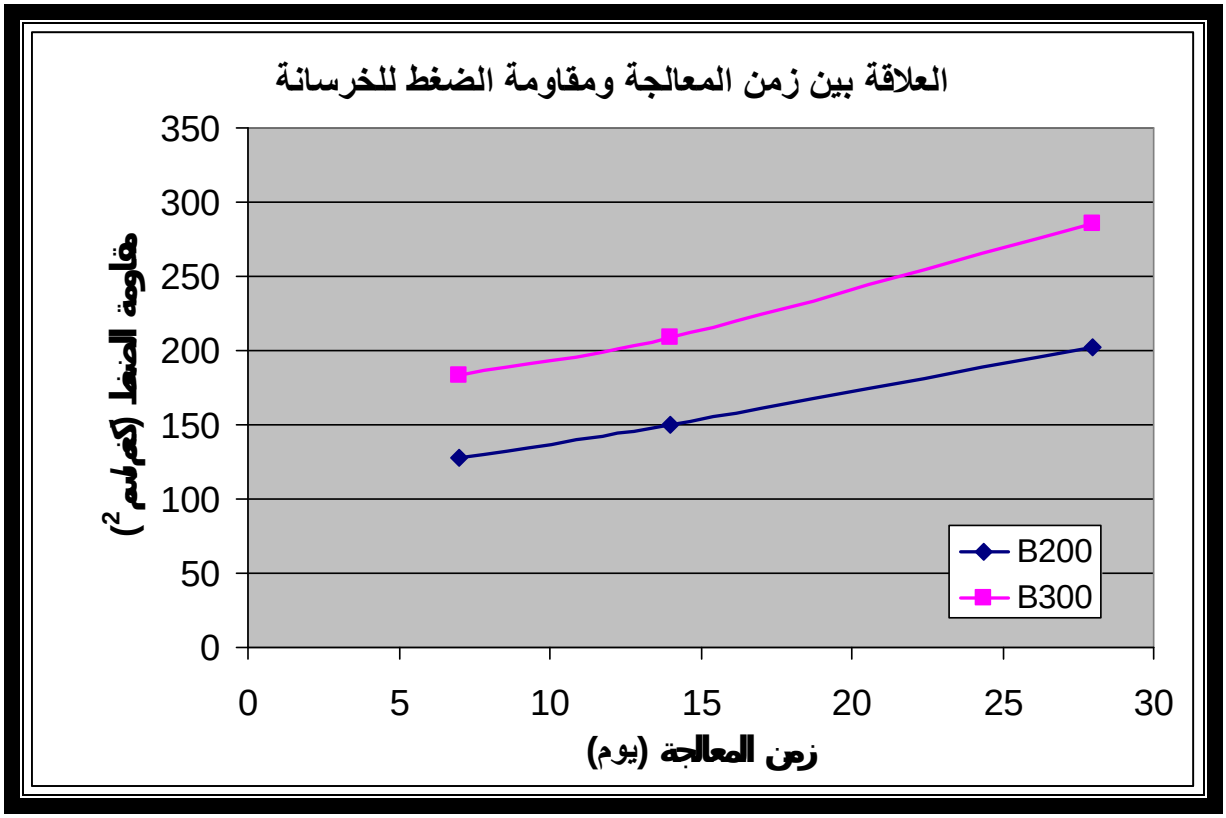
والجدول رقم (٤-١) و (٤-٢) يظهران النتائج النهائية لجميع العينات بجميع اقطارها واعماق تشريكها لنوعي الخرسانة (B300, B200)، والشكل (٤-١) يبين العلاقة بين زمن المعالجة ومقاومة الضغط لنوعي الخرسانة المستخدمة في هذا البحث، **والصور** (٤-١) و (٤-٢) تبين اشكال الانهيار في العينات بعد سحب حديد التسليح منها.

جدول (٤- ١): النتائج النهائية لفحوصات الخرسانة **B200** .

نوع الخرسانة B200	الحديد	عمق التشريك (سم)	قطر القضيب (ملم)	مقاومة الضغط للمكعبات كغم /سم٢			مقاومة الشد للحديد كغم/سم٢	قوة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح (كغم)			مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة كغم/سم٢		
				٧ ايام	١٤ يوم	٢٨ يوم		٧ ايام	١٤ يوم	٢٨ يوم	٧ ايام	١٤ يوم	٢٨ يوم
		5	١٢	127	150	203	6555	690	790	1046	٣٦.٦	٤١.٨	٥٥.٥
			١٤	127	150	203	6450	734	886	1163	٣٣.٤	٤٠.٣	٥٢.٩
			١٦	127	150	203	6177	811	904	1281	٣٢.٢	٣٦	٥١
		5 مع خطاف	١٢	133	154	205	6555	703	750	1102	٣٧.3	٣٩.٨	٥٨.5
			١٤	133	154	205	6450	853	974	1336	٣٨.٨	٤٤.3	٦٠.٨
			١٦	133	154	205	6177	965	1093	1550	٣٨.4	٤٣.5	٦١.٧
		١٠	١٢	125	147	199	6555	1066	1243	1643	٢٨.٣	٣٣	٤٣.٦
			١٤	125	147	199	6450	1178	1284	1714	٢٦.٨	٢٩.٢	٣٩
			١٦	125	147	199	6177	1191	1296	1768	٢٣.٧	٢٥.٨	٣٥.٢

جدول (٤-٢): النتائج النهائية لفحوصات الخرسانة **B300** .

نوع الخرسانة B٣٠٠	الحديد	عمق التشريك (سم)	قطر القضيب (ملم)	مقاومة الضغط للمكعبات كغم /سم٢			مقاومة الشد للحديد كغم/سم٢	قوة السحب بين الخرسانة وحديد التسليح (كغم)			مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة كغم/سم٢		
				٧ ايام	١٤ يوم	٢٨ يوم		٧ ايام	١٤ يوم	٢٨ يوم	٧ ايام	١٤ يوم	٢٨ يوم
		5	١٢	١٨٨	213	293	6555	906	963	1281	٤٨.١	٥١.١	٦٨
			١٤	١٨٨	213	293	6450	897	962	1220	٤٠.٨	٤٣.٧٦	٥٥.٥
			١٦	١٨٨	213	293	6177	1000	1072	1354	٣٩.٨	٤٢.٧	٥٣.٩
		5 مع خطاف	١٢	١٧٩	204	281	6555	1072	1193	1510	٥٦.٩	٦٣.٣	٨٠.١
			١٤	١٧٩	204	281	6450	1211	1365	1723	٥٥.١	٦٢.١	٧٨.٤
			١٦	١٧٩	204	281	6177	1286	1400	1846	٥١.٢	٥٥.٧	٧٣.٥
		١٠	١٢	183	209	284	6555	1458	1662	2005	٣٨.٧	٤٤.١	٥٣.٢
			١٤	183	209	284	6450	1477	1600	2075	٣٣.٦	٣٦.٤	٤٧.٢
			١٦	183	209	284	6177	1583	1723	2291	٣١.٥	٣٤.٣	٤٥.٦

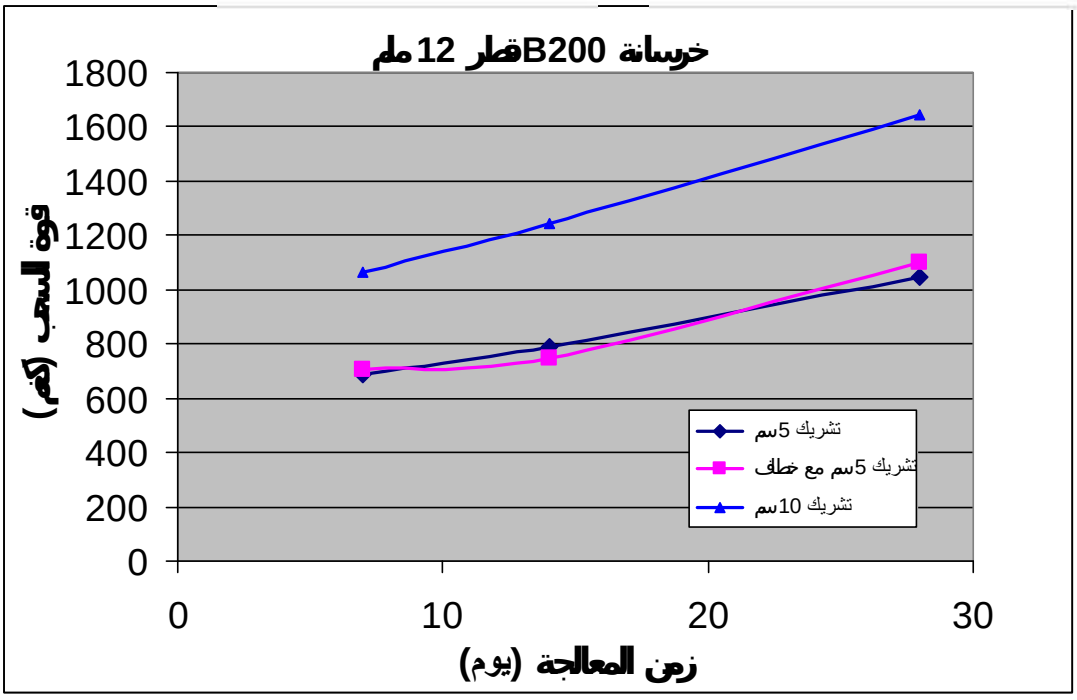


شكل(٤-١):العلاقة بين زمن المعالجة ومقاومة الضغط

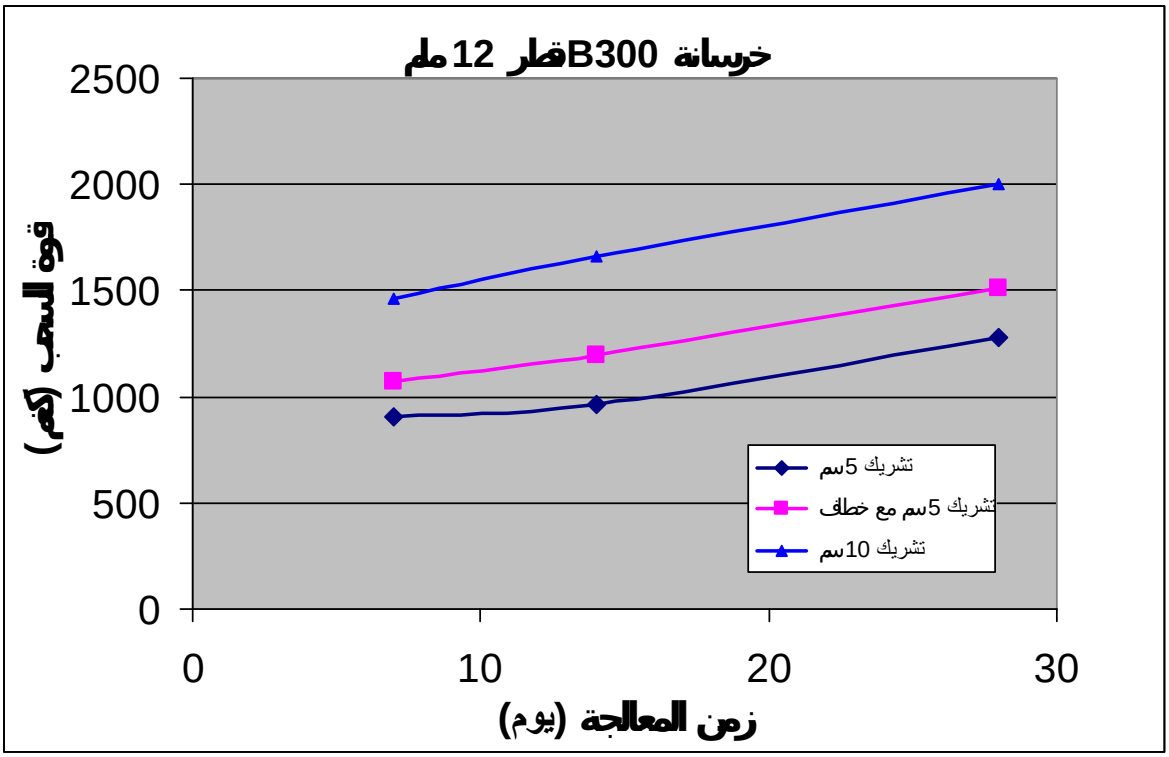
صورة (٤-١): العينة بعد فحصها على الجهاز وسحب الحديد منها

صورة (٤-٢): شكل الانهيار بعد شد قضيب الحديد من العينة الخرسانية

والاشكال (٤-٢) و (٤-٣) تبين العلاقة بين زمن المعالجة وقوة السحب لحديد التسليح للنوعي الخرسانة باستخدام حديد تسليح قطر ١٢ ملم عند اعماق التشريك المختلفة.



شكل (٤-٢): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة وقوة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B200 .



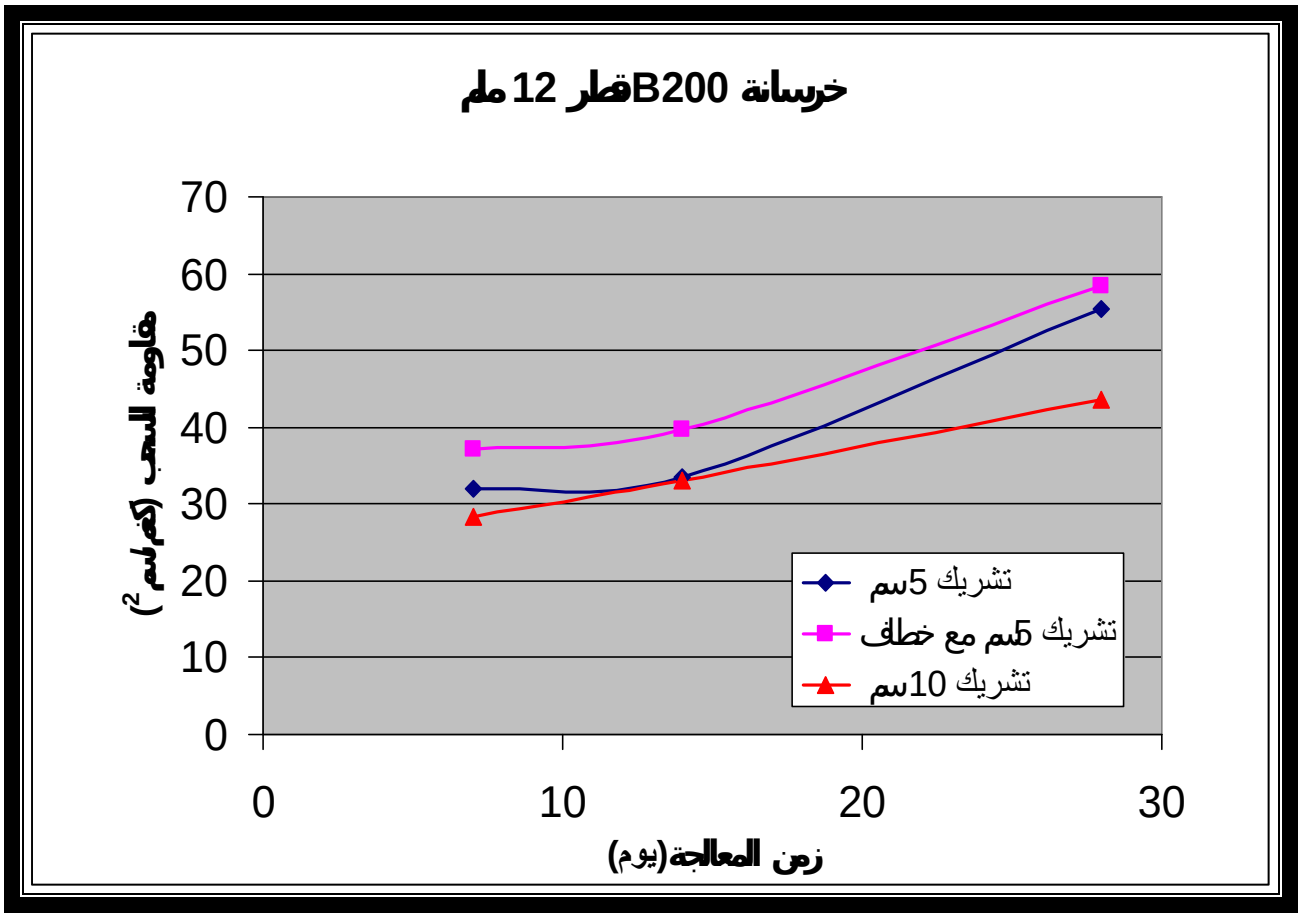
شكل (٤-٣): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة وقوة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B300 .

ويتبين من الشكلين السابقين ان قوة السحب لحديد التسليح في حالة تشريك ١٠سم اكبر منها في حالة تشريك ٥سم الذي اعطى اقل قيمة لقوة السحب، بينما اعطى تشريك ٥سم مع خطاف قيمة اعلى من تشريك ٥ سم بدون خطاف واقل من تشريك ١٠سم لقوة السحب، ومن الملاحظ ان قوة السحب تتناسب تناسبا طرديا مع قطر حديد التسليح وعمق التشريك،فكلما زاد قطر حديد التسليح وزاد عمق التشريك تزيد قيمة قوة السحب وتقل قيمة مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة، وبالتالي فان العلاقة بين مقاومة السحب لحديد التسليح وقوة السحب هي علاقة عكسية فكلما كانت قوة السحب للحديد اكبر ما يمكن كانت قيمة مقاومة السحب اقل ما يمكن.

٤.٢ نتائج فحوصات الخرسانة B200

٤.٢.١ خرسانة B200 وحديد قطر ١٢ ملم :

يبين الشكل (٤-٤) العلاقة بين زمن المعالجة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B200



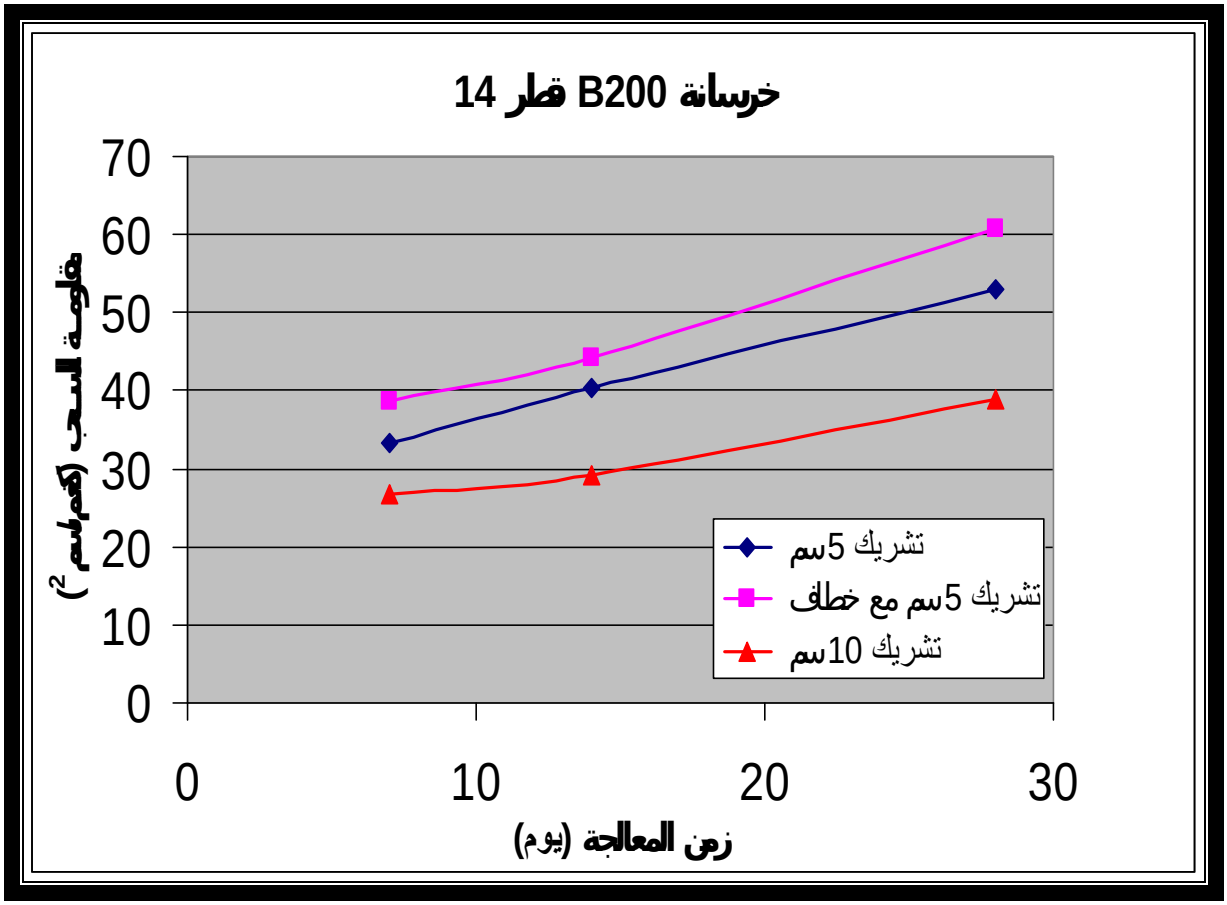
شكل (٤-٤): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B200

ويتبين من الشكل اعلاه ان مقاومة السحب لحديد التسليح في حالة التشريك ١٠ سم اقل منها في حالة تشريك ٥ سم بخطاف او بدونه والسبب في ذلك ان عمق التشريك الاكبر في الخرسانة يعطي

مقاومة اقل بسبب زيادة مساحة الاحتكاك بين الحديد والخرسانة داخل العينة، وهذه النتيجة تتوافق مع ما جاء في بعض الدراسات السابقة[5].

٤.٢.٢ خرسانة B200 وحديدقطر١٤ ملم :

يبين الشكل (٤-٥) العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ ملم وخرسانة B200

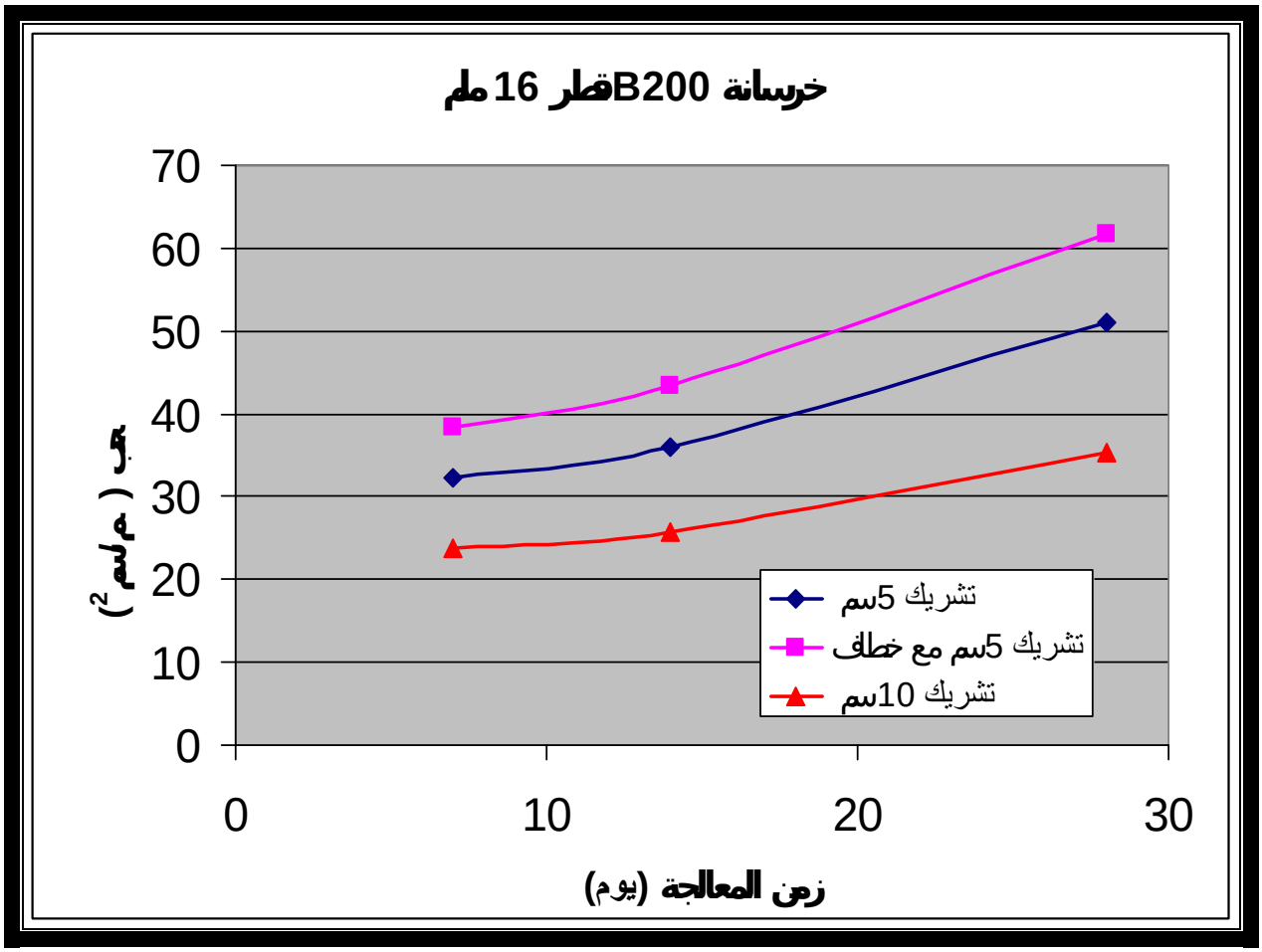


شكل (٤-٥): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ ملم وخرسانة B200

وفي هذه الحالة يتأكد لنا ما تم استنتاجه من الحالة السابقة بالنسبة لمقاومة السحب بين الخرسانة وقضيب التسليح داخل العينة فنجد هنا ان مقاومة السحب عند عمق تشريك ١٠ سم هي اقل منها في حالة تشريك 5سم مع خطاف و 0 سم بدون خطاف وذلك بسبب زيادة مساحة التشريك في الخرسانة وبالتالي تقصان مقاومة السحب .

٤.٢.٣ خرسانة B200 وقطر حديد ١٦ ملم :

يبين الشكل (٤-٦) العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر 16 ملم وخرسانة B200



شكل (٤-٦): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ ملم وخرسانة B200

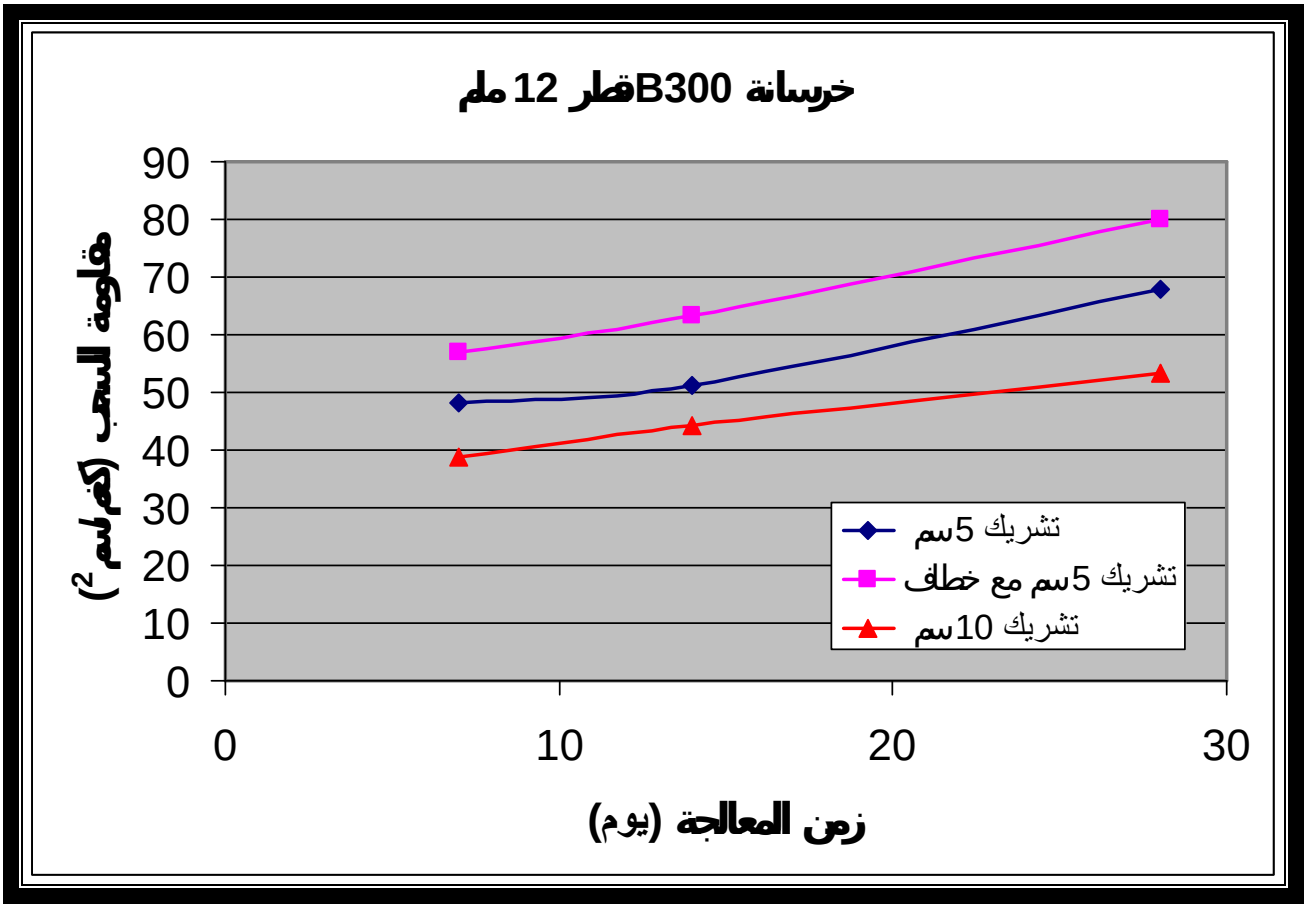
من الشكل المبين يتضح ان قيمة مقاومة السحب لحديد التسليح بتشريك 5سم بخطاف عند ٧ ايام حوالي ١.٢ اكبر منها بدون خطاف .

اما بالنسبة لمقاومة السحب لحديد قطر ١٦ ملم تشريك ٥سم بخطاف عند ٢٨ يوم فهي حوالي ١.٦ اكبر منها عند تشريك ٥ سم بخطاف بعد ٧ ايام.

٤.٣ نتائج فحوصات الخرسانة B300

٤.٣.١ خرسانة B300 وقطر حديد ١٢ ملم :

يبين الشكل (٤-٧) العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B300

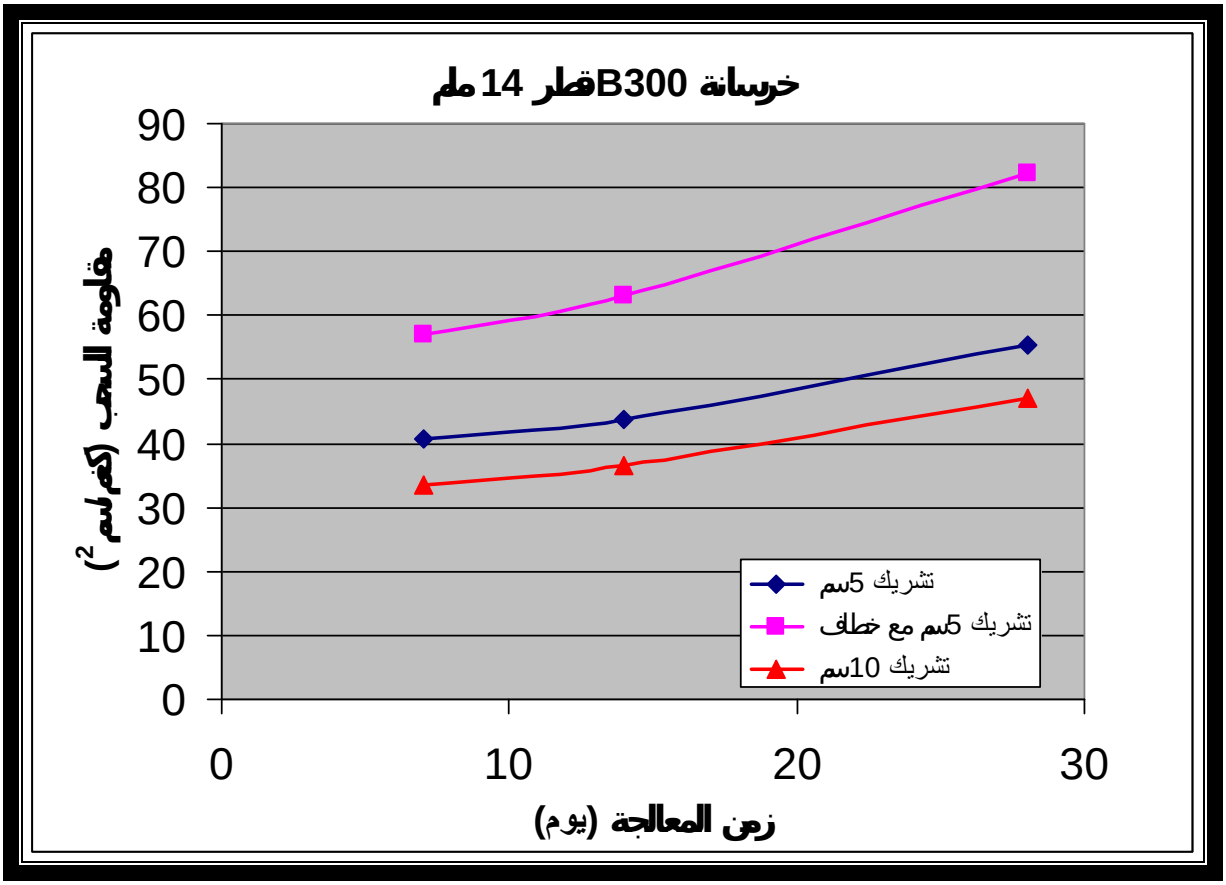


شكل (٤-٧): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم وخرسانة B300

يلاحظ من الشكل اعلاه ان مقاومة السحب عند تشريك ٥ سم بخطاف هي اعلى قيمة من تشريك ٥ سم بدون خطاف و ١٠ سم.

٤.٣.٢ خرسانة B300 وحديدقطر ١٤ ملم :

يبين الشكل (٤-٨) العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ ملم وخرسانة B300

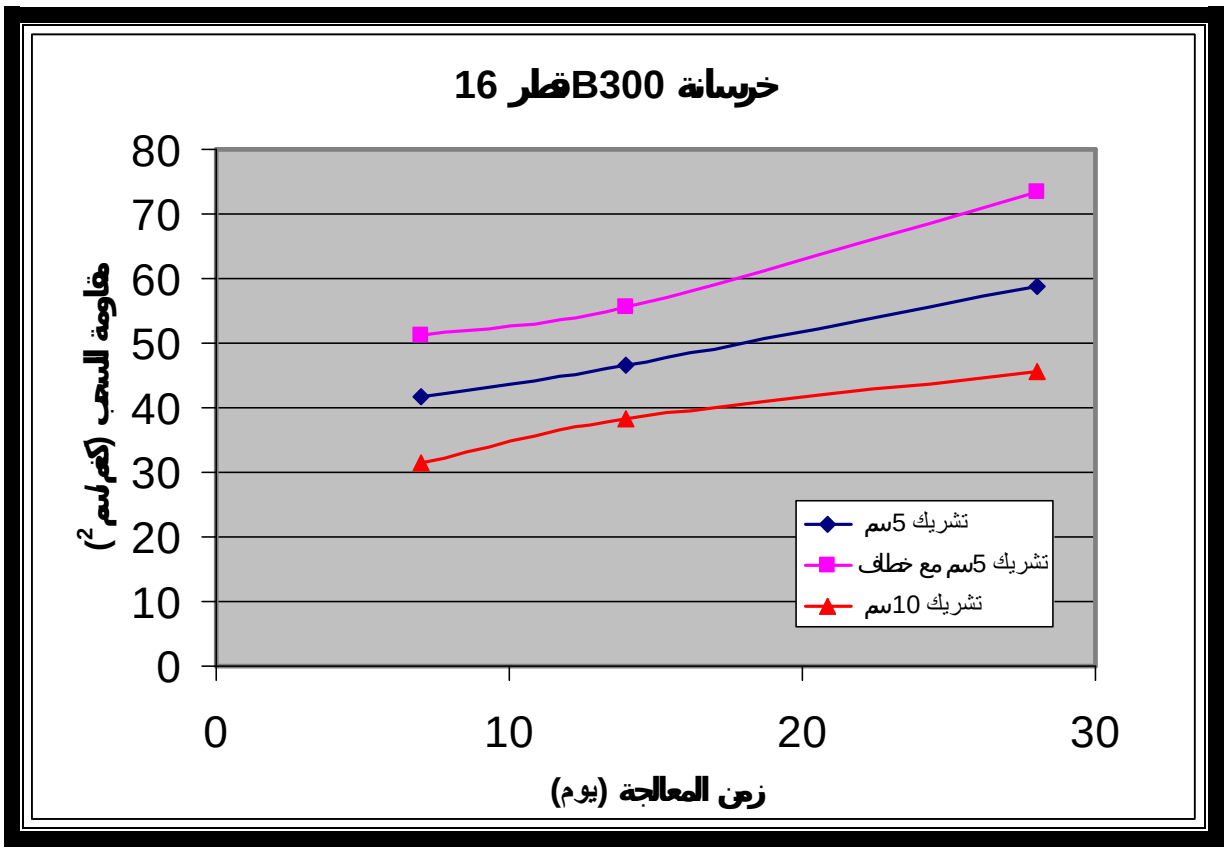


شكل (٤-٨): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ ملم وخرسانة B300

يلاحظ من الشكل اعلاه ان مقاومة السحب عند تشريك ٥ سم بخطاف هي اعلى قيمة من تشريك ٥ سم بدون خطاف و ١٠ سم، وذلك بسبب زيادة مساحة التشريك بين حديد التسليح والخرسانة بالنسبة لتشريك ١٠ سم.

٤.٣.٣ خرسانة B300 وحديدقطر ١٦ ملم :

يبين الشكل (٤-٩) العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ ملم وخرسانة B300



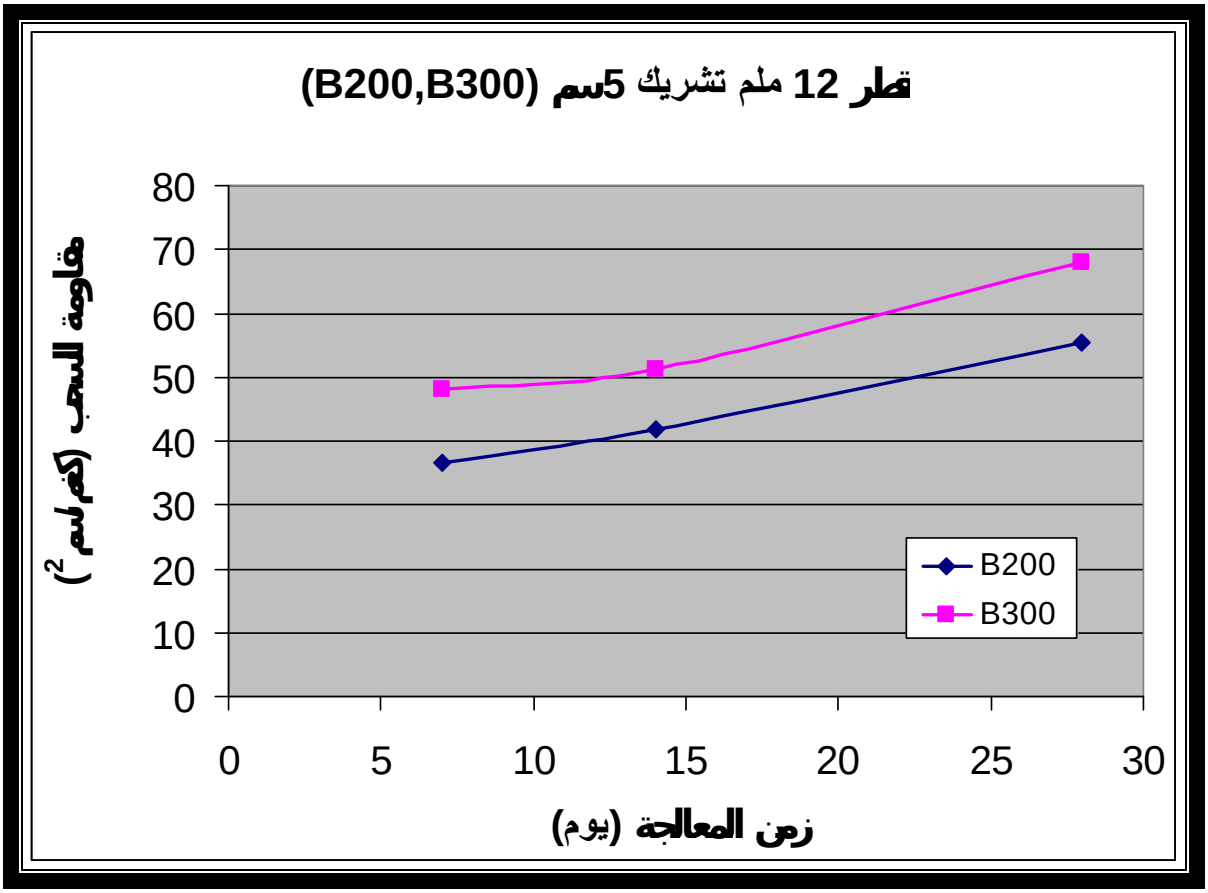
شكل (٤-٩): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ ملم وخرسانة B300

يلاحظ من الشكل اعلاه ان مقاومة السحب عند تشريك ٥ سم بخطاف هي اعلى قيمة من تشريك ٥ سم بدون خطاف و ١٠ سم، وذلك بسبب زيادة مساحة التشريك بين حديد التسليح والخرسانة بالنسبة لتشريك ١٠ سم.

٤.٤ مقارنة نتائج الخرسانة B200 و B300

٤.٤.١ مقارنة بين خرسانة B200 وB300 (حديدقطر ١٢ ملم وعمق تشريك ٥سم):

يبين الشكل (٤-١٠) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٢ ملم وعمق تشريك ٥ سم لكلا النوعين من الخرسانة.

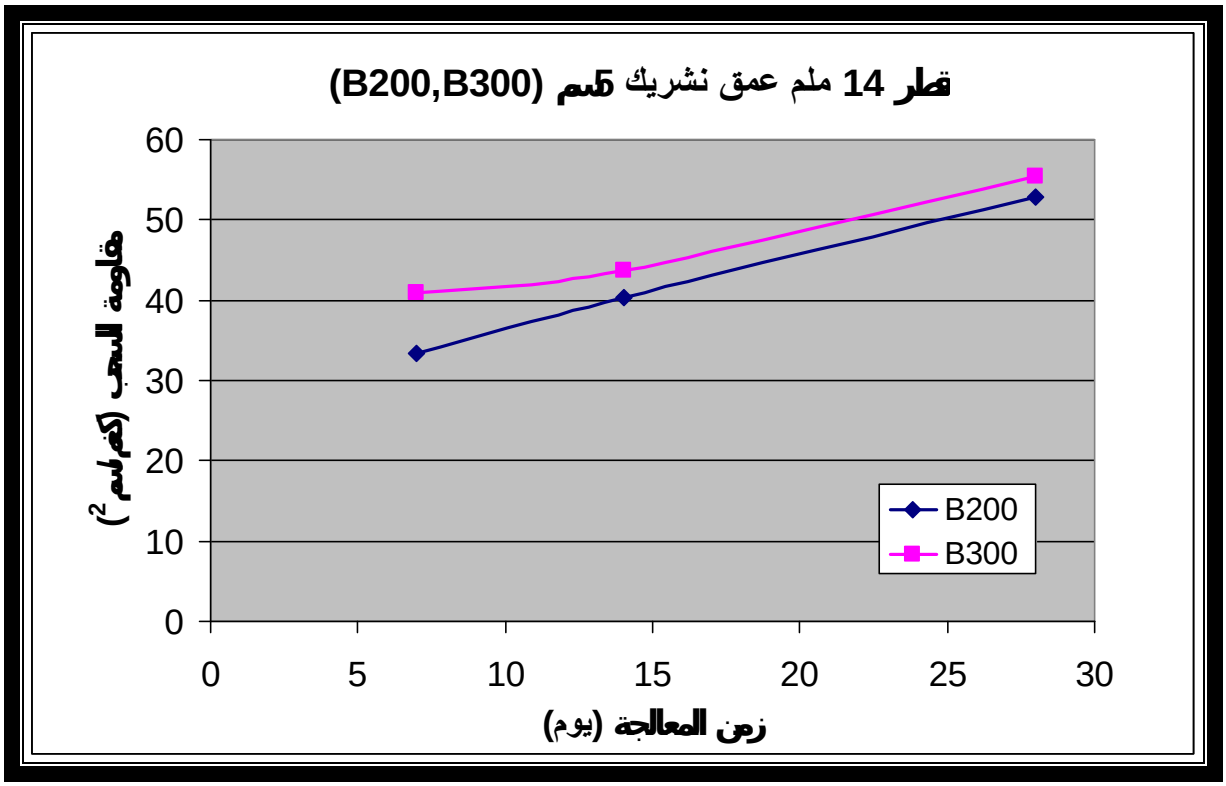


شكل (٤-١٠): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ ملم و عمق تشريك ٥ سم

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٢ ملم بعمق تشريك ٥ سم اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 وهذا ما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح بالرغم من ثبات عمق التشريك.

٤.٤.٢ مقارنة بين خرسانة B200 وB300 (حديدقطر ١٤ ملم وعمق تشريك ٥سم):

يبين الشكل (٤-١١) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد قطر ١٤ ملم وعمق تشريك ٥ سم لكلا النوعين من الخرسانة.

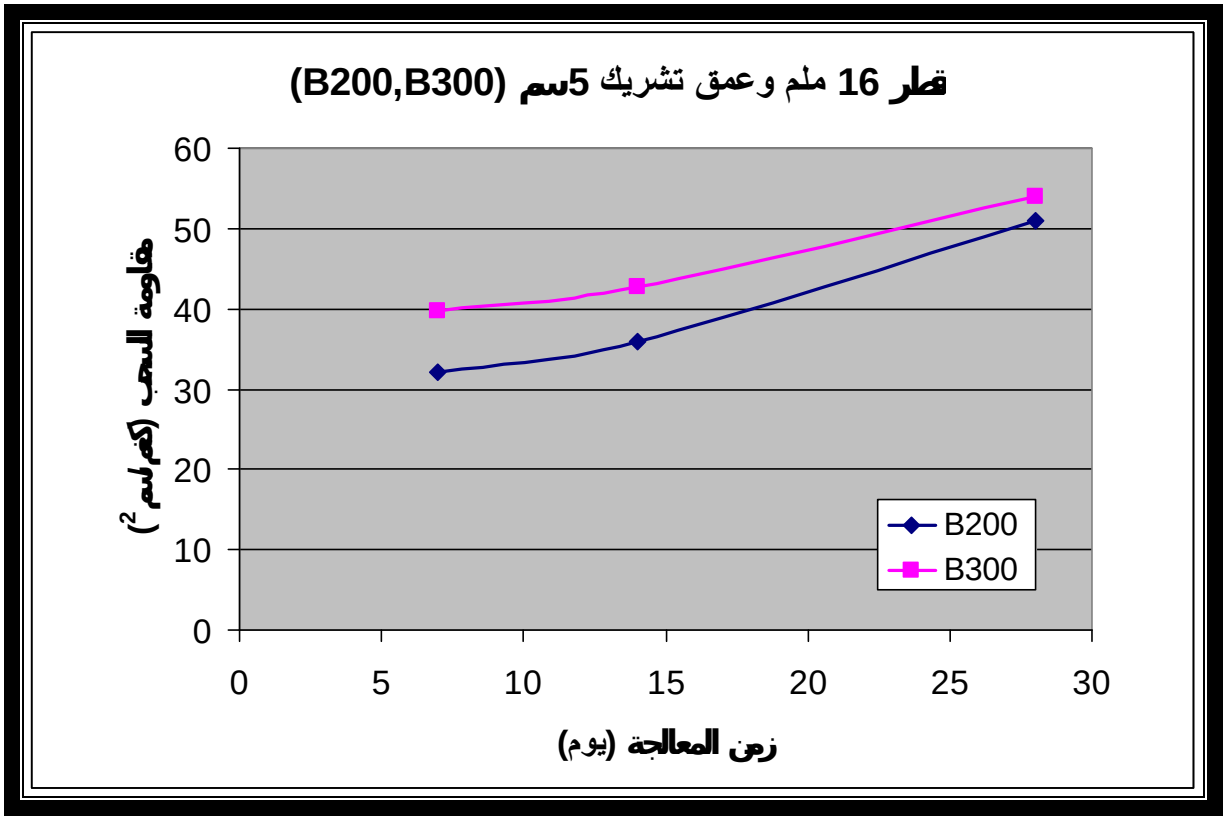


شكل (٤-١١): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ملم و عمق تشريك ٥ سم

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٤ ملم بعمق تشريك ٥ سم اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 وهذا ما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح بالرغم من ثبات عمق التشريك.

٤.٤.٣ مقارنة بين خرسانة B200 وB300 (حديدقطر ١٦ ملم وعمق تشريك 0سم):

يبين الشكل (٤-١٢) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٦ ملم وعمق تشريك ٥ سم لكلا النوعين من الخرسانة.

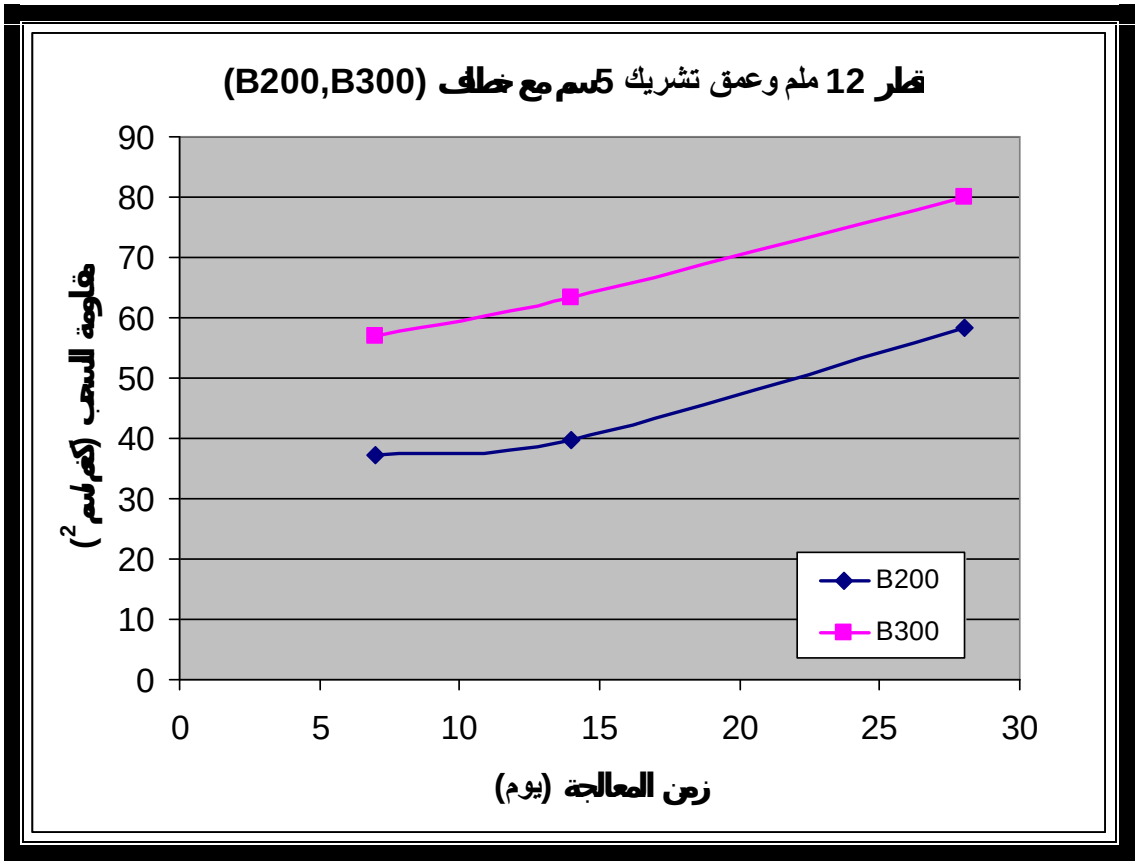


شكل (٤-١٢): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ملم و عمق تشريك ٥ سم

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٦ ملم بعمق تشريك ٥ سم اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 وهذا ما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح بالرغم من ثبات عمق التشريك.

٤.٤.٤ مقارنة بين خرسانة B200 و B300 (حديدقطر ١٢ ملم وعمق تشريك 5سم مع خطاف):

يبين الشكل (٤-١٣) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٢ ملم وعمق تشريك ٥ سم مع خطاف لكلا النوعين من الخرسانة.

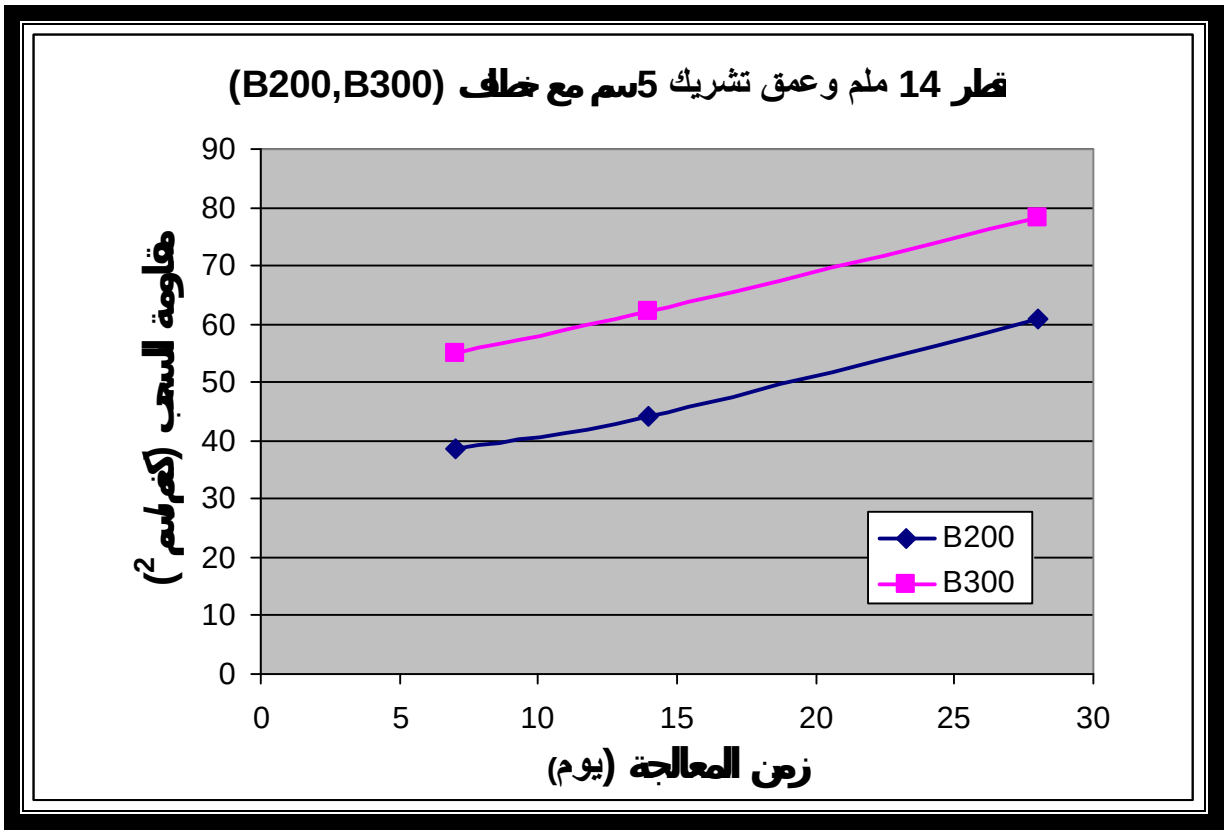


شكل (٤-١٣): **العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ملم و عمق تشريك 5 سم مع خطاف**

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٢ ملم بعمق تشريك 5 سم مع خطاف اكبر منها في حالة الخرسانة B200 ,والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 وهذا ما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح، ونلاحظ هنا ان الفارق كان كبيرا نسبيا وسبب هذا الفارق هو وجود الخطاف على راس قضيب التسليح مما سبب زيادة في مقاومة السحب وفي قوة تماسك الخرسانة مع حديد التسليح.

٤.٤.5 مقارنة بين خرسانة B200 و B300 (حديدقطر ١٤ ملم وعمق تشريك 5سم مع خطاف):

يبين الشكل (٤-١٤)اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٤ ملم وعمق تشريك 5 سم مع خطاف لكلا النوعين من الخرسانة.

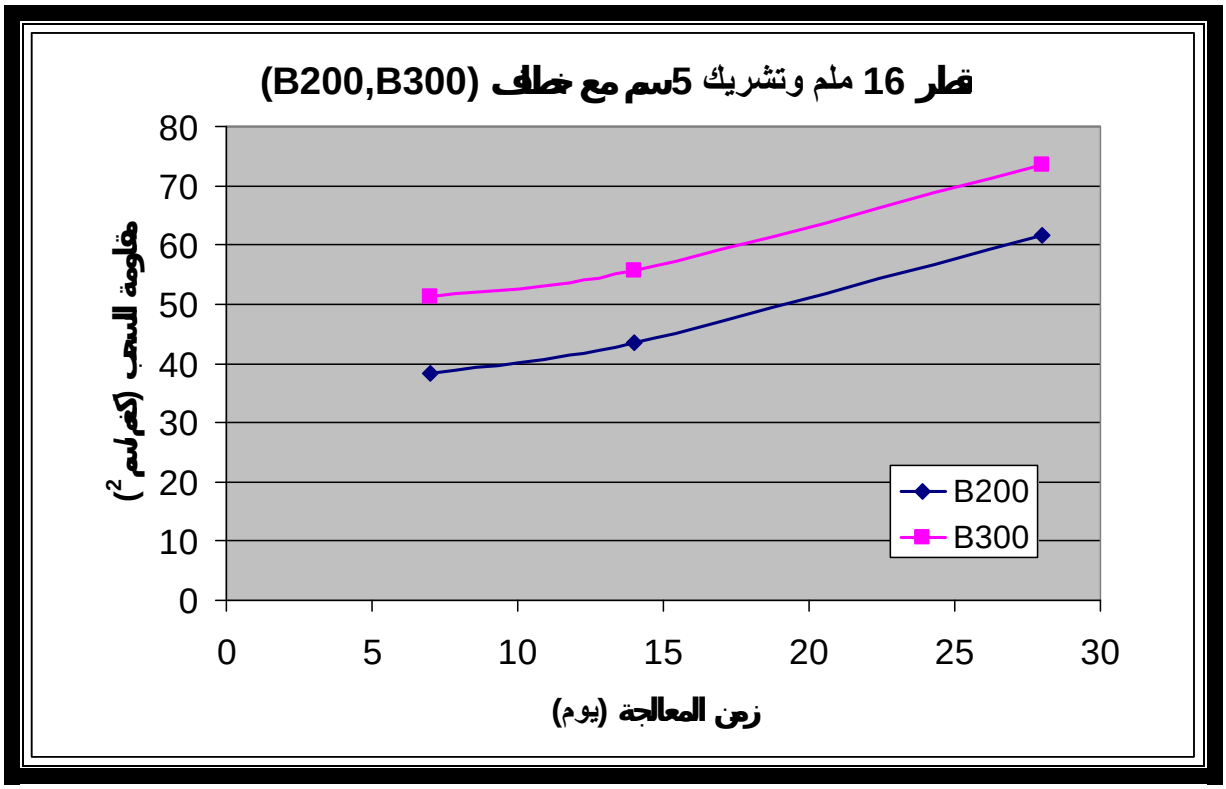


شكل (٤-١٤): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ملم و عمق تشريك ٥ سم مع خطاف

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٤ ملم بعمق تشريك ٥ سم مع خطاف اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 وهذا ما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح، ونلاحظ هنا ان الفارق كان كبيرا نسبيا وسبب هذا الفارق هو وجود الخطاف على راس قضيب التسليح مما سبب زيادة في مقاومة السحب وفي قوة تماسك الخرسانة مع حديد التسليح.

٤.٤.٦ مقارنة بين خرسانة B200 و B300 (حديدقطر ١٦ ملم وعمق تشريك 5سم مع خطاف):

يبين الشكل (٤-١٥) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٦ ملم وعمق تشريك ٥ سم مع خطاف لكلا النوعين من الخرسانة.

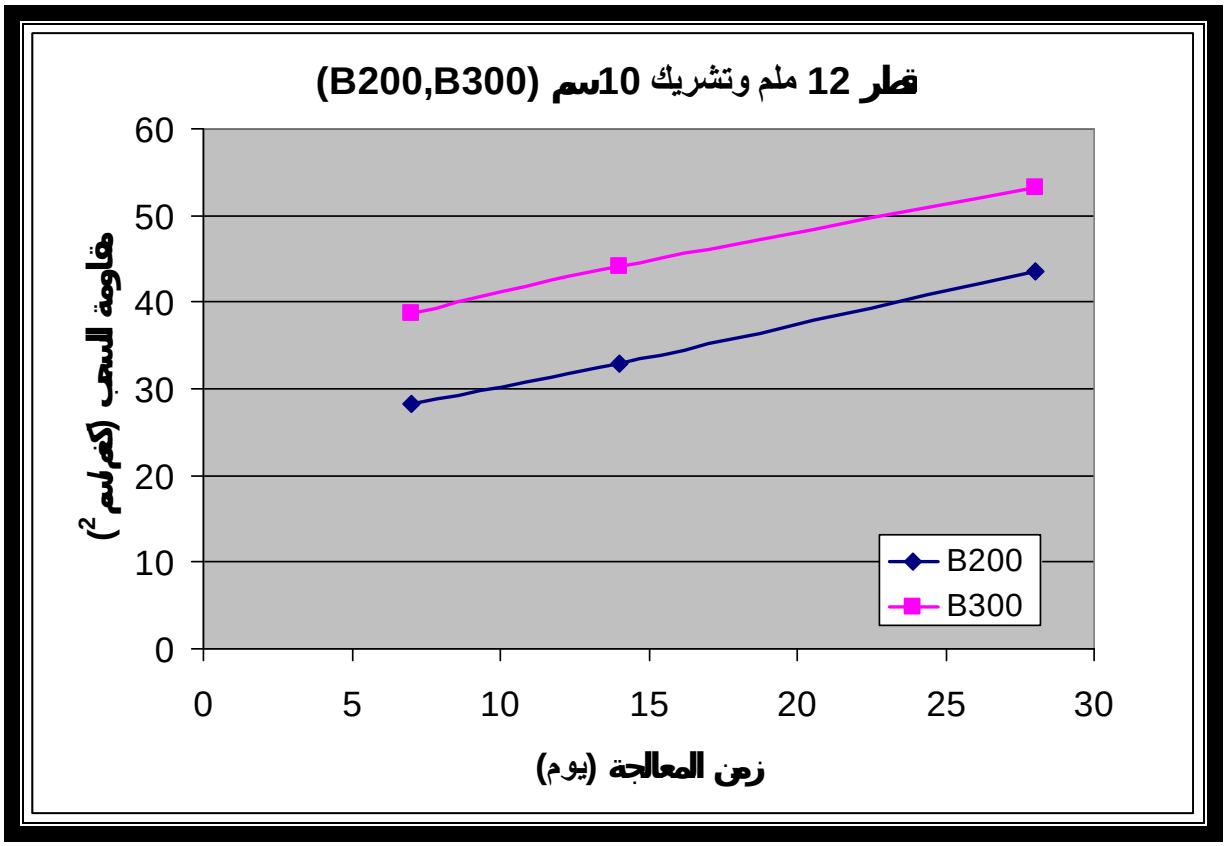


شكل (٤- ١٥): **العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ملم و عمق تشريك ٥ سم مع خطاف**

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٦ ملم بعمق تشريك ٥ سم مع خطاف اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 مما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح.

٤.٤.٧ مقارنة بين خرسانة B200 وB300(حديدقطر ١٢ ملم وعمق تشريك ١٠ سم):

يبين الشكل (٤-١٦) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٢ ملم وعمق تشريك ١٠ سم لكلا النوعين من الخرسانة.

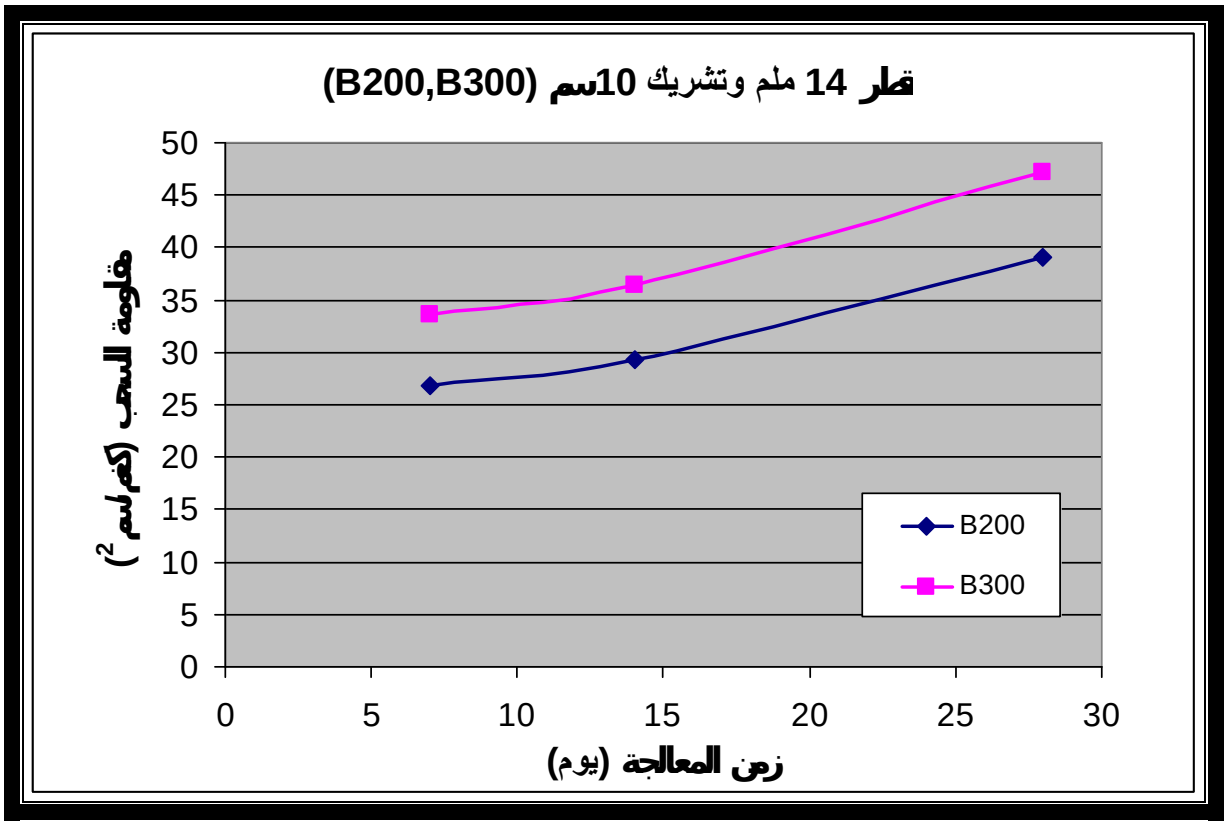


شكل (٤-١٦): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٢ملم و عمق تشريك ١٠ سم

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٢ ملم بعمق تشريك ١٠ سم اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 مما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح.

٤.٤.٨ مقارنة بين خرسانة B200 وB300 (حديدقطر ١٤ملم وعمق تشريك ١٠ سم):

يبين الشكل (٤-١٧) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٤ ملم وعمق تشريك ١٠ سم لكلا النوعين من الخرسانة.

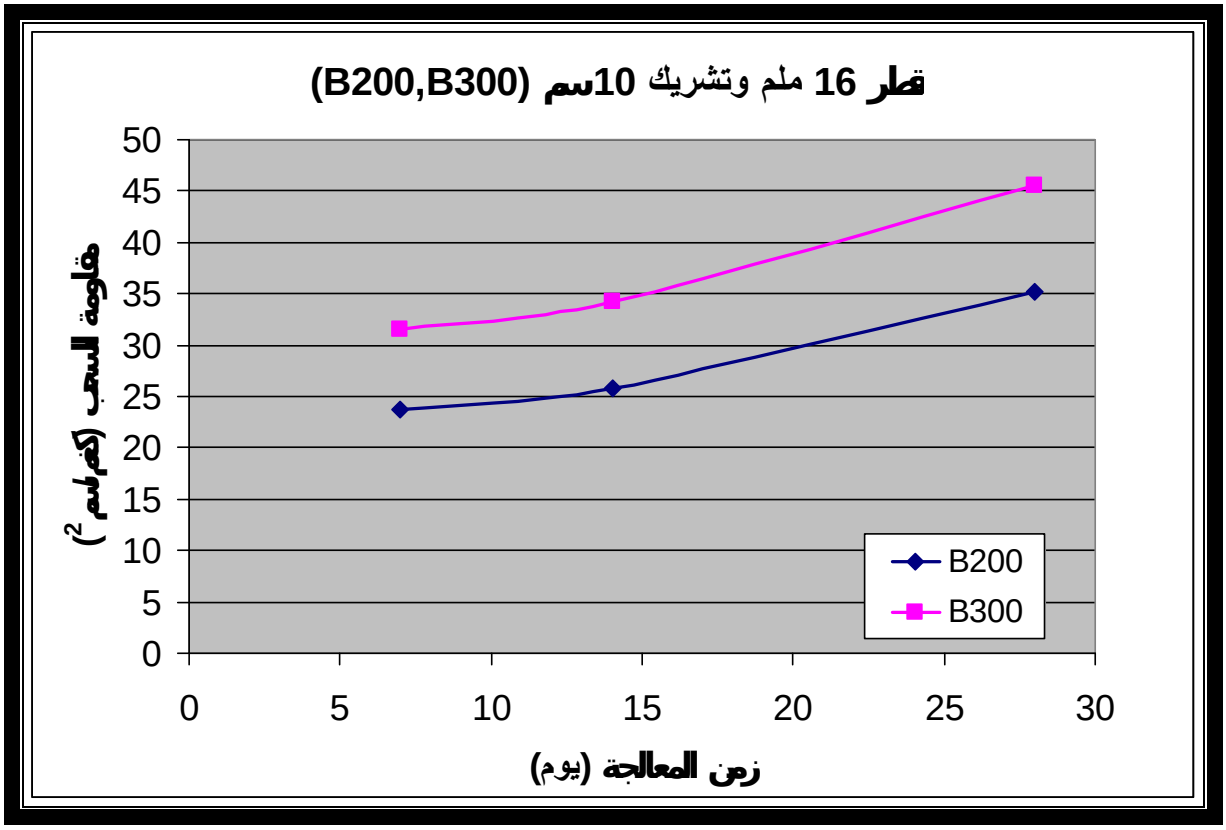


شكل (٤-١٧): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٤ملم و عمق تشريك ١٠ سم

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٤ ملم بعمق تشريك ١٠ سم اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 مما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح.

٤.٤.٩ مقارنة بين خرسانة B200 وB300 (حديدقطر ١٦ملم وعمق تشريك ١٠ سم):

يبين الشكل (٤-١٨) اثر نوع الخرسانة على مقاومة السحب لحديد التسليح قطر ١٦ ملم وعمق تشريك ١٠ سم لكلا النوعين من الخرسانة.



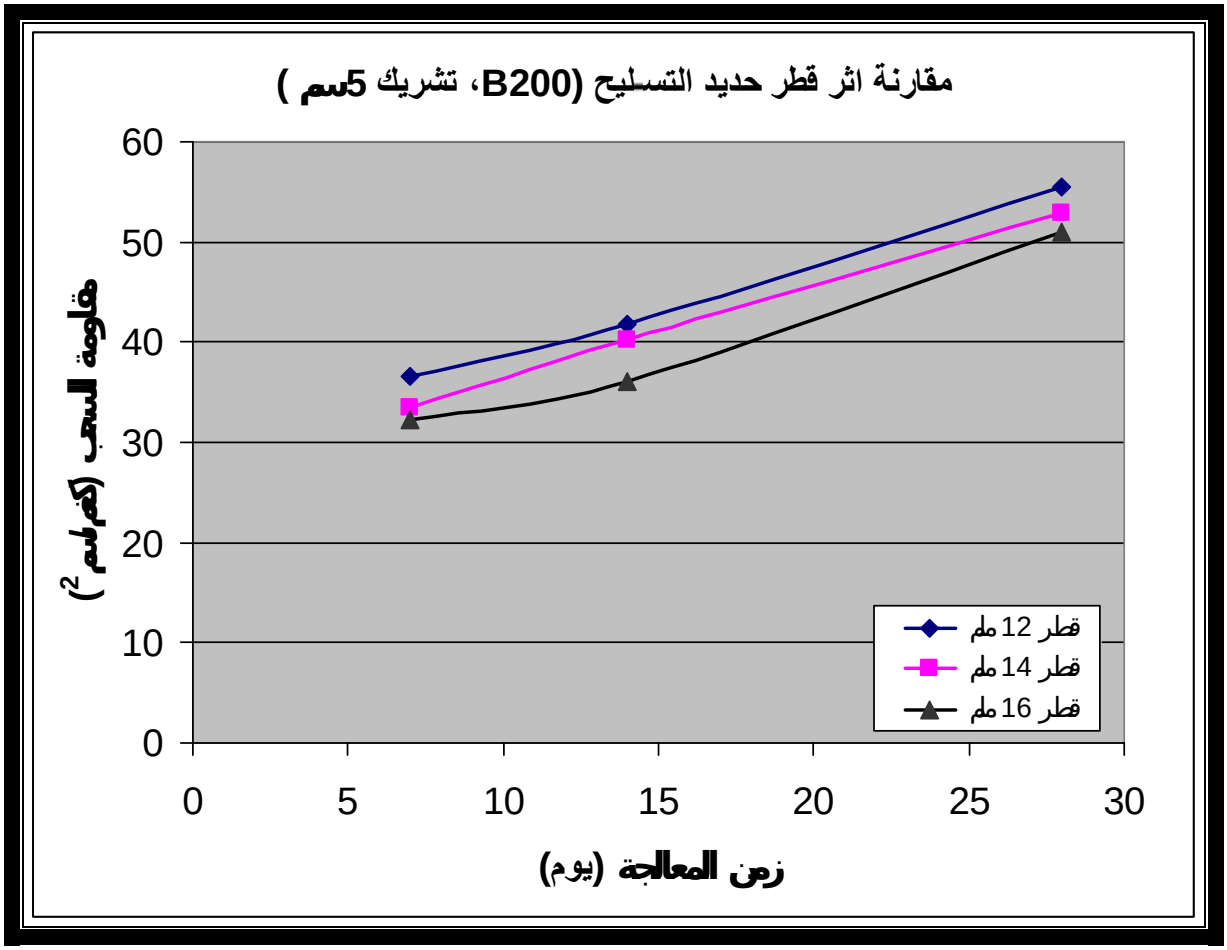
شكل (٤-١٨): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح قطر ١٦ملم و عمق تشريك ١٠ سم

يتضح من الشكل المبين اعلاه ان مقاومة السحب لخرسانة B300 باستخدام قضبان قطر ١٦ ملم بعمق تشريك ١٠ سم اكبر منها في حالة الخرسانة B200 والسبب في ذلك هو تأثير نسبة الاسمنت بين الخلطتين فهي اكبر في خرسانة B300 مما اعطى الخرسانة متانة وقوة تماسك كبيرة مع حديد التسليح.

٤.٥ مقارنة اثر قطر حديد التسليح

٤.٥.١ مقارنة اثر قطر حديد التسليح (خرسانة B200 وتشريك 0سم) :

يبين الشكل (٤-١٩) اثر قطر حديد التسليح على مقاومة السحب بمقارنة اقطار حديد التسليح (١٢،١٤،١٦ ملم) وعمق تشريك ٥ سم لخرسانة B200 .

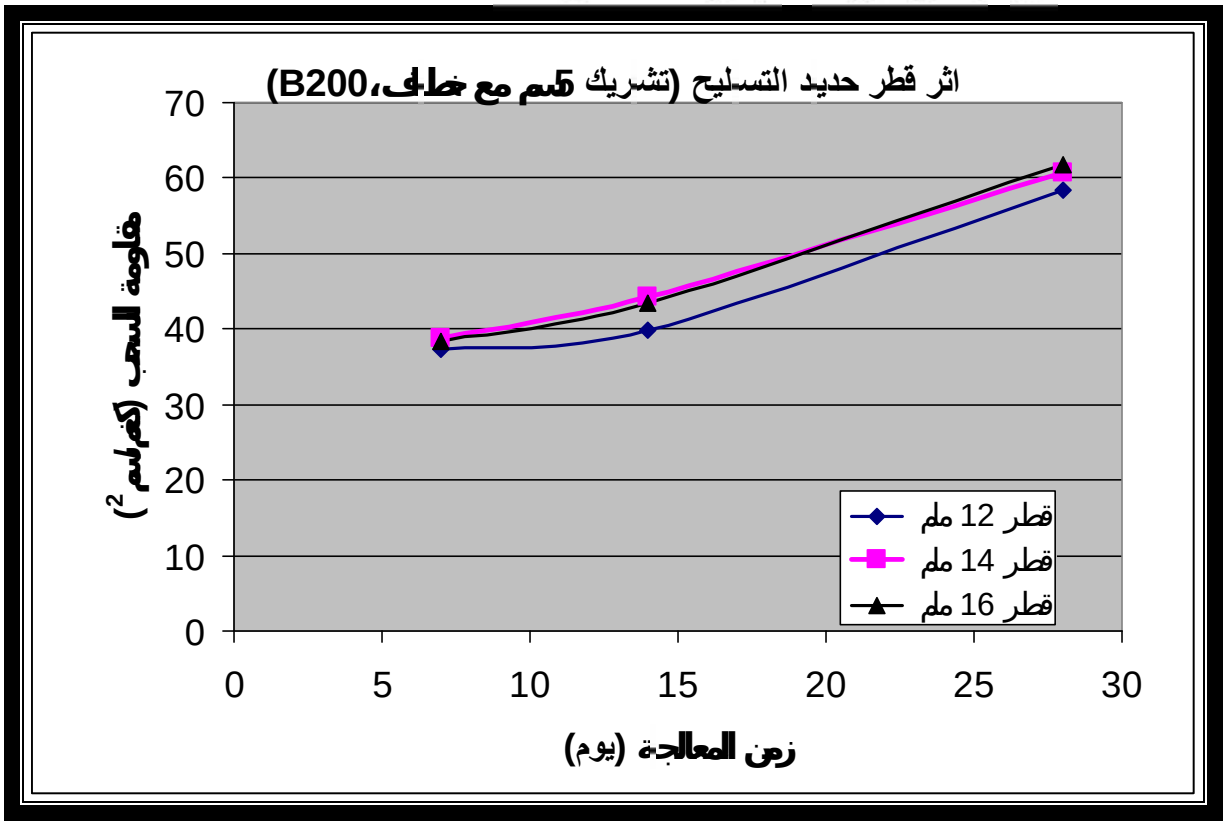


شكل (٤-١٩): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان باقطار مختلفة بعمق تشريك ٥ سم وخرسانة B200

يوضح الشكل اعلاه تأثير قطر قضيب التسليح المستخدم في العينات على مقاومة السحب لحديد التسليح، ونستنتج من الشكل اعلاه ان قطر١٢ ملم اعطى مقاومة سحب اكبر من حالتي ١٦ ملم و١٤ ملم بعد ٢٨ يوم، وان مقاومة السحب لقطر التسليح ١٤ ملم اكبر منها في حالة قطر ١٦ ملم .

٤.٥.٢ مقارنة اثر قطر حديد التسليح (خرسانة B200 وتشريك 0سم مع خطاف) :

يبين الشكل (٤-٢٠) مقارنة اثر قطر حديد التسليح على مقاومة السحب بمقارنة اقطار حديد التسليح (١٢،١٤،١٦ ملم) وعمق تشريك ٥ سم مع خطاف لخرسانة B200 .

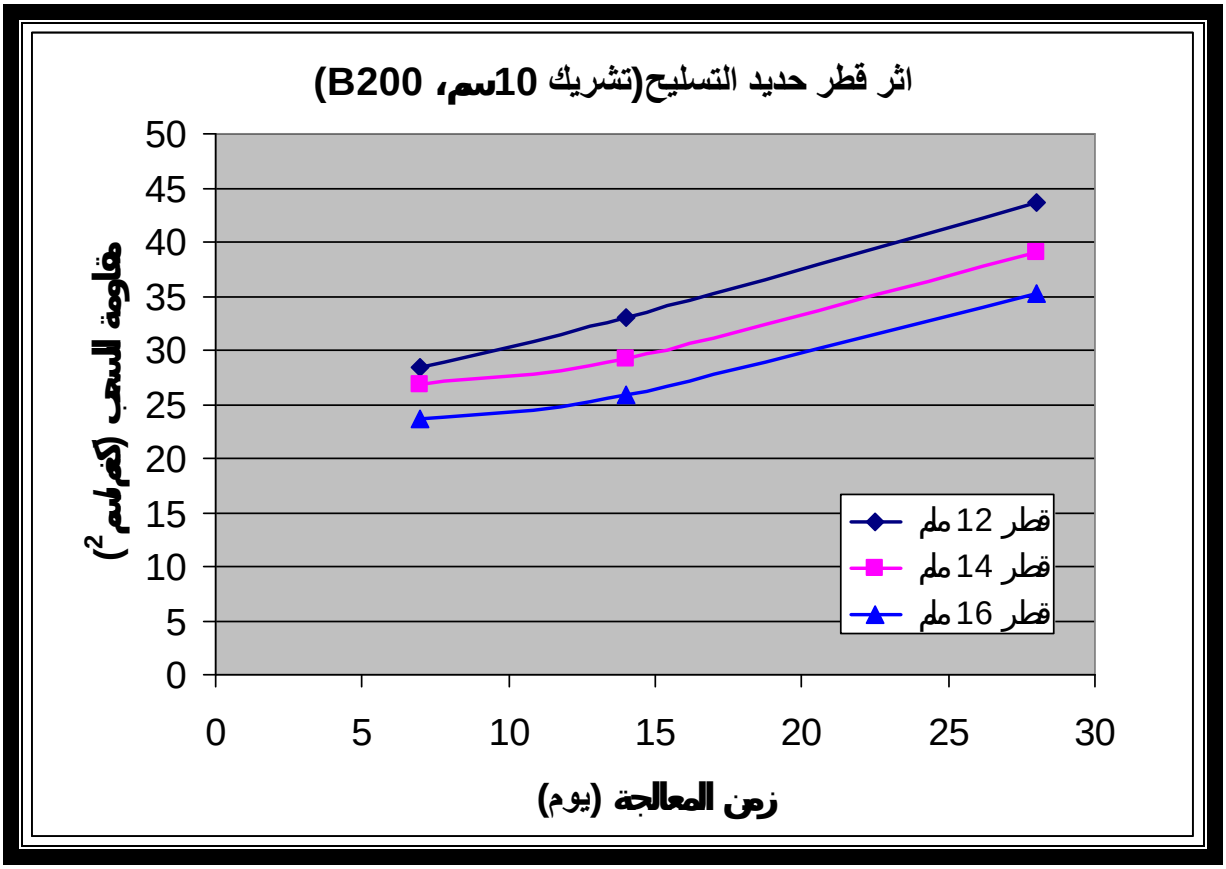


شكل (٤-٢٠): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥ سم مع خطاف وخرسانة B200

يوضح الشكل اعلاه تأثير قطر قضيب التسليح المستخدم في العينات على مقاومة السحب لحديد التسليح، ونستنتج من الشكل ان قطر ١٤ ملم و ١٦ ملم اعطت مقاومة سحب بنتائج متقاربة نسبيا واعلى من مقاومة السحب لقضبان ١٢ ملم، ويجب ملاحظة ان قضبان التسليح ذات قطر ١٦ ملم اعطت مقاومة سحب اكبر منها في حالة قضبان التسليح ١٤ ملم بعد ٢٨ يوما والسبب في ذلك ان عمق التشريك لم يكن ذو تأثير كبير مقارنة مع تاثير الخطاف لان عمق التشريك قليل جدا وبالتالي فان الخطاف كان له الاثر الاكبر في مقاومة السحب لحديد التسليح.

٤.٥.٣ مقارنة اثر قطر حديد التسليح (خرسانة B200 وتشريك ١٠سم) :

يبين الشكل (٤-٢١) مقارنة اثر قطر حديد التسليح على مقاومة السحب بمقارنة اقطار حديد التسليح (١٢،١٤،١٦ ملم) وعمق تشريك ١٠ سم لخرسانة B200 .

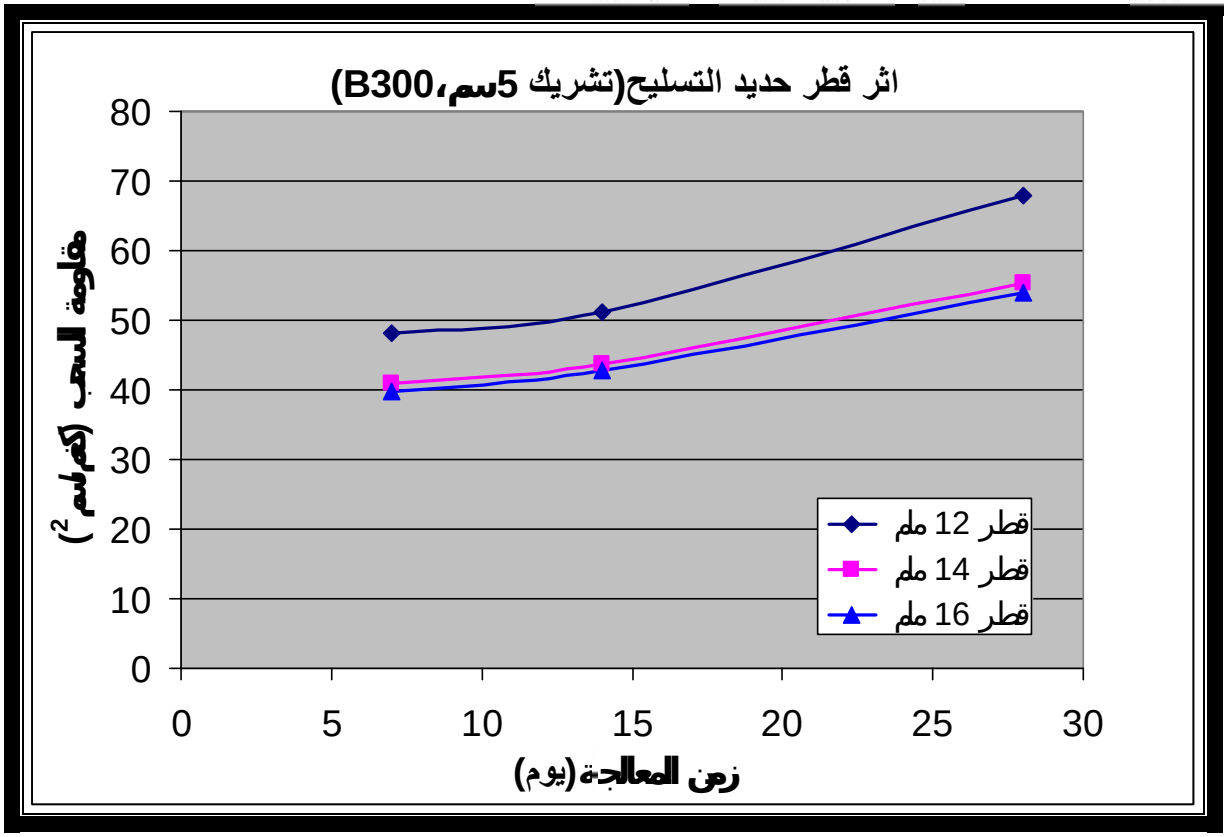


شكل (٤-٢١): **العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ١٠ سم وخرسانة B200**

يوضح الشكل اعلاه تأثير قطر قضيب التسليح المستخدم في العينات على مقاومة السحب لحديد التسليح، ونستنتج من الشكل ان قطر ١٢ ملم اعطى مقاومة سحب اكبر من حالتي ١٤ ملم و١٦ ملم، وان قطر ١٦ ملم اعطى اقل مقاومة، ويمكن القول بان قضبان التسليح ذات قطر ١٦ ملم توفر مساحة تشريك اكبر مع الخرسانة مما يسبب مقاومة سحب اقل من قضبان قطر ١٢ و ١٤ ملم.

٤.٥.٤ مقارنة اثر قطر حديد التسليح (خرسانة B300 وتشريك 5سم) :

يبين الشكل (٤-٢٢) مقارنة اثر قطر حديد التسليح على مقاومة السحب بمقارنة اقطار حديد التسليح (١٢،١٤،١٦ ملم) وعمق تشريك ٥ سم لخرسانة B300 .

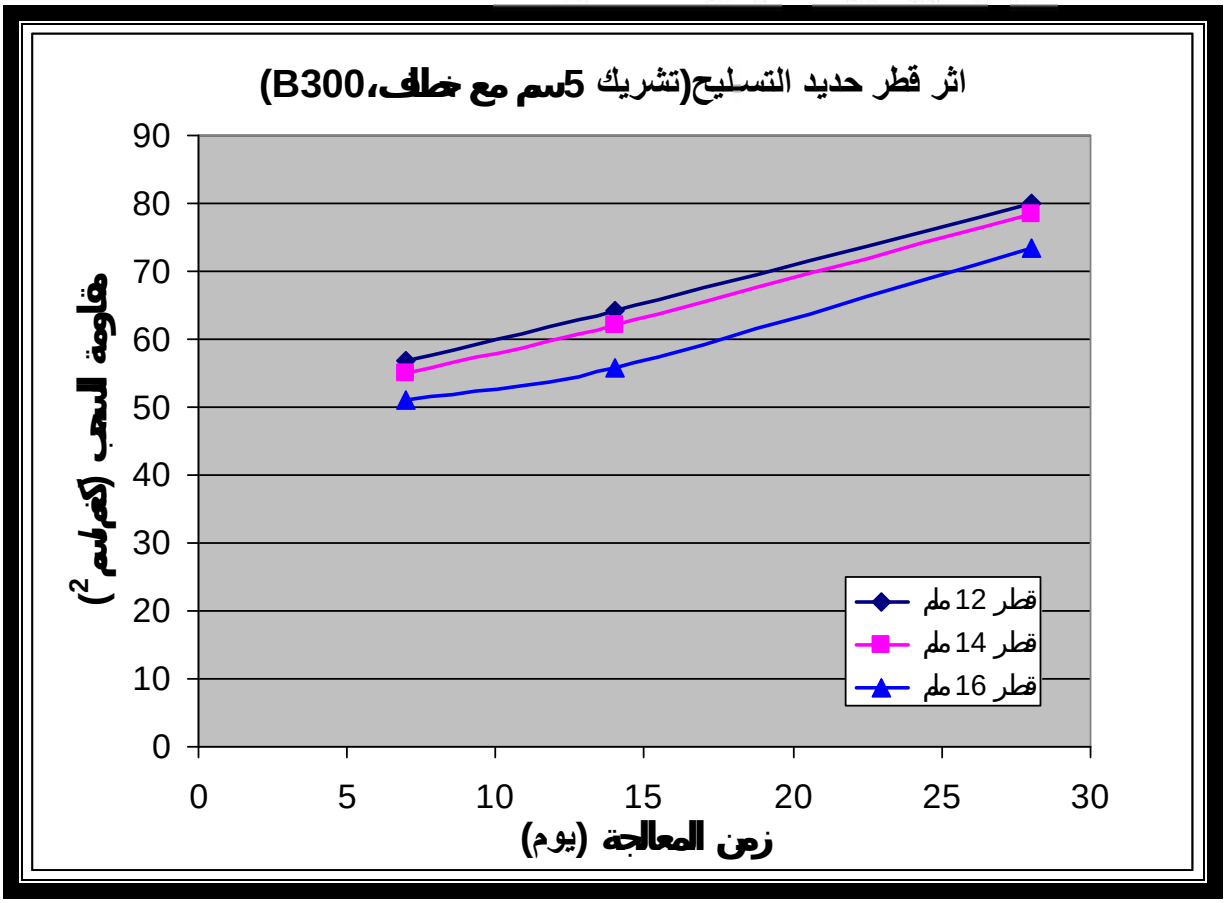


شكل (٤-٢٢): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥ سم وخرسانة B300

يوضح الشكل اعلاه تأثير قطر قضيب التسليح المستخدم في العينات على مقاومة السحب لحديد التسليح، ونستنتج من الشكل ان قطر ١٢ ملم اعطى مقاومة سحب اكبر من حالتي ١٤ ملم و١٦ ملم، وان قطر ١٦ ملم اعطى اقل مقاومة، ويمكن القول بان قضبان التسليح ذات قطر ١٦ ملم توفر مساحة تشريك اكبر مع الخرسانة مما يسبب مقاومة سحب اقل من قضبان قطر ١٢ و ١٤ ملم.

٤.٥.٥ مقارنة اثر قطر حديد التسليح (خرسانة B300 وتشريك ٥سم مع خطاف) :

يبين الشكل (٤-٢٣) مقارنة اثر قطر حديد التسليح على مقاومة السحب بمقارنة اقطار حديد التسليح (١٢،١٤،١٦ ملم) وعمق تشريك ٥ سم مع خطاف لخرسانة B300 .

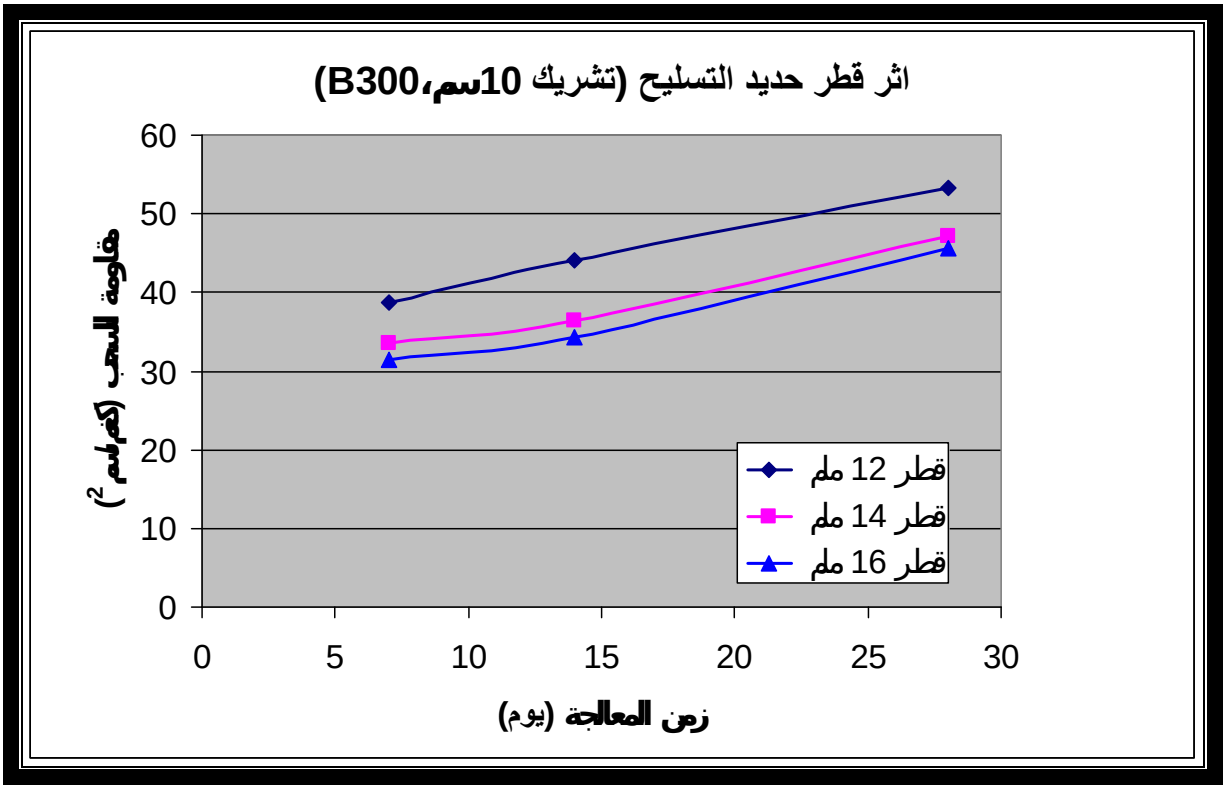


شكل (٤-٢٣): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ٥ سم مع خطاف وخرسانة B300

يوضح الشكل اعلاه تأثير قطر قضيب التسليح المستخدم في العينات على مقاومة السحب لحديد التسليح، ونستنتج من الشكل ان قطر ١٢ ملم اعطى مقاومة سحب اكبر من حالتي ١٤ ملم و١٦ ملم ، وان قطر ١٦ ملم اعطى اقل مقاومة، ويمكن القول بان قضبان التسليح ذات قطر ١٦ ملم توفر مساحة تشريك اكبر مع الخرسانة مما يسبب مقاومة سحب اقل من قضبان قطر ١٢ و ١٤ ملم.

٤.٥.٦ مقارنة اثر قطر حديد التسليح (خرسانة B300 وتشريك ١٠سم) :

يبين الشكل (٤-٢٤) مقارنة اثر قطر حديد التسليح على مقاومة السحب بمقارنة اقطار حديد التسليح (١٢،١٤،١٦ ملم) وعمق تشريك ١٠ سم لخرسانة B300 .



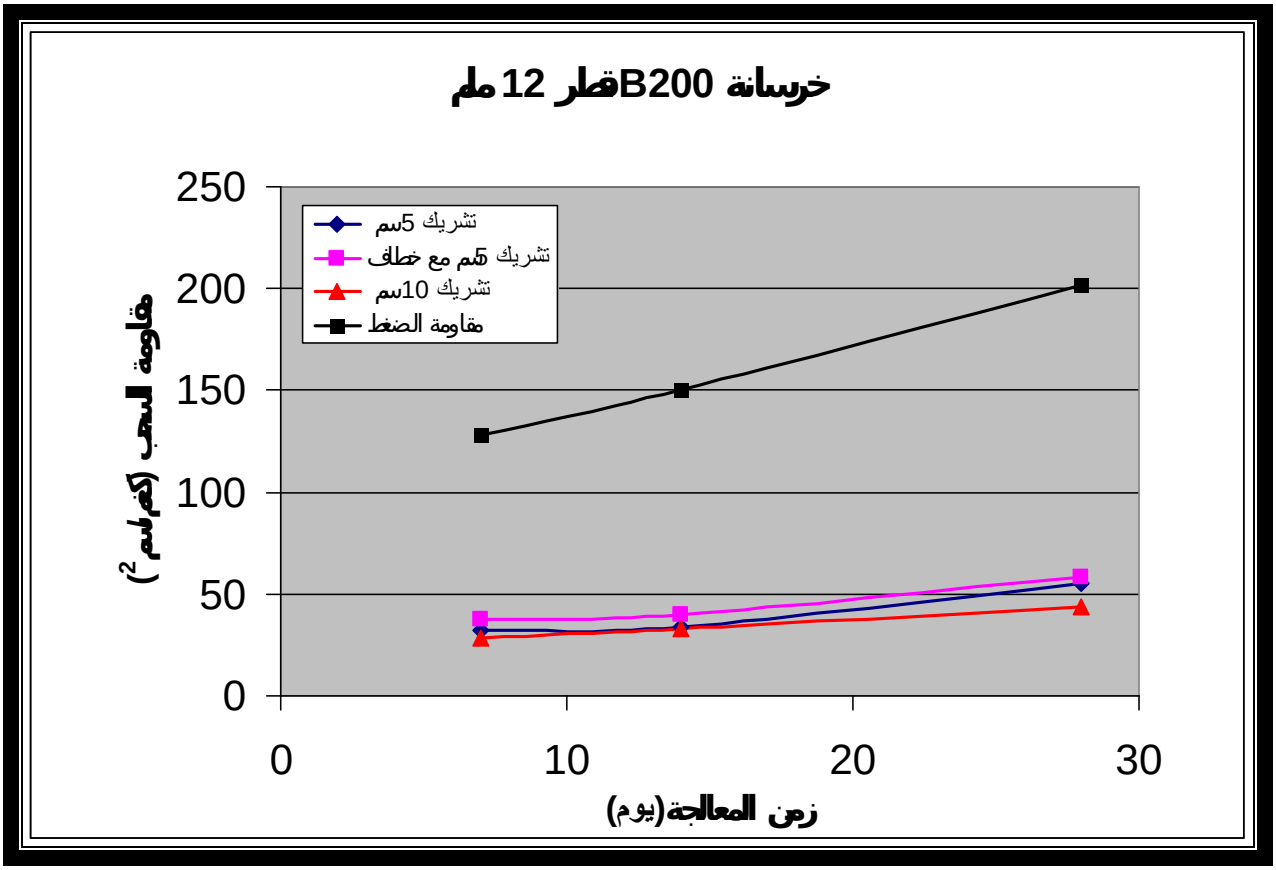
شكل (٤-٢٤): العلاقة بين زمن المعالجة للعينة ومقاومة السحب لقضبان تسليح بعمق تشريك ١٠ سم وخرسانة B300

يوضح الشكل اعلاه تأثير قطر قضيب التسليح المستخدم في العينات على مقاومة السحب لحديد التسليح، ونستنتج من الشكل ان قطر ١٢ ملم اعطى مقاومة سحب اكبر من حالتي ١٤ ملم و١٦ ملم، وان قطر ١٦ ملم اعطى اقل مقاومة ، ويمكن القول بان قضبان التسليح ذات قطر ١٦ ملم توفر مساحة تشريك اكبر مع الخرسانة مما يسبب مقاومة سحب اقل من قضبان قطر ١٢ و ١٤ ملم.

٤.٦ مقارنة بين مقاومة السحب لحديد التسليح ومقاومة الضغط للخرسانة

٤.٦.١ خرسانة B200 وحديد تسليح قطر ١٢ ملم :

يبين الشكل (٤-٢٥) العلاقة بين مقاومة الضغط لخرسانة B200 وقطر ١٤ ملم عند ازمنة مختلفة مقارنة مع مقاومة السحب لاعماق تشريك مختلفة عند نفس زمن المعالجة.

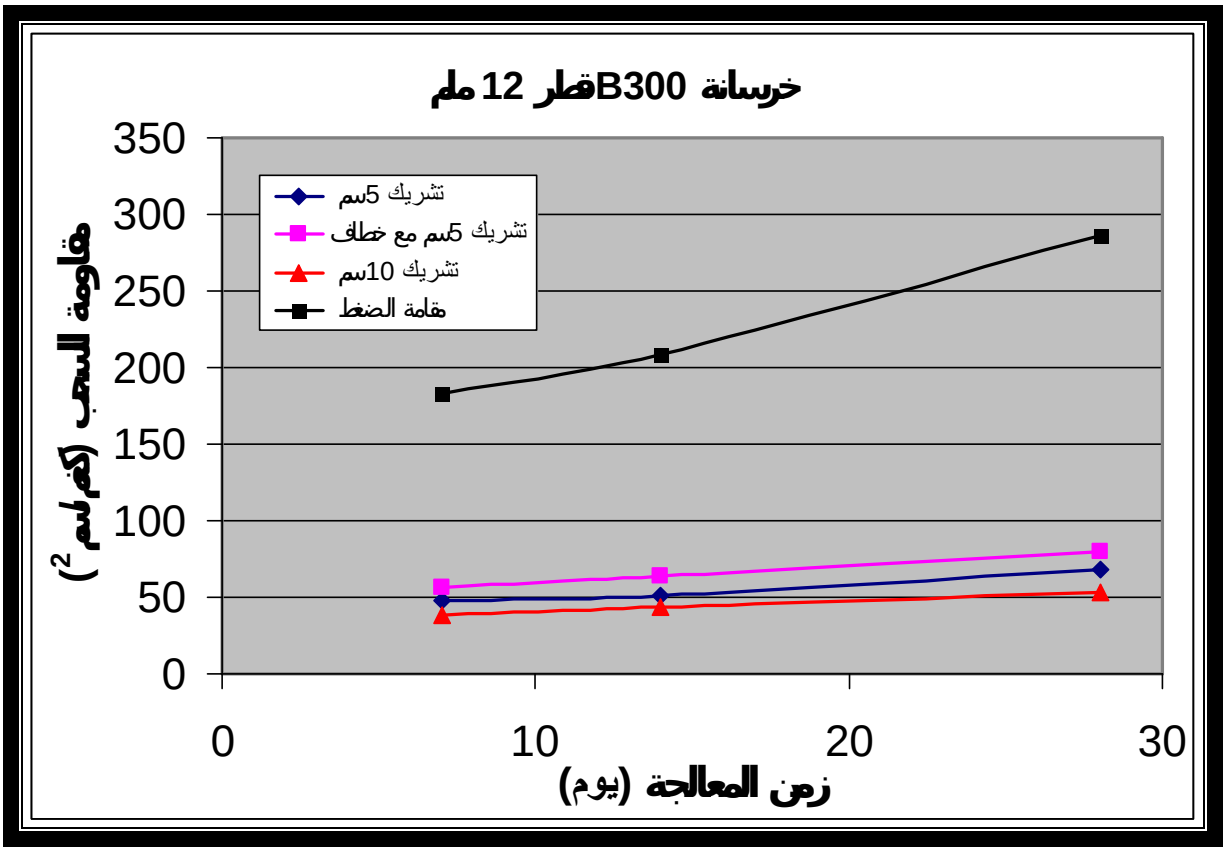


شكل (٤-٢٥): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B200 وقطر ١٢ ملم

يبين الشكل ان مقاومة السحب لحديد تسليح لعمق تشريك ٥ سم تكون ٢٨.٦% من نسبة مقاومة الضغط بعد ٧ ايام وتكون ٢٧.٩% بعد ١٤ يوما و ٢٧.٥% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ٥ سم مع خطاف تكون ٢٩% بعد ٧ ايام و ٢٧% بعد ١٤ يوما و ٢٩% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ١٠ سم تكون ١٩%، ٢٢% و ٢١.٥% على التوالي ، وما يمكن استنتاجه هو ان استخدام خطاف او ثني قضبان التسليح يمكن ان تزيد من مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة ونسبة الزيادة هنا كانت تقريبا ، كما يمكن ملاحظة ان النسب متقاربة لنفس عمق التشريك .

٤.٦.٢ خرسانة B300 وحديد تسليح قطر ١٢ ملم :

يبين الشكل (٤-٢٦) العلاقة بين مقاومة الضغط لخرسانة B300 وقطر ١٤ ملم عند ازمنة مختلفة مقارنة مع مقاومة السحب لاعماق تشريك مختلفة عند نفس زمن المعالجة.



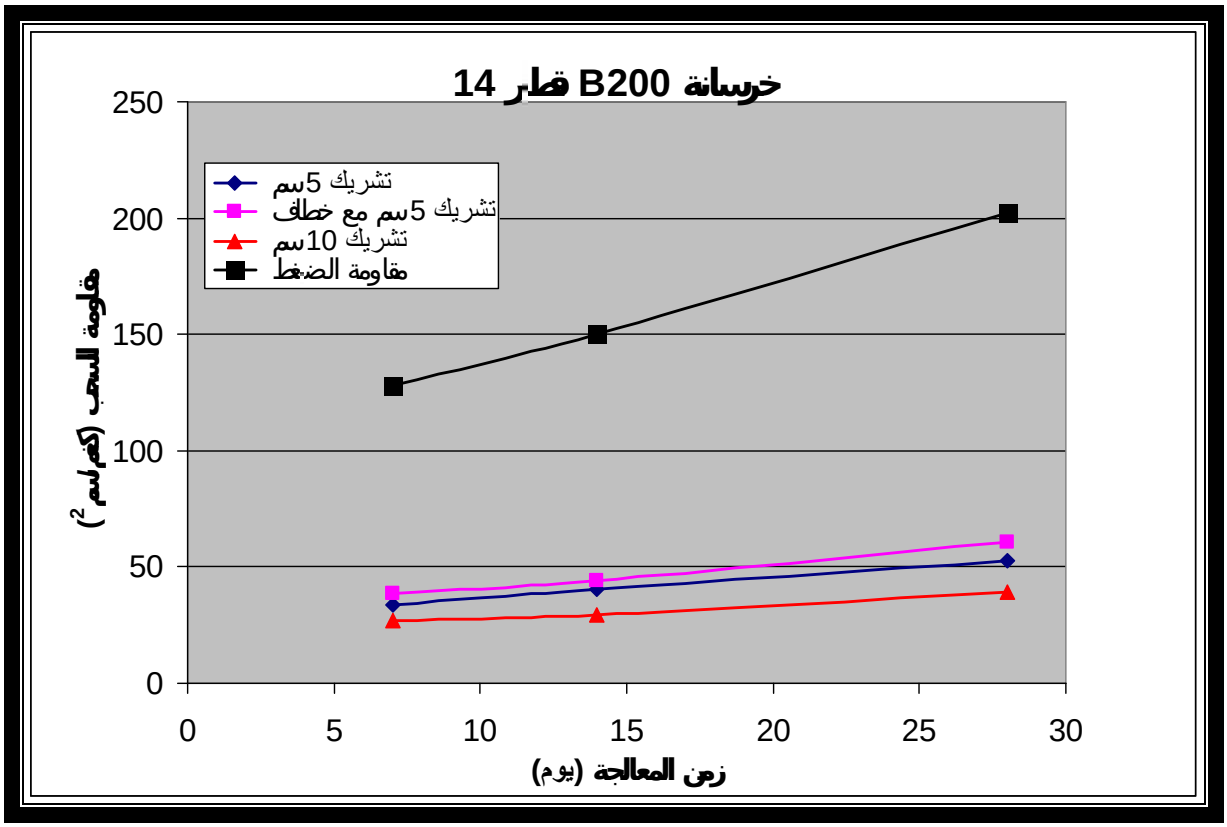
(٤-٢٦): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B300 وقطر١٢ ملم

يبين الشكل ان مقاومة السحب لحديد تسلبح لعمق تشريك ٥ سم تكون ٢٦% من نسبة مقاومة الضغط بعد ٧ ايام وتكون ٢٥% بعد ١٤ يوما و ٢٤% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ٥ سم مع خطاف تكون ٣١% بعد ٧ ايام و ٣٠.٥% بعد ١٤ يوما و ٢٨% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ١٠ سم تكون ٢١%، ١٦% و ١٩% على التوالي ، وما يمكن استنتاجه هو ان استخدام خطاف او ثني قضبان التسليح يمكن ان تزيد من مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة ونسبة الزيادة هنا كانت تقريبا ، كما يمكن ملاحظة ان النسب متقاربة لنفس عمق التشريك، ويمكن القول ومن مقارنة الشكل

(٤-٢٥) مع الشكل (٤-٢٦) ان نسبة مقاومة السحب لمقاومة الضغط هي متقاربة ايضا لكلا نوعي الخرسانة

٤.٦.٣ خرسانة B200 وحديد تسليح قطر ١٤ ملم :

يبين الشكل (٤-٢٧) العلاقة بين مقاومة الضغط لخرسانة B200 وقطر ١٤ ملم عند ازمنة مختلفة مقارنة مع مقاومة السحب لاعماق تشريك مختلفة عند نفس زمن المعالجة.

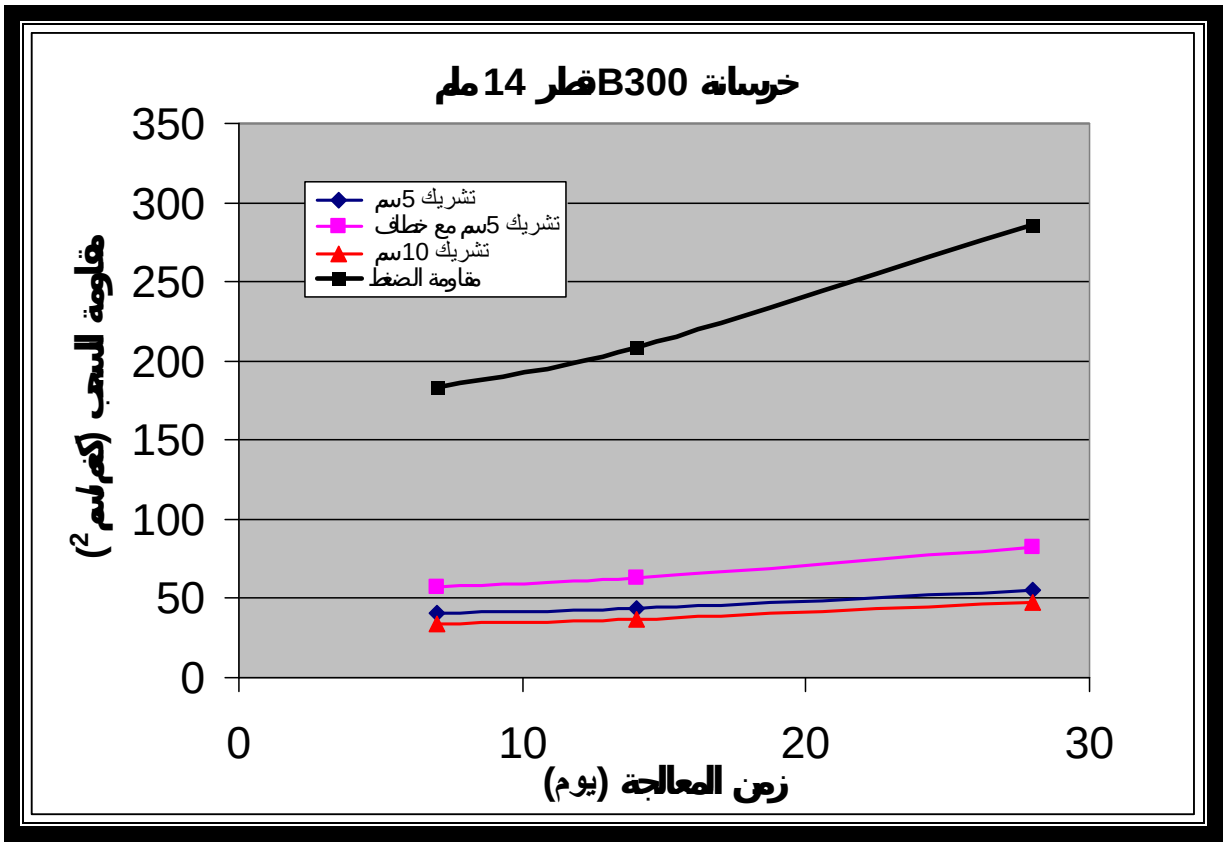


(٤-٢٧): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B200 وقطر ١٤ ملم

يبين الشكل ان مقاومة السحب لحديد تسليح لعمق تشريك ٥ سم تكون ٢٦% من نسبة مقاومة الضغط بعد ٧ ايام وتكون ٢٦.٨% بعد ١٤ يوما و٢٦.٢% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ٥ سم مع خطاف تكون ٣٠% بعد ٧ ايام و٢٩.٥% بعد ١٤ يوما و ٣٠% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ١٠ سم تكون ٢١%، ١٩.٥% و ٢٠% على التوالي ، وما يمكن استنتاجه هو ان استخدام خطاف او ثني قضبان التسليح يمكن ان تزيد من مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة ونسبة الزيادة هنا كانت تقريبا ٤%، كما يمكن ملاحظة ان النسب متقاربة لنفس عمق التشريك .

٤.٦.٤ خرسانة B300 وحديد تسليح قطر ١٤ ملم :

يبين الشكل (٤-٢٨) العلاقة بين مقاومة الضغط لخرسانة B300 وقطر ١٤ ملم عند ازمنة مختلفة مقارنة مع مقاومة السحب لاعماق تشريك مختلفة عند نفس زمن المعالجة.



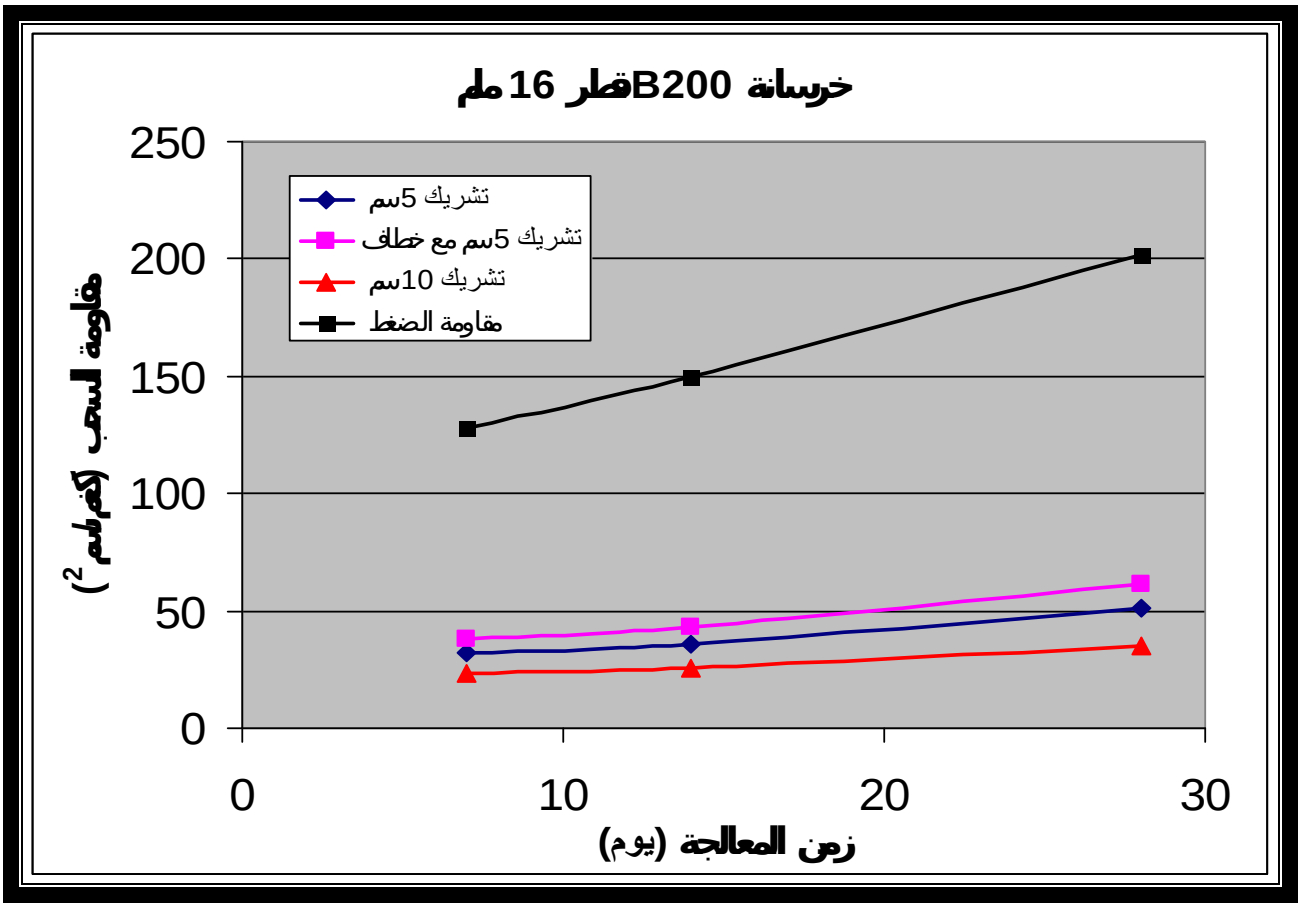
(٤-٢٨): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B300 وقطر١٤ ملم

يبين الشكل ان مقاومة السحب لحديد تسليح لعمق تشريك ٥ سم تكون ٢٢% من نسبة مقاومة الضغط بعد ٧ ايام وتكون ٢١% بعد ١٤ يوما و ١٩.٥% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ٥ سم مع خطاف تكون ٣١% بعد ٧ ايام و ٣٠% بعد ١٤ يوما و ٢٩% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ١٠ سم تكون ١٨%، ١٧.٥% و ١٧% على التوالي ، وما يمكن استنتاجه هو ان استخدام خطاف او ثني قضبان التسليح يمكن ان تزيد من مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة ونسبة الزيادة هنا كانت تقريبا ، كما يمكن ملاحظة ان النسب متقاربة لنفس عمق التشريك، ويمكن القول ومن مقارنة الشكل

(٤-٢٧) مع الشكل (٤-٢٨) ان نسبة مقاومة السحب لمقاومة الضغط هي متقاربة ايضا لكلا نوعي الخرسانة.

٤.٦.٥ خرسانة B200 وحديد تسليح قطر ١٦ ملم :

يبين الشكل (٤-٢٩) العلاقة بين مقاومة الضغط لخرسانة B200 وقطر ١٦ ملم عند ازمنة مختلفة مقارنة مع مقاومة السحب لاعماق تشريك مختلفة عند نفس زمن المعالجة.



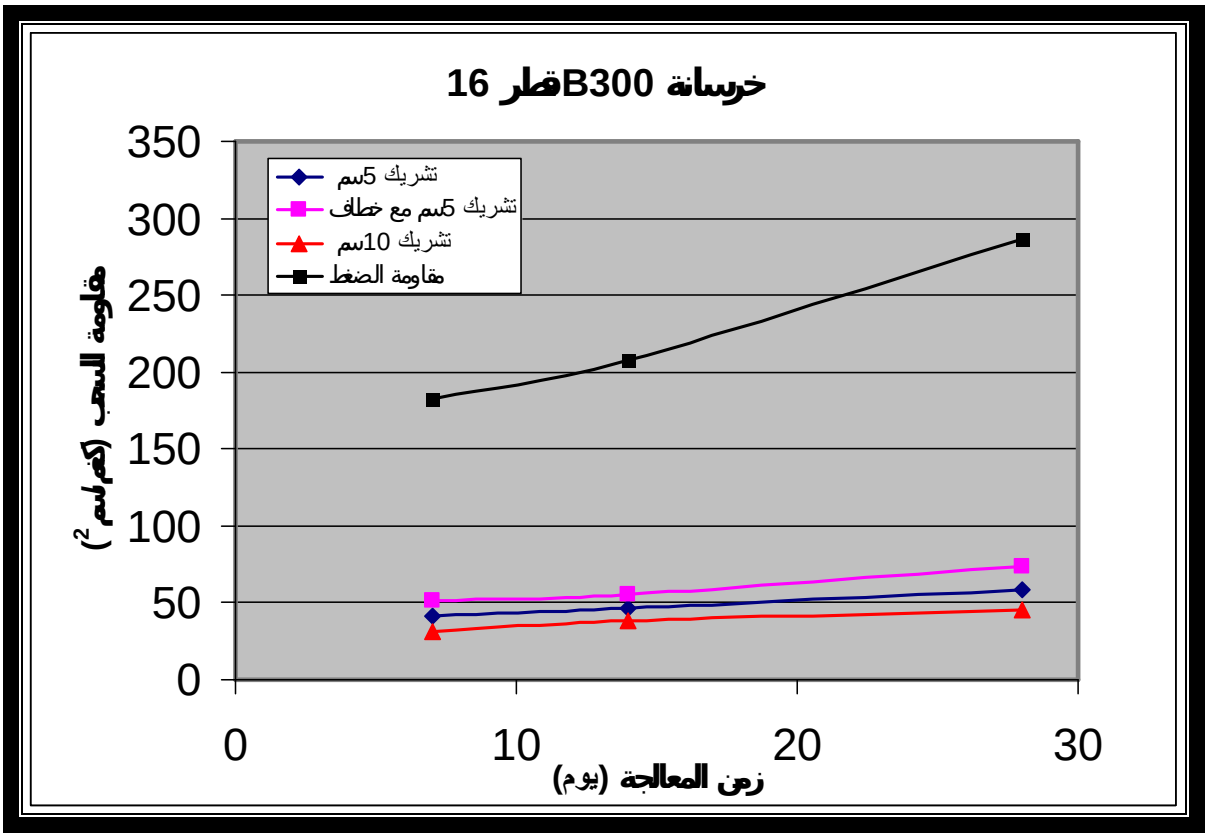
(٤-٢٩): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B200 وقطر١٦ ملم

يبين الشكل ان مقاومة السحب لحديد تسليح لعمق تشريك ٥ سم تكون ٢٥% من نسبة مقاومة الضغط بعد ٧ ايام وتكون ٢٤% بعد ١٤ يوما و ٢٥% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ٥ سم مع خطاف تكون ٣٠% بعد ٧ ايام و٢٩% بعد ١٤ يوما و ٣٠.٥% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ١٠سم تكون ١٦%، ١٧% و ١٧.٥% على التوالي ، وما يمكن استنتاجه هو ان استخدام خطاف او

ثني قضبان التسليح يمكن ان تزيد من مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة ونسبة الزيادة هنا كانت تقريبا ، كما يمكن ملاحظة ان النسب متقاربة لنفس عمق التشريك .

٤.٦.٦ خرسانة B300 وحديد تسليح قطر ١٦ ملم :

يبين الشكل (٤-٣٠) العلاقة بين مقاومة الضغط لخرسانة B200 وقطر ١٦ ملم عند ازمنة مختلفة مقارنة مع مقاومة السحب لاعماق تشريك مختلفة عند نفس زمن المعالجة.



(٤-٣٠): العلاقة بين مقاومة الضغط ومقاومة السحب لخرسانة B300 وقطر١٦ ملم

يبين الشكل ان مقاومة السحب لحديد تسليح لعمق تشريك ٥ سم تكون ٢٢% من نسبة مقاومة الضغط بعد ٧ ايام وتكون ٢٠.٥% بعد ١٤ يوما و ١٩% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ٥ سم مع خطاف تكون ٢٨% بعد ٧ ايام و ٢٧% بعد ١٤ يوما و ٢٦% بعد ٢٨ يوما، ولعمق تشريك ١٠ سم تكون ١٧%، ١٦.٥% و ١٦% على التوالي ، وما يمكن استنتاجه هو ان استخدام خطاف او ثني قضبان التسليح يمكن ان تزيد من مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة ونسبة الزيادة هنا كانت تقريبا ، كما يمكن ملاحظة ان النسب متقاربة لنفس عمق التشريك، ويمكن القول ومن مقارنة الشكل

(٤-٢٩) مع الشكل (٤-٣٠) ان نسبة مقاومة السحب لمقاومة الضغط هي متقاربة ايضا لكلا نوعي الخرسانة.

الفصل الخامس

النتائج والتوصيات

في هذا البحث تم اجراء فحوصات لمعرفة اثر عمق التشريك لحديد التسليح وقطر حديد التسليح على مقاومة السحب بين الخرسانة والحديد وقد تم استخدام نوعين من الخرسانة وهي (B200,B300).

وقد اظهرت النتائج ما يلي :

١-) اثر عمق التشريك:

اظهرت النتائج انه كلما قل عمق التشريك زادت مقاومة السحب لحديد التسليح والسبب في ذلك ان زيادة عمق التشريك يعطي مساحة تشريك اكبر وبالتالي تقل مقاومة السحب لحديد التسليح، وقد بينت النتائج اثر الخطاف مع عمق التشريك 5سم والذي زاد من مقاومة السحب لحديد التسليح، فقد كان للخطاف الاثر الاكبر في زيادة مقاومة السحب لحديد التسليح، اما بالنسبة لعمق تشريك ١٠ سم فقد اعطى اقل مقاومة سحب في نوعي الخرسانة المستخدمة بسبب زيادة مساحة التشريك مع الخرسانة، وهذا يتوافق مع بعض الدراسات السابقة في هذا المجال.

٢-) اثر نوع الخرسانة:

اظهرت النتائج ان خرسانة B300 اعطت مقاومة سحب لحديد التسليح اكبر منها في حالة خرسانة B200 ذلك ان نسبة الاسمنت اعلى في خرسانة B300 مما اعطى متانة وقوة تماسك بين الخرسانة وحديد التسليح والتي بدورها ساعدت في زيادة مقاومة السحب لحديد التسليح بغض النظر عن باقي العوامل والمتغيرات المتعلقة بعمق التشريك وقطر حديد التسليح.

٣-) اثر قطر قضبان التسليح:

اظهرت النتائج انه كلما قل قطر قضيب التسليح زادت مقاومة السحب للحديد، فحديد التسليح قطر ١٢ ملم اعطى مقاومة سحب اعلى منها في حالات اقطار ١٤ و ١٦ ملم وان حديد تسليح قطر ١٤ اعطى مقاومة سحب اعلى من حديد قطر ١٦ ملم، والسبب في ذلك ان حديد تسليح قطر ١٦ ملم

يوفر مساحة تشريك سطحية اكبر وبالتالي تكون مقاومة السحب اقل منها في حالة حديد تسليح قطر ١٢ ملم.

٤-) من خلال رسم العلاقة بين مقاومة السحب بين الحديد والخرسانة مع مقاومة الضغط للخرسانة لفترات معالجة مختلفة تبين ان النسبة بين مقاومة السحب الى مقاومة الضغط للخرسانة متقاربة مع بعضها لنفس عمق التشريك وتزداد هذه النسبة باستخدام قضبان تسليح مع خطاف او ثني القضبان في الخرسانة.

٥-) يمكن القول ومن خلال النتائج ان مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة تتراوح بين ٢٠-٣٠% من مقاومة الضغط للخرسانة المستخدمة.

٦-) يمكن القول ومن خلال النتائج انه كلما زادت قوة السحب بين حديد التسليح والخرسانة فان مقاومة السحب تقل وكلما قلت قوة السحب زادت مقاومة السحب بين حديد التسليح والخرسانة.

التوصيات

بناء على ما تقدم من نتائج في هذا البحث، يمكن الخروج بالتوصيات التالية:

١-) ينصح باستخدام حديد قطر ١٢ ملم مع خطاف بدلا من استخدام حديد قطر ١٤ بدون خطاف وذلك لان حديد التسليح قطر ١٢ ملم مع خطاف او مع ثني القضيب يعطي مقاومة سحب اعلى من حديد قطر ١٤ ملم ويعد افضل منه على الناحية الاقتصادية فحديد قطر ١٢ ملم اقل تكلفة من حديد قطر ١٤ ملم، ففي حالة خرسانة B200 فان مقاومة السحب لحديد قطر ١٢ ملم مع خطاف كانت ٥٨.٤٧ كغم/سم^{٢} بعد ٢٨ يوما ومقاومة السحب لنفس الخرسانة باستخدام قضبان حديد قطر ١٤ ملم بدون خطاف او ثني للقضبان كانت ٣٩ كغم/سم^{٢}.

٢-) يمكن استخدام خرسانة بمقاومة عالية B300 وحديد تسليح قطر قليل مع عمق تشريك قليل (مع خطاف او ثني حديد التسليح) وهذا يوفر من كميات الحديد المستخدمة في المنشأة.

٣-) لم يتم التطرق لاثر سمك الغطاء الخرساني على مقاومة السحب في هذا البحث ويجب ان يتم بحثه في دراسة منفصلة.

المراجع

١- الدكتور ابراهيم علي الدرويش " تكنولوجيا الخرسانة ، منشأة معارف الإسكندرية، طبعـــة (٤) ١٩٨٢.

2- Sung Ho Lee, Sung Chul chun and Bohwan Oh, "Numerical Analysis of Pull-Out Behavior of Headed Bar in Concrete.

3- S.P. Tastani, "Experimental Evaluation of the Direct Tension – Pullout Bond Test", Bond in Concrete-From research to Standards, 2002, Budapest.

4- M. Alavi-Fard and H. Marzouk, " Bond of high strength concrete under monotonic pull out loading", Faculty of Engineering and Applied Science, Memorial University of Newfoundland, Canada A1B 3X5, 2005.

5- Azizinamini, A., Darwin, D, Eligehausen, R, Ravel R, and Ghosh, S.K "Proposed modification to ACI 318-95 tension development and lap splice for high strength concrete", ACI Structural Journal, 1999, 96, No. 6. 9222-926.

6- Elighehausen, R., Popov, E.P., and Betero, V. "Local bond stress-slip relationships of deformed bar uder generalized excitations", 1983 Report No. UCB/EERC-83/23, Earthquake Engineering. Research Center, Berkeley, California, USA, P. 185

7- De larrad, F. Schaller, D. and Fuchs, J. 1993 "Effect of bar diameter on the bond strength of passive reinforcement in high-performance concrete", ACI Materials Journal, 1993, 90, No 4, 333-339