سلوك ومقاومة عقد (الانضغاط – الانضغاط – الشد) المثبتة بقضبان منتهية الرؤوس في العتبات الخرسانية الليفية

أ.د. بيار جعفر السليفاني
أستاذ

حلا جاسم محمد الحمداني
مدرس مساعد

جامعة الموصل / كلية الهندسة – قسم الهندسة المدنية

الخلاصة

تم في هذا البحث استخدام طريقة التسليح بالرؤوس الحديدية (Headed bars) في دراسة سلوك العتبات الخرسانية المسلحة بالألياف الفولاذية ومقارنتها مع العتبات ذات التسليح الاعتيادي غير المدعم بالرأس الحديدي. إذ تم وضع رؤوس حديدية عند عقدة (الانضغاط – الانضغاط – الشد) (CCT Node) لتحليل سلوكية تلك العقدة عند وجود الرأس الحديدي من ناحية قابلية التحمل وشكل الفشل وطول التثبيت لقضيب التسليح الموجود في منطقة الشد. إذ ان وجود الرأس الحديدي سوف يساعد في التقليل من طول التثبيت اللازم لإيصال حديد التسليح إلى إجهاد الخضوع (fy) وهذا هو الهدف الأساسي من استخدام هذه الرؤوس. بالإضافة إلى أن استخدام هذه الرؤوس تساعد في التقليل من الكلفة وكثافة التسليح في حالة استخدام التسليح الاعتيادي وكذلك الكلاليب. في الدراسة الحالية تم استخدام أربعة نسب للألياف الفولاذية وثلاثة قيم لفضاء القص لمعرفة تأثير هذه المتغيرات على سلوكية تلك العتبات بوجود الرأس الحديدي من حيث (قابلية التحمل، الأود المقاس تحت الحمل الأحادي النقطي، شكل الفشل، نوع الفشل..... الخ). إذ لوحظ أن قابلية التحمل للعتبات الخرسانية إضافة إلى صلابة ومطيلية ومتانة تلك العتبات تزداد بزيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية وكذلك عند وجود الرأس الحديدي مقارنة بالعتبات ذات التسليح التقليدي وعند عدم وجود الألياف الفولاذية. كما لوحظ ان قابلية التحمل تقل مع زيادة طول فضاء القص.

Behavior and Capacity of CCT Nodes Anchored By Headed Bars in Fibrous Concrete Beams

Dr. Bayar J. Al-Sulayfani
Professor

Hala Jassim AL Hamdany
Assistant Lecturer

Abstract

In the current research, the method of reinforcing by means of "Headed Bars" reinforcement was utilized in order to study the behavior of fiber reinforced beams, then conducting a comparison study with conventionally reinforced beams without "headed bar", where by headed bars were placed at the CCT node to analyze the behavior of the node. The presence of the headed bar with regard to bearing capacity, failure mode, and anchorage length for the reinforcing bar at the tension zone. Where the presence of the headed bar will help in reducing the anchorage length necessary to bring the reinforcing steel to yield stress (fy).This is the main objective of using such head bar reinforcing. In addition the use of this reinforce enables in the reduction of cost and the congestion of reinforce as well as the hooks. Four ratios of steel fiber and three values of shear span were used in order to find out the effect of those variables on the behavior of beams with headed bars reinforce regarding :bearing capacity, deflection under single point load, shape and type of failure,….etc. It was noticed that the bearing capacity, stiffness and ductility increased with the increased of volumetric steel fiber addition, also in the presence of headed bars reinforcement when compared with conventionally reinforced beams without steel fibers. The bearing capacity reduced as the shear span length increased.

أستلم: 24 -10 – 2011 قبل: 2 – 10- 2011

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

1. المقدمة

عند تصميم الأعضاء الخرسانية بطريقة المقاومة تُعتمد مقاومة الخضوع (fy) لحديد التسليح كإجهاد في التصميم سواءً كانت القضبان تحت تأثير شد أو أنضغاط . ومن متطلبات تثبيت القضبان يجب أن يتوفر طول تثبيت (Ld) على جانبي المقطع الذي يكون فيه قيمة الأجهاد مساوية لاجهاد الخضوع . حيث إن الطول الواجب توفره لإيصال حديد التسليح الى إجهاد الخضوع (fy) يكون بأستخدام معادلة في مدونة (ACI – 318-08) وكما يلي :-

$$\frac{L_d}{d_b} = \frac{9}{10}\frac{f_y}{\lambda\sqrt{f_{c'}}}\frac{\Psi_t.\Psi_e.\Psi_s}{\frac{C_b + K_{tr}}{d_b}} \qquad \text{---------- (1)}$$

($Ld \geq 300$ mm) Ld= الطول الواجب توفره لإيصال حديد التسليح الى إجهاد الخضوع (fy)

db =(mm) قطر قضيب حديد التسليح , fy = (MPa) إجهاد الخضوع للحديد

fc' = (MPa) مقاومة الانضغاط للخرسانة.

Ψ_t= معامل يؤخذ (1.3) إذا كان سمك الخرسانة تحت حديد التسليح الأفقي لاتقل عن (300mm) وفيما عدا ذلك يؤخذ (1.0) أي أنه معامل يعتمد على موقع حديد التسليح.

Ψ_e = معامل يؤخذ (1.5) حالة كون حديد التسليح مغطى بطبقة من الايبوكسي مع صافي غطاء خرساني أقل من أو يساوي (3db) ولكن يؤخذ (1.2) في الحالات الأخرى التي يكون فيها الحديد مغطى بالإيبوكسي أماحالة عدم أحتواءه الإيبوكسي فيؤخذ في هذه الحالة (1.0) أي أنه معامل يعتمد على حالة كون حديد التسليح مغطى بالإيبوكسي أم لا .

Ψ_s = معامل يؤخذ (0.8) حالة أستخدام أقطار قضبان مساوية أو أقل من (19mm) وفيما عدا ذلك فيؤخذ(1.0) أي أنه يعتمد على قطر قضبان التسليح .

λ = معامل يؤخذ (0.75) عند أستخدام خرسانة خفيفة الوزن ويؤخذ (1.0) عند أستخدام الخرسانة الاعتيادية أي معامل يعتمد على نوع الخرسانة المستخدمة .

Cb=هي أقل مسافة بين مراكز القضبان المتجاورة أو أقل مسافة مقاسة من مركز قضيب تسليح الى سطح الخرسانة (mm) .

Ktr=معامل التسليح المستعرض يتم حسابه بأستخدام المعادلة التالية:-

$$K_{tr} = \frac{40.A_{tr}}{s.n} \qquad \text{---------- (2)}$$

n= عدد القضبان الممتدة خلال مسافة التوزيع .

s = أكبر مسافة من مركز قضيب الى مركز قضيب اخر مقدرة بـ (mm) للتسليح المستعرض خلال الطول (Ld)

Atr= مساحة القضبان المستعرضة ضمن المسافة (s) حيث ستتقاطع مع مسافة التوزيع خلال القضبان الممتددة (mm^2) . [1]

ففي بعض المواقع لايمكن توفير هذا الطول خاصة في النهايات غير المستمرة للأعضاء الأنشائية كما في حالة المساند القليلة السمك نسبيا أو في مفاصل العمود- العتبة لذا فكان أستخدام طريقة التسليح المدعم برأس حديدي وسيلة لتوفير طول التثبيت الكافي لايصال حديد التسليح الى اجهاد الخضوع.لذا فقد تناولت بحوث عديدة دراسة سلوكية عقدة (الانضغاط – الانضغاط – الشد) (CCT Node) منها تأثير التغاير في زاوية الدعامة على طول التثبيت للقضبان المدعمة بالرأس الحديدي (Headed Bars) والمتمثل بقطعة فولاذية تُربَط بنهاية قضبان التسليح إما بالتسنين أو باللحام لزيادة مقدار تحمل قوى الشد المتولدة في قضيب التسليح وذلك بسبب توفر مساحة ارتباط كبيرة بين كل من الرأس والخرسانة [2,3,4]، وكذلك دراسة تأثير هذه القضبان على قابلية التحمل للعتبات الخرسانية ومقارنتها مع كل من القضبان الممتدة المستقيمة وقضبان الكلاليب المثبتة في نماذج عقدة(CCT). وفي هذه الدراسات أيضاً تأثير كل من أشكال وأحجام الرؤوس الحديدية ومعرفة مدى تأثير هذه المثبتات على زيادة مقاومة التثبيت وعلى سلوكية الفشل[3,4]. مقتصرين في ذلك على استخدام الخرسانة الاعتيادية، ونظراً لندرة وجود بحوث مسبقة اعتمدت على الخرسانة المعززة بالألياف الفولاذية في دراسة سلوكية القضبان المدعمة بالرأس الحديدي لنماذج عقدة (CCT)، ولمعرفة مدى تأثير وإضافة الألياف الفولاذية على شكل الفشل وعلى فعالية وأداء تلك النماذج

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

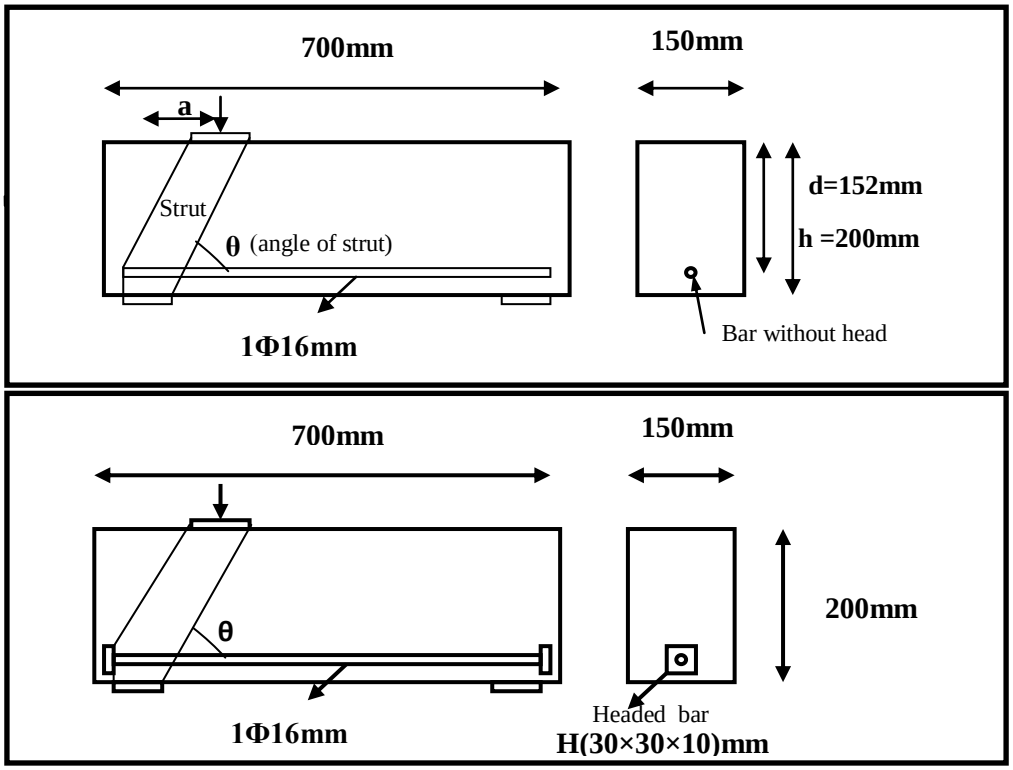
من عقدة (CCT) ذات التسليح المدعم بالرأس الحديدي ودراسة تصرف هذا النوع من القضبان مع الخرسانة الليفية، لذا أجريت دراسة عملية ضمت (24) عتبة خرسانية بطول (700 mm) وعرض (150 mm) وارتفاع (200 mm)، قسمت هذه النماذج إلى عدة مجاميع اعتماداً على ثلاثة متغيرات أساسية وكما موضح في الشكل (1)، إذ شملت كل من

1- التسليح الاعتيادي (Non Headed Bar) والتسليح المدعم بالرأس الحديدي (Headed Bars).

2- نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية. إذ استخدمت أربعة نسب للألياف الفولاذية وهي على التوالي (V_f =0.0,0.5,1.0,1.5%)

3- المسافة الأفقية (طول فضاء القص) من نقطة الحمل المسلط إلى مركز الإسناد. إذ استخدمت ثلاث قيم لفضاء القص وهي على التوالي (av=150, 200, 250 mm).

يهدف هذا البحث إلى إعطاء صورة واضحة عن اعتماد الخرسانة المعززة بالألياف الفولاذية وعن اعتماد الرأس الحديدي في تحسين أداء هذه الأعضاء الإنشائية.



الشكل (1): يوضح تفاصيل العتبة الخرسانية المستخدمة في البحث

2. المواد المستخدمة

1.2: الإسمنت: الإسمنت المستخدم هو إسمنت بورتلاند الاعتيادي (O.P.C)، منتج في معمل بادوش حسب المواصفة القياسية العراقية (IQS No5) لسنة (1984) [5] والخواص الميكانيكية والفيزياوية للإسمنت مذكورة في الجدولين (1) و (2).

2.2: الماء: استخدام ماء الشرب الاعتيادي الخالي من الشوائب.

3.2: الرمل: الرمل المستخدم رمل نهري مأخوذ من منطقة الكنهش وذو معامل نعومة (2.8) ومطابق للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) [6,7]، بالنسبة للتدرج والتحليل المنخلي للرمل المستعمل موضح في الجدول (3)

4.2: الحصى: تم استخدام الحصى النهري المحلي المدور بمقياس أقصى للركام (14mm) ونتائج التحليل المنخلي وتدرج الحصى المستعمل مبينة في الجدول (4) وفقاً للمواصفات البريطانية (BS 882:1992) [6,7]

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5.2: الألياف الفولاذية: استخدمت ألياف فولاذية مصنوعة من الحديد ذات مقطع قشري غير منتظم منحني النهايتين نوع (Harex). بطول(32mm) والنسبة الباعية (Aspect Ratio) كانت تساوي (36.3) والمتمثلة بنسبة طول الليف إلى قطره المكافئ $\left(\frac{L_f}{d_f}\right)$ [8].

6.2: المواد المضافة

- **الملدن نوع (Sikament – 163 – F)**: وهو مادة سائلة ذات لون بني مائل إلى الاحمرار المثبت خصائصه الفيزيائية والكيميائية في الجدول (5)، وهو من المضافات المهمة المستخدمة لتحسين قابلية التشغيل[9] يضاف بنسب معينة من وزن الإسمنت المستخدم وبالاعتماد على النسبة الحجمية للألياف الفولاذية المضافة تم الاعتماد على هذه النسب بوصفها تعطي مقدار هطول ثابت والبالغ (100mm) ولكل أنواع الخرسانة المستخدمة في هذا البحث والتي شملت :

1- إضافة(0.2%) من وزن الاسمنت إلى الخلطة الخرسانية حالة استخدام$(V_f = 0.5\%)$.

2- إضافة (0.45%) من وزن الاسمنت إلى الخلطة الخرسانية حالة استخدام $(V_f = 1.0\%)$.

3- إضافة (0.95%) من وزن الاسمنت إلى الخلطة الخرسانية حالة استخدام $(V_f = 1.5\%)$.

الجدول (1): يوضح التحليل الكيميائي للإسمنت المستخدم ومركباته الرئيسة [5]

اكاسيد عناصر الاسمنت	النسبة المئوية (%)	حدود المواصفة (IQS:5/1984)(%)
أوكسيد الألمنيوم Al_2O_3	5.6	3-8
أوكسيد السليكا SiO_2	21.52	17-25
أوكسيد الحديد Fe_2O_3	2.74	0.5-6
أوكسيد الكالسيوم CaO	62.55	60-67
ثلاثي أوكسيد الكبريت SO_3	2.54	لا يزيد عن % 2.8
أوكسيد المغنيسيوم MgO	3.23	لا يزيد عن 5%
مركبات الاسمنت الرئيسية		
ثلاثي سليكات الكالسيوم C_3S	36.44	31.03-41.05
ثنائي سليكات الكالسيوم C_2S	34.20	28.61-37.9
ثلاثي ألومينات الكالسيوم C_3A	12.07	11.96-12.3
رباعي ألومينات الكالسيوم الحديدية C_4AF	7.98	7.72-8.02

الجدول (2): يوضح التحليل الفيزيائي للإسمنت المستخدم [5].

الخصائص	**نتيجة الفحص**	**حدود المواصفة (%)(IQS:5/1984)**
النعومة(نسبة المتبقي على منخل رقم 170)	2 %	لا تزيد عن % 10
وقت التماسك		
الابتدائي (دقيقة)	135	لا تقل عن 45 دقيقة
النهائي (دقيقة)	375	لا تزيد عن 600 دقيقة
مقاومة الانضغاط (MPa)		
3 أيام	18.42	لا تقل عن (16 MPa)
7 أيام	26.84	لا تقل عن (24 MPa)
مقاومة الشد (MPa)		
3 أيام	1.78	لا تقل عن(1.6 MPa)
7 أيام	2.5	لا تقل عن (2.4 MPa)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (3) : يوضح التحليل المنخلي للركام الناعم المستخدم مع حدود المواصفات القياسية البريطانية (BS 882:1992) [7].

مقياس المنخل	% الحد العام	% الرمل المار	% حدود الرمل المتوسط القياسية
4.75(mm)	89-100	100	-------
2.36(mm)	60-100	89.2	65-100
1.18(mm)	30-100	68.4	45-100
600(µm)	15-100	45.7	25-80
300(µm)	5-70	14.8	5-48
150(µm)	0-15	3.8	--------

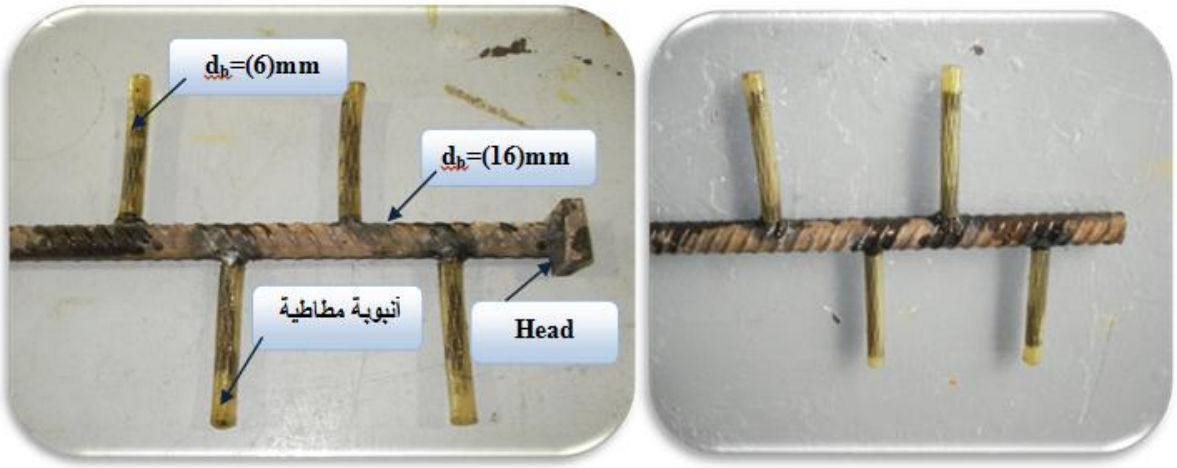
الجدول(4): يوضح التحليل المنخلي للركام الخشن المستخدم مع حدود المواصفات القياسية البريطانية (BS 882:1992) [7].

مقاس المنخل (mm)	% النسبة المارة	% الحدود القياسية المارة
20	100	100
14	91	90-100
10	53.4	50-85
5	0	0-10

الجدول (5) يوضح الخصائص الفيزيائية والكيميائية للملدن المستخدم.

اسم الملدن	Sikament-163-F
اللون	بني غامق
الكثافة	1.2 kg/l
الحالة الفيزيائية	سائل
الجرعة القياسية	0.6-2.5% (من وزن الإسمنت)
قيمة (pH)	10±1.0

7.2: حديد التسليح: استخدم نوعين من التسليح شمل النوع الأول التسليح الاعتيادي المتمثل باستخدام قضيب تسليح منفرد بقطر (16mm) نوع أوكراني ذات مقاومة خضوع (fy=580MPa) وضع في منطقة الشد. أما النوع الثاني فيشمل التسليح المدعم بالرأس الحديدي المتمثل باستخدام قضيب تسليح واحد بقطر (16mm) نوع أوكراني مدعم برأس حديدي ذي أبعاد (30×30×10 mm) وضع في نهاية قضيب التسليح وبالتحديد عند عقدة (CCT Node) . إذ تم لحام قضبان بقطر (6mm) على جانبي قضيب التسليح لتساعد في تمركز القضيب في منتصف العتبة والشكل (2) يوضح ذلك.



الشكل (2): يوضح الهيكل الحديدي بنوعيه ذات التسليح المدعم وغير المدعم بالرأس الفولاذي والمستخدم في العتبات الخرسانية.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

3. الخلطة الخرسانية

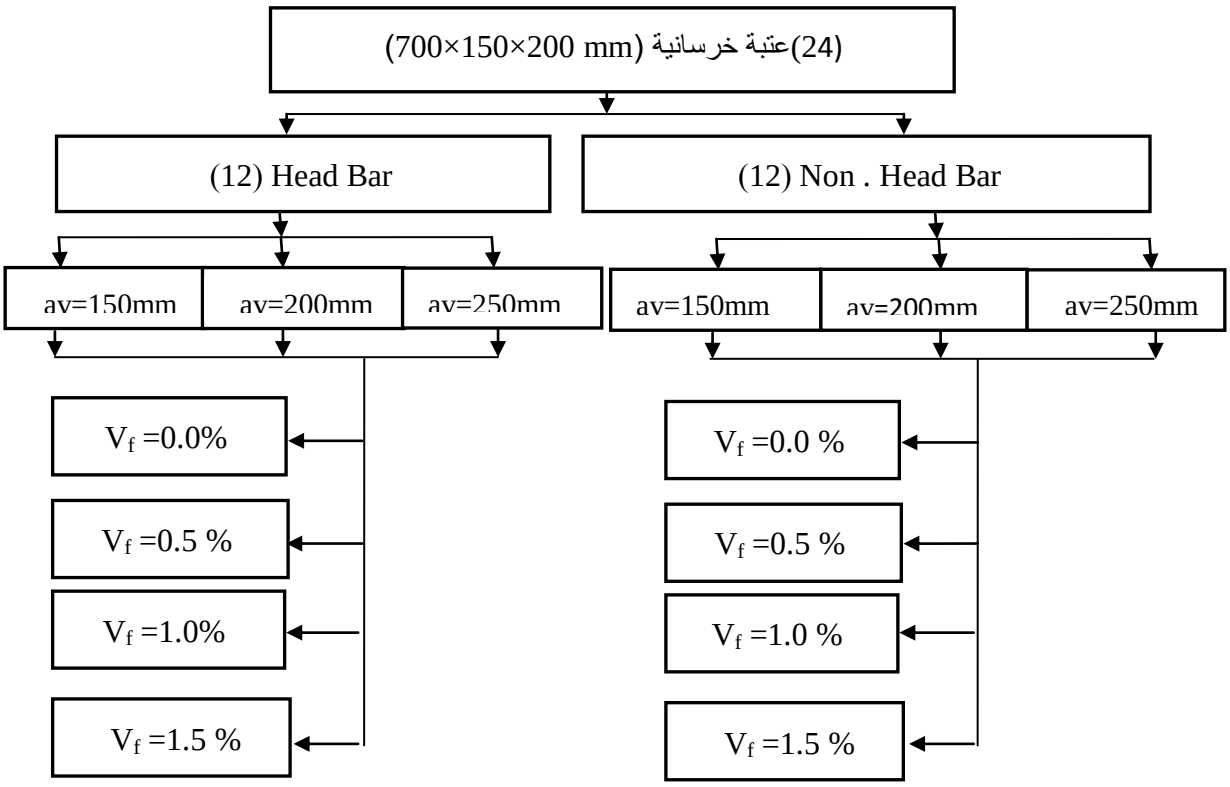
تم اختيار المقاومة التصميمية للخلطة الخرسانية المستخدمة في صب العتبات الخرسانية بحدود (37MPa) عند عمر(28) يوما وتم الحصول على هذه المقاومة بعد القيام بصب العديد من الخلطات التجريبية وبنسب مختلفة للمكونات الخرسانية وبهطول يتراوح بين (100-120mm) وبعد فحص الاسطوانات القياسية وبأبعاد (150×300mm) تم اختيار الخلطة الخرسانية حسب النسب الوزنية (1:1.8:3) وكانت نسبة الماء إلى الأسمنت (W/C) تساوي (0.45) وبمعدل مقاومة انضغاط (37MPa) بعمر(28) يوما وبمعدل هطول (100mm). وهي الخلطة المعتمدة في هذا البحث.

4. تحضير النماذج

استخدم نموذج خرساني بطول (700mm) وعرض (150mm) وارتفاع (200mm)، تم إعداد (24) عتبة خرسانية وباستخدام نوعين من التسليح المدعم وغير المدعم بالرأس الحديدي وباستخدام ثلاثة نسب لفضاء القص (av=150, 200, 250 mm). وبالاعتماد على أربعة نسب للألياف الفولاذية وهي على التوالي (V_f =0.0, 0.5, 1.0, 1.5%) والتي تحسن من مواصفات الخرسانة بما يتلاءم مع متطلبات التصميم وبالتالي الحصول على خليط متجانس ذي قابلية تشغيل جيدة وفي الوقت نفسه خالي من الألياف المكورة ولا يتسبب في حصول انفصال أثناء عملية المزج [10,11] والجدول (6) يوضح النسب الحجمية للألياف المضافة ونسب المزج المستخدمة. أما الشكل (3) يوضح خطة العمل والمتغيرات المعتمدة لصب تلك النماذج.

الجدول (6): يوضح النسب الحجمية للألياف ونسب المزج المستخدمة

رمز الخلطة	النسبة الوزنية للمزيج	نسبة الملدن (% من وزن الإسمنت)	النسب الحجمية للألياف (V_f %)
M(0-0)	1:1.8:3/0.45	0.0	0.0
M(0.5-0.2)	1:1.8:3/0.45	0.2	0.5
M(1.0-0.45)	1:1.8:3/0.45	0.45	1.0
M(1.5-0.95)	1:1.8:3/0.45	0.95	1.5



الشكل (3): يوضح مخططاً للمتغيرات المعتمدة لنماذج التثبيت باستخدام قضيب تسليح بقطر (16 mm) وبنوعين من التسليح المدعم وغير المدعم بالرأس الحديدي.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

5. الفحوصات المعتمدة في البحث

1- فحص قابلية التحمل للعتبات الخرسانية باستخدام جهاز فحص هيدروليكي (Universal Testing Machine) ذو سعة قدرها (500kN)

2- فحص الأود تحت نقطة الحمل النقطي المسلط وذلك باستخدام مقياس قرصي مدرج (Dial Gauge) بدقة (0.01mm).والشكل (4) يوضح طريقة الفحص وموقع المقياس للأود المقاس تحت الحمل المسلط .

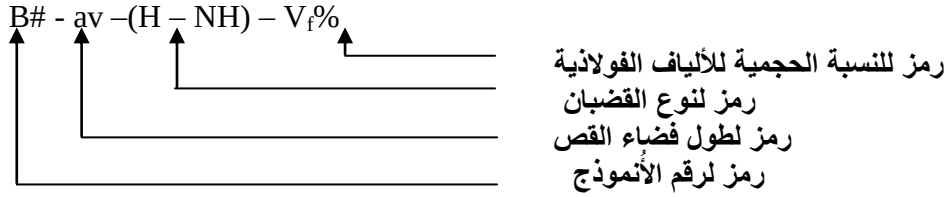
الشكل (4): يوضح طريقة الفحص للعتبات الخرسانية

6. النتائج والمناقشة

وشملت كل من:

1.6 : دراسة سلوكية التسليح بالقضبان المدعمة بالرأس الحديدي على قابلية التحمل للعتبات الخرسانية واستجابتها مع قيمة الأود الحاصل في النماذج

الشكل (5) يوضح مخطط لرموز العتبات الخرسانية من أجل تنظيم عرض البيانات والنتائج المستحصلة من عملية فحص النماذج.إن وجود الرأس الفولاذي الملحوم مع قضيب التسليح يزيد من مقاومة التثبيت لتلك القضبان مما يزيد بدوره قابلية التحمل للعتبة الخرسانية السبب في ذلك يعود إلى زيادة مقدار التحمل لقوى الضغط المسلطة على الرأس نتيجة توفر مساحة الرأس الكافية التي تعيق عملية السحب أثناء تسليط الحمل الخارجي وانتقاله داخل العضو الإنشائي [12,13,14]، أظهرت النتائج المبينة في الجدول (7) نسبة للزيادة الحاصلة في قيمة حمل القص للعتبات الخرسانية ذات التسليح بالرأس المدعم مقارنةً مع العتبات ذات التسليح الاعتيادي ولكل أنواع الخرسانة وبالاعتماد على جميع قيم فضاءات القص، السبب في ذلك يعود إلى زيادة مقدار التحمل لقوى الضغط المسلطة على الرأس نتيجة توفر مساحة الرأس الكافية التي تعيق عملية السحب أثناء تسليط الحمل الخارجي وانتقاله داخل العضو الإنشائي .



الشكل (5): يوضح ترميز للعتبات الخرسانية المستخدمة.

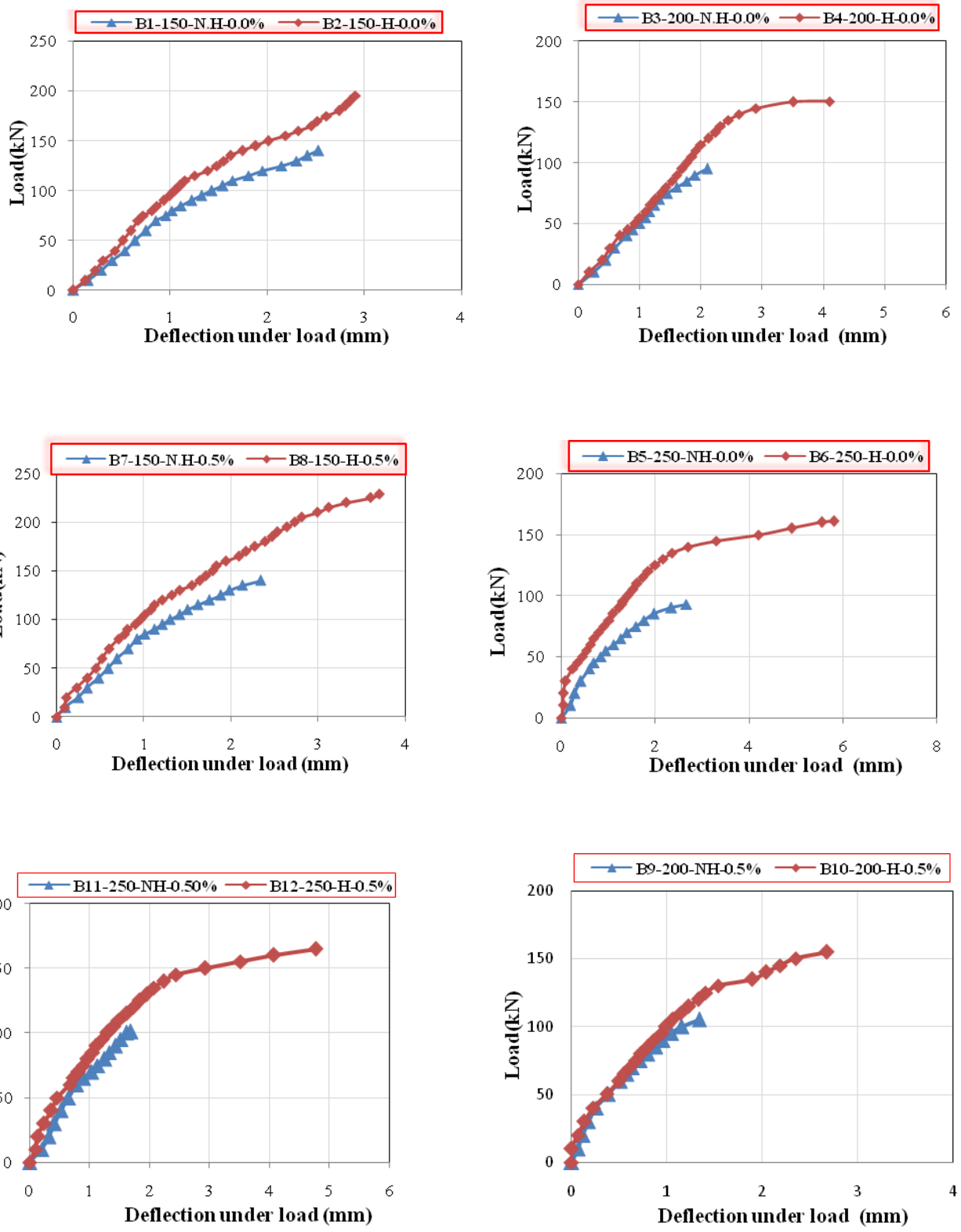
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (7): يوضح نسبة الزيادة الحاصلة في حمل القص للعتبات الخرسانية ذات التسليح المدعم بالرأس الفولاذي مقارنةً بالعتبات ذات التسليح غير المدعم بالرأس الفولاذي.

Beam	av (mm)	Reinforcement configuration	Failure Load(kN)	%Increase in failure Load	Mode of failure
B1-150-N.H-0.0	150	Non.Head	140	39	Sudden Shear
B2-150- H-0.0		Head	195		Sudden Shear
B3-200-N.H-0.0	200	Non.Head	95	58	Sudden Shear
B4-200 -H-0.0		Head	150.5		Sudden Shear
B5-250-N.H-0.0	250	Non.Head	93	73	Sudden Shear
B6-250- H-0.0		Head	161		Sudden Shear
B7-150-N.H-0.5	150	Non.Head	140	63	Shear
B8-150-H-0.5		Head	228		Shear
B9-200-N.H-0.5	200	Non.Head	109	42	Shear
B10-200- H-0.5		Head	155		Shear
B11-250-N.H-	250	Non.Head	101	63	Shear
B12-250- H-0.5		Head	165		Shear
B13-150-N.H-	150	Non.Head	145	59	Shear
B14-150- H-1.0		Head	230		Shear
B15-200-N.H-	200	Non.Head	124	40	Shear
B16-200- H-1.0		Head	173		Shear
B17-250-N.H-	250	Non.Head	110	50	Shear
B18-250- H-1.0		Head	165		Sudden Shear
B19-150-N.H-	150	Non.Head	151	75	Shear
B20 -150- H-1.5		Head	265		Shear
B21-200-N.H-	200	Non.Head	150	30	Shear
B22-200- H-1.5		Head	195		Shear
B23-250-N.H-	250	Non.Head	125	36	Shear
B24-250- H-1.5		Head	170		Shear

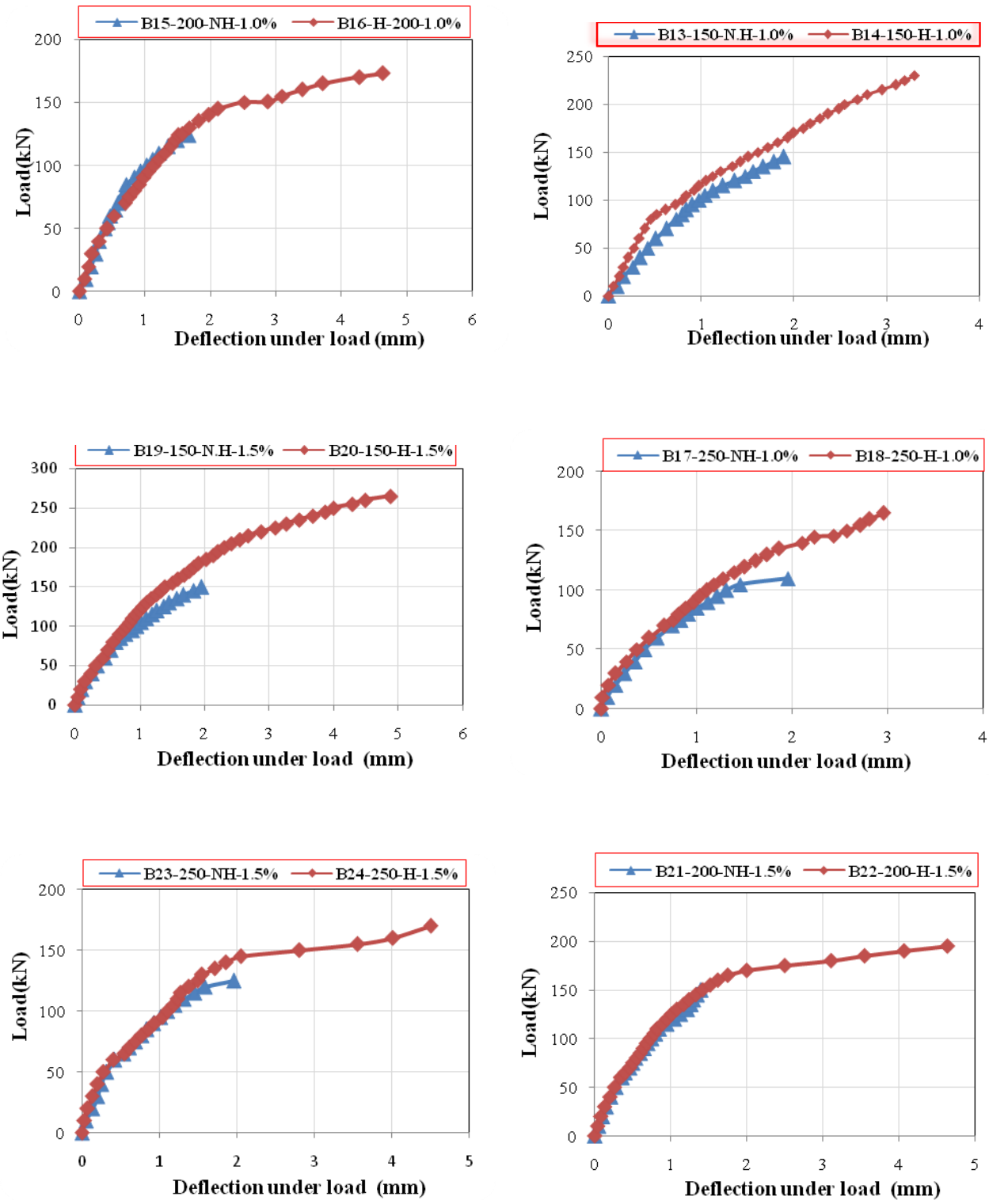
أما قيمة الأود لنماذج عقدة (CCT Node) فقد قيست تحت نقطة تسليط الحمل الأحادي النقطي (Point Load) في جميع النماذج، إذ أن قراءات الأود ساعدت في تشخيص سلوكية تلك النماذج، فقد أظهرت النتائج الموضحة في الشكلين (6) و (7) النقصان الحاصل في قيمة الأود عند استخدام القضبان المدعمة بالرأس الحديدية في تسليح العتبات الخرسانية مقارنة مع العتبات الأخرى ذات التسليح الاعتيادي بوصفها نماذج مرجعية وعند قيم مختلفة لفضاء القص ولكل أنواع الخرسانة المستخدمة . يعود السبب في ذلك إلى توفر مساحة تحمل كافية للضغط والمتولدة حول الرأس نتيجة الأحمال المسلطة مما تزيد من تحمل العتبة وبالتالي تقلل من الأود الحاصل في تلك العتبات.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (6): يوضح منحني علاقة (الحمل - الأود) للعتبات الخرسانية عند (Vf=0.0 ,0.5%) وعند فضاءات قص مختلفة ولنوعين من التسليح المدعم وغير المدعم بالرأس الحديدي (H , N.H)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

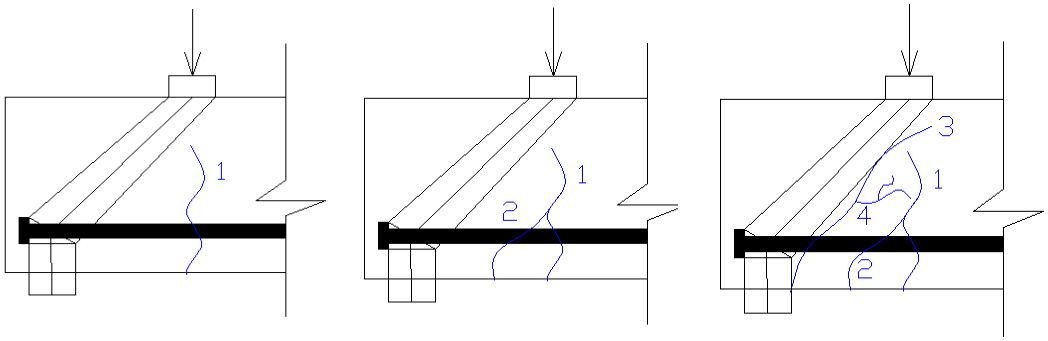


الشكل (7): يوضح منحني علاقة (الحمل - الأود) للعتبات الخرسانية عند (Vf=1.0 ,1.5%) وعند فضاءات قص مختلفة ولنوعين من التسليح المدعم وغير المدعم بالرأس الحديدي (H , N.H)

www.manaraa.com

2.6: تأثير الرأس الحديدي على سلوكية التشقق للعتبات الخرسانية المفحوصة

جميع النماذج فشلت بواسطة القص حيث ظهر التشقق الأول تحت الحمل أي عند نقطة أعلى عزم ثم يظهر التشقق الثاني عند المنطقة العقدية بين الدعامة والتشقق الأول ثم تظهر تشققات أفقية وأخيرا يظهر تشقق يمتد على طول الدعامة باتجاه الحمل المسلط إلى ان يحصل الفشل وتكون هذه التشققات متمركزة بالقرب من عقدة (CCT Node) حالة وجود الرأس الحديدي أما في حالة التسليح الاعتيادي فتكون التشققات متفرقة تمتد على طول قضيب التسليح (Tie) بسبب حصول انزلاق لحديد التسليح أثناء تسليط الحمل كما موضح في الشكل (8). كما وقد ظهر في بعض النماذج تشقق على طول قضيب التسليح (Tie) أمتد من نقطة أعلى إجهاد ونما باتجاه الرأس مع تزايد الحمل المسلط لحين حصول الفشل. وفي حالة وجود الألياف الفولاذية تكون التشققات بعرض اقل وبعدد أكثر نظراً للخاصية المطيلية التي تمتاز بها تلك الألياف مما ساعد في زيادة قابلية تحمل الشد وبالتالي تمنع حصول الفشل الفجائي لتلك العتبات مقارنة بالعتبات غير الحاوية على الألياف الفولاذية [15,16] والشكل (10) يوضح بعض أشكال الفشل الحاصلة في العتبات الخرسانية المستخدمة في البحث الحالي.



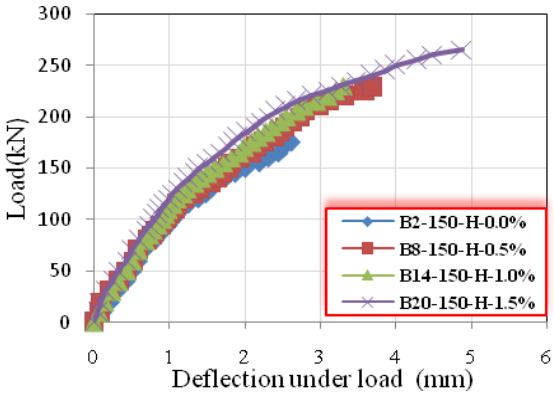
الشكل (8): يوضح مراحل التشقق للعتبات الخرسانية المسلحة

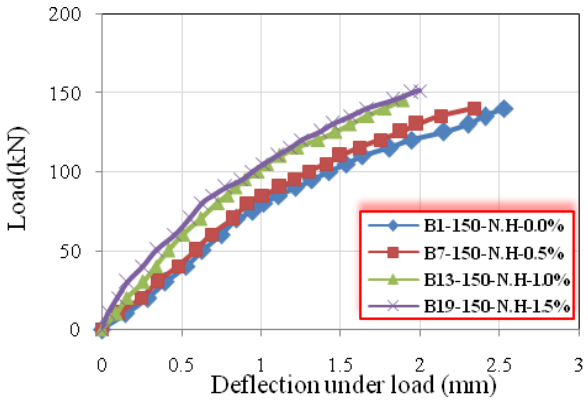
3.6: دراسة تأثير إضافة الألياف الفولاذية على قابلية تحمل العتبات الخرسانية

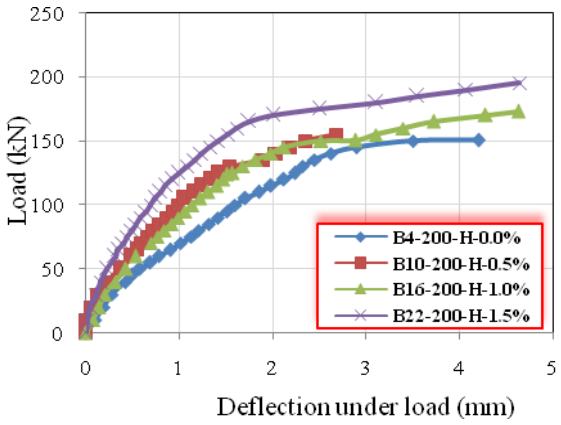
إن عملية إضافة الألياف الفولاذية تكسب العتبة الخرسانية قوى إضافية لتحمل قوى القص والناتجة عن الأحمال الخارجية المسلطة لما تتميز به هذه الألياف من قابلية تحمل جيدة والقابلية على الاستطالة فضلاً عن توافقية الربط بين الخرسانة وهذه الألياف مما تقلل من قيمة الانفعال الحاصل في حديد التسليح الموجود داخل العتبة كما مبين في الشكل (9). إذ تم الاعتماد على ثلاث نسب للألياف وهي على التوالي (1.5%, 1.0 , 0.5)، إذ لوحظ من النتائج المستحصلة من البحث الحالي حصول تقليل في قيمة الأود إذ يظهر الاختلاف في قيمة الأود بعد ظهور التشققات بسبب سيطرة الألياف على هذه التشققات مما تزيد من قابلية تحمل تلك العتبات وبالتالي زيادة جساءة تلك العتبات. كما ووجد أن تأثير الرأس كان قليلاً بالنسبة للفضاءات الكبيرة هذا يعود إلى أن النسب العالية من الألياف الفولاذية تقلل كثيراً من الفرق بين التثبيت المدعم وغير المدعم بالرأس الفولاذي عند الفضاءات الكبيرة.

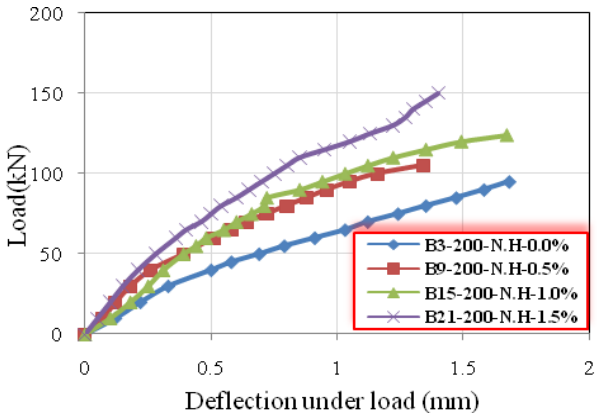
والجدول (8) يوضح نسبة الزيادة الحاصلة في حمل القص النهائي نتيجة زيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية. أما الجدول (9) يبين النقصان الواضح لقيمة الأود الحاصل في العتبات الخرسانية نتيجة زيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية إذ لوحظ من الجدولين أن تأثير الألياف ظهر بشكل واضح بالنسبة للعتبات الخرسانية غير المعززة بالألياف الفولاذية. كما وان تأثير زيادة نسبة الألياف كان قليلاً في فضاءات القص الكبيرة وبوجود الرأس الفولاذي، وهذا يعود إلى التحمل العالي للرأس الفولاذي، وهذا يعود الى المطيلية العالية التي تمتاز بها تلك الألياف مما تزيد من تحمل العتبة.

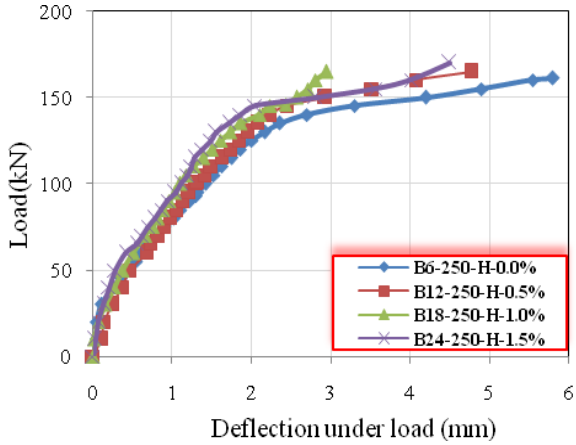
المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

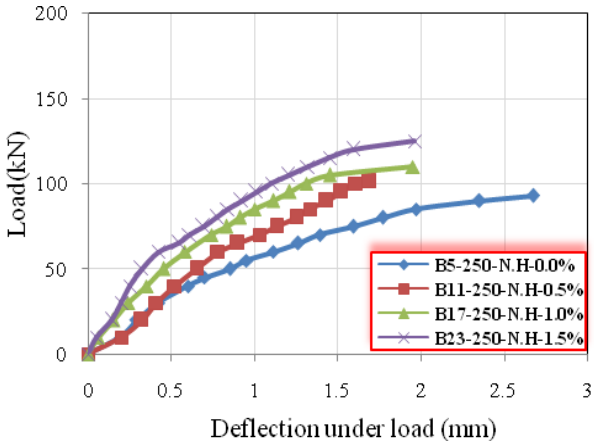












الشكل (9): يوضح منحني علاقة (الحمل - الأود) للعتبات الخرسانية بفضاءات قص مختلفة وبنوعين من التسليح المدعم وغير المدعم بالرأس الفولاذي وعند أربعة نسب من الألياف الفولاذية المضافة (Vf = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5 %)

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (8): يوضح مقدار الأود الحاصل عند الفشل للعتبات الخرسانية ومقدار الزيادة في حمل القص عند نسب مختلفة للألياف الفولاذية

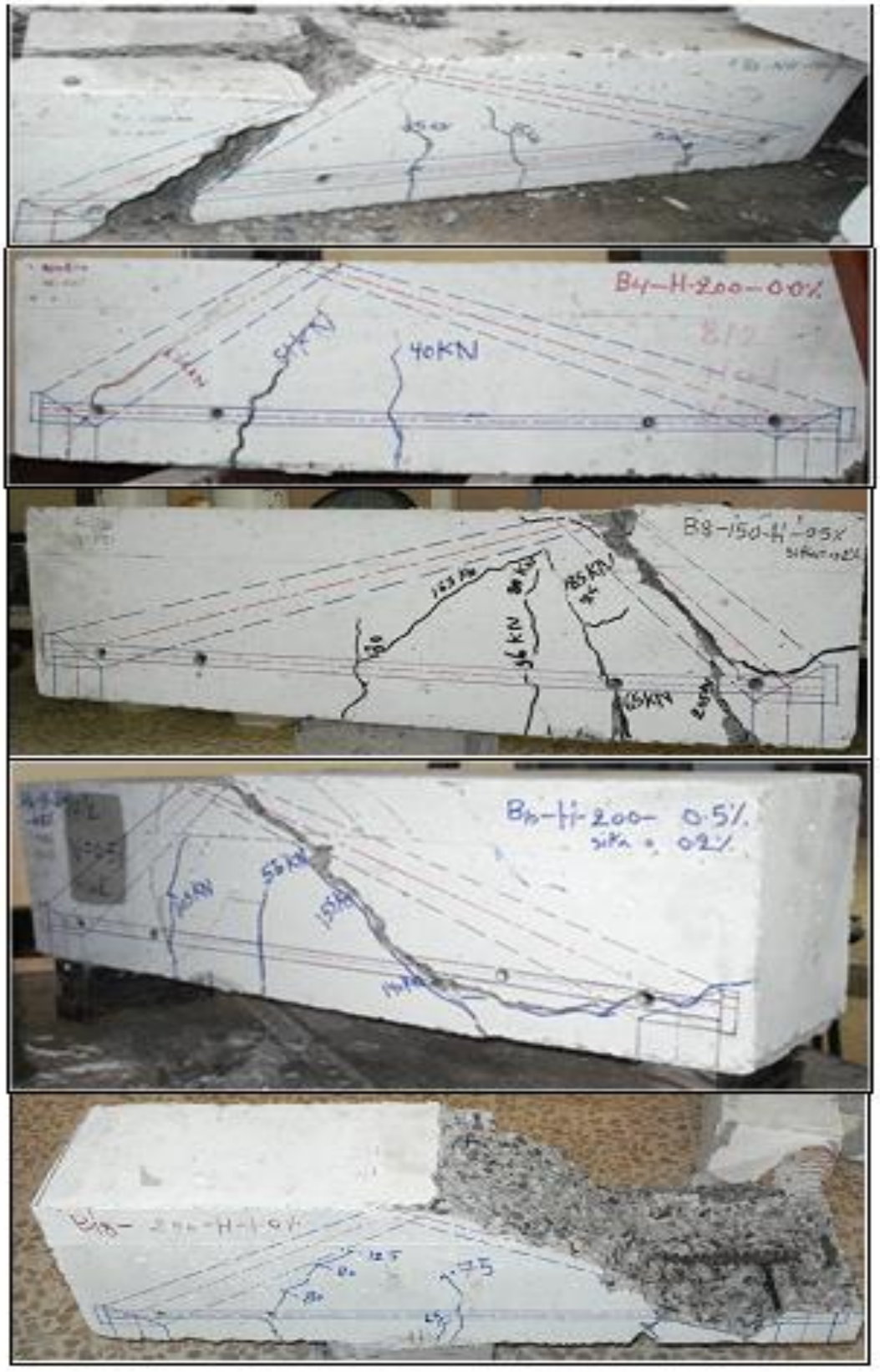
Beam	V_f %	Reinf. Config.	Deflection (mm)	Load (kN)	%Increase of load
B1-150-N.H-0.0	0.0	No Head	2.53	140	——
B7-150-N. H-0.5	0.5	No Head	2.34	140	——
B13-150-N. H-1.0	1.0	No Head	1.89	145	4
B19-150-N. H-1.5	1.5	No Head	2	151	8
B2-150- H-0.0	0.0	Head	2.91	195	——
B8-150- H-0.5	0.5	Head	3.7	228.5	17
B14-150- H-1.0	1.0	Head	3.3	230	18
B20-150- H-1.5	1.5	Head	4.88	265	36
B3-200-N.H-0.0	0.0	No Head	1.67	95	——
B9-200-N. H-0.5	0.5	No Head	1.34	105	11
B15-200-N. H-1.0	1.0	No Head	1.67	124	31
B21-200-N. H-1.5	1.5	No Head	1.4	150	58
B4-200- H-0.0	0.0	Head	4.2	150.50	——
B10-200- H-0.5	0.5	Head	2.68	155	3
B16-200- H-1.0	1.0	Head	4.76	173	15
B22-200- H -1.5	1.5	Head	4.76	195	30
B5-250-N. H-0.0	0.0	No Head	2.67	93	——
B11-250-N. H-0.5	0.5	No Head	1.69	101	9
B17-250-N. H-1.0	1.0	No Head	1.95	110	18
B23-250-N. H-1.5	1.5	No Head	1.96	125	34
B6-250-H-0.0	0.0	Head	5.8	161	——
B12-250- H-0.5	0.5	Head	4.77	165	2
B18-250- H-1.0	1.0	Head	2.95	165	2
B24-250- H-1.5	1.5	Head	4.5	170	6

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

الجدول (9): يوضح مقدار النقصان الحاصل في قيمة الأود للعتبات الخرسانية المسلحة بالألياف الفولاذية وعند حمل ثابت والمتمثل بحمل الفشل للعتبات غيرالمسلحة بالألياف

Beam	V_f %	Reinforcement configuration	Load (kN)	deflection	%Decrease of deflection
B1-150-N.H-0.0	0.0	No Head	140	2.5	—
B7-150-N. H-0.5	0.5	No Head		2.3	8
B13-150-N. H-1.0	1.0	No Head		1.8	28
B19-150-N. H-1.5	1.5	No Head		1.7	32
B2-150- H-0.0	0.0	Head	195	2.9	—
B8-150- H-0.5	0.5	Head		2.6	10
B14-150- H-1.0	1.0	Head		2.5	14
B20-150- H-1.5	1.5	Head		2.2	24
B3-200-N.H-0.0	0.0	No Head	95	2.1	—
B9-200-N. H-0.5	0.5	No Head		1.1	48
B15-200-N. H-1.0	1.0	No Head		0.9	57
B21-200-N. H-1.5	1.5	No Head		0.6	71
B4-200- H-0.0	0.0	Head	150.5	4.2	—
B10-200- H-0.5	0.5	Head		2.4	43
B16-200- H-1.0	1.0	Head		2.6	38
B22-200- H -1.5	1.5	Head		1.5	64
B5-250-N. H-0.0	0.0	No Head	93	2.7	—
B11-250-N. H-0.5	0.5	No Head		1.5	44
B17-250-N. H-1.0	1.0	No Head		1.2	56
B23-250-N. H-1.5	1.5	No Head		1.0	63
B6-250-H-0.0	0.0	Head	161	5.8	—
B12-250- H-0.5	0.5	Head		4.2	28
B18-250- H-1.0	1.0	Head		2.8	51
B24-250- H-1.5	1.5	Head		4.1	29

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com



الشكل (10): يوضح نماذج لأشكال الفشل الحاصلة للعتبات الخرسانية المستخدمة في البحث

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

4.6: دراسة تأثير إضافة الألياف الفولاذية على جساءة ومطيلية ومتانة العتبات الخرسانية

تم حساب جساءة العتبات الخرسانية وذلك من قسمة(45%) من حمل التشقق الابتدائي للعتب الى مايقابله من الاود الحاصل عند ذلك الحمل. يمكن أنْ يلحظ من أشكال منحني (الحمل-الأود) أنَّ هناك زيادة في زاوية ميل الجزء الخطي من المنحني عند زيادة النسبة الحجمية للألياف الفولاذية، مما يدل على زيادة جساءة العتبات الخرسانية. فضلاً عن ذلك فإنَّ للألياف الفولاذية تأثيراً واضحاً على متانة العتبات الخرسانية، إذ إنَّ إضافة الألياف الفولاذية إلى العتبات الخرسانية تزيد من مقاومتها للقص والانثناء وكذلك المطيلية، والجدول (10) يوضح مقدار الزيادة الحاصلة في جساءة ومطيلية العتبات والتي تمثل قابلية العتبة لامتصاص الطاقة، إذ يمكن التعبير عنها بنسبة التشوه الأقصى إلى التشوه في نقطة الخضوع ($\Delta\mu=u/\Delta y\Delta$)، كما يوضح مقدار الزيادة الحاصلة في متانة العتبات الخرسانية المتمثلة بالمساحة تحت منحني (الحمل–الأود) للعتبات الخرسانية المسلحة نتيجة زيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية [17].

الجدول (10): يوضح نسب الزيادة في جساءة ومطيلية ومتانة العتبات الخرسانية بزيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية

Beam	Stiffness (kN/mm)	% Increase of stiffness	Ductility μ	% Increase of $\Delta\mu$	Toughness (Area Under Curve) (kN.mm)
B1-150-N.H-0.0	80.8	—	2.07	—	203.8
B7-150-N. H-0.5	87.5	8	2.09	1	194.4
B13-150-N. H-1.0	115	42	2.25	9	210.1
B19-150-N. H-1.5	127.8	58	3.17	53	251.5
B2-150- H-0.0	97.7	—	2.53	—	478.4
B8-150- H-0.5	104.1	7	2.62	4	566.2
B14-150- H-1.0	110.3	13	3.58	42	486.7
B20-150- H-1.5	120.3	23	3.87	53	996.3
B3-200-N.H-0.0	78.5	—	2.13	—	117.7
B9-200-N. H-0.5	124.3	58	2.62	23	95
B15-200-N. H-1.0	127.3	62	2.67	26	130.1
B21-200-N. H-1.5	156.9	99	3.62	70	132
B4-200- H-0.0	70.6	—	2.27	—	477.2
B10-200- H-0.5	87.18	23	2.36	4	283.6
B16-200- H-1.0	97.3	38	2.38	5	588.6
B22-200- H -1.5	141.5	100	3.31	46	686.6
B5-250-N. H-0.0	69.8	—	2.14	—	162.6
B11-250-N. H-0.5	82.6	18	2.16	1	100
B17-250-N. H-1.0	110	58	2.46	15	144.4
B23-250-N. H-1.5	137	96	2.85	33	162.7
B6-250-H-0.0	85.2	—	2.46	—	704.2
B12-250- H-0.5	92.8	9	2.73	11	646.9
B18-250- H-1.0	123.8	45	3	22	354.5
B24-250- H-1.5	127.5	50	3.6	46	700

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

7. الاستنتاجات

1- أظهرت الفحوصات المختبرية زيادة واضحة في مقدار تحمل القص للعتبات الخرسانية ذات التسليح المدعم بالرأس الحديدي مقارنةً بالعتبات الخرسانية ذات التسليح (الاعتيادي) غير المدعم بالرأس الفولاذي.

2- إن قيمة حمل القص تتأثر بنسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية إذ تزداد هذه القيمة بزيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف المضافة.

3- أعطت الألياف الفولاذية تغيراً واضحاً في أشكال الفشل الحاصلة في النماذج إذ زادت عدد التشققات وقل عرضها مع زيادة النسبة الحجمية للألياف وهذا يعود إلى المطيلية العالية التي تمتاز بها هذه الألياف.

4- كان للرأس الحديدي دور كبير في التقليل من قيمة الأود الحاصل تحت الحمل المسلط وعند قيم حمل معينة وهذا النقصان في قيمة الأود يقل بدوره أيضاً مع زيادة نسبة الإضافة الحجمية للألياف الفولاذية.

5- إن توفر مساحة الرأس الكافية لتحمل قوى الضغط الناتجة من الأحمال المسلطة على العتبة الخرسانية ساعد في تغير شكل الفشل حيث تركزت الشقوق في المنطقة القريبة من الرأس الحديدي وخصوصاً عند عقدة الـ (CCT Node) أما في العتبات الخرسانية المسلحة بالقضبان المستقيمة غير المدعمة بالرأس الفولاذي فقد ظهرت الشقوق بشكل متفرق على طول قضيب التسليح.

6- كان للألياف الفولاذية دور مهم وفعال في زيادة جساءة ومطيلية ومتانة العتبات الخرسانية المسلحة بالألياف الفولاذية. وإن نسبة الزيادة الحاصلة كانت متفاوتة اعتماداً على وجود كل من المتغيرات التي تمثلت بالرأس الفولاذي وطول فضاء القص وكذلك النسبة المئوية للإضافة الحجمية للألياف الفولاذية.

References المصادر

[1] ACI Committee (318-08), Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-08) and Commentary (ACI 318-08), American Concrete Institute, 2008, 471 pp.

[2] Thompson, M.K., Klingner, R.E., Jirsa, J.O., and Breen, J.E., "Anchorage Behavior of Headed Reinforcement: Literature Review", Centre for Transportation Research, The University of Texas at Austin, Report 1855-1, May, 2002, pp. 1-102.

[3] Thompson, M.K., Ledesma, A.L., Jirsa, J.O., Breen, J.E., and Klingner, R.E., "Anchorage Behavior of Headed Reinforcement, Part A: Lap Splices, Part B: Design Provisions and Summary", Research Report 1855-3, May, 2002, pp. 1-104.

[4] Thompson, M.K., "The Anchorage Behavior of Headed Reinforcement in CCT Nodes and Lap Splices", PhD Dissertation, The University of Texas at Austin, May 2002, pp. 1-502.

[5] المواصفات القياسية العراقية (رقم 5)، (1984)، "خصائص الإسمنت البورتلاندي الاعتيادي"، الجهاز المركزي للتقييس والسيطرة النوعية، العراق، 1984.

[6] (BS 882 : 1983), "Aggregates from Natural Sources for Concrete", British Standards, Institute, London, 1983.

[7] (BS.882-1992), "Aggregates from Natural Source for Concrete", British Standard Institution, 1992.

[8] ACI committee 544.3R- 84, "Guide for Specifying, Mixing, Placing, and Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete", ACI journal, TITLE NO. 81-15, March-April, 1984, pp. 140-148.

[9] ACI committee 212.2R-81, "Guide for use of Admixtures in Concrete", Concrete international, May, 1981.

[10] ACI committee 544, "State-of-the Art Report on Fiber Reinforced Concrete", ACI Journal, TITLE NO. 70-65, November 1973, pp . 729-742.

[11] ACI committee 544.3 R-93, "Guide for Specifying Proportioning Mixing, Placing, and, Finishing Steel Fiber Reinforced Concrete", American Concrete Institute, 1998, pp. 1-10.

[12] Thompson, M.K., Ziehl, M.J., Jirsa, J.O., and Breen, J.E., "CCT Nodes Anchored by Headed Bars Part 1 : Behavior of Nodes", ACI Structural journal, TITLE NO. 102-S81, November –December, 2005.

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com

[13] Thompson, M.K., Jirsa, J.O., and Breen, J.E., "Behavior and Capacity of Headed Reinforcement", ACI Structural journal, TITLE NO. 103-S55, July–August, 2006, PP. 522-530.

[14] Thompson, M.K., Jirsa, J.O., and Breen, J.E., "CCT Nodes Anchored by Headed Bars Part 2: Capacity of Nodes", ACI Structural journal, TITLE NO. 103-S08, January–February, 2006, PP. 65-73.

[15] Swamy, R.N., AL-Taan, S., and Ali, S.A.R., "Steel Fibers for Controlling Cracking and Deflection", Concrete international, August, 1979, pp. 41-49.

[16] Altun, F., Haktanir, T., Ari, K., "Effects of Steel Fiber Addition on Mechanical Properties of Concrete and RC beams", Construction and Building Materials 21, 2007, pp. 654-661.

[17] AL-Sulayfani, B.J., "Behavior of Steel Fibrous Concrete in Unaxial Compression", will be published in Journal of Al- Rafidain, VOL. 12, NO.4, 2003, pp. 42-51 .

تم اجراء البحث في كلية الهندسة = جامعة الموصل

المنارة للاستشارات
www.manaraa.com