مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (4) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (4) 2015

محاكاة النتائج التجريبية في تحليل وتصميم وصلة جائز عمود في الأبنية البيتونية الإطارية مسبقة الصنع

الدكتور بسام حويجة*
وليد سليمان**

(تاريخ الإيداع 8 / 2 / 2015. قُبِل للنشر في 20/ 7 / 2015)

□ ملخّص □

يتضمن بحثنا دراسة المعايير التي تضمن الأداء المتين لعقد الإطارات البيتونية، ثم اختيار نوعين من وصلات جائز–عمود تبعاً لانتشارها وتوفر علاقاتها الحسابية وإمكانية تحضيرها من المواد المحلية، ومناقشة النتائج التجريبية للدراسة المرجعية، مما يسمح لنا بإنجاز الجزء التالي من بحثنا وهو اعداد برنامج تصميمي إنشائي بلغة فيجوال بيسك بما يخدم سرعة ودقة التصميم، ويتضمن الجزء الأخير من بحثنا إجراء مجموعة من التحقيقات لإثبات صحة العمل البرمجي، ومقارنة النتائج التجريبية ونتائج الكود مع نتائج البرنامج الخاص بالبحث، لنتمكن من إجراء تحسينات هامة على هذا البرنامج ليصبح أسهل استخداماً وأكثر دقةً.

الكلمات المفتاحية : بيتون مسبق صنع، عقدة، وصلة، إطار، جائز، عمود، عزم، دوران، بناء.

* استاذ – قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية
** طالب دراسات عليا (ماجستير)– قسم الهندسة الإنشائية – كلية الهندسة المدنية – جامعة تشرين – اللاذقية – سورية

مجلة جامعة تشرين للبحوث والدراسات العلمية _ سلسلة العلوم الهندسية المجلد (37) العدد (4) 2015
Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies - Engineering Sciences Series Vol. (37) No. (4) 2015

Simulation experimental results in Studying of analysis and design of beam column connection in the precast concrete framed structures

Dr. Bassam Hwaija[*]
Waleed Suliman[**]

(Received 8 / 2 / 2015. Accepted 20 / 7 / 2015)

□ ABSTRACT □

Our subject contains studying criterions which ensuring a durable serving of concrete frame joints, and then choosing two connections according to its deployment and the availability of its arithmetic relations and easy to be prepared from local materials, and discuss experimental results of the resent study which allow us to achieve the next part of our research,which is a structural designing programme by visual basic language to serve the work in order to be fast and precise.

the last part of the subject is comprising a number of actualizations which confirm that the process of programming is correct, and then compare the results of experimental programs and code with our programme results to achieve many important ameliorations on this programme to become more easily and better.

Key words : Precast concrete, joint, connection, frame, beam, column, moment, rotation, building.

[*]**Professor , structural engineering department, faculty of civil engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**

****PostgraduateStudent,structural engineering department, faculty of civil engineering, Tishreen University, Lattakia, Syria**

مقدمة:

تطور علم البناء في السنوات الأخيرة تطوراً كبيراً، ولاسيما تقنيات البيتون المصبوب بالمكانوقد رافق ذلك تقدماً كبيراً في علم البيتون مسبق الصنع، الذي أثبت جدارته ونجاحه في إشادة الأبنية السكنية والصناعية سواء الإطارية منها أو الجداريّة في مناطق كثيرة من العالم.

تتشكل في الهياكل الحاملة للأبنية مفاصل لدنة عند تعرضها لقوى خارجية كأحمال الرياح والزلازل والتبدلات الحرارية وهبوط المساند،ويزداد عدد هذه المفاصل في الجمل غير المقررة بزيادة الحمولات حتى الانهيار، وإن مقدار تحمل العقد والوصلات وطرائق دراستها وتنفيذها يحدد مناطق تشكل هذه المفاصل، وبالتالي شكل ميكانيزم الانهيار، مما يعطي خصوصية لدراسة تحليل وتصميم هذه العقد.

يفضّل تنفيذهذه الوصلات في الأماكن المعرّضة لعزوم انعطاف صغيرة،مع مراعاة البساطة في التنفيذ من حيث اشتراك أقل عدد من العناصر في الوصلة الواحدة وأقل عدد من العناصر لتشكيل المنشأ، وكذلك الاقتصار على نوع واحد من الوصلات قدر الإمكان، بهدف استخدام تقانة واحدة من أجل تنفيذها، مع مراعاة سرعة التركيب والوصول إلى استقرار العناصر ،مع تحقيق الوصلات للانزياحات المسموحة نتيجة عدم الدقة.يتطلب تقدم أعمال التشييد في مسبق الصنع تطوير قاعدة الصنع المسبق(معامل بيتون–أنظمة بناء) وتطوير آليات الرفع والنقل، و يهدف ذلك إلى اختصار زمن التنفيذ وتخفيض الكلفة و العمالة.

ونبيّن فيما يلي مجموعة المعايير التي تضمن الأداء المتين للعقد في الأبنية البيتونية الإطارية مسبقة الصنع:

1- المقاومة.

2-تأثير تغييرات الحجم.

3-المطاوعة.

4-الديمومة بما فيها إجراءات الوقاية من الصدأ والحماية من الحرائق.

5-البساطة في التصنيع والتركيب.

6-شروط التحميل المؤقت.

7-الاقتصادية والمظهر.

أهمية البحث وأهدافه:

يتناول البحث دراسة وصلات (جائز–عمود) في الإطارات البيتونية مسبقة الصنع، مع التركيز على أكثر هذه الوصلات انتشاراً وجدوى وأسهلها تنفيذاً، ويقدم البحث بعد اعتماد العلاقات الرياضية ودراسة النتائج التجريبية وإجراء مجموعة من المقارنات برنامجاً إنشائياً لتصميم نوعين من الوصلات، بما يحقق سرعة الحساب ودقة النتائج للمهندسين الدّراسين لمشاريع البيتون مسبق الصنع.

طرائق البحث ومواده:

قام الباحث DOIAN,S. [1] بإجراء دراسة شاملة على العقد والوصلات في البيتون مسبق الصنع، ونوّه إلى استخدام الوصلات المفصلية في الإطارات البسيطة، والوثاقات التامة في الإطارات المستمرة.

يجب أن تحقق الوصلة مجموعة من المعايير:

1- يجب أن تتحمل الوصلة الحمولتين الاستثمارية والحدّية،وأن يأخذ المصمم بعين الاعتبار تغير سلوك الوصلة الناتج عن الهبوطات في نقاط الاستناد والدورانات النسبية التي تسبب عزوماً في العقد.

2-يجب أن يزيد معامل الأمان للعقدة 10% عن عامل أمان العناصر المتصلة بها، لكي نضمن حصول الانهيار في عناصر الهيكل مع الحفاظ على سلامة الوصلة.

3- يجب أن تحقق الوصلة القدرة على الاستقرار وحمل العناصر المتصلة بها خلال مرحلة مبكرة من عملية الوصل، بحيث تنهي الّرافعة عملها في أقصر وقت ممكن، بالإضافة إلى التقليل من عدد مراحل التركيب.

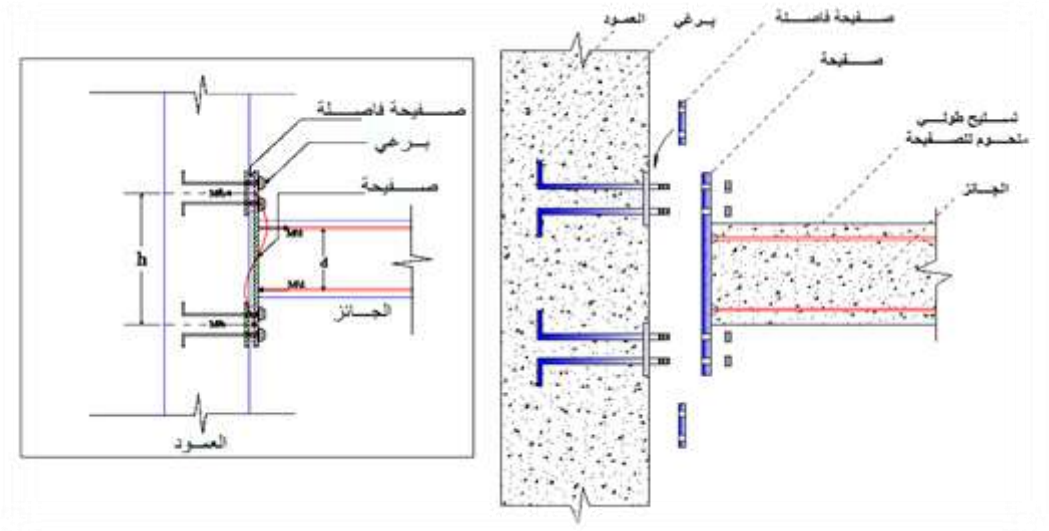
4- تصنّع الوصلات بحيث تحقق حدود التسامح في أبعاد القضبان والثقوب والعناصر والأكتاف.

5- تحقق الوصلة منظراً نهائياً أنيقاً، لايحتوي على نتوءات وتكون محمية من الصدأ معزولة من تأثير المياه.

6- يجب أن تحقق عناصر الوصل متطلبات النقل إلى الموقع، وشروط التعليق والتركيب.

وصلة جائز-عمودبصفيحة معدنية:

في جامعة العلوم التقنية في دكا – بنغلادش قدم الباحثان TAZEEN, F.;ISIAM, T. [2]دراسة خاصة لهذاالنوع من الوصلات، ووضّحا أن طرق البناء الحديثة ركّزت بشكل أساسي على عقدة جائز-عمود في الأبنية مسبقة الصنع، وخاصة عندما يكون الجائز مسبق الصنع والعمود مصبوب في المكان،وفق الشكل التالي:



الشكل (1) مقطع وصلة جائز – عمود بصفيحة معدنية ومخطط تفصيلي للوصلة [2].

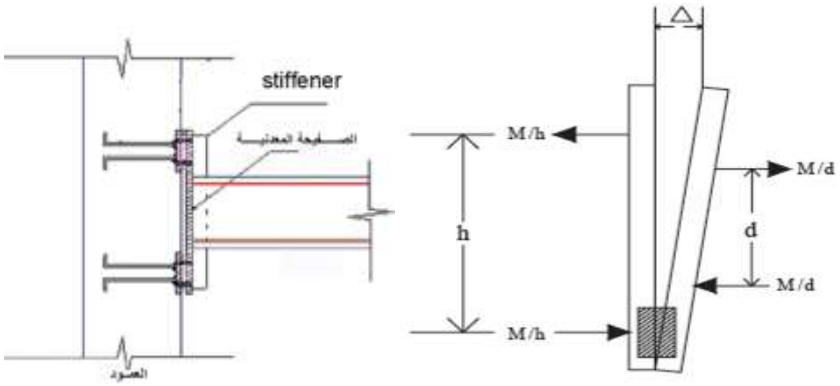
وصف الوصلة :يتم وصل الجائز بصفيحة معدنية توضع على نهايته، وتلحم على تسليحه الرئيسي وتثبّت صفائح أخرى على وجه العمود وتلحم إلىقضبان معدنية محلزنة مزروعة في بيتون العمود ومثنية من الداخللزيادة التماسك،يتم صب العمود في المكان أو يحضّر من البيتون المسبق الصنع، بينما يصبح الجائز جاهزاً في المعمل، وعند التركيب يتم وصل الطرفين عن طريق إدخال براغي العمود في الثقوب المجهّزة أعلى وأسفل صفيحة الجائز، تؤمن طريقة الوصل هذه نقل القوى عبر الوصلة دون حصول تشققات في البيتون، ويمكن تصور سلوك الوصلة من خلال دراسة علاقة (عزم – دوران) والتيتربط بين العزم المنقول عبر الوصلة والدوران النسبي لمكونات الوصلة، وتبيّن بنتيجة الدراسة أن المنحني الممثل لهذه العلاقة لاخطي، بينما يفترض خطياً في الدّراسات، لكن إدخال علاقة (العزم – الدوران) في برامج التحليل الإنشائي ممكن بطريقتين، حيث يتم وضع نماذج من هذه الوصلات مع باراميترات معينة

بعدة تدرّجات لتلك القيم ورسم المنحني الخاص بكل تدرج في هذه الباراميترات ثم اعتماد المخطط الأقرب للنموذج المدروس،ولكن يجب التمييز عند الدراسة بين نوعين رئيسيين حسب طريقة انهيار الوصلة :

1- الانهيار بسبب انحناء وتحنيب صفيحة الوصل المعدنية.

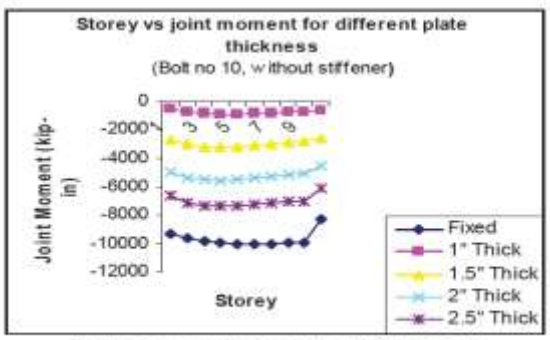
2- الانهيار نتيجة استطالة البراغي وهو النموذج المعتمد في بحثنا الحالي.

قام الباحث بدراسة اقتراح جديد لزيادة تحمل الوصلة، وذلك بزيادة صلابة الصفيحة عن طريقتدعيمها بصفائح تقوية (Stiffener) كما في الشكل (2) -**a**

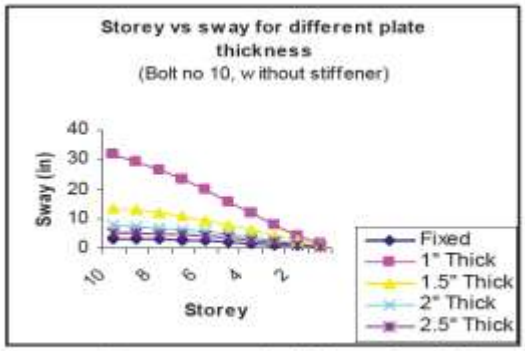


الشكل (2)a توضّح صفائح التقويةb طريقة انحناء صفائح الوصل المعدنية [2].

ودرس نتائج هذا الاقتراح تحليلياً وتجريبياً، وسنعرض الآن المنحنيات الناتجة من هذه التجارب.



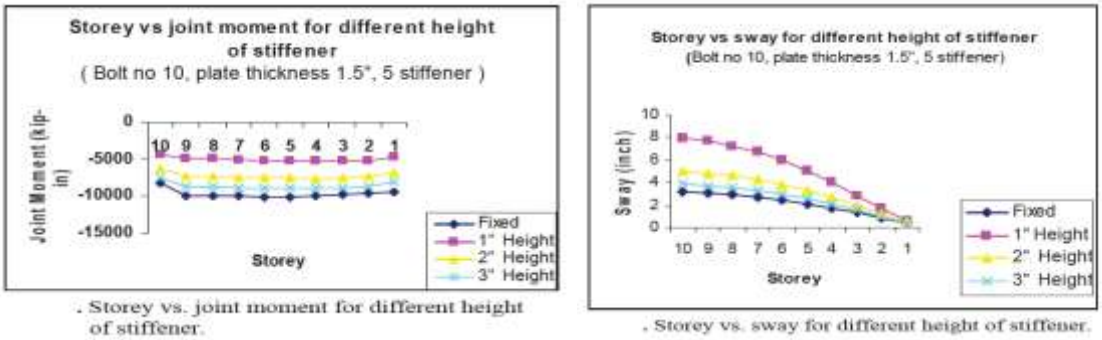
. Storey vs. joint moment for different plate thickness.



. Storey vs. sway for different plate thickness.

(b) (**a**)

الشكل (3)aعلاقة الإنتقال برقم الطابق من أجل سماكات مختلفة لصفيحة الوصل b علاقة العزم برقم الطابق من أجل سماكات مختلفة لصفيحة الوصل[2].

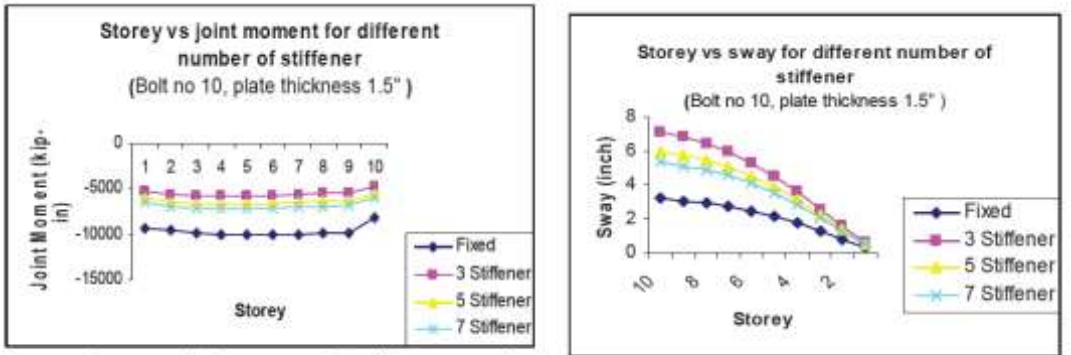


. Storey vs. joint moment for different height of stiffener.

. Storey vs. sway for different height of stiffener.

(b) (**a**)

الشكل (4)aعلاقة الإنتقال برقم الطابق من أجل ارتفاعات مختلفة لصفائح التقوية b علاقة العزم برقم الطابق من أجل ارتفاعات مختلفة لصفائح التقوية[2].



. Storey vs. joint moment for different number of stiffener.

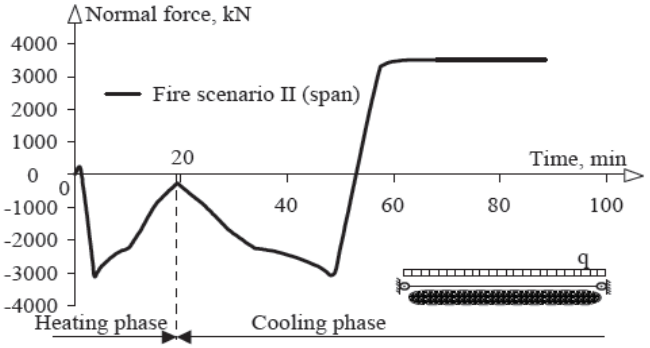
Storey vs. sway for different number of stiffener.

(b) (a)

الشكل (5)aعلاقة الإنتقال برقم الطابق تبعاً لعدد صفائح التقوية b علاقة العزم برقم الطابق تبعاً لعدد صفائح التقوية[2].

قدم الباحثان STREJCEK,M.; WALD,F.[3]في مركز الدراسات المتقدمة في الجامعة التقنية في براغ،بدراسة وصلة جائز عمود متصلين بصفيحة معدنية،وتم اختبار هذه الوصلة تحت التأثيرات الحراريةوفق الحالتين التاليتين:

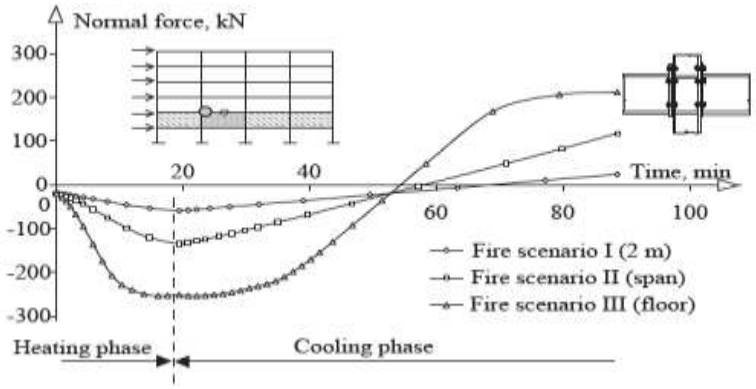
الحالة الأولى: الجائز الموصول إلى العقدة المختبرة مقيد على الحركة ومحمل بحمولة موزعة بانتظام، ويبين الشكل (6)تغيّر الاجهادات الداخلية بتغيرات درجات الحرارة في مرحلتي التبريد التسخين.



الشكل (6) تغير الإجهاد بتغير درجة الحرارة[3].

الحالة الثانية: عقدة في سقف الطابق الأرضي لمبنى مؤلف من خمسة طوابق، والإطار قادر على الحركة تحت تأثير حمولات أفقية، وقام الباحثان بإجراء تجربة التسخين في ثلاثة مواقع، الأول على بعد مترين من العقدة والثاني تسخين على امتداد الجائز والثالث لكامل العناصر المتصلة بالعقدة.

أجريت محاكاة عددية للنموذجين بطريقة العناصر المنتهية باستخدام برنامج. Ansys 5.7يسمحهذا البرنامج بإعطاء منحني توزع الحرارة على كامل العنصر، وأعطت الدراسة القوى الداخلية بعد تقسيم مجالات التحميل إلى ثلاثة مجالات، يعرّض النموذج في المجال الأوّل للقوى الخارجية فقط، بينمايتعرض للتسخين في المجال الثاني، مع استمرار القوى الخارجية، ثم المجال الثالث الذي يتمثل بتبريد الجائز ،أي بعد رفع التسخين عن النموذج، ويوضح الشكل (7) مخطط العلاقة بين القوى المحورية والتغيرات الحرارية:



الشكل (7) مخططات العلاقة بين القوة المحورية وتغيرات الحرارة حسب موقع الوصلة [3].

وبمقارنة الشكلين السابقين نلاحظ أن نقاط التحول في المخططات البيانية لعقدة الإطار أقل حدة، والسبب أنّ العقد المجاورة لعقدة الإطار تتحمل أجزاء إضافية من الحمولات عند الضعف الحاصل في العقدة المدروسة.

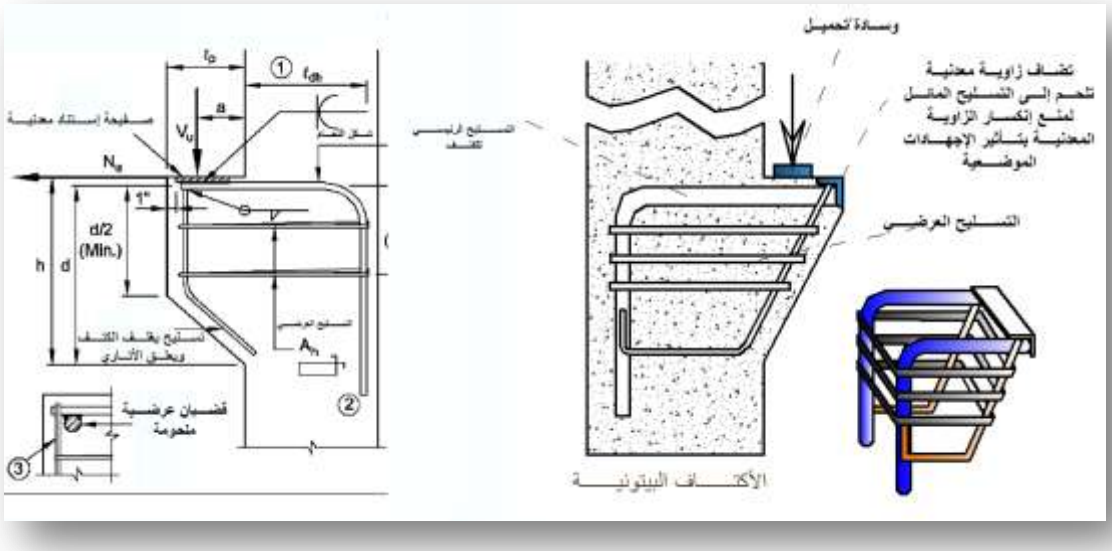
كما نلاحظ من الشكل السابق أن الوصلة تحافظ على قابلية أعظمية لتحمل قوى الشد في نهاية مرحلة التبريد، وهي مرحلة مهمة حيث تقل القوى الداخلية فيها بسبب التشوهات الأفقية في الوصلة، وبالنتيجة فإن هذا النوع من الوصلات يشكل عامل أمان إضافي ويسبب تحسناً في استجابة المنشأة للحريق بسبب سلوكها المرن حيال زيادة التحميل وزيادة القوى الشادّة.

وصلة جائز عمودعلى كتف بيتوني:

وصف الوصلة :تستخدم الأكتاف البيتونية لتحمل القوى الشاقولية بلامركزية تولد عزماً في الوصلة، لذلك تتم دراسة الكتف لمقاومة القص والعزم ولكل منهما التسليح الخاص به، الأول تسليح رئيسي يمتد من أعلى وأمام الكتف إلى الوجه البعيد للعمود، ثم يتابع بعمق إرساء نحو الأسفل لمقاومة قوى الشد الناتجة عن العزم، والآخر تسليح ثانوي لمقاومة قوى القص، مؤلف من أساور عرضية تغلف التسليح الرئيسي ويتم تشكيل التسليح بنوعيه وتركيبه مع التسليح الطولي للعمود ليتم صبّه مع العمود في مرحلة واحدة كما هو موضح في الشكل (8)

وقدم الباحث .BAHARUDDIN,A[4] د راسة للعقد والوصلات، عرض في بدايتها أنواعامن وصلات الاحتكاك، ومن ثم توجّه في دراسته إلى وصلة استناد الجائز على كتف بيتوني، وأجرى تجارب مخبرية لدراسة أداء وسلوك النموذج المطوّر لعقدة جائز عمود.

تتضمن الدراسة نموذجين تجريبيين تم اختبارهما تحت تأثير حمولة ستاتيكية متزايدة للحصول على مخطط العلاقة (عزم – دوران).

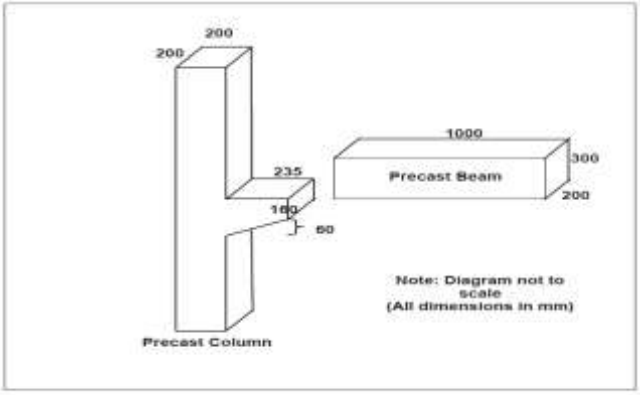


الشكل (8) مقطع في كتف بيتوني يوضح التسليح والأبعاد.

يتم تصميم العينات بما يتوافق مع مع الكود *BS 8110: Part 1: 1997.* والكود البريطاني الخاص بالإنشاءات المعدنية *BS 5950: 2000*، علماً أن :

- المقاومة المميزة للبيتون f'_c= 40N/mm^2
- حد الخضوع لفولاذ التسليح الطولي f_y= 460 N/mm^2.
- حد الخضوع لفولاذ التسليح العرضي f_y= 460 N/mm^2
- سماكة التغطية لجميع العناصر 2 cm.

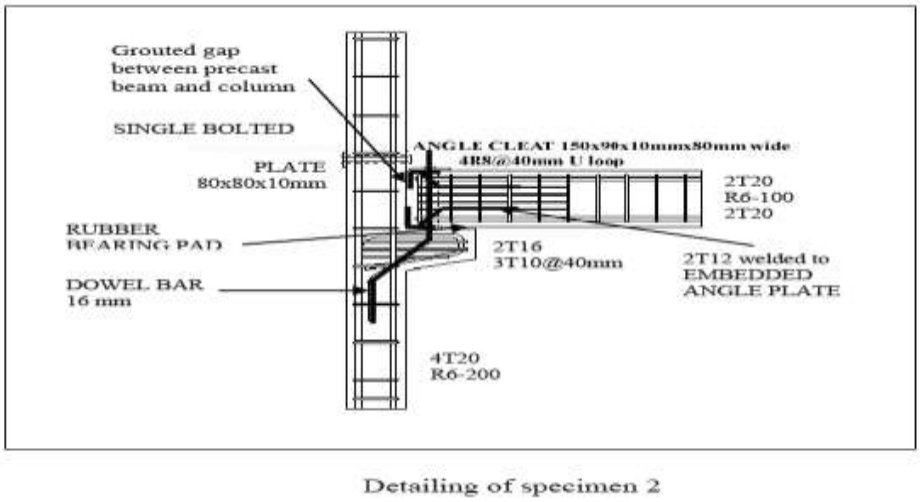
يتشابه النموذجين التجريبيين بأبعاد عناصر الوصلة، ويوضح الشكل (9) أبعاد جميع العناصر الداخلة في تركيب العيّنتين، والاختلاف الوحيد بينهما يكمن في طريقة الاستناد بين الجائز والكتف البيتوني حيث استخدم الباحث وسادة مطاطية في العينة الأولى، وطبقة من الغراوت في العينة الثانية.



Geometry and dimension of precast beam-to-column connection

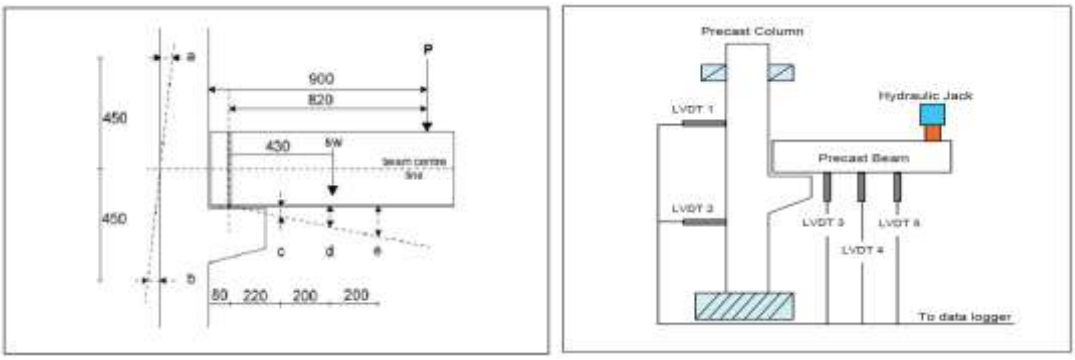
الشكل (9) أبعاد النموذج التجريبي لوصلة جائز – عمود على كتف بيتوني [4].

يوضح المقطع (10) تسليح العينات التجريبية مع أبعاد قطع الوصل المعدنية:



الشكل (10) مقطع النموذج التجريبي يوضح التسليح وأبعاد قطع الوصل المعدنية [4].

البرامج التجريبية: تم اختبار البيتون المصبوب للعينات للتحقق من المقاومات المطلوبة، لتصبح الوصلة جاهزة للتجريب باستخدام الجهاز المبيّن في الشكل التالي:



الشكل (11) طريقة قياس انتقالات النموذج التجريبي [4].

ويوضّح الجدول التالي مسميات هذا الجهاز:

الجدول (1) ترجمة مسميات أجزاء الجهاز التجريبي [4].

مأخذ لقياس الإزاحة المتغيرة (حساس)	LVDT
مسجل قياسات الحساسات	DATA LOGGER
مكبس لتطبيق الحمولة المتزايدة والتحكم بقيمتها	HYDRULIC JACK

النتائج والتحليل :

إن العزم الحاصل في العقدة ناتج عن مجموع عزمين : الأول ناتج عن الحمولة المركزة، والثاني ناتج عن الوزن الذاتي للجائز.

$$M=0.82P+0.14SW.....(1)$$

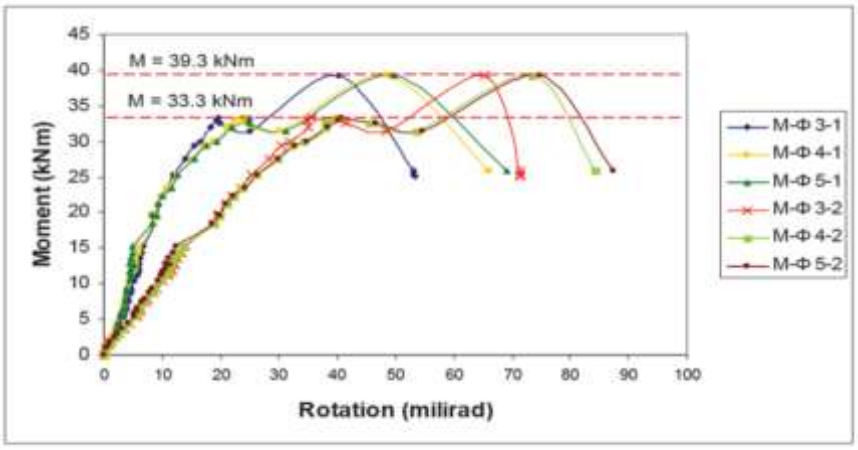
M: العزم المقاوم

P: القوة المركزة

SW: الوزن الذاتي للجائز

دوران العقدة = دوران الجائز – دوران العمود

وعند أخذ القراءات ورسم المنحنيات وجد الآتي :



Moment-rotation curves of specimen 1

الشكل (12) مخطط العلاقة بين العزم والدوران للنموذج الأول [4].

بقراءة المخطط نلاحظ وجود ثلاثة مراحل:

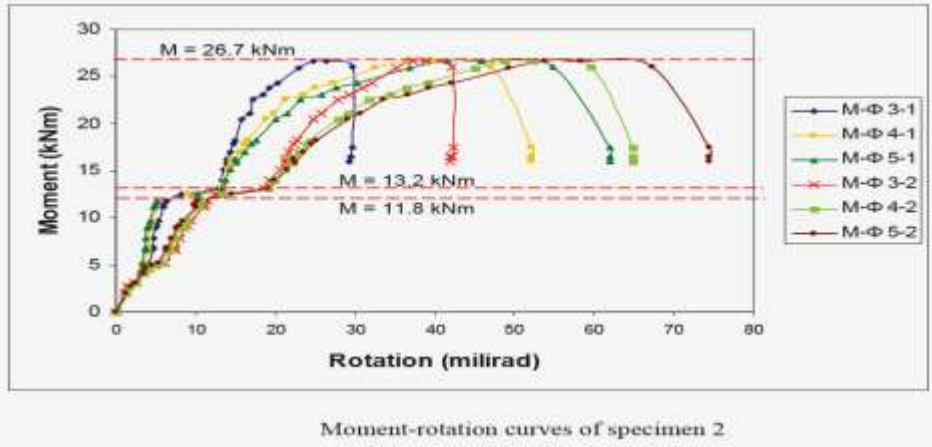
مرحلة أولى: تتمثّل في زيادة العزم مع الدوران، حتى يصل للقيمة 33.3kN وتحدث استطالة في الزاوية المعدنية الواصلة بين سطح الجائز ووجه العمود، لتخرج من الخدمة في نهاية هذه المرحلة.

مرحلة ثانية: يدور الجائز بشكل مفاجئ ويبدأ العزم بالتناقص مع ازدياد الدوران.

مرحلة ثالثة: تبدأ مساهمة الكتف البيتوني والقضيب المعدني المشترك مع الجائز، ويبدأ العزم المقاوم بالتزايد مع زيادة الدوران حتى تتزايد تشققات الكتف البيتوني بشكل كبير، وتنهار العقدة وهو ما توضحه المرحلة الأخيرة من المخطط، وتبين الصور التالية أشكال ومناطق وجود التشققات في النموذجين التجريبيين:

الشكل (13) انتشار التشققات وانهيار وطريقة انهيار الزاوية المعدنية [4].

لاحظ الباحث ظهور التشقق الأول في الكتف عند العزم 11.68 kNm وبعد ذلك تبدأ التشققات بالانتشار على طول الكتف البيتوني مع زيادة الحمولة، حتى يحصل الانهيار في العقدة عند الحمولة 48 kN والتي تسبب العزم 39.3 Knmكما يلاحظ حصول تشققات في العمود عند مقطع برغي تثبيت الصفيحة على العمود عند الحمولة18 kN بسبب الإجهاد المنقول من القضيب المعدني الذي يخرج من الكتف، وذلك بدون حصول أيّة تشققات في الجا ئز، كما نجد نتائج مشابهة للنموذج الثاني ولكن العزم المقاوم أقل كما يوضحه الشكل(14).

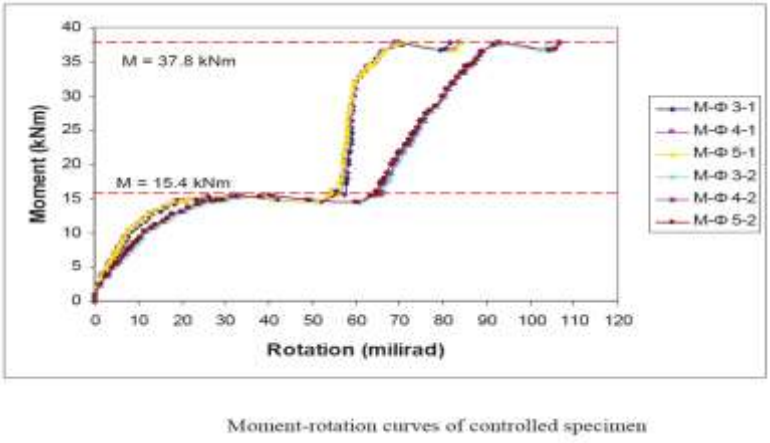


الشكل (14) مخطط العلاقة بين العزم والدوران للنموذج الثاني [4].

دراسة التشققات للنموذج الثاني:

يظهر التشقق الأول على الجائز من الأعلى عند مقطع التجويف الشاقولي في الجائز، عند الحمولة 6kNبسبب عدم مقاومة البيتون لقوى الشد، وتنفصل الصفيحة عن الجائز عند الحمولة 15kN، لأن أسفل الجائز مقيد عن الدوران عند اتصال القضيب المعدني بكتف العمود، ولا يلاحظ حصول أيّة تشققات في الكتف البيتوني، وتستمر زيادة العزم مع الدوران حتى انهيار الوصلة، بسبب وصول الزاوية المعدنية إلى حد الخضوع.

من أجل المقارنة العلمية استعان الباحث بتجارب سابقة لنموذج مماثل من حيث البارامترات التجريبية أجراه الباحثDennis Chan Paul Leong وقام بمقارنة هذا النموذج مع النموذجين السابقين من خلال مخطط العزم – الدوران المسجل في تلك التجربة والموضح كالتالي :



الشكل (15) مخطط العلاقة بين العزم والدوران لنموذج المقارنة [4].

ونلاحظ وجود مرحلتين أساسيتين للعلاقة، في المرحلة الأولى يزداد العزم بشكل متوازن مع الدوران حتى يصل العزم إلى القيمة 15.4kNm،ويتزايد الدوران بعد ذلك بشكل سريع مع تناقص بسيط في العزم المقاوم، ثم في المرحلة الثالثة يعود التزايد الطردي بين العزم والدوران حتى يحصل انهيار الوصلة عند الحمولة 37.8kNm، يظهر التشقق في نموذج المقارنة الأول عند العزم 14.5kNm في أعلى الجائز بجانب التجويف المملوء بالغراوت، وتتزايد التشققات بشكل واضح عند الحمولة 16.3kN، وتبدأ لاحقاً تشققات الكتف البيتوني عند الحمولة 30kN بسبب ازدياد ضغط الجائز على نهاية الكتف البيتوني حتى يحصل انهيار الوصلة عند الحمولة 42.6kN بسبب انكسار البرغي الذي يثبّت الزاوية المعدنية على الجائز.

في أيلول من العام 2006 قدم الباحثون التالية أسماؤهم : ABD RAHMAN, A.B.; CHAN PAUL [5] LEONG, D.; AZIZ SAIM, A.; OSMAN,M.H.دراسة ركزت على تأثيرشكل ومتانة القطعة المعدنية الواصلة بين سطح الجائز ووجه العمود،كماهو موضح في الصورة:

الشكل (16) أشكال قطع الوصل المعدنية [5].

عرضنا في ما سبق الأبحاث التجريبية الخاصة بالأكتاف البيتونية والتي شملت جميع أجزاء تلك الوصلات، لكن الكود الخاص بالبيتون مسبق الصنع والبيتون مسبق الإجهاد PCI[6] (Precast/Prestressed Concrete Institute) سلّط الضوء على دراسة تسليح الكتف البيتوني، وحساب التسليح اللازم لمقاومة القوى الأفقية والشاقولية المنقولة إليه من الجائز.

النتائج والمناقشة:

ونصل من خلال دراسة النتائج التجريبية لوصلة جائز عمود بصفيحة معدنيةإلى ما يلي:

1 – زيادة سماكة صفيحة الوصل يزيد من تحمل الوصلة للعزم ويقلل من تأرجح الإطار تحت تأثر الحمولات الأفقية، أي يزيد من صلابة الوصلة حتى تصل إلى سماكة تمنع الصفيحة من الانحناء.

2 – زيادة عدد البراغي ليس له أي تأثير على سلوك الإطار.

3 – إن وضع صفائح تقوية شاقولية أعلى وأسفل الجائز في المستوي المنصّف لمقطعي الجائز والعمود له تأثير هام على قدرة تحمل الوصلة للعزم واهتزاز الإطار، ويتحسن الوضع بزيادة عدد هذه الصفائح حتى نصل إلى حدود مقبولة جداً تجعل الوصلة قريبة من النموذج الصلب وتمنع انحناء الصفيحة.

4– من خلال تجارب التسخين والتبريد تبين أن هذا النوع من الوصلات يشكّل عامل أمان إضافي،ويسبب تحسناً في استجابة المنشأة بحالة الحريق بسبب سلوكها المرن حيال زيادة التحميل وزيادة القوى الشادّة .

العلاقات البرمجية:

استناداً إلى النتائج السابقة سنقوم ببرمجة نموذج من هذه الوصلة مع اعتبار سماكة الصفيحة كبيرة نسبياً، بحيث نعتبرها صلبة تماماً غير قابلة للانحناء، ونحسب مجاهيلها وفق العلاقات النظرية التي وضعها الباحثين TAZEEN, F.;ISIAM, T. [2] كالآتي :

$$\Delta = \frac{M}{h}\frac{(t+t_w)}{N_b A_b Es} \quad \text{.....(2)}$$

$$M = \frac{(\Delta h N_b A_b Es)}{(t+t_w)} \quad \text{.....(3)}$$

$$A_b = \frac{M/h}{N_b f_{b,allow}} = \frac{\pi}{4} d_b^2 \quad \text{.....(4)}$$

$$d_b = \sqrt{\frac{4M}{\pi h N_b f_{b,allow}}} \quad \text{.....(5)}$$

$$\theta_1 = \frac{\Delta}{h} = \frac{4\ M(t+t_w)}{\pi N_b h^2 d_b^2 E_s} \quad \text{.....(6)}$$

وفيما يلي شرح للرموز المستخدمة في العلاقات الحسابية :

t سماكة الصفيحة.

t_w سماكة قطعة الوصل بين الصفيحة والعمود.

N_b عدد القضبان الكلي.

Es معامل المرونة للفولاذ.

Δ قيمةالانزياح أعلى الصفيحة بالميليمتر.

M العزم المطبق على الوصلة وتكون قيمته العظمى موافقة لأكبر إجهاد مرن يتحمله فولاذ البراغي قبل استطالتها.

A_b مساحة مقطع قضيب واحد.

$\theta 1$ دوران الوصلة الناتج عن استطالة البراغي.

d_b قطر القضيب الواحد.

h التباعد بين مركزي البراغي العلوي والسفلي.

f_b الإجهاد في البرغي.

تسمح هذه العلاقات بالحساب وفق أحد الحالات المرنة التالية:

1- حساب العزم بالنسبة للدوران.

2- حساب العزم بالنسبة للانزياح.

3- حساب عدد القضبان اللازم لتحمل عزم معلوم بانزياح معلوم.

العمل البرمجي:

من خلال المقارنة بين العلاقتين (3) ، (4) السابقتين وبالإصلاح نحصل على العلاقتين التاليتين :

$$M = Ab\ h\ N_b f_{b,allow} \quad \text{.....(7)}$$

$$M = A_b\ h\ N_b E_S\ \frac{\Delta}{(t+t_w)} \quad \text{.....(8)}$$

وبالمقارنة نعود للعلاقة الأساسية المثبته في ميكانيك الإنشاءات

$$\Delta=\frac{\sigma(t+t_w)}{E_s}\text{.....(9)}$$

تحقيق البرنامج :

قمنا بإجراء مقارنة لنموذج محسوب يدوياً مع نتائج البرنامج الموضحة بالجدول التالي:

الجدول (2) نتائج حساب وصلة جائز عمود بصفيحة معدنية وفق برنامج البحث [4].

البراميترات	h	d	M	t	t_w	f_l	انتقال أعظمي ميكرومتر	ميكروم تر Δ	عدد حسابي للقضبان	عدد فعلي للقضبان
بواحدات البرنامج Cm,kg,	100	1.6	1500000	1.2	2	2400	36.571	36	3.157	4

ومن خلال الحساب اليدوي وفق العلاقات السابقة بواحدات Ton, m

الانتقال الأعظمي :

$$\Delta max = f_{b,allow}\ \frac{(t+t_w)}{21000000} = 24000\frac{(12+20)10^{-3}}{21000000} = 36.571*10^{-6}\ m$$

عدد القضبان الحسابي :

$$N_b = \frac{M}{h}\frac{(t+t_w)}{A_b Es\Delta} = \frac{32*10^{-3}*15}{36*10^{-6}*1*21*10^{6}*8*8*10^{-6}} = 3.157$$

نستخدم أربع قضبان فعلياً، والنتاج متطابقة، وسوف ندخل على هذا البرنامج تحسينيناثنين:

تحسين أول :يعاني مستخدم البرنامج عند حساب العزم بدلالة الدوران أو بدلالةالانزياح عند أعلى الصفيحة، أو عند حسابعدد القضبان اللازمة لتحمل عزم معلوم بانتقال معلوم من عدم معرفة حدود الانزياح والدوران، وبالتالي حدود استخدام العلاقات، ويتم التحسين بأن يعطي البرنامج أكبر قيمة للانزياح أعلى الصفيحة ودورانها والذين يوافقان أعظم استطالة للبراغي العلوية التي تثبت الصفيحة على وجه العمود، وذلك باستخدام العلاقة البسيطة:

$$\Delta=\frac{\sigma(t+t_w)}{E_s}\text{.....(10)}$$

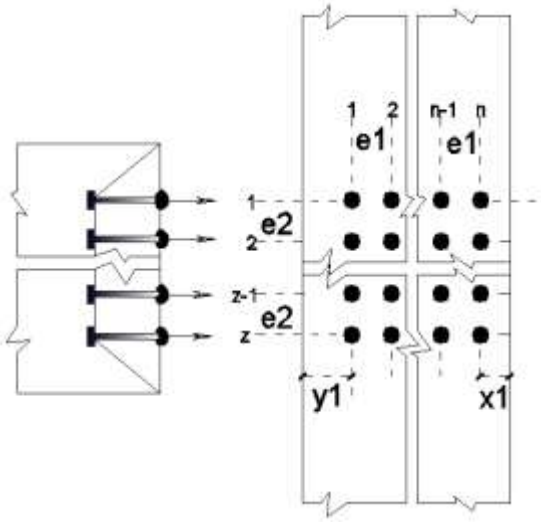
يتم ذلك بأن نأخذ قيمة البسط مساوية للإجهاد المرن الذي يتحمله الفولاذ ويساوي $f_{b,allow}$ ، وسوف نترك للمستخدم إدخال قيمة جزئية إلى البرنامج وتم إدخال التعديل على أول زرين برمجيين.

تحسين ثاني :

يمكّننا هذا التحسين من أجل دوران معين أو انتقال معين من التحقق من كفاية الإرساء لقضبان الوصل العلوية في جسم العمود البيتوني، وأجرينا هذا التعديل على مرحلتين:

مرحلة أولى : قمنا فيها بتحسين الكود البرمجي للأزرار الثلاثة الأولى، بحيث يعطي كل زر بالإضافة لوظيفته مقدار قوة الشد في مجموعة البراغي العلوية كرسالة أخيرة في كوده البرمجي.

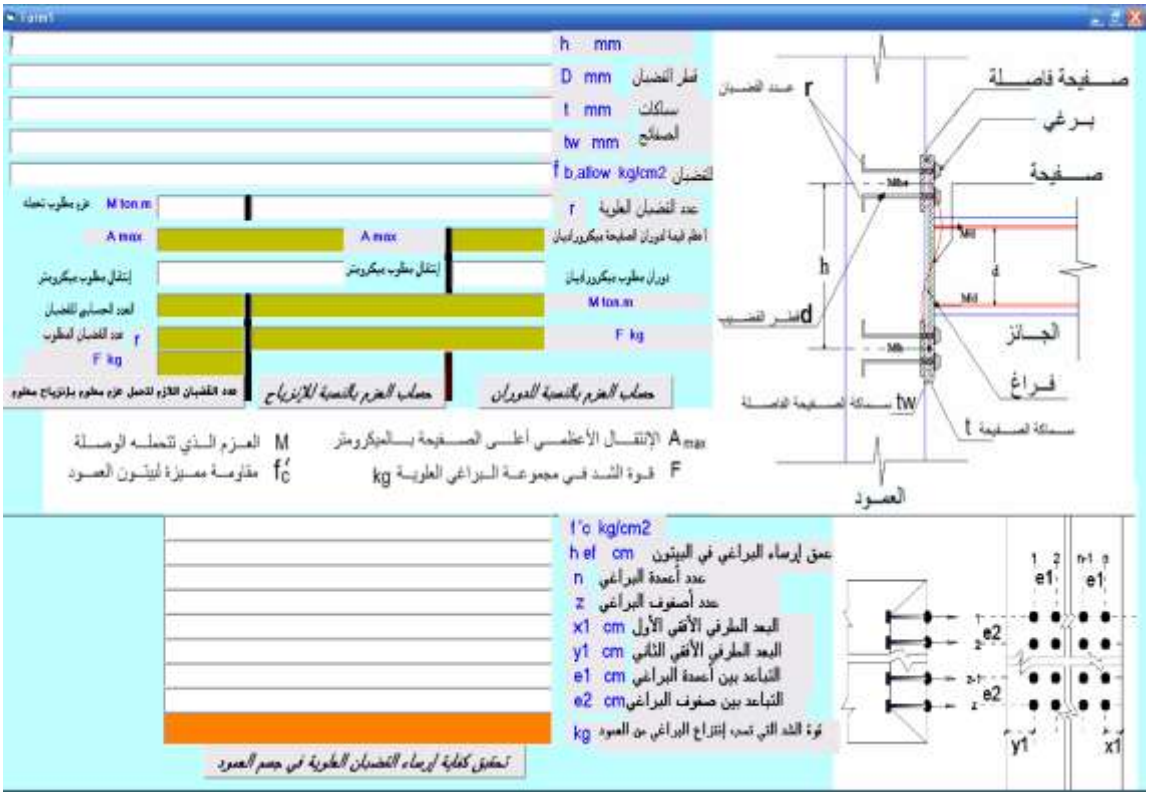
مرحلة ثانية : أضفنا زر جديد مهمته حساب كفاية إرساء القضبان لتحمل القوة المذكورة في الفقرة السابقة، ترفق به صورة توضيحية عليها كل الأبعاد المطلوبة كما هو في الشكل التالي:



الشكل (17) موشور الانهيار لمجموعة براغي [3].

ملاحظة : في التعديل السابق أهملنا مساهمة التسليح الطولي والعرضي للعمود في زيادة تماسك البيتون، وبالتالي زيادة تحمل مجموعة البراغي على الشد ويمكن في أبحاث لاحقة بحث هذه الناحية بالمقارنة التجريبية بين نماذج من الأعمدة بتسليح معين مع نماذج بيتونية أخرى بنفس الأبعاد وغير مسلحة.

ويوضح الشكل (18) الواجهة النهائية لبرنامج وصلة جائز عمود بصفيحة معدنية (7)



الشكل (18) الواجهة البرمجية لبرنامج حساب وصلة جائز – عمود بصفيحة معدنية[7].

النتائج التجريبية لوصلة جائز عمود على كتف بيتوني:نصل من خلال دراسة تجارب هذه الوصلة إلى مايلي:

1- إن استخدام الزوايا المعدنية المغروسة في طرفي الجائز العلوي والسفلي والملحومة إلى قضبان الإرساء يحمي من انهيار الجائز تحت تأثير قوى القص.

الزوايا المعدنية طريقة تركيبها الشكل النهائي للجائز

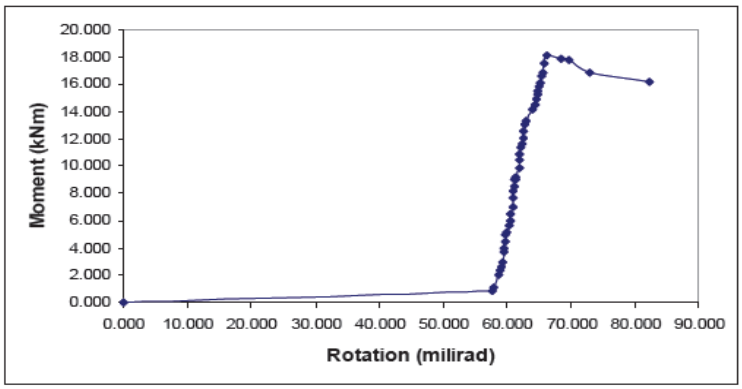
الشكل (19) الزوايا المعدنية المرساة في نهاية الجائز [5].

2-استخدام صفيحة استناد مطاطية أوسع تحت الجائز يقلل من دوران الجائز عند حافة الكتف البيتوني للعمود.

3-بحالة استخدام الزوايا المعدنية فإن صب الغراوت في غمد القضيب الواصل بين الجائز وكتف العمود يسبب زيادة صلابة الوصلة، ويقوي أداءها، لكن ذلك يسبب انفصال الزاوية المعدنية المطمورة على حافة الجائز عن البيتون.

4-استخدام الزوايا المعدنية المطمورة بدون وضع الغراوت حول القضيب يسمح للجائز بالدوران بعض الشيئ بدون انفصال الزاوية عن البيتون، وبذلك نتجنب حصول تشققات في الجائز بالإضافة إلى تحسّن واضح في قدرة تحمل الوصلة للقوى المطبقة والعزم الحاصل.

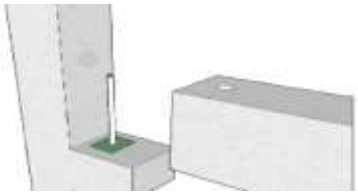
5- وصلة جائز عمود على كتف بيتوني من النموذج الأبسط تحضّر عن طريق برغي ربط وحيد يملأ حوله بالغراوت بدون أي وصل بين أعلى الجائز ووجه العمود تؤمن مقاومة ضعيفة للقوى المطبقة، ويمكن إهمال صلابتها عند نمذجة الإطارات الكبيرة واعتبارها صفرية وهي موضحة بالشكل (20).



الشكل (20) مخطط العلاقة (عزم-دوران)يبين صحة الاستنتاج السابق [5].

6- عند استخدام هذا النوع مهمل الصلابة في كامل الوصلات، يجب تأمين استقرار الإطارات عن طريق تربيطها إلى نواة أو إلى جدران قص.

سوف نركز البحث على النموذج مهمل الصلابة والموضح بالشكل (21)، ويوضح الشكل (22) طريقة تحضير غمد برغي الوصل قبل صب الجائز.

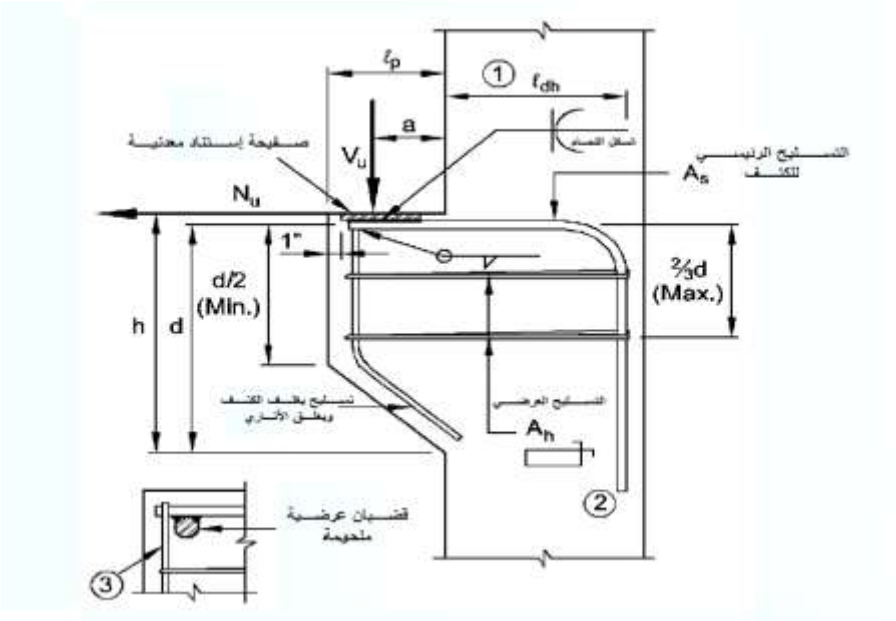


الشكل (21)منظور يبين شكل الوصلة وطريقة توضع القضيب [5].

الشكل (22) **طريقة تحضير غمد البرغي في الجائز [5].**

العلاقات البرمجية:

سنقوم بدراسة الكتف لمقاومة قوى القص والقوى الأفقية، وأفضل تصميم للكتف البيتوني لمقاومة هذه القوى هو النموذج المطروح في كود البيتون مسبق الصنعPCI [6]، والذي سنعتمد علاقاته الحسابية.



الشكل (23) مقطع كتف بيتوني يوضح التسليح والأبعاد [6].

عند التصميم يجب مراعاة ما يلي:

$d \leq a$

$Vu \geq Nu$

مساحة مقطع التسليح المشدود تؤخذ أكبر القيمتين التاليتين:

$$A_{s1} = \left(1/(0.75F_y)\right)\left(Vu\left(a/d\right)\right) + \left(Nu\left(h/d\right)\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (11)$$

$$A_{s2} = \left(1/(0.75F_y)\right)\left(\left((2V_u)/(3M_i)\right) + (N_u)\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(12)$$

M_i تحسب بالعلاقة التالية :

$$M_i = (1000 \times 1 \times b \times h \times 1.4)/(V_u) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(13)$$

كما تتم مقارنة التسليح مع التسليح الأدنى للكتف والمحسوب بالعلاقة:

$$ASmin = 0.04\left(F'_c/F_y\right)(b \times d) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(14)$$

بعدها نحسب مساحة التسليح العرضي بالعلاقة:

$$A_h = 0.5\left(A_{sn} - \left((N_u)/(0.75F_y)\right)\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(15)$$

ويتم توزيع هذا التسليح على مسافة $2/3$ من ارتفاع الكتف.

h ارتفاع الكتف.

d ارتفاع الكتف بدون صفيحة التحميل.

a بعد الحمولة الشّاقولية عن وجه العمود.

b عرض الكتف عموديا على الشكل.

l_b بروز الكتف عن وجه العمود.

f_y إجهاد الخضوع للفولاذ المشدود.

f'_c المقاومة المميزة للبيتون.

V_u القوة الشاقولية.

N_u القوة الأفقية.

العمل البرمجي:

شرحنا سابقاً إمكانية اعتبار هذه الوصلة مفصلية عندما تحضر على كتف بيتوني يخرج منه قضيب معدني كما في الشكل التالي(21) وقامت تلك الفرضية اعتمادا على المخطط البياني في الشكل (20) التالي الذي يوضح ازدياد الدوران في البداية دون إبداء الوصلة أية مقاومة تجاه العزم.

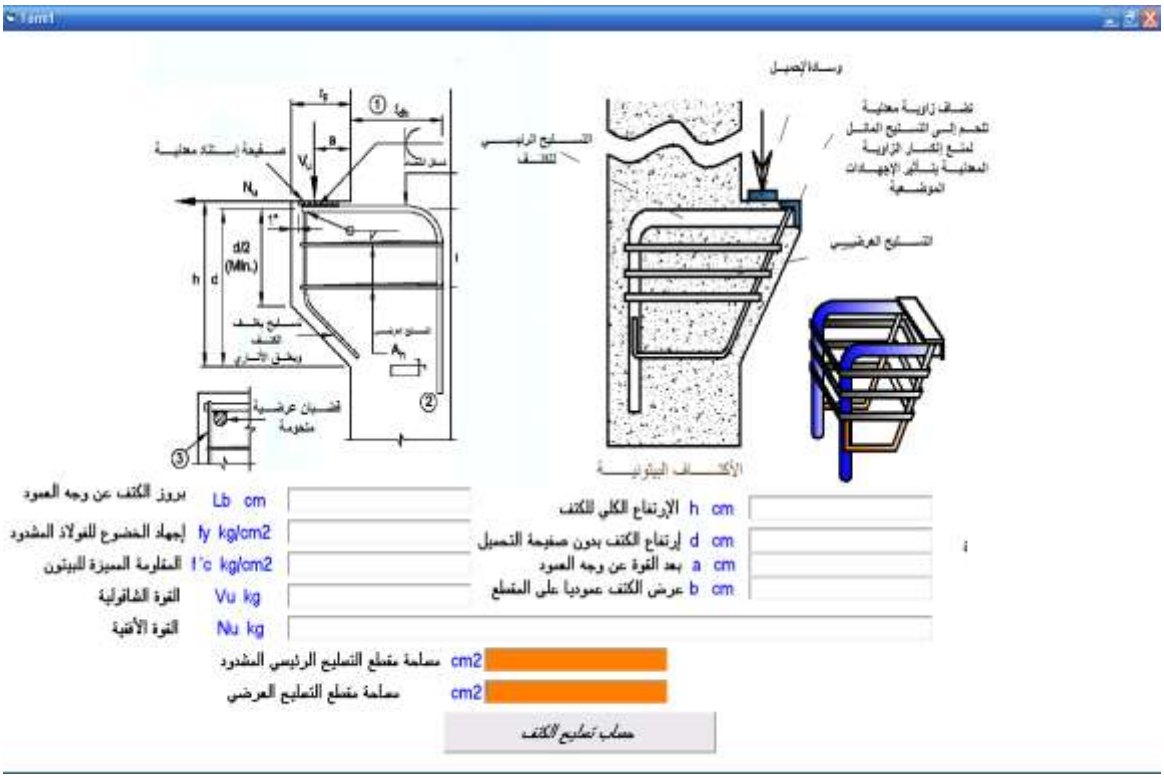
التحقق من صحة العمل البرمجي :

سوف نجري مقارنة بين مثال محلول في كود البيتون مسبق الصنع [6] وبين نتائج المثال نفسه محسوباً على البرنامج الخاص بالبحث وفق الباراميترات التالية :

الجدول (3) مقارنة بين نتائج برنامج البحث ونتائج الكود لوصلة جائز عمود على كتف بيتوني [4].

البارامترات	h	d	a	b	l_b	f_y	f'_c	V_U	N_U	A_S	A_h
بواحدات الكود In,psi,kips	14	13	6	14	8	60000	5000	80 kips	15 kips	1.18	0.42
بواحدات البرنامج Cm,kg,	35.6	33	15.24	35.56	20.32	4138	356	35600	6675	7.6	2.7
نتائج البرنامج										7.62	2.73

نستنتج تطابق النتائج، ويوضح الشكل(24) الواجهة النهائية لبرنامج وصلة جائز عمود على كتف بيتوني(7).



الشكل (24) الواجهة البرمجية لبرنامج حساب وصلة جائز – عمود على كتف بيتوني [7].

الاستنتاجات والتوصيات:

أعطى البحث دراسة وافية للوصلتين المبرمجتين من حيث وصف مكوناتها وطريقة تنفيذها مع ذكر نتائجها التجريبية بالإضافة لنتائج مباشرة للبحث تتمثل في :

1: برنامج تصميمي يخدم سهولة ودقةتصميم الوصلات مع إجراء تحقيقات كاملةللوصلات المبرمجة تثبت صحة ودقة البرنامج.

2 :استخدام علاقة قوة إرساء مجموعة براغي في البيتون لتحقيق القضبان المزروعة في وجه عمود لوصلة جائز عمود مقاومة للعزم، وإجراء تحسين برمجي لحساب التحقيق، ويعطي التعديل للمستخدم قيمة الانتقال التي توافق أكبر إجهاد مرن للفولاذ لتسهيل استخدام العلاقات ومعرفة حدود صلاحيتها.

3:أهملنا مساهمة التسليح الطولي والعرضي للعمود في زيادة تماسك البيتون عند حساب قوة اقتلاع البراغي من بيتون العمود، ويمكن في أبحاث لاحقة بحث هذه الناحية بالمقارنة التجريبية بين نماذج من الأعمدة بتسليح معين مع نماذج بيتونية أخرى بنفس الأبعاد وغير مسلحة.

4 :استخداممالعلاقات المبرمجة لحساب وصلة جائز عمود على كتف بيتوني في حساب وصلات الأكتاف البيتونية مع قضيب تثبيت شاقولي مزروع في الكتف، بعد استنتاج إمكانية ذلك من خلال دراسة التجارب.

المراجع:

1-DOlAN,S. *Important properties of precast concrete connection*. 1987.

2- TAZEEN, F.;ISlAM, T. *Study on connection between precast concrete and Cast – in –Situ column in prefabricated building frames.*Asian Research Publishing Network (ARPN),June 2006.

3- STREJCEK,M.; WALD,F. *Component-Based method for connection fire design*,Czech Technical University. Prague, 2007.

4- BAHARUDDIN,A.*Experimental testing on enhanced pinned beam-to-column connections of precast concrete structures*.Univercitytecnologi, Malaysia, 23 April, 2007.

5- ABD RAHMAN,A.B.; CHAN PAUL LEONG,D.; AZIZ SAIM,A.; OSMAN,M.H.*Hybrid beam-to-column connection for precast concrete frames*.UniversitiTeknologi Malaysia,6 September, 2006.

6- PCI.*Precast/Prestressed Concrete Institute*.

7–سليمان، وليد. محاكاة النتائج التجريبية في تحليل وتصميم العقد والوصلات في اللأبنية البيتونية الإطارية مسبقة الصنع. كلية الهندسة المدنية، جامعة تشرين، اللاذقية، سوريا، 2012.