



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الموصل

كلية الهندسة

قسم الهندسة المدنية

التحليل غير الخطّي باستخدام العناصر المحددة للعتبات

الخرسانية المسلّحة العميقة ذات الفضاءات المتعددة

أحمد بشار محمد صبري الصمدي

رسالة ماجستير علوم

في الهندسة المدنية / إنشاءات

بإشراف

أ.د. بيار جعفر السليفاني

م.د. خلف ابراهيم محمد

## الخلاصة

تعد العتبات الخرسانية المسلحة العميقة المستمرة من العناصر الهيكلية المهمة في الابنية، وتتميز بأنها تمتلك عمقا كبيرا نسبيا مقارنة بفضاء العتب . وأن سلوك وتصرف تلك العتبات يعتمد على العديد من العوامل و المؤثرات اهمها تغير نسبة فضاء القص إلى العمق و ارتفاع العتبات ونسبة حديد التسليح الاقفي والعامودي ونوع المسند والهبوط الذي يحدث في المساند وكذلك وجود الفتحات وموقعها في العتبات . ونظرا لقلة الدراسات والبحوث المختبرية والنظرية على العتبات الخرسانية المسلحة العميقة كان ذلك حافزا مهما لدراسة بعض المتغيرات التي لها تأثير واضح على سلوك وتصرف العتبات العميقة المستمرة .

ونظرا للتقدم الكبير في استخدام طريقة العناصر المحددة في التحليل العددي للمنشآت الخرسانية ، والانتشار الكبير للبرامج الجاهزة التي تعتمد هذه الطريقة في التحليل واستخدامها من قبل الباحثين بشكل واسع في حل الكثير من المشاكل المعقدة ومن هذه البرامج برنامج (ANSYS) الذي اثبت فاعلية عالية في التحليل العددي للمنشآت الخرسانية ، كان ذلك دافعا لأستخدام هذه الطريقة في دراستنا الحالية. تم تمثيل الخرسانة المسلحة باستخدام العنصر الطابوقي (SOLID65) وتم تمثيل الصفائح الحديدية باستخدام العنصر الطابوقي (SOLID185) في حين تم تمثيل قضبان التسليح باستخدام عنصر القضيب (LINK180) وتم تمثيل المساند المرنة بأستخدام عنصر (COMBIN14). تم الأخذ بالحسبان التصرف غير الخطي لكل من الخرسانة وحديد التسليح حيث تم استخدام معيار (Willam -Wranke) لوصف التصرف غير الخطي للخرسانة تحت تأثير اجهادات مختلفة

قورنت النتائج المختبرية التي تم دراستها من قبل الباحثين السابقين لعتبات عميقة مستمرة تحت تأثير الاحمال مع نتائج التحليل العددي بأستخدام برنامج (ANSYS) وذلك لمعرفة نسبة التطابق بينهما . واختبار مدى كفاءة الانموذج العددي في تمثيل العتبات العميقة المستمرة تحت تأثير الاحمال المطلقة . وبعد اعتماد الانموذج العددي اجريت دراسة عديدة على نتائج مختبرية لعتبات خرسانية مسلحة عميقة مستمرة وبمتغيرات تضمنت دراسة تغير نسبة فضاء القص إلى العمق و ارتفاع العتبات ونسبة حديد التسليح الاقفي والعامودي

وتغير انواع المساند والهبوط الذي يحدث في المساند وكذلك وجود الفتحات وموقعها في العتبات ومدى التأثير الذي يحدث في سلوك وتصرف تلك العتبات العميقة المستمرة .

تم تغير نسبة فضاء القص إلى العمق من 0.5 إلى 1 مع ثبات ارتفاع العتب بمقدار 400 ملم ثم زيد الارتفاع إلى 600 ملم ، وتغير الارتفاع للعتبات بمقادير (400,600,720) ملم مع ابقاء نسبة حديد التسليح الافقي للعتبات ثابتة بنسب فضاء قص إلى العمق (1,0.5) . كذلك تغير معامل الصلابة للسحق الخرسانة (CSTIF) بمقدار  $(0.01,0.1,0.2,10^{-6})$  ، و تغير نوع المساند للعتبات مع تغير معامل الصلابة للسحق (CSTIF) من (RHR) إلى (HHH,HRH,HRR) ومقارنة النتائج ببرنامج ( ATENA 3D)[37] . وايضا تأثير وجود الفتحات بأبعاد (120\*120) ملم في منطقة القص في العتب و في منتصف الفضاء بين المساند و تحت الاحمال المسلطة على العتب كذلك مقدار الهبوط الذي يحدث في المساند للعتبات و زيادة نسبة التسليح الافقي بنسبة (75,50,25) % و اضافة التسليح العمودي بنسبة 0.0062 و زيادة نسبة حديد التسليح العمودي بنسبة (50) % . ومقارنة تصميم العتبات الخرسانية العميقة المستمرة بطريقة (Strut and Tie Method) مع نتائج التحليل العددي

من خلال التحليل العددي للعتبات والحصول على النتائج وجد هناك تطابق جيد بين النتائج العملية مع نتائج التحليل العددي للعتبات . عند زيادة نسبة فضاء القص إلى العمق من (0.5) إلى (1) وجد ان مقدار حمل الفشل يقل بنسبة 50% عند ارتفاع 400 ملم وعند زيادة الارتفاع إلى 600 ملم وجد ان حمل الفشل يقل بنسبة 32% . وعند زيادة ارتفاع العتبات مع ثبات نسبة حديد التسليح الافقي يقل حمل الفشل بسبب حدوث سحق للخرسانة وبذلك يكون المعيار الحاكم للفشل هو مقاومة انضغاط الخرسانة للعتبات. وجد ان لمعامل الصلابة لسحق الخرسانة (CSTIF) تأثير واضح على حمل الفشل وهي مهمة جدا للحصول على الاستقرار في التحليل العددي للعتبات في حالة انتشار الشقوق والسحق الذي يحدث للخرسانة في نقاط التكامل . كذلك عند تغير نوع المسند من (RHR) إلى (HRH,HHH) نلاحظ زيادة في حمل الفشل للعتبات . ووجود فتحات في العتبات له تأثير واضح ومهم على سلوك وتصرف العتبات خاصة عند وجود الفتحة في منطقة القص يؤدي إلى فقدان العتب لجزء من حمل الفشل ، في حين ان

وجود الفتحات في منتصف الفضاء بين المساند او بين الاحمال المسلطة لا يؤثر ذلك على مقدار الاحمال المسلطة بسبب وقوعها خارج منطقة القص . كما عند ملاحظة انماط الفشل التي تحدث في العتبات حيث ان عرض التشقق يزداد مع زيادة حجم الفتحات الواقعة ضمن منطقة القص للعتب ويكون اعظم عرض للشق في الركن الاعلى من الفتحة . كذلك لهبوط المساند تأثير واضح على حمل الفشل للعتبات استخدمت قيمة صلابة للمسند (K) تتراوح ما بين  $100 \text{ kN/mm}$  (700-0) بزيادة مقدارها  $100 \text{ kN/mm}$  حيث ان حمل الفشل يزداد تدريجيا كلما ازدادت قيمة الصلابة للمسند . واكبر قيمة لهبوط المسند تحدث عند قيمة صلابة للمسند (K) تتراوح ما بين  $100 \text{ kN/mm}$  (100-0) سواء كان الهبوط بالنسبة للمسند الوسطي للعتب او المساند الخارجية فقط او عند هبوط جميع المساند . كذلك عند اجراء التحليل العددي لعتب ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها مع نتائج تحليل بطريقة (Strut and Tie Method) وجد هنالك تقارب واضح للنتائج حيث استنتج ان كلا من طريقة التحليل العددي وطريقة (Strut and Tie Method) موثوق بهما في دراسة العتبات الخرسانية العميقة المستمرة.

points. Also when changing the type of predicate from (RHR) to (HRH, HHH), we notice an increase in the failure load of the opening . The presence of opening in the beams has a clear and important effect on the behavior and behavior of the beams, especially when the opening is located in the shear zone, which leads to the loss of the beam for part of the failure load, while the presence of the opening in the middle of the space between the bracket or between the imposed loads does not affect the amount of the applied loads due to its occurs outside the shear zone. Also, when observing the failure patterns that occur in the beams, as the crack width increases with the increase in the size of the opening located within the shear zone of the beam, and the greatest width of the crack is in the upper corner of the aperture. Also, the fall of the supports has a clear effect on the failure load of the beams. A stiffness value of the support settlement (K) was used, ranging from (0-700) kN/mm with an increase of 100 kN/mm, as the failure load gradually increases as the stiffness value of the support settlement increases. The largest value of the support settlement occurs at the stiffness value of the support settlement (K) ranging between (0-100) kN/mm,. Also, when conducting the numerical analysis of the continuous deep beams and comparing the results obtained with the results of the analysis using the(strut and tie method) , it was found that there is a clear agreement of the results and it was concluded that both the numerical analysis method and the strut and tie method are reliable in the study of continuous deep concrete beams.

included a study of the change in the shear span to depth ratio, the height of the beams, the ratio of horizontal and vertical reinforcement, different support conditions, support settlement and location of the openings in the beams and the extent of the impact that occurs In the behavior of those deep continuous beams .

The ratio of the shear span to depth was changed from 0.5 to 1 with the stability of the beam height by 400 mm, then the height was increased to 600 mm and the height of the beams was changed by amounts (400,600,720) mm while keeping the horizontal reinforcement steel ratio for the beams fixed with the ratio of shear space to depth (1,0.5) . Also, the crushing stiffness factor of concrete (CSTIF) changed by (0.01,0.1,0.2,  $10^{-6}$ ), and the type of supports for the beams changed with the change of the crushing stiffness factor of concrete (CSTIF) from (RHR) to (HHH, HRH, HRR) and compare the results with the (ATENA 3D) program [37] , also the effect of the presence of openings with dimensions (120 \* 120) mm in the shear span of the beam and in the middle of the span between the supports and under the loads and increase in the horizontal reinforcement ratio by (75,50,25) % , Adding vertical reinforcement by 0.0062 and increasing the proportion of vertical reinforcing steel by (50%). The comparison of the design of continuous deep concrete beams by the( strut and tie method) with the results of the numerical analysis.

Through the numerical analysis of the beams and obtaining the results, it was found that there is a good agreement between the experimental results with the results of the numerical analysis of the beams. When increasing the ratio of shear span to depth from (0.5) to (1), it was found that the failure load was reduced by 50% at a height of 400 mm, and when the height was increased to 600 mm, it was found that the failure load was reduced by 32%. When the height of the beams increases with the stability of the horizontal reinforcement ratio, the failure load decreases due to the occurrence of crushing of the concrete, and so the ruling criterion for failure is the compressive strength of the concrete for the beams. It was found that the concrete crushing stiffness factor (CSTIF) has a clear effect on the failure load and is very important for obtaining stability in the numerical analysis of the beams in the case of the spread of cracks and crushing that occurs to concrete at the integration

## **Abstract**

Reinforced continuous deep beams are one of the important structural elements in buildings, and they are characterized by having a relatively large depth compared to the span of the beam. Behavior of these beams depends on many factors and influences, the most important of which is the change in the shear span to depth ratio, the height of the beams, the ratio of horizontal and vertical reinforcement, different support conditions, support settlement and location of the openings in the beams. Given the lack of laboratory and theoretical studies and research on the continuous deep reinforced concrete beams, this was an important incentive to study some variables that have a clear impact on the behavior of the reinforced continuous deep beams.

In view of the great progress in the use of the finite element method in the numerical analysis of concrete structures, and the large spread of ready-made programs that adopt this method of analysis and its widespread use by researchers in solving many complex problems, one of these programs is the ANSYS program, which has proven highly effective in numerical analysis. For concrete structures, this was an impetus to use this method in our current study. Reinforced concrete was represented by using the brick element (SOLID65) and the steel plates by using the brick element (SOLID185), while the steel reinforcement were represented by using the steel reinforcement element (LINK180) and the flexible supports were represented by the element (COMBIN14). The non-linear behavior of concrete and steel reinforcement was taken into account, and (Willam-Wranke 1975) criterion was used to describe the non-linear behavior of concrete under the influence of different stresses.

The laboratory results that were studied by previous researchers for continuous deep beams under the influence of loads were compared with the results of numerical analysis using (ANSYS) program, in order to find out the percentage of congruence between them. And to test the efficiency of the numerical model in representing continuous deep beams under the influence of applied loads. After the adoption of the numerical model, a numerical study was conducted on laboratory results for continuous deep reinforced concrete beams with variables that

University of Mosul  
Engineering College  
Civil Engineering Dept.



# **Nonlinear Finite Element Analysis of RC Continuous Deep Beams**

A Thesis Submitted

By

**Ahmed Bashar M.Sabre Al Samady**

To

The Council of the Engineering College University of Mosul

As a partial Fulfillment of the Requirements

For the degree of Master Science

In

**Civil Engineering / Structural Engineering**

Supervised by

**Prof. Dr. Bayar Jaafar Mohammad Al- Sulayfani**  
**Dr. Khalaf Ibrahim Mohammad**

---

2021 A.D.

1443A.H.