

# هل من سبيل لزيادة بروز العصب بدون تغيير سمك البلاطة؟

Yousef Raba'e<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Palestine Polytechnic University, Hebron- Palestine

## المخلص

تسود ظاهرة بروز الأسقف عن واجهة البناء وخاصة على واجهات الشوارع بما تسمح به أنظمة البناء المطبقة محليا، والحل الانشائي المتبع غالبا هو بروز أعصاب عقدات الطوب المفرغ لحمل مكونات هذا البروز، وكلما زاد البروز للخارج زادت الاجهادات على العصب مما يتطلب زيادة في سمك بلاطة العقدة. والسؤال المطروح الآن هو " ما الوسيلة لزيادة البروز مع ثبات سمك العقدة؟"

تهدف هذه الدراسة لإيجاد حل عملي يتيح زيادة في طول بروز الأعصاب مع ثبات سمك بلاطة العقدة.

وقد اتبع الباحث المنهج التحليلي باستخدام المعادلات الانشائية والكودات الهندسية للوصول إلى النتيجة المرجوة. ومن المعلوم أن أبعاد العناصر الانشائية يتم حسابها بعد حساب الأحمال الحية وفق الكودات المعتمدة والأحمال الميتة وفق الأبعاد المفترضة، وكلما زاد طول العنصر تزداد الاجهادات الناتجة. وهذا ينطبق على الجسور والأعصاب البارزة في عقدات الطوب المفرغ، هذا مع العلم بأن مناطق الشد والضغط في العنصر الإنشائي متغيرة حسب مكان القطاع المفترض. وإذا أخذنا حالة البروزات الانشائية على الواجهات فهذا البروز يشمل على العصب، كعنصر حامل، وكذلك يشمل الجسور الثانوية الموازية للأعصاب وكلاهما يخضعان لشد في الأعلى وضغط في الأسفل بسبب الأحمال على البروز.

ومع الاختلاف في تركيب المقطع حيث الجسر قطاع مصمت بينما جزء العصب المصمم على شكل ( T ) فيه الخرسانة المصمتة وفيه الطوب المفرغ. وحيث يشكل عرض العصب المجهد بالضغط من الأسفل حوالي 20% من ذلك المقطع، وإذا تمكنا من زيادة نسبة المصمت بزيادة عرض العصب سنزيد من جساءة العصب في منطقة الضغط مما يوفر إمكانية زيادة تحمله للضغط وبالتالي زيادة إمكانية امتداده للخارج أكثر.

وسيتم التحليل والمقارنة للعصب البارز بين الحالتين، الحالة التي يكون فيها العصب بعرض عادي 10-12 سم والحالة التي يقترحها الباحث عندما يصبح العرض السفلي للعصب أكثر من ضعف الحالة العادية وذلك بعد دوران الطوب لتوضع بحيث يكون طولها موازيا للعصب أو إنتاج قوالب طوب بشكل مختلف للوصول للغرض المطلوب.

**الكلمات المفتاحية:** عقدة طوب مفرغ، العصب البارز، عصب قطاع تي، البروز المعماري

## Abstract

The study deals with the phenomenon of the projection (prominence) of reinforced slabs from the facade of the building, especially on street facades, which is permitted by the local building regulations. The structural solution that is often used is the emergence of concrete ribs of a slab as cantilevers to carry the components of the projection, the greater the projection to the outside, the more stresses on ribs are applied, which requires an increase in the thickness of the slab. The question now is, "How to increase the slab projection without increasing the thickness of the ribbed slab?"

The aim of this study is to find a practical solution that allows an increase in the length of the cantilevered rib with a constant thickness of the ribbed slab.

The researcher followed the analytical approach using structural equations and engineering codes in order to reach the desired result. It is known that the dimensions of the structural elements are

calculated after considering the live loads according to the applied codes and the dead loads according to the assumed dimensions, also it is known that when the length of the element increases, the resulting stresses on that structural element increase too. This applies to beams and ribs projecting from the hollow blocks slab, given that the areas of tension and compression in the structural element are variable according to the location of the assumed section. If we take the case of structural projections on the facades, this projection includes the rib, as a bearing element, also includes secondary beams parallel to the ribs, both of which are subject to tension at the top and compression at the bottom due to the loads applied on them.

There is a difference in the composition of the slab section, while the beam is a solid section, the (T) section of the rib contains solid concrete part and hollow blocks ones. The width of the compressed rib at the bottom is about 20% of the flange width of the T section, and if we are able to increase the width of the solid part by increasing the width of the lower part of the rib, we will increase its stiffness in the compression zone, which provides of increasing the rib pressure tolerance and thus increasing the possibility of its extension outwards.

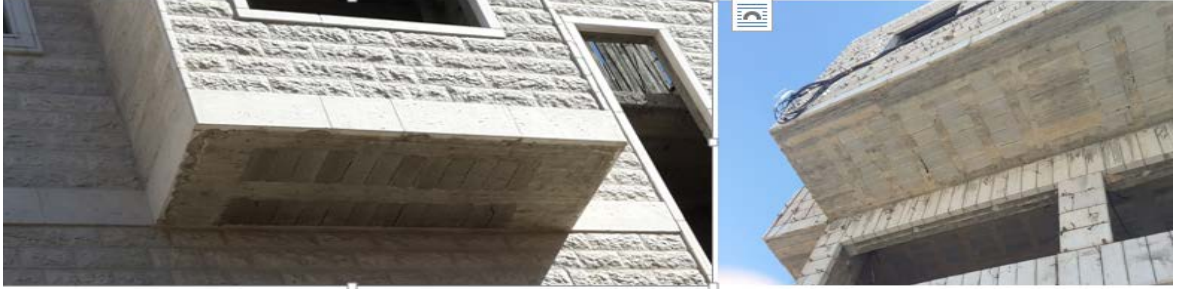
The analysis and comparison of the cantilevered rib will be done between the two cases, the case in which the rib has a normal width of 10-12 cm and the case suggested by the researcher when the lower part width of the rib becomes more than twice the normal state after the rotation of the brick 90 degrees to be placed so that its length is parallel to the rib direction or if we change the shape of a block mould in order to reach the desired purpose.

**Key Words:** Cantilevered Rib; Solid Part; T Section Rib; Hollow Blocks Slab.

## 1. المقدمة:

تسود ظاهرة بروز الأسقف بما تسمح به أنظمة البناء عن واجهات المباني وخاصة على واجهات الشوارع المسماة بالبروزات التجارية وكذلك البروزات المعمارية الأخرى بمختلف أشكالها، مثل بروزات البلاكين المعلقة والأسقف الطائرة، وهي بروزات الهدف منها إما هدف استثماري في زيادة مساحة البناء في الطابق الواحد وإما تجميلي في تشكيل الكتلة المعمارية. وهذا ما يميل إليه الكثير من المهندسين المعماريين وخاصة بعد دخول تكنولوجيا الرسم ثلاثي الأبعاد الذي أثر في تفكير المهندس المعماري وزاد عنده هذا الميل إلى التشكيل في الكتلة المعمارية.

وتلقى المشكلة على عاتق المهندس الإنشائي في إيجاد الحل الإنشائي المناسب لحالة البروز هذه، وهذا الحل الإنشائي المتبع هو اعتبار العقدات كوابيل بارزة (Cantilevers). ومع انتشار استخدام عقدات الطوب المفرغ (Hollow Blocks Slabs) صار من الممكن أن يتم ذلك إما بالاعتماد على بروز الجسور الرئيسية حيث تحمل أسوار البلاكين أو الجدران الخارجية المغلفة للبناء على جسر عرضي يحمل على الجسرين البارزين أو يتم ذلك بتحميل تلك الأسوار والجدران الخارجية على بروز أعصاب عقدات الطوب المفرغ، والحل الثالث هو باستخدام الأسلوبين معا وخاصة عند البروز المبالغ فيه مع وجود الجدران الخارجية المصمتة، وفي هذه الدراسة لن يتم التطرق لبروز الجسر ولا للمفاضلة بين بروز الجسر أو بروز العصب في التحميل ولكن سنتم دراسة تصميم العصب الكابولي البارز (Ribbed Cantilever). ومن الطبيعي أنه كلما زاد البروز زادت الاجهادات على العصب وتكون الحاجة إلى زيادة قطاع العصب وخاصة الارتفاع مما يؤدي إلى زيادة السمك الكلي للعقدة الخرسانية لكامل البناء.



**شكل 1.** يبين طريقتين لتحميل البروزات الخارجية (الأولى على اليمين التحميل على الأعصاب والثانية على اليسار التحميل على الجسور)

والسؤال المطروح الآن هو " ماهي الوسيلة العملية لزيادة البروز مع ثبات سمك العقدة في حالة التحميل على العصب"؟

## 2. هدف الدراسة

تهدف هذه الدراسة لإيجاد حل عملي لزيادة طول بروز الأعصاب ( Rib Cantilever ) على واجهات المباني دون زيادة سمك العقدة.

## 3. منهج الدراسة:

يتبع الباحث المنهج التحليلي باستخدام المعادلات الانشائية والكودات الهندسية.

## 4. طبيعة الاجهادات المعرضة لها العناصر الانشائية

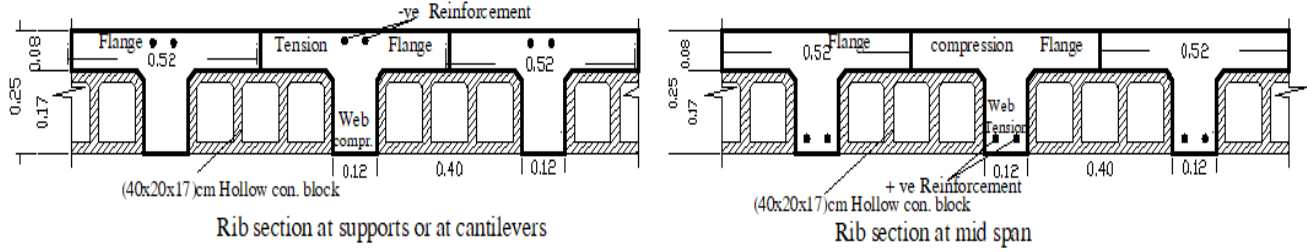
من المعروف أن العناصر الانشائية، ومنها العقدات بأنواعها وكذلك الجسور المعرضة للأحمال المختلفة، تستوعب الأحمال المؤثرة عليها إذا كانت ضمن قدرتها على التحمل، وتترجم هذه الأحمال على شكل إجهادات داخلية في العناصر الانشائية، وهذه الاجهادات هي:

1 - إجهادات شد ( Tensile Stresses ) تقاوم بفضبان التسليح وتهمل مقاومة الخرسانة في الغالب لضئالتها مقارنة بمقاومة بالحديد.

2- إجهادات الضغط ( Compression Stresses ) وتقاوم بالخرسانة وعند الضرورة يمكن استخدام حديد الضغط بنسبة ما تسمح به الكودات المطبقة.

3 - إجهادات القص ( Shear Stresses ) وتقاوم بداية بالخرسانة ثم بالكانات وعند الحاجة بالحديد المكسوح ( Bent Bars )

4 - إجهادات اللي ( Torque Stresses ) وتقاوم بالخرسانة والكانات.



شكل 2. يبين أماكن الشد والضغط في الأعصاب باختلاف مكان المقطع

### 5. دور مكونات الخرسانة في تحمل الاجهادات

تعمل العناصر الانشائية الخرسانية على مبدأ تضافر الحديد والخرسانة في تحمل هذه الاجهادات لتشكل مكون الخرسانة المسلحة. وتزداد هذه الاجهادات نتيجة زيادة الأحمال على العناصر الانشائية الناتجة من:

- 1- زيادة الأحمال الحية والميتة على وحدة الطول من العناصر الانشائية.
- 2 - زيادة مقاطع العناصر الانشائية يزيد من الأحمال الميتة.
- 3- زيادة بحر (Span) العنصر الانشائي حيث تزداد الاجهادات بزيادة الطول ( L ) الذي له تأثيره كأحد مكونات معاملات حساب القص والعزوم.

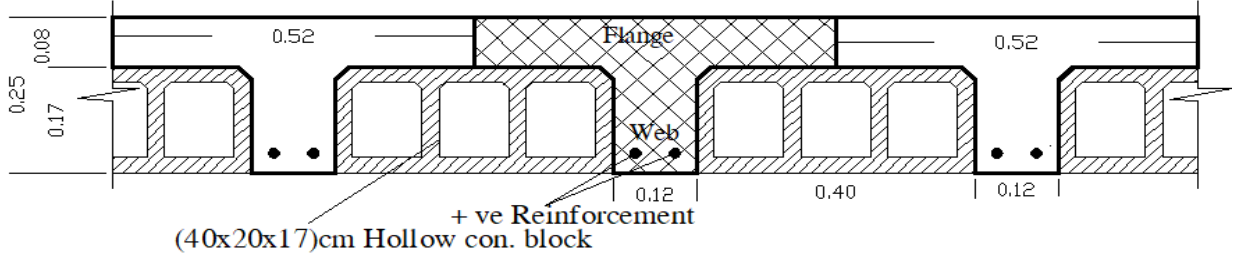
وإذا افترضنا ثبات قيمة الأحمال الحية وكذلك الميتة مثل أحمال القواطع وأحمال البلاط، من غير وزن العناصر الانشائية، فإن زيادة أبعاد العناصر الانشائية يزيد من الأحمال الميتة التي بدورها تزيد من الاجهادات. والآن لنفرض ثبات المقطع للعنصر الانشائي لنثبت تأثيره على الاحمال، بعد ذلك يبقى عندنا طول العنصر الانشائي فكلما زاد طوله زاد وزنه وزادت الأحمال الميتة والحية الناتجة من حاصل ضرب طوله في قيمة الحمل على وحدة الطول.

### 6. شكل مقطع العصب في عقدات الطوب المفرغ (Rib Shape)

تتكون عقدات الطوب المفرغ من أجزاء من الخرسانة المصمتة وما بها من تسليح لتقاوم الاجهادات داخل العصب ومن طوب مفرغ يختلف في أبعاده وتكوينه ويستخدم كمادة مالئة بين الأعصاب لخفة وزنها وعازليتها للصوت والحرارة، وبالرغم مما أدخلته التكنولوجيا الحديثة من إضافات على طوبة العقدة، مثل إضافة مادة الفلين الأبيض المضغوط (البوليسترين Polystyrene) لخفة وزنه وخصائص عزله، تبقى الطوبة المفرغة ضعيفة لتحمل الضغط وليس لها خاصية تحمل الشد لذلك لن تكون سوى مادة مالئة للحيز إضافة إلى كونها مادة عازلة.

وبالنظر إلى مقطع عرضي في أعصاب العقدة نرى المشهد الذي يتكرر والمكون من جذع العصب (Web) وشفته (Flange)

المتمثلة في الغطاء الخرساني، ونستطيع القول أن الشكل المتكرر هو مقطع ( T ). ومن الملاحظ أن عرض جذع العصب (b Web) يساوي 20% من عرض شفة العصب (B flange) إذا كان عرض العصب 10سم و 23% إذا عرض العصب 12 سم.



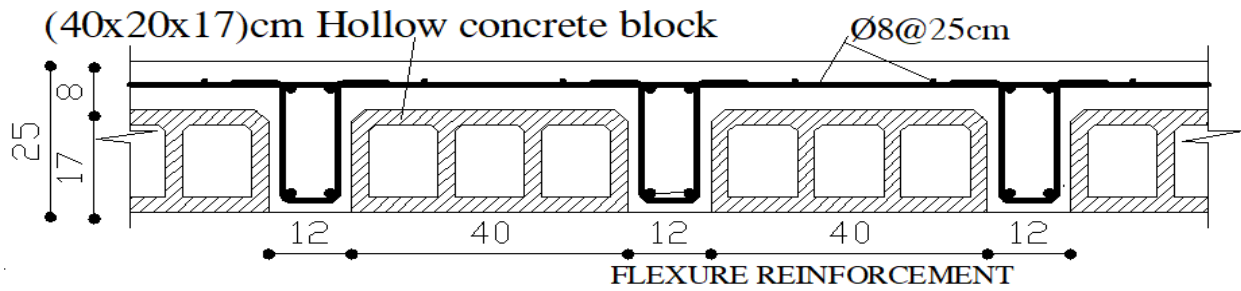
شكل 3. شكل مقطع العصب ( T ) المتكرر

7. مقارنة أبعاد بلاطة الأصباب الدارجة محليا مع متطلبات الكود الأمريكي ( ACI code ) لمقاسات مكونات بلاطة الأصباب

فيما يلي اقتباس يوضح مقاسات بلاطة الأصباب اعتمادا على الكود الأمريكي ( ACI ) ( المصدر: الهندي، محمد. ص 133 ) ومن ثم مقارنة أبعاد الطوب والعصب المستعملين محليا مع متطلبات ال ( ACI Code ) .

مقاسات وحدود التباعد بين الأصباب في البلاطات المعصية:

- في البلاطات المعصية يجب أن لا يقل عرض الأصباب عن (100mm) ولا يزيد ارتفاعها عن (3.5 b) ثلاث أمثال ونصف العرض الأدنى للعصب . ( ACI 8.11.2 )
- لا يزيد التباعد الصافي بين الأصباب عن (750mm) . ( ACI 8.11.3 )
- تصمم البلاطات التي لا تحقق الاشتراطات السابقة كبلطات وجسور منفصلة . ( ACI 8.11.4 ) .
- يجب أن لا تقل السماكة فوق البلوكات عن (1/12) مرة التباعد الصافي بين الأصباب أو عن (50mm) أيهما أكبر . ( ACI 8.11.5.2 )



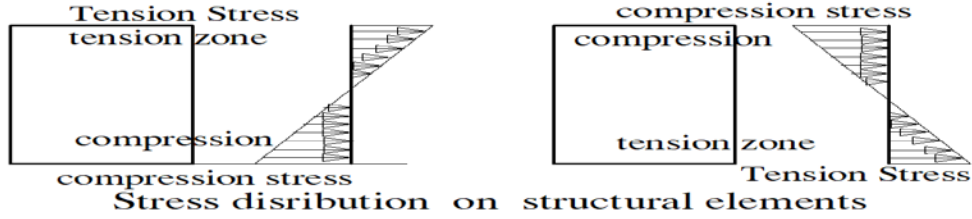
شكل 4. يظهر مدى تطابق قياس الأصباب مع متطلبات الكود الأمريكي ( ACI )

وحيث أن عرض العصب 12 سم أكبر من متطلب الحد الأدنى للكود ( ACI 8.11.2 ) وأن التباعد الصافي بين الأصباب (طول الطوبة) هو 40 سم أقل من متطلب الكود ( ACI 8.11.3 ) ، وكذلك سماكة الغطاء الخرساني 8 سم أكبر من ( مسافة التباعد بين الأصباب / 12 ) ( ACI 8.11.5.2 ) وكذلك فإن ارتفاع العصب لم يتجاوز شرط البند ( ACI 8.11.2 ) من الكود الأمريكي.

ومن هنا نستطيع القول أن بلاطة الأعصاب الموضحة في شكل رقم (3) تلبية متطلبات الكود الأمريكي (ACI).

### 8. توزيع الاجهادات على مقطع العنصر الانشائي

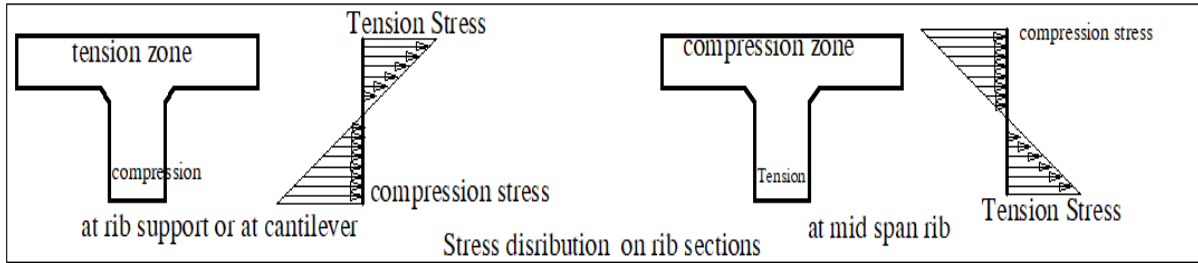
من المؤكد أن الاجهادات المعرضة لها العناصر الانشائية المكونة للعقدات من بلاطات وما فيها من أعصاب ومن جسور بشتى حالاتها يتغير فيها توزيع الاجهادات في المقطع الطولي قيمة وشكلا بين الموجب والسالب باختلاف المكان على المحور الطولي للجسر، أما في المقطع العرضي فتختلف قيمة الاجهاد في المقطع الواحد من الأعلى للأسفل حتى تكون إجهادات الشد والضغظ صفرا عند نقط الحياد التي تشكل خطا عرضيا في العنصر الانشائي ( Neutral axis )، وبشكل عام تتذبذب الاجهادات بأنواعها للأسفل وللأعلى لتشكل ما يعرف بالإجهادات الموجبة والسالبة.



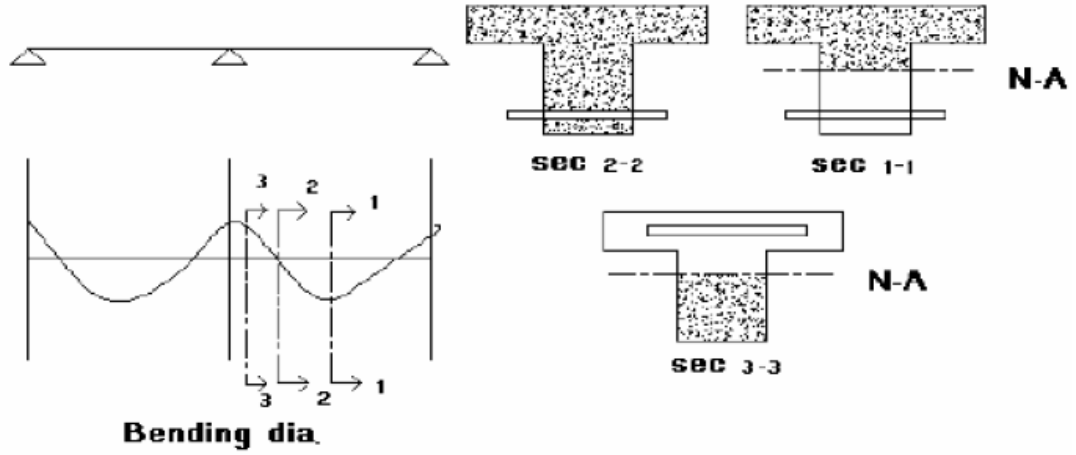
شكل 5. توزيع الاجهادات على مقطع العنصر الانشائي ( الشكل الأيمن حيث المقطع في منتصف طول الجسر والأيسر عند الركائز )

### 1.8. توزيع الاجهادات على مقطع العصب في العقدات

إذا نظرنا إلى توزيع إجهادات الشد والضغظ على مقطع العصب في منتصف أي بحر من الأعصاب سنجد أن العزم الموجب سيكون في أسفل العصب الذي يقاوم بالتسليح وبالمقابل يكون الضغظ على الجزء العلوي المكون من حوالي 52 سم بسماكة الغطاء الخرساني فوق الطوب وكلما هبطنا من أعلى قطاع العصب إلى أسفل ومن أسفل القطاع إلى أعلى نصل إلى خط في منطقة وسطية هو خط محور الحياد ( Neutral axis ) التي تصفر فيها الاجهادات. وهذا مما جعل العصب يعمل بكفاءة لوجود شفة عريضة في منطقة الضغظ.

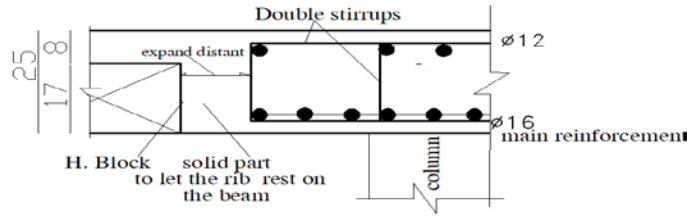


شكل 6. توزيع الاجهادات على مقطع العنصر الانشائي للأعصاب ( الشكل الأيمن المقطع في منتصف طول العصب والأيسر عند الركائز )



شكل 7. علاقة محور الحياد (Neutral Axis) مع مكان المقطع في العصب (المصدر: الهندي، محمد. ص 19)

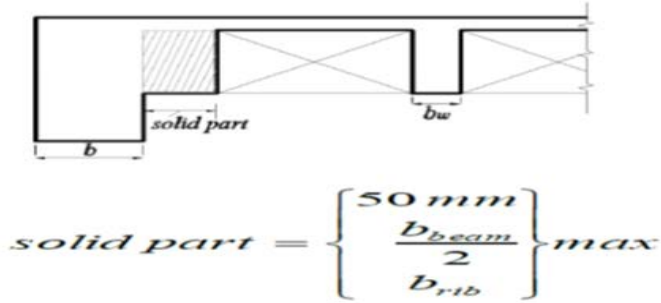
وعند الجسور التي تركز عليها الأعصاب تنقلب الاجهادات وتتغير قيمتها ليصبح إجهاد الضغط على العصب من أسفل الذي لن يستطيع لوحدة تحمل ذلك الاجهاد بدون وجود خرسانة مألثة على جانبي الجسر الحامل للأعصاب مما يتطلب زيادة في عرض الجسر، بمعنى أن خرسانة الجسر والعصب تندمجان وتعملان معا.



شكل 8. يوضح فكرة تطبيق الجزء المصمت عند ارتكاز العصب على الجسر

وبالمثل كذلك نحن بحاجة إلى جزء مصمت من الخرسانة على جوانب الجسور الخارجية حول البلاطة لزيادة مقاومة بلاطة الأعصاب للقص ويزيد من جساءة البلاطة عند نقل الأحمال إلى الجسور المحيطة كما يوضحه الشكل رقم (9).

يتم استخدام (Solid Parts) حول البلاطة المعصبة لزيادة مقاومة مقطع. البلاطة للقص ويزيد جساءة البلاطة عند نقل الأحمال بينها وبين الجسور المحاطة بها.

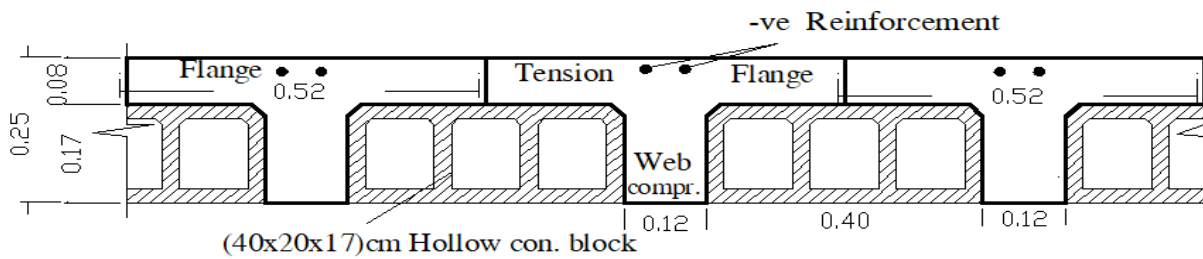


شكل 9. يوضح فكرة الجزء المصمت عند اتصال بلاطة الأعصاب مع الجسور المحيطة (المصدر: الهندي، محمد. ص 130)

أما بخصوص إجهادات القص فتكون غالبا في وسط بحر العصب صفيرية أو قريبة من الصفر معتمدة على وضع الأحمال المؤثرة فيتحمّلها العصب هناك، أما عند ارتكاز العصب على الجسور حيث قيمة القص القصوى في العصب فتتحمل خرسانة الجسر العريض دور المسعف للعصب هناك.

## 2.8. توزيع الاجهادات على العصب البارز

لدى عمل التحليل الانشائي للجزء البارز (The Cantilevered Rib and Beam) فإننا نجد أن الجسر البارز يصمم كمقطع مستطيل حيث إجهاد الشد للأعلى وإجهاد الضغط للأسفل ولا يؤخذ أي جزء من الطوب الملتصق مع الجسر في الضغط بالاعتبار، أما غطاء الطوب الخرساني العلوي فهو واقع تحت إجهاد الشد، ومن هنا فالجسر بمقطعه المستطيل يعمل لوحده. أما العصب البارز فمثله مثل الجسر يتعرض لإجهاد شد في الجزء العلوي حيث يتحمّله تسليح الحديد بينما الجزء السفلي من العصب يتحمل الضغط ولا يؤخذ أيضا الطوب الملتصق معه في اعتبار الضغط، وعلى هذا الأساس فإن العصب كما سبق بمقطع ( T ) لا يعمل هكذا لتعرض الشفة العلوية للشد ولذلك يعمل الجزء السفلي فقط بعرض الجذع ( Web b ) في الضغط.



Rib section at supports or at cantilevers

**شكل 10.** يوضح منطقة الشد والضغط في العصب عند الركائز أو في منطقة البروز

وعليه سيكون العصب بمقطع عرضه 12 سم فقط يعمل في الضغط في الجزء البارز للخارج منه وستكون قدرته على التحمل محدودة. وإذا أردنا زيادة قدرته على تحمل الضغط نتيجة زيادة الإجهادات الناتجة من زيادة البروز، مع ثبات قوة الخرسانة المميزة، سنحتاج لعصب أكبر عرضا أو أكثر ارتفاعا وهذا سيغير عرض العصب أو يغير ارتفاع العقدة بالكامل.

إذا السؤال المطروح هو كيف يمكن أن نزيد من قدرة العصب البارز على تحمل الإجهادات دون زيادة ارتفاع العقدة؟

## 3.8. بدائل زيادة قدرة العصب في تحمل الاجهادات (فكرة الحل)

والآن إذا استطعنا زيادة عرض العصب في المنطقة المعرض فيها للضغط من أسفل بدون أن تسري الزيادة على الجزء الداخلي للعصب بعيدا عن منطقة البروز (داخل البناء) نكون قد زدنا مقاومة العصب للضغط، والسؤال كيف لنا ذلك؟

يمكن ان يكون ذلك بوحدة مما يلي أو كلها:

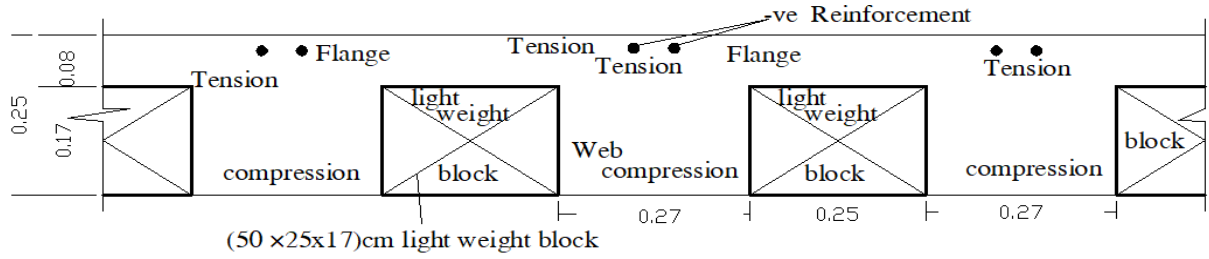
1- زيادة قوة الخرسانة المميزة ( $f_c$ ) وهذا ذو تأثير ليس بالكبير وسنكون مضطرين لتطبيق ذلك على كل العقدة لضرورة تجانس قوة الخرسانة في العقدة ولصعوبة صب خرسانة بصنفتين مختلفتين من الخلطة الخرسانية.

2- زيادة ارتفاع العقدة الكلي باستعمال طوب أكثر ارتفاعا ويكون تطبيق ذلك على كل العقدة وهو حل غير اقتصادي يتناقض مع هدف هذه الدراسة.

3- بتبديل وضعية طول وعرض طوبة العقدة على خشب الطوبار بحيث يكون طول الطوبة موازيا للعصب، بمعنى زيادة عرض العصب ليصبح عرضه حوالي 32 سم بحيث يوزع الفارق بين طول الطوبة وعرضها بمقدار 10 سم على كل من العصبين الملاصقين للطوبة. ولكن هذا الحل سيؤدي إلى امتلاء فراغ الطوبة بالخرسانة ويصبح الحل ليس عمليا، ويمكن في هذه الحالة استعمال قوالب طوب مصمت كالطوب الخفاف بمقياس يتناسب مع ارتفاع العقدة كما هو مبين بالرسم المرفق ليصبح



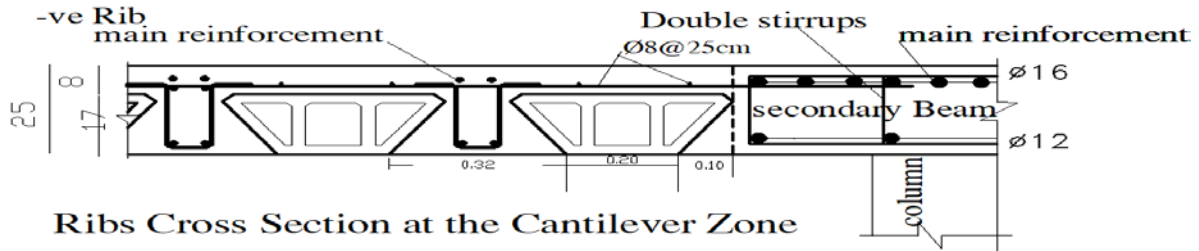
عرض العصب حوالي 27سم في منطقة الضغط إذا استعملنا طوب خفاف بعرض 25 سم. ويبقى الأمر مرهون بالمهندس المدني ليتحقق من سلامة تطبيق هذه الفكرة.



Rib section at cantilevers

شكل 11. يوضح فكرة تكبير العصب في البروز الخارجي باستعمال الطوب الخفاف بعرض 25سم

4 - تغيير شكل كتلة الطوبة من شكل متوازي المستطيلات إلى شكل أشبه ما يكون بهرم مقطوع مقلوب بحيث تكون قاعدته المستطيلة الكبيرة للأعلى والقاعدة الصغيرة للأسفل (أنظر الشكل رقم 12) وتكون واجهة الطوبة في الاتجاه العمودي على العصب على شكل شبه منحرف وذلك لتكبير عرض جذع العصب من الأسفل حيث إجهاد الضغط الأكبر على خرسانة العصب، وتبقى قضية صناعة قوالب الطوب بالشكل الموصوف في القطاع ملقاة على عاتق الصناعيين.



Ribs Cross Section at the Cantilever Zone

شكل 12. يوضح فكرة تكبير قطاعي الجسر والعصب البارزين في الجزء السفلي ضمن منطقة الضغط

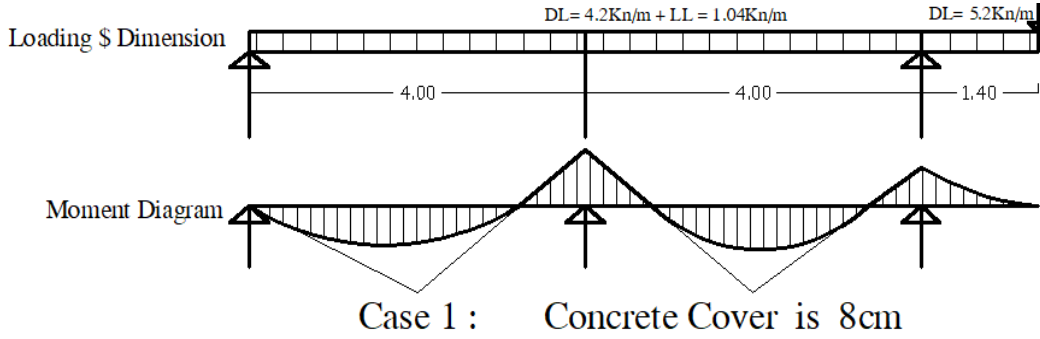
وإننا بتطبيق ما ورد في النقطتين الثالثة والرابعة نكون قد أجبنا على التساؤل المطروح في موضوع الدراسة، ويبقى بعدها الدور للمهندس الإنشائي لإجراء التصميم الإنشائي للأعصاب البارزة ويتحقق من قدرة العصب البارز على تحمل الضغط الناتج من طول البروز (The cantilever Span).

## 9. أثر زيادة عرض العصب على الهبوط (Deflection) عند نهايته

من خلال تطبيق الفكرة بزيادة عرض العصب البارز خارج واجهة البناء كما تم توضيحه في البند (3.8) أعلاه بدون تغيير المسافة بين الأعصاب وهي مسافة طول طوبة عادية من الطوب الخرساني (40سم)، مما يزيد بشكل طبيعي من قدرة العصب على تحمل الضغط. ومن المتوقع أن نتاح لنا فرصة مد العصب البارز لمسافة أطول إلى الخارج. وبقي علينا الأخذ بعين الاعتبار موضوع الهبوط الناتج من الأحمال العادية عند نهاية العصب، ولاستيضاح أثر زيادة عرض العصب، موضوع هذه

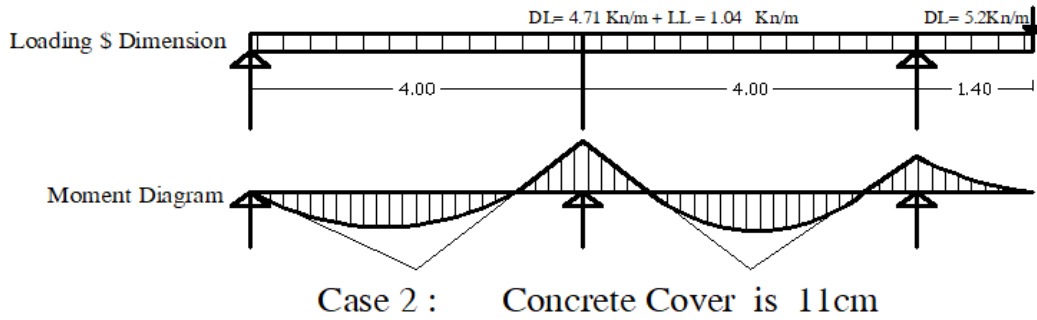
الورقة، على قيمة الهبوط عند نهاية العصب الممتد للخارج يتوجب علينا عمل مقارنة لقيمة الهبوط في الحالتين التاليتين لعرض العصب مع ثبات قيم الحمل الميت من عناصر التشطيبات بدون وزن العصب وثبات قيمة الحمل الحي وبحيث نأخذ قيمة الزيادة في وزن العصب الناتجة من زيادة عرضه من 12سم إلى 32سم وفقا للنقطة 3 من البند (3.8).

الحالة الأولى: نفترض وجود عصب بارز (Cantilever) ممتد للخارج من عقدة مكونة من بحرین طول كل بحر منهما 4م من محور الركيزة للأخرى، ويمتد العصب بمقدار 140سم من منتصف ارتكازه على الجسر الحامل له مع استخدام طوب خرساني ارتفاع 17سم بحيث يكون سمك العقدة (H) يساوي 25سم. وعند حساب الحمل الميت على العصب كان (D.L= 4.2kn/m) بينما الحمل الحي (L.L= 1.04 Kn/m).



شكل 13. يوضح حالة امتداد العصب بمسافة 1.4م من عصب مكون من بحرین مع الأحمال الواقع عليهما

الحالة الثانية: نفترض نفس المعطيات الانشائية للعقدة باستثناء تغيير عرض العصب البارز من عرض 12سم إلى 32سم وفقا لنقطة 4 من البند (3.8). وهنا تبقى قيمة الحمل الحي كما هي (L.L= 1.04 Kn/m) بينما تزداد قيمة الحمل الميت من زيادة كتلة العصب لتصبح (D.L= 4.7kn/m).



شكل 14. يوضح تغير قيمة الأحمال الميتة في الحالة الثانية بسبب تغيير عرض العصب البارز

وقد استخدم برنامج العتير ( Atir Programme ) لحساب الهبوط في الحالتين وكانت النتيجة كما يلي:

Case 1: The initial deflection is  $L/323 = 140/323 = 0.4334$  cm

The Long term deflection is  $L/255 = 140/255 = 0.54$  cm

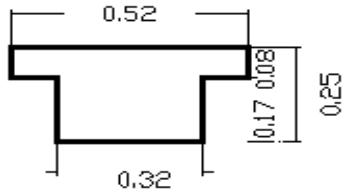
Max. elastic deflection = 3.102 mm

Case 2: The initial deflection is  $L/820 = 140/820 = 0.1707 \text{ cm}$

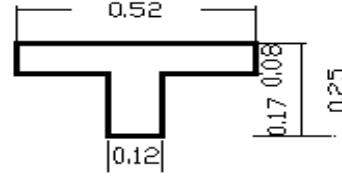
The Long term deflection is  $L/599 = 140/599 = 0.2337 \text{ cm}$

Max. elastic deflection = 1.705 mm

For case 2  $L = 1.74 \text{ m}$  gives the same deflection



Case 1 : Web of Cantilever is 32cm



Case 2 : Web is 12cm

**شكل 15.** يوضح الفارق في أبعاد عرض العصب تطبيقا لفكرة الدراسة بين الحالتين

من هنا نستخلص أن زيادة عرض العصب في حالة البروز ستزيد بشكل طبيعي من قدرة العصب على تحمل الضغوط، ومن تحليل أثر الزيادة على حالة الهبوط تبين من التحليل أن الزيادة نتج عنها هبوط أقل من الهبوط في حالة العرض الطبيعي للعصب ويمكن مد طول العصب حتى 1.74م وبنفس مقدار هبوط العصب العادي ببروز 1.40 م.

## 9. الخلاصة:

يشكل بروز العقدات خارج الجدران مشكلة إنشائية تحد من طموح المهندس المعماري بالبروز الحر بقدر الحاجة المعمارية لذلك، وفي كثير من الأحيان لا تتعدى المتر والنصف رغم أن نظام التنظيم للهيئات المحلية الفلسطينية يسمح بالبروزات التجارية، على الشوارع التي يتجاوز عرضها ال 16م ، أكثر من 1.5م رغم أن بعض البروزات على ارض الواقع تتجاوز المترين، وكان الحل المتاح عادة بزيادة ارتفاع العقدة الكلي وزيادة مقاومة الخرسانة المميزة وربما استعمال حديد ضغط بالنسبة المسموح بها.

إننا بتطبيق النقطة الرابعة من البند (3.8) نكون قد أجبنا على التساؤل المطروح في موضوع الدراسة وأمل أن نكون قد حققنا الهدف المرجو من هذه الدراسة بتكبير المنطقة المضغوطة من العصب البارز، ويبقى بعدها الدور للمهندس الانشائي لإجراء التصميم الانشائي للأعصاب البارزة ويتحقق من قدرة العصب البارز على تحمل الضغط الناتج من طول البروز ( The Cantilever Span) والتأكد من قيمة الهبوط الناتج (Deflection) ومطابقته للكودات المعتمدة. وانني أرى الحل العملي الممكن، لزيادة البروز للخارج مع ثبات قوة الخرسانة وثبات ارتفاع العقدة، يتجسد في تطبيق الحل المطروح في البند الرابع أعلاه.

وعليه فإنني أوصي بصب قوالب الطوب المفرغ بالشكل المرسوم في قوالب خاصة مصنعة لهذا الغرض، ويمكن تطبيق فكرة الحل هذه في حال استخدام الطوب الخفاف إما بصبه في قوالب خاصة تخدم الهدف أو بقصه بالشكل المطلوب في موقع العمل بأدوات القص المتوفرة، ويبقى الأمر متعلقا في المهندس المدني للتحقق من تطبيق الفكرة بأمان بسبب تغير عرض العصب بين الداخل والجزء الخارجي البارز وبسبب عدم انتظام شكل مقطع العصب.

## المراجع:

### كتب:

- الكود المصري لتنفيذ المنشآت الخرسانية -رقم 203-2007.
- جابر، كريم سيد. (2019) تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة طبقا لأحدث اشتراطات الكود المصري والأمريكي. الجزء الأول. القاهرة: دار الكتب والوثائق القومية.
- د. شحادة، سمير، و م. الاسطل، ابراهيم. ( 2017 ). تصميم المنشآت الخرسانية باستخدام الكود الأمريكي (ACI-08).
- د. طابيل، مجدي. (2011). تصميم المنشآت الخرسانية المسلحة. الجزء الأول الطبعة الثانية. القاهرة.
- Ghoneim, M., & El-Mihilmy, M. (2017). Design of Reinforced Concrete Structure, Volume 2, 2nd edition. Cairo University.
- James, K., Wight, F., Richart, J., Macgregor, P., & Honorary Member ACI D. Eng. (Hon.) (2011). Reinforced Concrete: Mechanics and Design 6th edition. U.S.A: Prentice Hall.

### مواقع الكترونية:

- م. الهندي، محمد (2013). متطلبات تصميم البلاطات الخرسانية: سلسلة دروس في التصميم والتحليل للمشاريع الخرسانية.  
Retrieved from <https://www.arab-eng.org/vb/showthread.php?t=363388>.
- Elleathy, Y (2016). Hollow Blocks (Hordi) Slab & Waffle Slab. Retrieved from.  
[http://yasserelleathy.com/downloads/Design%20RC%20Structures/Eng%20Yasser%20El%20Leathy/23-%20\(Slabs\)%20Hollow%20Blocks%20\(Hordi\)%20Slabs%20&%20waffle%20Slabs%20\(2016\).pdf](http://yasserelleathy.com/downloads/Design%20RC%20Structures/Eng%20Yasser%20El%20Leathy/23-%20(Slabs)%20Hollow%20Blocks%20(Hordi)%20Slabs%20&%20waffle%20Slabs%20(2016).pdf).