

CHAPTER 5: SUMMARY AND CONCLUSIONS

5.1 Summary

The effect of headed bar lap splices in simply supported reinforced concrete one way slabs subjected to flexure was studied in this work. Nine reinforced concrete one-way slabs of dimensions (2400 mm x 1000 mm x 120 mm) were tested to investigate the following variables:

1. Length of lap splice,
2. Confinement at the splice zone,
3. Effect of debonding of bars in the splice zone,
4. Effect of applying repeated cyclic loading on the integrity of the lap joint.

In studying the factor of lap splice length, length of lap splice was taken as 15, and 27 times the used bar diameter with headed bars, while 45 times the used bar diameter without head for the spliced bars. Also, for studying the effect of confinement at the splice zone, two transverse embedded beams, or circular spiral stirrups around spliced bars were used. For studying the effect of debonding in the splice zone, the bond between concrete and steel bars in the splice zone was eliminated by wrapping an elastic tape around the bars in this zone. Moreover, for studying the integrity of lap splice joint, two slabs with special confinement details were subjected to repeated cyclic loading.

5.2 Conclusions

From the obtained results of the tested slabs, the following conclusions were drawn. These conclusions are for the dimensions and reinforcement used in the present study:

1. The behavior and strength of ordinary slab without splice can be achieved in slabs with spliced tension reinforcement with 100% cut off ratio when the lap splice length equals to 45 times the bar diameter without headed bars, and without using any confinement at the splice zone (slab **AS-2**). This behavior can be obtained when the lap length equals to 27 times the bar diameter with headed bars, and without using any confinement at the splice zone (slab **AS-7**), or when the lap length equals to 15 times the bar diameter with headed bars, and confinement at splice zone was provided (slabs **AS-5**, **AS-6**, **AS-8**, and **AS-9**). According to the present study, the best performance (concerning ultimate strength and ductility) for spliced slabs was obtained when using the headed bars with lap length equal 15 times the bar diameter with confinement at in the splice zone.
2. In spliced slabs with headed bars (**AS-5**, **AS-6**, **AS-8**, and **AS-9**) with the lap splice length 15 times bar diameter, 100% cut off ratio, and provided with confinement in the spliced zone, the mode of failure changed from brittle (bottom split) to flexural failure when these slabs were compared with the slab without confinement in the lap zone and had the same lap splice length (**AS-3**), and showed the same mode of failure of the reference slab.

3. All slabs with headed bars and confinement in the splice zone (**AS-5**, **AS-6**, **AS-8**, and **AS-9**) showed larger values of deflection at ultimate load when compared to the reference slab. The maximum values of deflection at ultimate loads ranged from 3.6, 2.4, 3.2, and 3.8 times that of the reference slab, respectively. In general, higher values of maximum deflection at ultimate loads were recorded for slabs provided with confinement at spliced zone.
4. The use of headed bars of lap splice with 100% cut off ratio, with lap length 27 times bar diameter (i.e. 1.8 times the length recommended by ACI 318-14), and without any confinement (**AS-7**) resulted in a ductile flexural failure with an increase in the ultimate load by only 9% compared with the unspliced slab. The maximum deflection at failure load of spliced slab was higher by 217% than that of unspliced slab.
5. The use of lap splice with 100% cut off ratio, with lap length equals to 45 times bar diameter (i.e. close to the length recommended by Egyptian code ECP 203-2007), and without headed bars in the lap zone (**AS-2**) resulted in a ductile flexural failure with the same ultimate load of the unspliced slab. The maximum deflection at failure load of such spliced slab was close to that of unspliced slab. Generally, this slab showed identical behavior to that of the unspliced slab. The failure was ductile and tension reinforcement steel reached yield.
6. According to strain gauge readings, longitudinal steel in tested slabs (**AS-1**, **AS-2**, **AS-6**, **AS-8**, and **AS-9**) reached yield before failure. The value of strain energy for the tested slabs **AS-2**, **AS-6**, **AS-8**, and **AS-9** were 82%, 294%, 435%, and 482%, of that of slab **AS-1** respectively. The maximum value was obtained from (slab **AS-9**) with 100% cut off ratio, with length 15 times bar diameter and with confinement in the lap splice zone.
7. For the same value of the lap splice length ($15d_b$), slab (**AS-3**), without confinement at the splice zone, and 100% cut off ratio, showed a reduction in ductility, ultimate load capacity, with a change of the mode of failure from ductile flexural failure to brittle (bottom split) one. Using confinement in this spliced slabs improved the behavior of such slabs.
8. Debonding of the lapped headed bars resulted in a fewer number of surface cracks but with larger width compared with the similar bonded specimen. Also, the debonding resulted in a loss of ductility. The overall capacity was reduced due to the loss of a bond contribution, with a reduction of the ultimate load by 27% compared with the unspliced slab. The maximum deflection at failure load for debonding specimen was less than that of unspliced specimen. Generally, this specimen showed less ductility than that of the unspliced specimen. The failure was brittle and tension reinforcement steel did not yield.
9. Applying repeated cyclic loading on slab **AS-8** confined with embedded beams around the bar heads as the same details for slab **AS-5**, and on slab **AS-9** confined with circular spiral stirrups around spliced bars similar to slab **AS-6**, showed that the lap splice is stable and the integrity of the joint was preserved. All slabs had the same lap splice length ($15 d_b = 150$ mm) with headed bars. Generally, both specimens **AS-8** and **AS-9** were able to dissipate energy, exhibited good ductility, and showed almost stable hysteric loops.

Therefore, it is recommended that bars spliced by contact lap splices in one way slabs shall be allowed when: using headed bars with lap splice length equal to 27 times the bar diameter without any confinement in lap zone, and 100% cut off

ratio. As a second option, the lap splice length equal to 15 times the bar diameter when confinement is employed in the lap zone, and 100% cut off ratio can be used.

5.3 Suggestions for Further Research

On the basis of the results obtained in the course of the present investigation, the following are suggestions for future research:

1. Study the behavior of spliced headed bars in compression members.
2. Study the behavior of non-contact spliced headed bars.
3. Study the effect of side cover and thickness of head for spliced headed bars in reinforced concrete slabs subjected to bending.
4. Develop a theoretical finite element model of lap splice with headed bars.

REFERENCES

- 1) Abdel-Kareem, A. H., Abousafa, H., El-Hadidi, O.S., “Effect of Transverse Reinforcement on the Behavior of Tension Lap Splice in High-Strength Reinforced Concrete Beams,” International Journal of Civil, Architectural Science and Engineering Vol:7 Na:12, 2013
- 2) ACI Committee 318, “Building Code Requirements for Structural Concrete (ACI 318-14) and Commentary,” American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2014.
- 3) Bashandy, T.R., “Application of Headed Bars in Concrete Members,” PhD Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, Texas, December 1996.
- 4) Chun SC, and Lee JG. “Anchorage strengths of lap splices anchored by high-strength headed bars,” March 10-14, 2013. Toledo, Spain.
- 5) Chun, S. C., and Kim, D. Y., “Evaluation of Mechanical Anchorage of Reinforcement by Exterior Beam-Column Joint Experiments,” Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada, 2004. Paper No. 0326.
- 6) Chun, S. C., Oh, B., Lee, S. H. and Naito, C. J., “Anchorage Strength and Behavior of Headed Bars in Exterior Beam-Column Joints,” ACI Structural Journal, V. 106, No. 5, September-October 2009, pp. 579-590.
- 7) CSA A23.3-04, “Design of Concrete Structures,” Canadian Standards Association, December 2004.
- 8) DeVries, R.A., “Anchorage of Headed Reinforcement in Concrete,” PhD Dissertation, The University of Texas at Austin, Austin, Texas, December 1996.
- 9) ECP 203-2007, “Egyptian Code for Design and Construction of Reinforced Concrete Structures,” Egyptian code, 2007.
- 10) Eurocode 2 EN 1992-1-1:2004: E, “Design of concrete structures-Part 1: General rules and rules for buildings,” European Standard, European Committee for Standardization, December 2004.
- 11) Ferguson, P. M.; and Breen, J. E., “Lapped spliced for high Strength Reinforcing Bars”, ACI Structural Journal, Proceedings Vol. 62, No. 9, Detroit, Michigan, September 1965.
- 12) Goto, Y., “Cracks Formed in Concrete Around Deformed Tension Bars”, ACI Journal, Title No.68-26, pp. 244-251, April, 1971.
- 13) Hamad, B. S.; and Mike, J. A., “Experimental Investigation of Bond Strength of Hot-Dip Galvanized Reinforcement in Normal- and High-Strength Concrete“, ACI Structural Journal, Proceedings Vol. 100, No. 4, Detroit, Michigan, July 2003.

- 14) Hamad, B.S. and Mansour, M.Y., "Bond Strength of Noncontact Tension Lap Splices," ACI Structural Journal, Proceedings Vol. 93, No. 3, Detroit, Michigan, May-June 1996.
- 15) Haroun, M., Pardoen, G., Bhatia, H., Shahi, S., and Kazanjy, R., "Structural Behavior of Repaired Pier Walls," ACI Structural Journal, V. 97, No. 2, March-April 2000, pp. 259-267.
- 16) Kang TH-K, Kim W, Shin M, "Cyclic testing for seismic design guide of beam-column joints with closely-spaced headed bars," Journal Earthquake Engineering, 16:211-230, 2012.
- 17) Ledesma, A.L., "Development of Lap Splices Using Headed Reinforcement," Master's Thesis, The University of Texas at Austin, Austin, Texas, May 2000.
- 18) Li, L., Ma, Z., M, E., and Oesterle, R. G. "Improved Longitudinal Joint Details in Decked Bulb Tees for Accelerated Bridge Construction: concept Development." Journal of Bridge Engineering May 2010, Vol.15, No.3, pp.327-336.
- 19) Seo, S. Y., Yoon, S. J., and Lee, W. J. "Structural Behavior of R/C Deep Beams with Headed Longitudinal Reinforcements," Proceedings of 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, BC, Canada, 2004. Paper No. 58.
- 20) Stoker, J.R., Boulware, R.L., Crozier, W.F., and Swirsky, R.A., "Anchorage Devices for Large Diameter Reinforcing Bars," Caltrans Report CA-DOT-TL-6626-1-73-30, California Department of Transportation, Sacramento, California, September 1974.
- 21) Tarabia, A.M., Shoukry, M.S., and Diab, M.A., "Improving the behavior of reinforced concrete beams with lap splice reinforcement," Challenges, Opportunities and Solutions in Structural Engineering and Construction – Ghafoori (ed.) © 2010 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-56809-8.
- 22) Thompson, M. K. (2002), "The anchorage behavior of headed reinforcement in CCT nodes and lap splices", PhD dissertation, The University of Texas, Austin, Tex., U.S.A.
- 23) Thompson, M. K., Jirsa, J. O., Breen, J. E., and Klingner, R. E., "Anchorage Behavior of Headed Reinforcement: Literature Review," Center for Transportation Research Report 1855-1, Austin, Texas, May 2002.
- 24) Thompson, M. K., Ledesma, A. L., Jirsa, J. O., Breen, J. E., and Klingner, R. E., "Anchorage of Headed Reinforcement in Lap Splices," Center for Transportation Research Report 1855-3, Austin, Texas, May 2002.
- 25) Thompson, M. K., Young, M. J., Jirsa, J. O., Breen, J. E., and Klingner, R. E., "Anchorage of Headed Reinforcement in CCT Nodes," Center for Transportation Research Report 1855-2, Austin, Texas, May 2002.
- 26) 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, V. 102, No. 6, Nov.-Dec. 2005, pp. 808-815.

- 27) Thompson, M. K., Ziehl, M. J., Jirsa, J. O., and Breen, J. E., "CCT Nodes Anchored by Headed Bars— Part 2: Capacity of Nodes," ACI Structural Journal, V. 103, Jan-Feb 2006, Title no. 103-S08.
- 28) Yassin, A. M., "Behavior of Reinforced Concrete Wide Beams Provided With Lap Splices Using Headed Bars ," M.Sc. thesis, Faculty of Engineering, Alexandria University, Alexandria, Egypt, February 2013.

ملخص الرسالة

تستخدم وصلات صلب التسليح في المنشآت الخرسانية عادة نتيجة محدودية أطوال أسياخ التسليح المنتجة , و تستخدم الوصلات في التنفيذ لتحقيق استمرارية صلب التسليح طبقا لمتطلبات التصميم , ويوجد العديد من أنواع الوصلات لصلب التسليح منها وصلات التراكب و الوصلات الميكانيكية و وصلات اللحام واستخدام وصلات صلب التسليح بالتراكب أو وصلات صلب التسليح للأسياخ ذات جنش في نهايتها في المنشآت الخرسانية قد تسبب الكثير من المشاكل أثناء تنفيذها بسبب أنها تتطلب طول وصلة طويل نسبيا مقارنة بأنواع الوصلات الأخرى و الإشتراطات اللازمة لإستخدام وصلات صلب التسليح بالتراكب أو وصلات صلب التسليح للأسياخ ذات جنش في نهايتها قد تكون غير مناسبة لأبعاد القطاع المستخدم و طول وصلات صلب التسليح للأسياخ ذات جنش في نهايتها أصغر من طول وصلات صلب التسليح بالتراكب لكن في بعض الحالات شكل و طول الجنش المستخدم يكون غير مناسب لأبعاد العضو الخرساني مما يسبب تراحم لأسياخ التسليح و يؤدي لصعوبة تنفيذه . في حين أن الوصلات الميكانيكية تعطي طول وصلة صغير و لكنها تتطلب اشتراطات خاصة و انتباه حذر لتجنب الأخطاء اثناء التنفيذ أو في مرحلة التحميل. الأسياخ ذات الرؤوس هي نوع من صلب التسليح غير شائع الاستخدام في العالم العربي و طول وصلات صلب التسليح للأسياخ ذات الرؤوس أقل من طول وصلات صلب التسليح للأسياخ ذات جنش في نهايتها أو بدون جنش و ذلك بسبب أن القوة في سيخ التسليح تنتقل الي الخرسانة المسلحة عن طريق قوة الإرتكاز على الرأس للأسياخ ذات الرؤوس مضافا إليها قوى التماسك على طول السيخ والكود المصري ECP 203-2007 والكود الأوروبي Eurocode 2-2004 لم يذكر هذا النوع من الأسياخ في إشتراطاتهم بينما الكود الأمريكي ACI 318-14 والكود الكندي Canadian Standards CSA A23.3-04 ذكر هذا النوع من الوصلات في إشتراطاتهم و وضعوا بعض الشروط الخاصة لإستخدامها، كما تم تحديد طول الوصلة في هذه الحالة من الكود الأمريكي ACI 318-14.

أوضحت الدراسات السابقة بأنه تزداد قدرة التحمل للسيخ الموصول بزيادة الغطاء الخرساني الجانبي، و أن تأثير وجود صلب التسليح العرضي يحسن من قيمة إجهاد الإرتكاز للخرسانة أسفل الرأس و يزيد من قيمة الحمل الأقصى كما أوضحت التجارب السابقة أيضا أن شكل الرأس سواء كان مربعا أو مستطيلا أو دائريا ليس له تأثير على قدرة تحمل السيخ.

تهدف الرسالة إلى دراسة سلوك وصلات صلب التسليح للأسياخ ذات الرؤوس في منطقة شد الانحناء في البلاطات الخرسانية المسلحة في اتجاه واحد من حيث دراسة طول الوصلة و دراسة تأثير الكمرات المدفونة عند منطقة الوصلة وكذلك الكانات الحلزونية الملفوفة حول الوصلة على سلوك البلاطات المسلحة في اتجاه واحد و المعرضة للانحناء و دراسة مدى كفاءة الرؤوس عند إلغاء التماسك بين الحديد الموصول والخرسانة في منطقة الوصلة و تأثيرها على سلوك البلاطات بالإضافة الى دراسة تأثير التحميل الدوري المتكرر على البلاطات التي تم استخدام الكمرات المدفونة والكانات الحلزونية في منطقة الوصلة وقد تضمن البرنامج المعملّي إجراء تجارب معملية على عدد تسعة بلاطات بسيطة الارتكاز في معمل الخرسانة المسلحة بكلية الهندسة، جامعة الاسكندرية لدراسة المتغيرات السابقة. وتشتمل الرسالة على الأبواب التالية:

الباب الأول:

يعرض هذا الباب أهم النقاط التي تم دراستها في هذه الرسالة، مع توضيح ما تم عرضه في كل باب.

الباب الثاني:

يشتمل هذا الباب على تجميع و مناقشة للمفاهيم و التعريفات المختلفة لوصلات التراكب التقليدية وكذلك الخاصة بالأسياخ ذات الرؤوس و ميكانيكية عمل هذا النوع في وصلات التراكب و يحتوي هذا الباب على دراسة تجميعية لإشتراطات بعض الأكواد حول كيفية حساب طول التماسك و طول الوصلة التراكبية للأسياخ التقليدية والأسياخ ذات الرؤوس كما يحتوي هذا الباب على تجميع و تحليل و مناقشة الدراسات والأبحاث السابقة و المتاحة الخاصة بهذه الانواع من الأسياخ في العناصر الخرسانية و العوامل المؤثرة على كفاءة العناصر و سلوكها تحت تأثير حالات التحميل المختلفة.

الباب الثالث:

يحتوي هذا الباب على تفاصيل البرنامج المعملّي من خواص المواد المستخدمة و نتائج الإختبارات التي أجريت على صلب التسليح و الإختبارات التي أجريت على طريقة تثبيت السيخ بالرأس لإعداد السيخ المطلوب و نسب مكونات الخلطة الخرسانية

المستخدمة، و البرنامج المعملّي المستخدم حيث تم إختبار تسعة بلاطات معرضة للإنحناء و كانت أبعاد البلاطة 2400 × 1000 مم. و إشتمل البرنامج العملي على أربع متغيرات هي:

- 1- طول الوصلة بالترابك (15، 27 مرة قطر السيخ بالرؤوس وكذلك 45 مرة قطر السيخ بدون رؤوس).
 - 2- إستعمال تسليح خاص في منطقة الوصلة (عدد 2 كمرّة مدفونة عمودية على اماكن الوصلة، أو إستخدام كانات حلزونية تركب حول كل وصلات الترابك).
 - 3- تأثير إلغاء التماسك بين الصلب الموصول والخرسانة في منطقة الوصلة.
 - 4- مدى كفاءة البلاطات ذات التسليح الخاص في منطقة الوصل عند تعرضها لحمل دوري متكرر.
- كما يحتوي هذا الباب على وصف لطريقة الصب ، و المعالجة ، و الإختبار ، و التحميل ، و طرق قياس الترخيم والإنفعال .

الباب الرابع:

يشتمل هذا الباب على نتائج الإختبارات المعملية التي أجريت على تسعة بلاطات و تم رسم علاقات بين الحمل و الترخيم ، و تم دراسة تأثير المتغيرات المختلفة على حمل التشريح، و حمل الإنهيار، و الطاقة الممتصة حتى الإنهيار، و الإنفعال في صلب التسليح، كما تم تحليل النتائج ومناقشة أسباب حدوثها.

الباب الخامس:

- يشتمل هذا الباب على العديد من الإستنتاجات و التي يمكن ذكر بعضها من واقع الدراسة السابقة و البلاطات المختبرة فيما يلي:
- 1- سلوك البلاطات الخرسانية المسلحة في إتجاه واحد والغير موصولة يمكن تحقيقه في البلاطات الموصولة بنسبة قطع 100% عند إستخدام طول وصلة (27 مرة قطر السيخ بأسيخ ذات الرؤوس) بدون تسليح خاص في منطقة الوصلة أو باستخدام طول وصلة (45 مرة قطر السيخ بدون رؤوس) وبدون تسليح خاص في المنطقة الموصولة ، و كذلك البلاطات الموصولة بنسبة قطع 100% عند استخدام طول وصلة (15 مرة قطر السيخ بأسيخ ذات الرؤوس) مع إستخدام تسليح خاص في منطقة الوصلة (2 كمرّة مدفونة على جانبي الوصلة ، أو باستخدام كانات حلزونية تركب حول كل وصلة).
 - 2- البلاطة الموصولة بطول يساوي 15 قطر سيخ التسليح بأسيخ ذات الرؤوس و بدون إستخدام تسليح خاص في منطقة الوصلة، يحدث بها إنخفاض في الممتولية، و حمل الإنهيار، و يتغير شكل الإنهيار من إنهيار إنحناء مطيل إلى إنهيار قصف .
 - 3- البلاطات الموصولة بطول يساوي 15 قطر سيخ التسليح بأسيخ ذات الرؤوس و نسبة التسليح المتوقع 100% ومع إستخدام تسليح خاص في منطقة الوصلة، يتغير شكل الإنهيار فيها من إنهيار قصف إلى إنهيار إنحناء مطيل مقارنة بالبلاطات التي ليس بها تسليح خاص في منطقة الوصلة.
 - 4- البلاطة الموصولة بطول (15 مرة قطر سيخ التسليح بأسيخ ذات الرؤوس والتي تم إلغاء التماسك بها بين الخرسانة والأسياخ باستثناء الرؤوس) و بدون إستخدام تسليح خاص في منطقة الوصلة و بنسبة تسليح متوقف 100% كانت أقل في عدد الشروخ وشروخها أكثر اتساعا مقارنة بالعينة الموجود بها تماسك بين الخرسانة والأسياخ وكذلك أقل قدرة في تبديد الطاقة نتيجة لمنع مساهمة الاسياخ في نقل الإجهادات عبر الخرسانة المحيطة بالوصلات إلا عن طريق الرؤوس . بالإضافة لذلك كانت أقل ممتولية و الإنهيار كان إنهيار قصف .
 - 5- البلاطات الموصولة بنسبة قطع 100% عند استخدام طول وصلة (15 مرة قطر السيخ بأسيخ ذات الرؤوس) مع استخدام تسليح خاص في منطقة الوصلة (2 كمرّة مدفونة على جانبي الوصلة ، أو باستخدام كانات حلزونية ملفوفة حول الوصلة) والتحميل كان بصورة دورية بمعنى تحميل متكرر كانت نتائجها جيدة وأعطت ترخيم عالي (انحناء مطيل) وكذلك امتصاصها للطاقة حتى الانهيار كان بصورة عالية والتسليح وصل الى درجة الخضوع قبل الانهيار.

كما يحتوي هذا الباب علي بعض الإقتراحات للأبحاث المستقبلية في هذا المجال.



جامعة الإسكندرية
كلية الهندسة

سلوك البلاطات الخرسانية المسلحة باستخدام اسياخ ذات رؤوس
في وصلات التراكب

رسالة علمية

مقدمة إلي الدراسات العليا بكلية الهندسة – جامعة الإسكندرية
استيفاء للدراسات المقررة للحصول علي درجة

الماجستير في العلوم الهندسية

في

الهندسة الإنشائية

مقدمة من

أحمد علي أحمد أبودينة

2015



سلوك البلاطات الخرسانية المسلحة باستخدام أسياخ ذات رؤوس
في وصلات التراكب

مقدمة من

المهندس / أحمد علي أحمد أبودينة

للحصول على درجة

الماجستير في العلوم الهندسية

في

الهندسة الإنشائية

موافقون

.....

.....

.....

لجنة المناقشة والحكم على الرسالة:

الأستاذ الدكتور / محي الدين صلاح شكري

أستاذ المنشآت و الكباري الخرسانية

قسم الهندسة الإنشائية

كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

الأستاذ الدكتور / مجدي السيد قاسم

أستاذ المنشآت الخرسانية المسلحة

قسم الهندسة الإنشائية

كلية الهندسة - جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور / سعيد محمد علام

أستاذ المنشآت الخرسانية المسلحة

قسم الهندسة الإنشائية

كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

وكيل الكلية للدراسات العليا والبحوث

كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

لجنة الاشراف :

.....
الأستاذ الدكتور/ محي الدين صلاح شكري
أستاذ المنشآت و الكباري الخرسانية
قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

.....
الأستاذ الدكتور/ زكي ابراهيم محمود
استاذ مساعد
قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية

.....
الدكتور/ أحمد مختار طرايبية
مدرس
قسم الهندسة الإنشائية
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية