مجلة جامعة الملك عبد العزيز : العلوم الهندسية ، م٢ ص ص ٢٧ - ٣٥ (١٤١٠هـ / ١٩٩٠م)

أساسات المباني على القطع الصخري
دراسة حقلية

محمد نور ياسين فطاني و فيصل فؤاد وفا
قسم الهندسة المدنية ، كلية الهندسة ، جامعة الملك عبد العزيز ،
جدة ، المملكة العربية السعودية

تدور هذه الورقة حول سلامة منشأ شيد على قطع صخري انهارت الطبقة الترابية الرقيقة الموجودة فوق الطبقة الصخرية من تحت بعض قواعده مسببة انكشاف تلك القواعد مما أثار الشكوك في سلامة المنشأ وأدى إلى خلاف بين المالك والمقاول .

يهدف هذا البحث إلى تعريف المهندسين بإحدى مشاكل الأساسات على القطع الصخري وطريقة علاجها وسبل تجنبها قبل حدوثها .

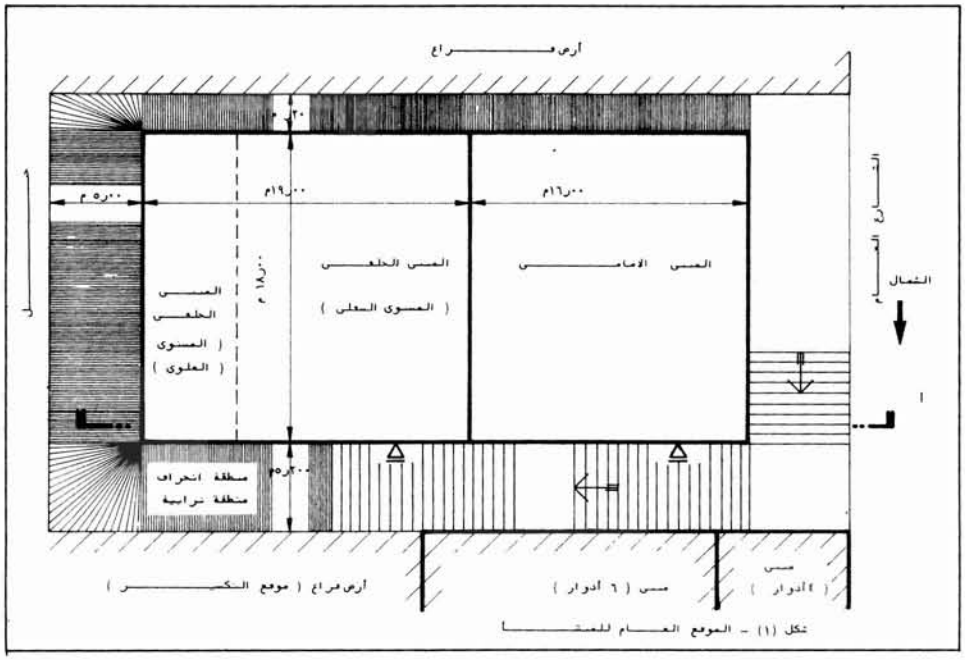
مقدمة

تنفذ سنويًا في مختلف أرجاء المملكة مشاريع إنشائية تقدر قيمتها ببلايين الريالات . ومن الأهمية عند تنفيذ تلك المشاريع مراعاة التصميم الصحيح والتنفيذ والإشراف الدقيقين ، مع الأخذ في الاعتبار الظروف المحيطة بالمنشأ لتجنب حدوث مخالفات في التصميم أو الإشراف أو التنفيذ ، ينتج عنها قضايا قانونية وفنية يستغرق حلها زمناً طويلاً ومسببة خسائر مادية ومعنوية كبيرة .

تُناقش الورقة خلافاً بين مالك ومقاول حول سلامة أساسات منشأ متعدد الأدوار بُنى على قطع صخري في مكة المكرمة . ونظراً لأهمية المبنى قام فريق من الباحثين بتحري سلامة الأساسات التي هى حلقة الوصل بين المنشأ وأرضية تأسيس المنشأ . يهدف هذا البحث إلى تعريف المهندسين بإحدى مشاكل الأساسات على القطع الصخري وطريقة علاجها وسبل تجنبها قبل حدوثها .

الوصـــف العـــام

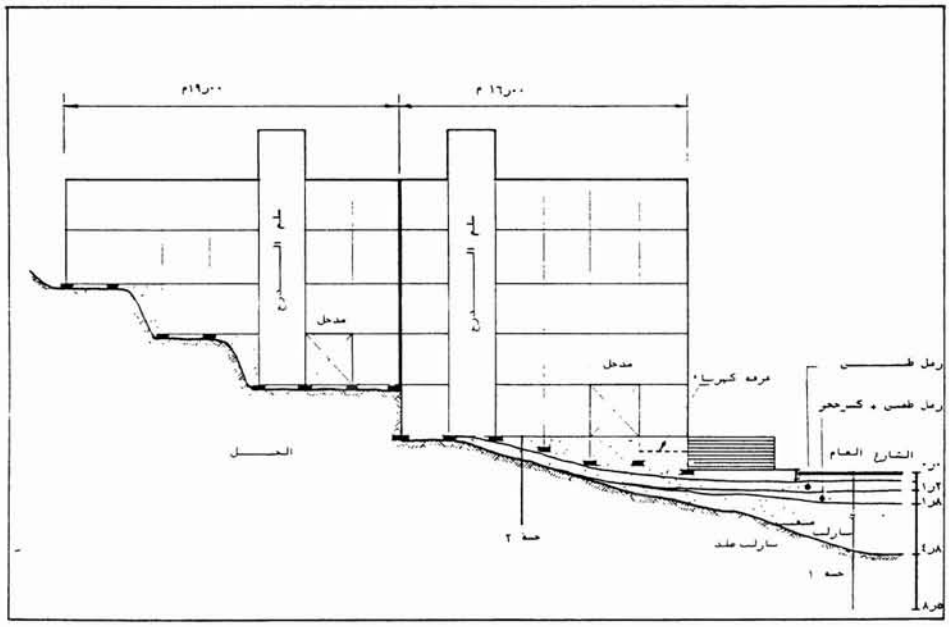
يقع المنشأ المكوَّن من مبنيين منفصلين في منطقة أجياد بمكة المكرمة . يتكون المبنى الخلفي من مستويين مختلفين ، المستوى السفلي يتكون من ثلاثة أدوار والمستوى العلوي يتكون من دورين لانحدار الموقع الحاد في تلك المنطقة . يتكون المبنى الأمامي من خمسة أدوار ، بالإضافة إلى غرفة كهرباء للتيار العالي على مستوى الشارع (الشكلان ١ ، ٢) .



شكل (١) : المـــوقع العـــام للمنشـــأ

شُيد هيكل المنشأ من الخرسانة المسلحة المصبوبة في الموقع ، وتم تلييسها باللياسة العادية . دُهنت الحوائط بالدهان البلاستيكي . وصُنعت النوافذ من الألومنيوم الأبيض والزجاج ، أما الأبواب الداخلية فصُنعت من الخشب . يتكـون الكسـاء الخارجي من طرطشة عادية مع كساء بالحجر الجيري للأجزاء الواقعة بين النوافذ للتناسق المعماري .

يقع المبنى على منحدر جبلي من صخر البازلت في المنطقة الخلفية من الموقع ، وصممت الأساسات



شكل (٢) : مقـــطع طولي للمبنى أ - أ

ونفذت على هيئة قواعد سطحية منفصلة وعمق التأسيس حوالي ٢م في الجزء الأمامي من المبنى الأمامي ، في حين نفذت القواعد على سطح صخر « البازلت » مباشرة في المناطق العلوية .

المشـــــكلة

قام الجار بحفر الطبقات الصخرية وإزالتها ، لتخفيض موقعه وتسويته دون مستوى أساسات المنشأ موضوع الدراسة ، مما أدى إلى انجراف الطبقة الترابية الموجودة فوق الطبقة الصخرية بالمبنى الخلفي . نتج عن ذلك انكشاف بعض القواعد ، وظهور تجويف تحت بعضها مما أثار الشك في سلامة المنشأ (شكل ٣) .

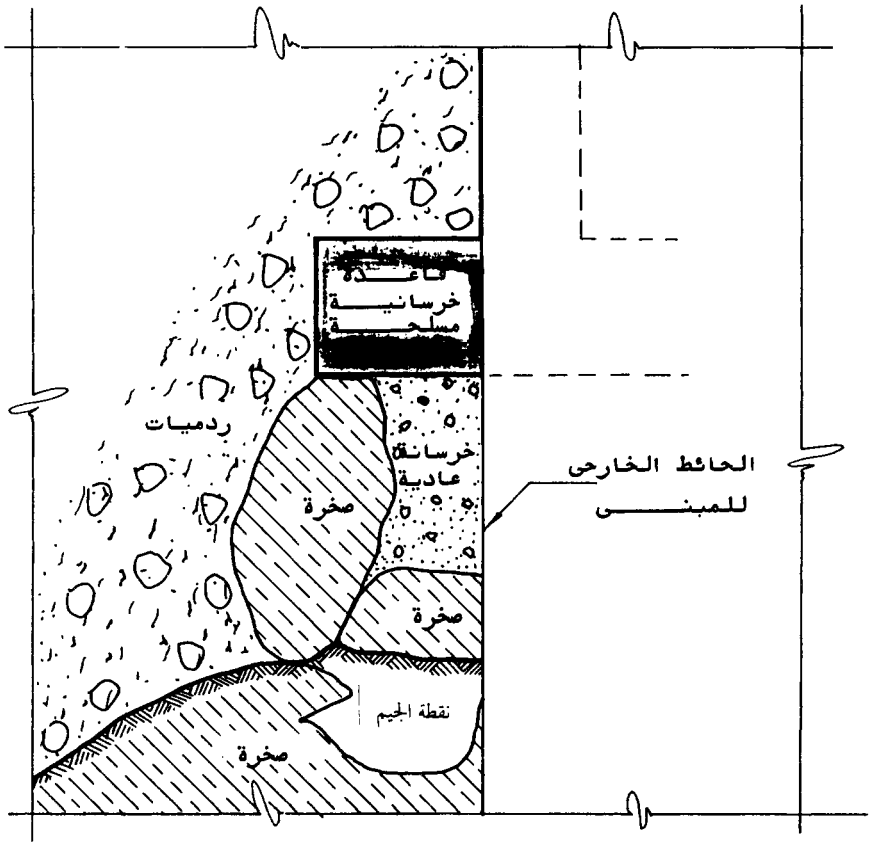
خطـــة العمـــل

وضع الفريق البحثي خطة عمل يتم من خلالها اقتراح الحلول المناسبة شملت التالي :

أ - التعرف على المشكلة .

ب - الدراسة والتحليل .

جـ - اقتراح الحلول المناسبة .



شكل (٣) : مقطع عرضي لقاعدة مؤسسة على كتل صخرية وأتربة

التعرف على المشكلة

تمت مراجعة المخططات والمواصفات الخاصة بالمشروع ، ووجد أن القواعد صممت لتنفذ على تربة بمقاومة لاتقل عن ٢ كجم/سم^{٢} وليست على قطاع صخري . كما تمت مراجعة تقرير التربة . وتبين ، من خلال جستين (حفرتي استكشاف) ، كما في الشكل (٢) ، أن التربة في الموقع تتكون من طبقات الرمل الطميي المحتوي على كسر الحجر في الجسة الأولى ، ثم طبقة « بازلت » متفتت بعدها طبقة « بازلت » صلدة حتى نهاية عمق الحفرة والذي بلغ ٨,٥٠ م . أما الجسة الثانية فإنها تظهر طبقة الرمل تليها مباشرة طبقة « البازلت » الصلدة مستمرة حتى نهاية حفرة الاستكشاف على عمق ٤,٨٠ م . ويظهر صخر البازلت على السطح في المنطقة الخلفية للموقع مع وجود طبقة ترابية رقيقة على سطح الصخر .

وتم تقسيم القواعد بصورة عامة حسب تأسيسها كمايلي :

المجموعة الأولى : قواعد على صخر عالي المقاومة .

المجموعة الثانية : قواعد مؤسسة على تربة حبيبية ذات سماكة مختلفة وتحتها طبقة صخرية صلدة .

المجموعة الثالثة : قواعد مؤسس جزء منها على صخر والجزء الآخر إما على ردم وإما على كتل صخرية تحتها ردم تسهل إزالته .

تمت مراجعة المخططات الإنشائية ، ووجد أنها صحيحة وأن القواعد صممت على أساس أن تحمل التربة هو ٢ كجم/سم^{٢} . علماً بأن صخور البازلت في الموقع يتراوح تحملها من ٢٠ إلى ٣٠ كجم/سم^{٢} . كما أن عينات القلوب الخرسانية التي أخذت من مختلف أجزاء المبنى أعطت نتائج مرضية[١] .

قام الفريق بمعاينة بعض التشققات الشعرية الموجودة في المبنى الخلفي ، ووجد أنها محصورة بطبقة اللياسة . ويقل عرض تلك التشققات عن ١ مم ، وتم وضع عجينة جبسية فوق بعض التشققات وبعد مراقبتها لفترة زمنية تأكد أنها تشققات مستقرة[٢] .

تم تحميل الطابقين العلويين والسطح للمستوى العلوي للمبنى الخلفي من قبل المالك والمقاول بأكياس أسمنت بحيث تعطي حملاً يعادل الحمل الحي التصميمي ٣٠٠ كجم/م^{٢} . وبعد مرور خمسة شهور ، وجد أن المبنى مستقر تحت الأحمال الموضوعة عليه[١] ولم تتسع التشققات الموجودة ولم تظهر أية تشققات جديدة .

الدراسة والتحليل

بعد دراسة المشكلة من جميع جوانبها ، يمكن تقسيم العوامل المسببة لها إلى ثلاث مجموعات[٣-٥] :

المجموعة الأولى : التصميم

المجموعة الثانية : التنفيذ

المجموعة الثالثة : الإشراف

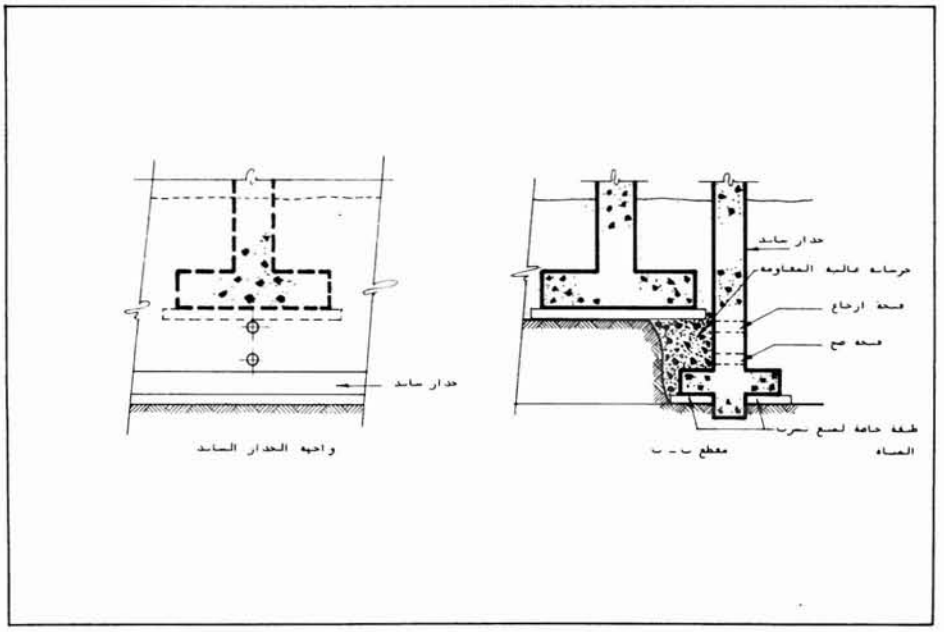
فالتصميم بدءًا من تقرير التربة للموقع لم يمثل المنطقة التي تم بناء المبنى عليها حيث تمت إزاحة موقع المبنى للخلف مسافة ١٠ أمتار نتيجة توسعة الشارع العام . وبالرغم من تشابه المنطقة في التكوينات الجيولوجية والخصائص الجيوتقنية ، إلاّ أن التقرير لم يقدم توصيات خاصة بتنفيذ القواعد على الطبقات الصخرية في المبنى العلوي ، مثل إزالة الصخور الهشة والمتفتتة ، والردميات ، والأتربة ، والتأكد من وجود سطح صلد مع ضرورة تسوية الأرضية الصخرية بالخرسانة العادية ، ومن ثم صب القواعد الخرسانية المسلحة للمبنى . كما أن قواعد المبنى صممت على افتراض تأسيسها على تربة وليست على قطع صخري . أما التنفيذ فلم تُتّبع فيه الأصول الهندسية المعروفة عند تشييد القواعد على سطح صخري .

أما الإشراف فيبدو أنه كان غائباً عن الموقع عند صب القواعد حيث أعطيت تصاريح صب القواعد بالرغم من أن الأصول الفنية في التنفيذ تؤكد تماماً على نظافة موقع القاعدة قبل صبها .

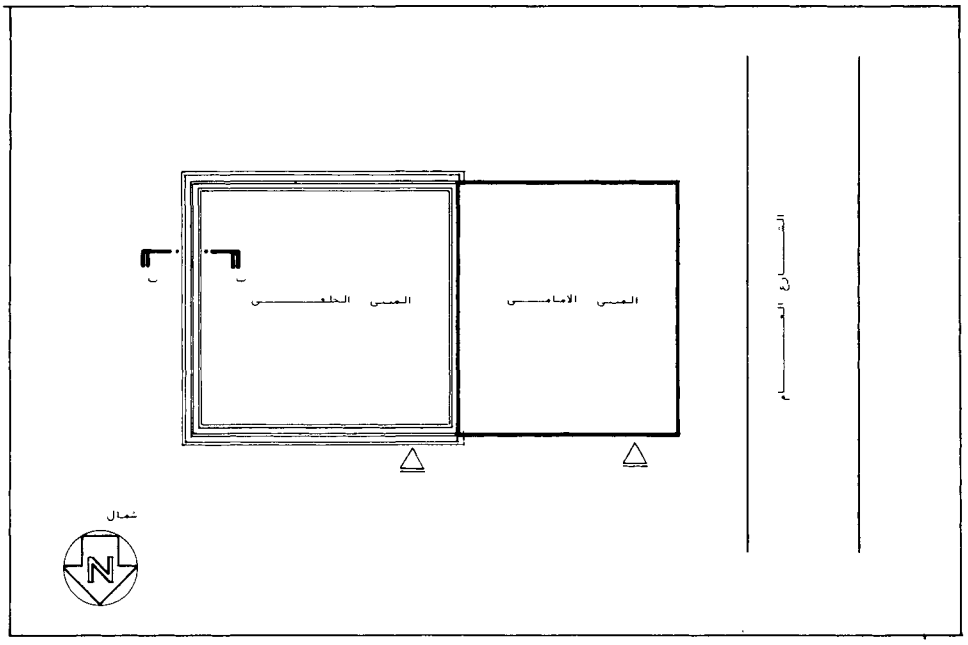
وبـدراسة الموقع عن كثب ، ونظراً لعدم حدوث تحرك لأي من قواعد المبنى نتيجة التحميل ، فإنه يستنتج أن الحمل التصميمي أقل بكثير من مقاومة صخر « البازلت » المنفذ عليه القواعد . أما القواعد المنفـذة جزئياً على صخر وجزئياً على ردم ترابي فوق طبقات صخرية فقد أعطت مساحة الجزء الملامس للصخر والمتبقي بعد الانهيار الترابي الحمل المطلوب .

اقـــتراح الحـــلول المناسبـــة

لعـلاج الوضع غير المستقر ، يتطلب الأمر مرحلتي عمل رئيستين تكمل إحداهما الأخرى ، المرحلة الأولى هى محاولة حفظ المبنى مستقرًا دون حدوث عزوم على القواعد ، ويتم ذلك بحقن الفراغات الموجودة بخليط خرساني عالي المقاومة تحت ضغط عالٍ لتعبئتها (شكل ٤) . أما المرحلة الثانية فهى حماية المبنى من دخول مياه الأمطار إلى منطقة القواعد حتى لا تُسبب جرف أية مواد متفتتة أو أتربة تكون تحت القواعد الداخلية . ويتم ذلك ببناء حائط ساند فوق الصخر من الجهة العلوية ومعالجته بمواد مانعة لتسرب المـاء إلى اتجاه المبنى (شكل ٥) . وبعد العلاج ، يجب التأكد من أن ماتم يفى بالمطلوب قبل استخدام المبنى



شكل (٤) : اقـتراح المعالجة لمـلء الفراغات تحت القواعد ومنع تسرب المياه تحت المبنى



شكل (٥) : الموقع العام للمبنى موضحاً منطقة المعالجة المقترحة

وذلك يتحميله بأقصى حمل يسمح به التصميم ومراقبة المبنى . وحيث إن المالك والمنفذ قد حملا المبنى بحمل ٣٠٠ كجم/م٢ ولمدة خمسة أشهر دون حدوث أية حركة للقواعد ودون ظهور تشققات خرسانية في المبنى ، فإن ذلك يجعل المبنى مستقرًّا وآمناً حسب المواصفات العالمية[١] .

توصيـــات عامـــة

وبصفة عامة ، لتفادي حدوث مشاكل من هذا القبيل عند تصميم قواعد على تكوينات صخرية ، فإن على مهندس التقنية الأرضية الحذر التام للحالات التالية[٦،٧] :

١ - وجـود تشققات صخرية مائلة (طبقات مائلة) غير مستقرة توضع عليها القاعدة فتتحرك تلك القاعدة ومن ثم تنهار ، فينهار المبنى .

٢ - وجود صخور هشة أو أتربة على الطبقة الصخرية حيث تختلف مقاومة الجهد في الجزء من القاعدة الواقع على هذه الأتربة والجزء الآخر الواقع على تكوين صخري صلد ، مما يسبب حدوث عزم على القاعدة يؤدي إلى احتمال انهيار التربة ومن ثم القاعدة وبالتالي المبنى .

٣ - وجود تجويفات أرضية (Cavities) لايمكن رؤيتها إلا من خلال الجسات الأرضية المركزة . وهذه التجويفات تسبب ضعفاً في تحمل القاعدة فينهار القوس الحامل للتجويفات فتنهار القاعدة ومن ثم المبنى .

٤ - وجود صخور مظهرها يوحي بأنها صلدة ولكن بوجود الماء تكون هشة مثل الطين الصفحي (shales) ، أو تذوب كالصخر الملحي ، وبالتالي تنهار القاعدة بمجرد وصول الماء إليها .

فالتصميم والتنفيذ الجيد المرتبطان بإشراف هندسي متفهم هو العلاج الأمثل لهذا النوع من مشاكل التقنية الأرضية حفظاً للأرواح والأموال . فالوقاية خير من العلاج .

المـــراجـــع

[١] **ACI Committee 437,** *Strength Evaluation of Existing Concrete Building (ACI 437R-67 revised 1982),* American Concrete Institute, Detroit, 7p. (1982).

[٢] **ACI Committee 224,** "Cause, Evaluation and Repair of Cracks in Concrete Structures (ACI 224-IR-84)", *ACI Journal,* **81** : 211-230 (1984).

[٣] **فطاني ، محمد نور ياسين** : « الاشراف على المباني : تجارب من الماضي » ، السجل العلمي لبحوث المؤتمر الثاني للمهندسين السعوديين ، جامعة الملك فهد للبترول والمعادن ، الظهران ، المملكة العربية السعودية - ٤ - ٧ ربيع الأول (١٤٠٦هـ) ٥٦٣ - ٥٨٧ .

[٤] **زين العابدين ، حبيب مصطفى** : حول تقنين الإشراف على التنفيذ لدى وكالة وزارة الأشغال العامة ، وزارة الأشغال العامة والإسكان ، الرياض ، المملكة العربية السعودية - (١٤٠٢هـ) .

[٥] **فطاني ، محمد نور ياسين** : دراسة التشققات والبلاطات الهابطة في فيلا بمدينة جدة - تقرير خاص للمالك - شعبان (١٤٠١هـ) .

[٦] **Bowel, J.E.,** *Foundation Analysis and Design,* Third Ed., McGraw-Hill Book Company, New York (1984).

[٧] Canadian Geotechnical Society, *"Canadian Foundation Engineering Manual", 2nd* Ed., Canadian Geotechnical Society, Vancouver, Canada (1985).

Building Foundation on Rock: A Case Study

MOHAMED N. FATANI AND FAISAL F. WAFA
Civil Engineering Deparment, Faculty of Engineering,
King Abdulaziz University, Jeddah, Saudi Arabia.

ABSTRACT. This paper presents an investigation of the safety of a reinforced concrete structure constructed on rock slope. The thin soil layer above the rock was washed out leaving some footings partially exposed. Safety of the structure was questioned leading to a controversy between the owner and the contractor.

The aim of this work is to inform the practicing engineers of one of the problems associated with building foundation on rock, the possible solution, and recommendations to avoid such a problem.