

دراسة تكنولوجيا مواد بناء المعبد الدوري بواحة سيوه لترميمه وصيانته وكيفية الارتقاء بالمنطقة

أ.م.د إبراهيم محمد عبد الله
د. سمر يسري أمين مرجان

Abstract تمهيد

يعتبر المعبد الدوري من أهم المناطق الأثرية في غرب واحة سيوه وهو المعبد الدوري الوحيد غرب الإسكندرية حيث يحمل هذا المعبد واجهة على الطراز الدوري واعمدة ذات قنوات دورية تحمل فوقها كورنيشاً على الطراز الدوري وتتجة واجهة المعبد ناحية الجنوب حيث يتكون من ثلاثة أفنية تتقدمها صالة الأعمدة وطولها ٣٤م لذا يعتبر من أهم المعابد وأضخمها ولا توجد على جدارنه أية نقوش ويؤرخ بالقرن الأول الميلادي وتكمن أهمية المعبد في الأكتشافات الأثرية الأخيرة التي يعتقد أنها البعض مقدمه لأكتشاف مقبرة الأسكندر الأكبر في هذا الموقع .

وقد أجريت الفحوص التحاليل وإختبارات المواد Investigation & analysis and materials testing .

لمواد البناء المستخدمة في تشييد المعبد وذلك للتعرف على نوعية الحجر الجيري ، والمونة الرابطة باستخدام طرق حيود وتفلور الأشعة السينية X-Ray diffraction و efflorescence analysis methods والفحوص بإستخدام الميكروسكوب المستقطب (P.M) والميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) واستخدام وحده التحاليل الملحقة EDEX وذلك للتعرف على التركيب المعدني والعنصري وأكاسيد العناصر المكونة لمواد البناء المختلفة وتعين الخواص الفيزيوميكانيكية لها-Physio Mechanical properties للتعرف على التغيرات المعدنية والتأثيرات البيئية المحيطة على مواد البناء المستخدمة في تشييد المعبد الدوري لتحديد المشاكل وأسباب التدهور وتحليلها لإختيار أنسب المواد والطرق للحفاظ على العناصر المعمارية للمعبد وإجراء أعمال الترميم والصيانة وإعادة التأهيل وكيفية الإرتقاء بالمحيط البيئي للمعبد لوضعه على خريطة السياحة العالمية .

* ألقى ملخص البحث د.إبراهيم محمد عبد الله نيابة عن د. سمر يسري امين - المعهد العالي للسياحة والفنادق وترميم الآثار - أبو قير - الاسكندرية
* كلية الآداب جامعة الإسكندرية

مقدمة Introduction

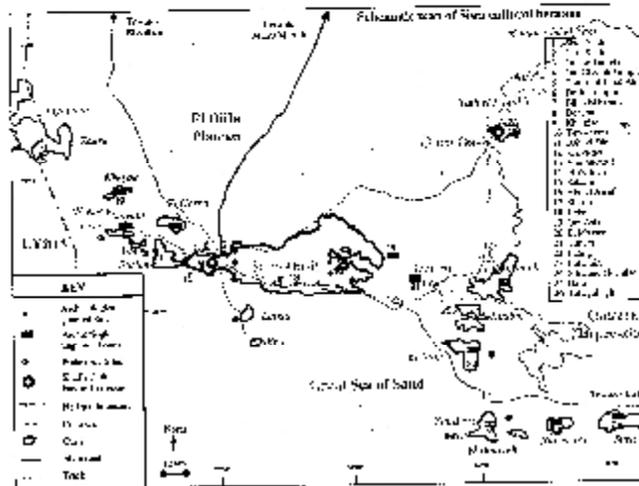
تعتبر واحة سيوة أبعد الواحات المصرية عن وادي النيل حيث تقع في الشمال الغربي للصحراء الغربية تبعد عن البحر المتوسط حوالي ٣٠٠ كم وهي عبارة عن منخفض طولي يمتد من الشرق الى الغرب بطول ٨٠ كم ويتفاوت عرضه بين ٢٨ كم في الشرق و٩ كم في الغرب تبلغ مساحة المنخفض حوالي ١٠٨٨ كم^٢ بإنخفاض يتراوح بين ١٨ - ٢٢ م تحت منسوب سطح البحر وهي محصورة بين حافة الشمال الحادة والكثبان الرملية (رشدي ٢٠٠٤) الأتية من بحر الرمال العظيم والذي يمتد من الشمال الى الجنوب بطول ٥٠٠ كم ، ٨٠ كم من الشرق الى الغرب حيث يقع المنخفض على الحافة الشمالية الغربية (Cassandra 2000) (خريطة رقم (١))



خريطة (١) توضح واحة سيوة في أقصى شمال غرب الصحراء الغربية لمصر

والواحة هي المنخفض الطبيعي المعمور والمأهول بالسكان والذي يحتوي على العديد من المواقع الأثرية من أهمها معبد الوحي ومقابر جبل الموتى والمعبد الدوري والذي يقع في أقصى الغرب (Hany 2006) خريطة رقم (٢)

مع تزايد الأهتمام العالمي بالمناطق ذات الطبيعة الخاصة واهتمام الدولة بالبيئة وصدر قرار رئيس الوزراء رقم ١٢١٩ لسنة ٢٠٠٢ الخاص باعلان محمية واحة سيوة للحفاظ على التراث الطبيعي والثقافة مما أدى وجود دراسات وأبحاث لمعالجة التدهور الحالي ببيئة واحة سيوة مع إمكانية دعوة الهيئات العالمية للمشاركة في حماية البيئة مما أدى الى ظهور فكر ربط المناطق ذات الحساسية البيئية في محور بيئي Environmental Corridor يربط موقع التراث والمناطق الطبيعية المميّزة (رشدي ٢٠٠٤)



خريطة (٢) توضح واحة سيوه ومواقعها الأثرية ووجود المعبد الدوري في أقصى الغرب :

طبيعة موقع سيوه

يتميز موقع سيوة في عمق الصحراء الغربية بين المراقي غربا وخطية الزيتون شرقا وتتصف طبيعة الأرض المحيطة بالواحة بالتلال والأودية والتربة الصلبة بصورة عامة في الأراضي المرتفعة عنها في المناطق المنخفضة وخاصة على طول مجاري المياه الطبيعية ويغلب على أرض الواحة وجود الكبريتات التي تنرسب مع الينابيع الكبريتية الأرتوازية .

كما توجد مساحات من الأرض السبخة والتي تكونت على سطحها طبقة من الأملاح من أهم مكوناتها كلوريد الصوديوم وكبريتات الكالسيوم وهذه الطبقة تسمى القرشيف وفي بعض المواقع تتكون هذه الطبقة من كلوريد الصوديوم (عبد البارى ٢٠٠٤)

جيولوجية سيوة

تقع واحة سيوة في أقصى شمال غرب الصحراء الغربية والتي تمتد من وادي النيل حتى الحدود الغربية لمصر ومن البحر المتوسط شمالا حتى حدود السودان جنوبا وتبلغ مساحتها ثلثي مساحة مصر وهي هضبة صحراوية متسعة ذات إرتفاع

معتدل يبلغ متوسطه ٤٠٠م فوق مستوى سطح البحر وهي تحتوي على عدد كبير من المنخفضات التي يهبط مستواها عن المستوى العام للهضبة وقد يهبط مستوى بعضها الى مادون مستوى البحر وأهمها المنخفض الكبير الذي تشغله القطارة ومنخفض سيوة في إتجاه شرقي غربي الى الجنوب مباشرة من تكوينات الحجر الجيري الميوسيني (متولي . ١٩٧٧م) والتي حدثت نتيجة لحركات تكتونية خلال العصر الميوسيني الأوسط والتي أدت الى حدوث المنخفض Depression وهو الذي يشبه الطية المقعرة Syncline والتي تمتد أكثر من ٨٠كم في قوس جيومورفولوجي Geomorphologic arc لمنخفضات القطارة - سيوة - جغبوب (Amin 1969) والتكوينات المتعاقبة من طبقات الصخور الجيرية والرملية والحفريات التي توجد فيها الأنواع البحرية من الفلورا الدقيقة Microflora والتي تتضمن:

Leispheres and a few other Polynomorphs such as Leiofusa CF. Tumido, Microhystridium SP. and spore like microfossils CF. tetrahedrelates of Possible early Liandoverly age (Ezzat 2001) ويقع المنخفض على الحافة الشمالية الغربية لبحر الرمال العظيم مما يعرض المنخفض للكثبان الرملية Dunes وتحتوي سيوة على العديد من التلال أهمها جبل الدكرور، خميسة ، الغفير ، جبل الموتى (Watson 2004) والتي تتعرض للتصدعات والشروخ نتيجة لعمليات التمدد والانكماش لاحتوائها على معادن الطين وأهمها معدن سمكتيت Smectite (Hani 2006)

هيدروجيولوجية سيوة Siwa Hydrogeology

يوجد في واحة سيوة ثلاثة أنظمة رئيسية Three main aquifer systems

النظام الأول مرتبط بسطح الأرض

- نظام الكربونات Acarbonate System سمكه ٧٠٠م مع شبكة معقدة من الشروخ والروابط وظاهرة Karst phenomena والذي يقسم الى القسم العلوي (الميوسين الأوسط) Middle Miocene والقسم الثاني (الأيوسيني والكرييناس) Eocene and Cretaceous

- نظام الحجر الرملي المسامي Aporous Sandstone System

والذي يرجع الى عصر Mesozoic and Paleozoic Age بسمك حوالي ٣٠٠م

- الخزان الأساسي من الصخور الصلبة

Afissured and weathered hard Rock System, the basement aquifer intensively

ومن خلال التركيب الجيولوجي فإن هيدروجيولوجية الماء في واحة سيوة تحتوي على طبقات الماء العذب في الخزان النوبي Nubian تحت الماء المالح كما أن أنظمة

الكربونات تحتوي أيضا على الماء المالح Saline ground water من الطبقات العليا والسفلى (shata 1982) .

وقد درست مصادرها (Dabous 2001) من الجنوب والشمال والغرب من خلال دراسة النظائر المشعة لليورانيوم ومحتوى الماء منها وهما :

U^{234} ، U^{238} على أعماق مختلفة للخران الجوفي النوبي، من خلال معدل النشاط (Activity Ratio) (AR) حيث يتم تغذية من الجنوب وحتى الحدود الشمالية الغربية للسودان ومن الشمال والشمال الغربي حيث يتميز الخزان الجوفي درجة تركيز منخفضة من اليورانيوم U ($<0.0.5$ ppb) ومعدل عالي من U^{238} ، U^{244} ($>$ 1.5) كما أن الخزان الجوفي الشمالي الغربي يتميز بارتفاع تركيز U ، وماء المطر له تركيز عالي من U (>0.1 ppb) والخزان الجوفي النوبي يتميز بانخفاض نسبة U^{234} (<0.02 ppb) بينما ماء سيوة السطحي the shallow siwa water يتميز بارتفاع U^{234} While the shallow siwa water has a very high excess U^{234} (AR-1 $<$ U.Conc.) وينسب الماء الجوفي ground water من 1199 بئر وعين في الواحة عبر الشقوق والشروخ في الصخور من أهمها عين فريشت والجوبه وعين الشمس وأحمام كليوباترا تعطي حوالي ٢٥٥ مليون متر مكعب من الماء شتويا منها ٢٢٢ مليون متر مكعب تفقد بالبحر بينما النسبة المتبقية تذهب الى البحيرات والتي رصدت في ١٩٩٧ وهي نسبه ٣٣ مليون متر مكعب، والتي تذهب إلي البحيرات وأهمها بحيرة سيوة ، الأغورمي ، المراقبي و الزيتون (Gad 2000) والتي أدت الى ارتفاع مستوي الماء حوالي (4.5Cm/Year) مؤدية الى ارتفاع ملوحة التربة Soil salinization وذلك لسوء التخطيط وعدم التحكم في عمليات الحفر للأبار والعيون (Al-Kadi 2003) مما أدى إلي زيادة مساحة البحيرات المالحة والمستنقعات Saltwater lakes and marches والتي زادت من مساحة ٥٤ و٢٠ كم^٢ ٧٥,٥٤ كم^٢ خلال الفترة من ١٩٩٠ - ٢٠٠٨م وقدرت مساحة المستنقعات ٣٣٥,٠٠ كم^٢ في عام ١٩٩٠ زادت الى ٤٦٩,٥٢ كم^٢ في ٢٠٠٨م وقدرت المساحات المنزرعة بحوالي ٥٣,٠٠ كم^٢ في عام ١٩٩٠ وأرتفعت الى حوالي ٨٧,٩٥ كم^٢ في ٢٠٠٨م ومساحة التجمعات الحضرية قدرت بحوالي ٦,٧٠ كم^٢ في ١٩٩٠ وأرتفعت الى ١٠,٠٠ كم^٢ في عام ٢٠٠٨م ويبلغ عدد السكان حوالي ٢١٤٨٢ عام ٢٠٠٦م (Siwa information Center 2009) ويعود تاريخ ماء سيوة الى ٣٠,٠٠٠ - ٥٠,٠٠٠ سنة Late Pleistocene وتتراوح سمك الأحجار الجيرية بين ٥٠-٢٥٦م وملوحة الماء بها بين ١٦٠٠-٨٠٠٠ جزء في المليون ودرجة الحرارة

بين ٢٦-٣٠ درجة مئوية والطبقة التي تقع بين ٦٠٠-١٥٠٠م تتراوح الملوحة بين ٣٠٠-٤٠٠ جزء في المليون ودرجة الحرارة ٥٠ درجة مئوية (Abd Elaziz 2005). وتعاني سيوة اليوم من ارتفاع معدل المياه الجوفية Subsoil water والتي كان معدلها بين عامي ١٩٦٢ - ١٩٧٧ حوالي ١-٣ سم / سنة بينما من ١٩٧٧ - ١٩٩٠ ارتفع المعدل الى ٤-٦ سم / سنة (Misak 1997) وقد وصل متوسط إرتفاعها من عام ١٩٩٠ - ٢٠٠٨م حوالي ٤,٦ سم / سنة (Abo-Ragab 2008) .

مناخ سيوة Climate

تقع سيوة ضمن الحزام القاحل شديد الجفاف والذي يمتد بين خطي عرض ٣٠، ٢٠ درجة شمال خط الأستواء حيث يتميز المناخ الصحراوي ويمكن إستعراضه كالآتي :-

درجة الحرارة Temperature

تبلغ أقل قيمة لمتوسط الحرارة العظمى خلال شهر يناير ١٩,٦ درجة مئوية ثم تزداد تدريجيا لتصل لأعلى قيمة خلال شهر يوليو ٤٨ درجة مئوية ويعتبر مناخ سيوة الصحراوي حار جدا خلال الصيف حيث تتراوح درجة الحراة خلال الليل ٢١,٧ درجة مئوية وحتى ٣٨ درجة مئوية .

الرياح Wind

الرياح في واحة سيوة أغلبها شمالية في شهر يوليو وأغسطس وشرقية وجنوبية شرقية وجنوبية في شهر مارس وابريل ومايو أما الرياح الجنوبية الغربية والغربية أغلبها في شهر ديسمبر ويناير وفبراير وتعرض سيوة لرياح الخماسين والتي تهب من الجهات الصحراوية الجنوبية في شهر ابريل وقد تصل سرعة الرياح خلال الشتاء الى ٤٠ كم/ساعة (Toakim 2000)

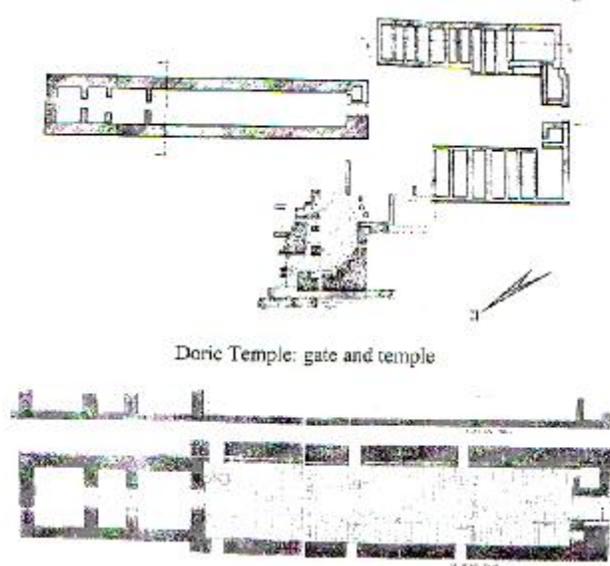
الرطوبة والأمطار Moisture & Rains

يتصف مناخ سيوة بالأنخفاض في درجة الرطوبة وتفاوت الرطوبة النسبية على مدار السنة بحيث تصل الى أعلى درجاتها خلال فصل الشتاء والربيع أما بالنسبة للأمطار فتعتبر شديدة الجفاف حيث يصل المعدل السنوي للمطر ١١ ملمتر/م (عبد الباري ٢٠٠٤) وقد رصدت نسب تساقط أمطار ووصلت الى ٢٨ملم في يوم واحد في ٢٤ ديسمبر ١٩٣٦م ويمكن أن تحدث الأمطار الغزيرة في فترات مختلفة في عام ١٩٣٠م ، ١٩٧٠م و١٩٨٦م ويمكن أن يحدث الصقيع وتصل الرطوبة النسبية في نوفمبر ، ديسمبر ويناير ٥٣% نسبيا تقريبا (Abd Elaziz 2005)

وصف الحالة Description of the state

يقع المعبد الدوري في المراغي / بلاد الروم في أقصى الغرب كما توضح الخريطة رقم (٢) والخاصة بالمواقع الأثرية الموجوده بالواحة ، حيث يقع على بعد ٤٠٠م غرب بلاد الروم وقد كان موجود عندما زار المكان Rohlff عام ١٨٦٩

والذي وصفه على أنه أحسن المعابد الموجودة في الواحة ولكن بعض حوائطه منهارة يعتبر المعبد الوحيد غرب الإسكندرية ويحمل واجهة على الطراز الدوري والأعمدة ذات قنوات وتحمل كورنيشا يتكون من الترجليف والميتوب والتي تحمل الواجهة المثلثة واجهة هذا المعبد تقع الى الجنوب ويتكون من ٣ أبهاء تتقدمها صالة الأعمدة وطولها ٣٤م والمدخل الى الأبهاء الثلاثة مزينة بالنقوش ولا توجد على جدران هذا المعبد أية نقوش وهذا المعبد يؤرخ بالقرن الأول الميلادي وفي المحاجر التي عثر عليها بالمنطقة وجد فيها كتل لتيجان أعمدة دورية ربما كانت هذه التيجان مجهزة لنقلها الى المعبد الدوري (قادوس . ٢٠٠٥) ، وفي عام ١٩٩٠ بدأت حفائر البعثة اليونانية برئاسة Liana Souvaltzi حيث وجدت مبنى ضخم محاط بسياج والواجهة الجنوبية تبدأ بثلاثة سلالم تؤدي الى جدار Podium شكل (١) وعلى جانبي المدخل تمثالين لأسد رابض متجه الى الجنوب وعلى البوابة الرئيسية pylon توجد زخرفة من الطراز الفرعوني لقرص الشمس وحية الكوبرا على جانبيه وقد كسرت الى جزئين كبيرين وقد أدعت Souvaltzi نتيجة لوجود نص يوناني أنها نحتت لأجل الأسكندر الأكبر ولكن العلماء يصعب عليهم إتباع رأيها ويؤدي المدخل الرئيسي الى السرداب Crypt والذي غطى بكتل حجرية ضخمة وهذا السرداب يمتد الى الجنوب مساحة ٦م وداخل المدخل توجد حجرات مستطيلة في الشرق وحجرات مربعة في الغرب والمدخل يطل على الفناء والذي رصف بالأحجار المنحوتة وأبعاده ٢٥م من الشمال الى الجنوب وعلى جانبيه حجرات مستطيلة وخلف الفناء مدخل يؤدي الى دهليز شبه الصالة Corridor like hale غطيت بأسقف بعقودة محمولة على عمودين على الجانبين والدهليز أبعاده ٣٦م × ٧م وفي داخلة على الجانب الشرقي حجرات مربعة صغيرة ،في وسطه عمود وسلالم حلزونية تؤدي الى السطح وقد رصف الدهليز بالبلاطات الحجرية وفي نهاية الدهليز الى المدخل أنصاف أعمدة أدمجت في الواجهة لتدعيم السقف ،وحجرات المعبد تعلو ابوابها زخارف يونانية الطراز وأفاريز بها وريدات ووربقات وزخارف نباتية وقد أظهرت الحفائر أن سمك حوائط المعبد حوالي ٢,٥م بارتفاع ٨م وقد ظهرت زخارف الترجليف Triglyph والميتوب Metopes ،كما وضعت رؤوس أسود أعلى الكورنيش والتي لم تستخدم كميزاب للصرف Drain Spouts وقد تم العثور على رؤوس لثمانيل مكسورة بالمنطقة إحداها يرتدي لباس الرأس الفرعوني (النمس) (Pharanic head- Cloth (nms) أبعاده ٢١×١٦سم عند اساسات حجرة الفناء Courtyard Room ربما يشير الى مبنين مختلفي الطراز في المعبد وتمثالين لاوزوريس و عملات برونزية .



شكل (١) رسم تخطيطي للمسقط الأفقي للمعبد الدوري

وقد أقتطعت أحجار المعبد من على بعد ١ كم شمال الحوائط وقد إستخدمت طريقة Opus quaetratum وقد ملئت الفراغات بين الكتل بالكسر والجبس، وقد عثر على العديد من القطع الحجرية المنحوتة ومفاتيح الأحجار Keystones في منطقة الدهليز Corridor أنظر الرسم التخطيطي للمعبد رقم (١)، ومن خلال النقوش فقد شيد المعبد خلال عصر الأمبراطور تراجان ١٠٨-١١٧م وقد ذكر السيويين من ٤٠٠ عام أنه كانت هناك عين مياة تسمى Iksal تقع على بعد ١,٥ كم شمال المعبد الدوري (Abd El Aziz 2005)

مظاهر تلف المعبد الدوري

من خلال الصور أرقام (١، ٢، ٣، ٤، ٥، ٦، ٧، ٨) يمكن أن نلاحظ مظاهر التلف كالاتي :-

- ١- ارتفاع نسبة المياه الأرضية أسفل أساسات المعبد
- ٢- إنهيار أجزاء كثيرة من العناصر المعمارية والحوائط واسقف المعبد .
- ٣- وجود أجزاء متناثرة من الكتل الحجرية المستخدمة في تشييد المعبد في أماكن متفرقة من الموقع .
- ٤- تراكم الأتربة والرمال على أجزاء كثيرة من حوائط المعبد وبخاصة عند الأجزاء الجنوبية .

٥- تبلور الأملاح على الحوائط والمونات المستخدمة في ربط مداميك الكتل الحجرية للمعبد

٦- وجود الشروخ الدقيقة بالكتل الحجرية لحوائط المعبد .

٧- تآكل وتحطم العناصر الزخرفية بالكتل الحجرية .

٨- وجود ظاهرة تزييف الحجر ببعض الكتل الحجرية

٩- نمو النباتات والشجيرات بموقع المعبد .



صورة (١) توضح تشوين الكتل الحجرية للمعبد الدوري



صورة (٢) توضح ارتفاع منسوب المياه الأرضية أسفل أساسات المعبد ومدخل السرداب في الواجهة الجنوبية



صورة (٣) توضح تصدع أجزاء من أطلال المعبد وتراكم الكثبان الرملية على الواجهة الجنوبية للمعبد



صورة (٤) توضح بعض أعمال درء الخطوره والتنظيف وإزالة المخلفات حول أطلال المعبد



صورة (٥) توضح تحطم أطلال المعبد تحت مخلفات الأتربة والرمال المتراكمة وعمليات تبلور الأملاح خلالها وأهمها معدن الهاليت والجبس والأنهيدريت



صورة (٦) توضح ظاهرة نزيف الحجر نتيجة تغيرات درجة الحرارة والرطوبة نتيجة المناخ الصحراوي الواقع به المعبد الدوري



صورة (٧) توضح مظاهر تلف مختلفة نتيجة تكامل الظروف البيئية المحيطة بأطلال المعبد ووجود الشروخ المتعددة نتيجة للأجهادات الداخلية وعمليات التمدد والأنكماش للبلورات الملحية



صورة (٨) توضح تبلور الأملاح على أطلال المعبد الدوري نتيجة ارتفاع نسبة الملوحة وبخاصة كلوريد الصوديوم وكبريتات الكالسيوم أسفل أساسات المعبد

المواد والطرق Materials & Methods

أخذت عينات من مواد البناء المستخدمة في تشييد المعبد الدوري من الأحجار والمونات وقد إجريت التحاليل والفحوص Analysis and Investigations وذلك للتعرف على التركيب المعدني والداخلي ومدى تأثرهما بالمتغيرات البيئية كما يلي :-

اولا التحاليل Analysis

١ - التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية **X-Ray diffraction**

X.R.D philiphis. Diffractometer analysis Methods

type is PW 1840

أ. أخذت عينات من الأحجار الجيرية من واجهة المعبد الجنوبية والحوائط والعناصر الزخرفية وتبين الجداول (١) والأشكال المرفقة لأرقام (١ ، ٢ ، ٣) التركيب المعدني لها .

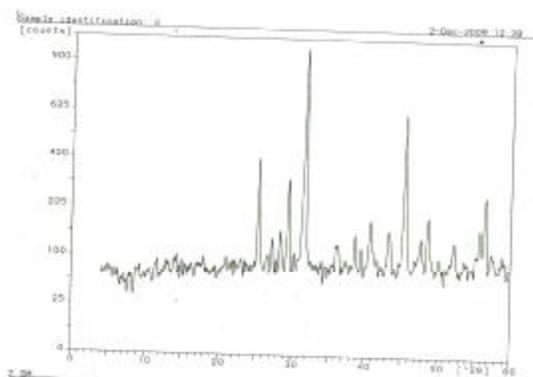
جدول (١) يوضح التركيب المعدني لعينات من لأحجار الجيرية المشييد بها المعبد

الدوري حلت بواسطة **X.R.D**

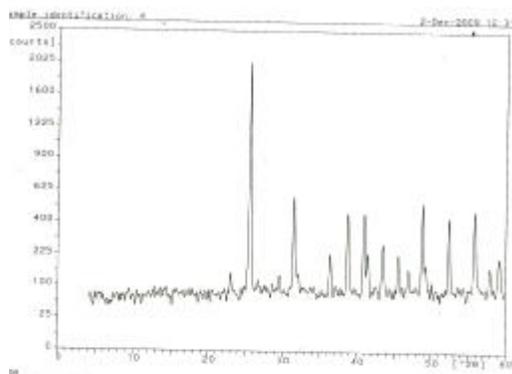
No. Of samples	Mineral Compositions	%
١	Calcite Ca CO ₃	26.8
	Halite NaCl	100
	Albite NaAl Si ₃ O ₈	8.5
	Microcline KAlSi ₃ O ₈	7.9
	Quartz SiO ₂	2.7
	Anhydrite Ca SO ₄	35.1
	Gypsum CaSO ₄ .2H ₂ O	3.1
٢	Calcite CO ₃	100
	Nontronite Ca ₅ (si ₇ Al ₈ Fe ₂) Fe ₂	1.6
	Al ₄ Mg) O ₂₀ (OH) ₄	
	Gypsum CaSO ₄ .2H ₂ O	7.5
	Halite NaCl	20.5
Anhydrite Ca So ₄	6.7	
٣	Calcite CaCO ₃	100
	Gypsum Ca SO ₄ .2H ₂ O	4.5
	Goethite Feo(OH)	2.7
	Anhydrite CaSo ₄	9.11

جدول (٢) يوضح التركيب المعدني لعينات المونة الرابطة للمكتل الحجرية بالمعبد الدوري.

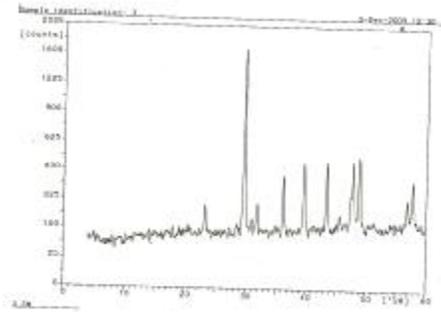
No.of samples	Mineral composition	%
1	Anhydrite CaSO_4	100
	Gypsum $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	58.5%
	Halite NaCl	33.0
2	Anhydrite CaSO_4	100
	Calcite CaCO_3	2.8
	Quartz SiO_2	2.1
	Halite NaCl	25.2



شكل (١) نمط حيود الأشعة السينية X.R.D لعينة الحجر الجيري (١)

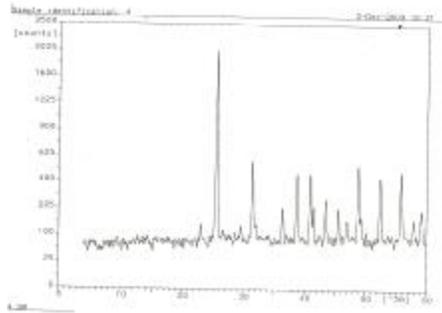


شكل (٢) نمط حيود الأشعة السينية X.R.D لعينة رقم (٢) من الحجر الجيري

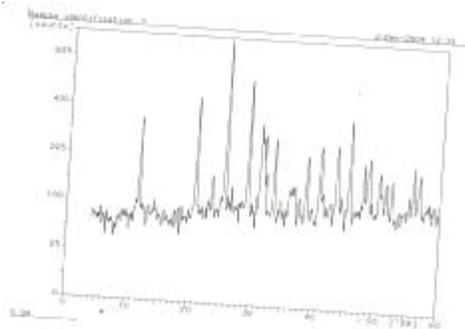


شكل (٣) نمط حيود الأشعة السينية X.R.D لعينة رقم (٣) من الحجر الجيري

ب- أخذت عينات من المونة الرابطة للمداميك والكتل الحجرية وتبين الجداول أرقام (٢) والشكال المرفقة لها (٤ ، ٥) التركيب المعدني لها .



شكل (٤) نمط حيود الأشعة السينية X.R.D لعينة مونة رقم (١)



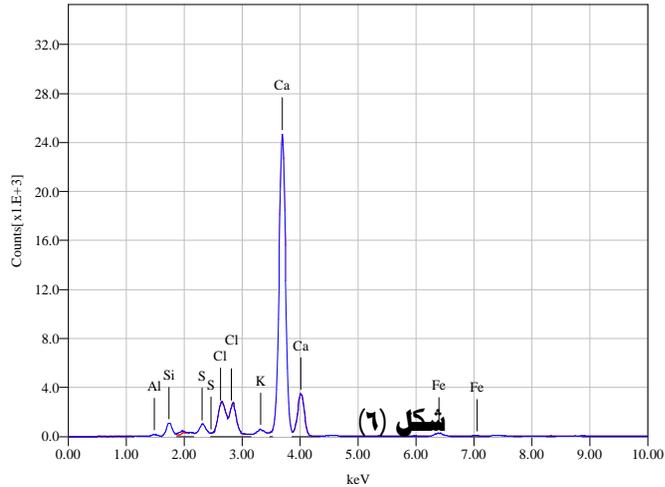
شكل (٥) نمط حيود الأشعة السينية X.R.D لعينة مونة رقم (٢)

٢ - التحليل بوحده التحاليل (EDEX) المرفقة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح Scanning Electron- Microscope (SEM)

وقد أجريت بوحدة التحاليل (EDEX) المرفقة بالميكروسكوب الإلكتروني SEM وتوضح الجداول (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧) والأشكال المرفقة لها (٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، ١٠) أكاسيد العناصر لعينات الأحجار الجيرية والمونات المستخدمة في المعبد .

٣ - التحليل الحراري (D.T.A.) Differential Thermal Analysis

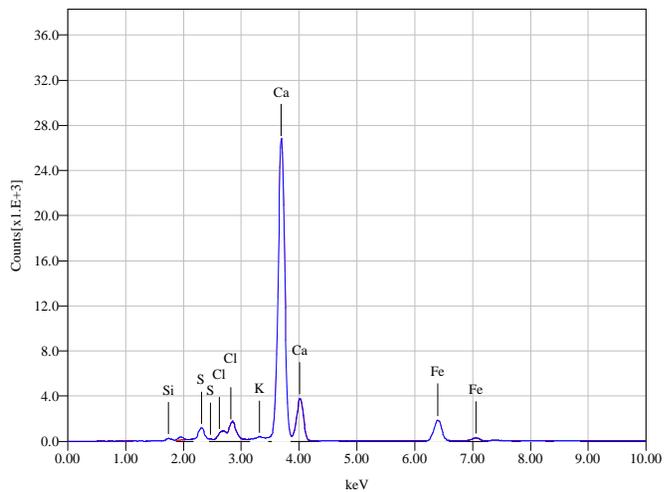
وقد أخذ عينات من الأحجار الجيرية وحللت حراريا وقد إستخدم في هذه الطريقة جهاز من نوع Shimadzu DTA H50 ظروف التشغيل كان جو الفرن من غاز النيتروجين (N) وحامل العينة من النيكل (NI) ويبين الشكل رقم (١١ ، ١٢) نمط التحليل الحراري لعينة الحجر الجيري .



Element	Line Type	Energy	ms%	mol%	K	Net Error%
Al ₂ O ₃	K	1.49	1.6879	0.9405	0.0006708	1538 0.5658
SiO ₂	K	1.74	5.9850	5.6591	0.0028759	12311 0.5688
SO ₃	K	2.31	1.9594	1.3904	0.0014408	10954 0.1178
Cl	K	2.62	2.8190	4.5173	0.0050052	29330 0.1119
K ₂ O	K	3.31	1.6357	0.9864	0.0020952	8670 0.1999
CaO	K	3.69	85.1066	86.2193	0.0729624	359923 0.2423

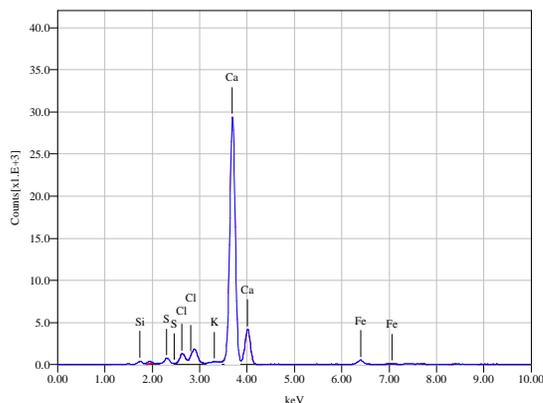
جدول (٣) تحليل عينة حجر جيري من المعبد الدوري باستخدام EDEX من المعبد الدوري

والشكل المرفق له (٦)



Element	Line Type	Energy	ms%	mol%	K	Net	Error%
Si	K	1.74	0.7193	1.0394	0.0019715	2523	0.1827
S	K	2.31	1.1906	1.5070	0.0061044	13874	0.0313
Cl	K	2.62	0.7154	0.8189	0.0035630	6242	0.0739
K	K	3.31	0.8425	0.8744	0.0036703	4541	0.1088
Ca	K	3.69	89.5977	90.7213	0.2688177	396455	0.1282
Fe	K	6.40	6.9344	5.0391	0.0126052	33509	0.1082

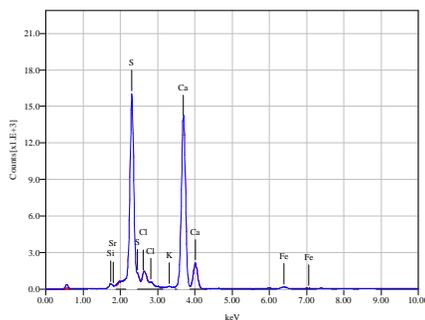
جدول (٤) تحليل عينة حجر جيري من المعبد الدوري باستخدام EDEX من المعبد الدوري والشكل المرفق له (٧)



شكل (٨)

Element	Line Type	Energy	ms%	mol%	K	Net Error%
Si	K	1.74	1.1104	1.5783	0.0040960	4338 0.1928
S	K	2.31	0.6611	0.8231	0.0045230	8508 0.0333
Cl	K	2.62	1.7142	1.9303	0.0113920	16517 0.0786
K	K	3.31	0.7345	0.7499	0.0041444	4243 0.1193
Ca	K	3.69	94.0595	93.6887	0.3568764	435579 0.1439
Fe	K	6.40	1.7204	1.2298	0.0039227	8630 0.1225

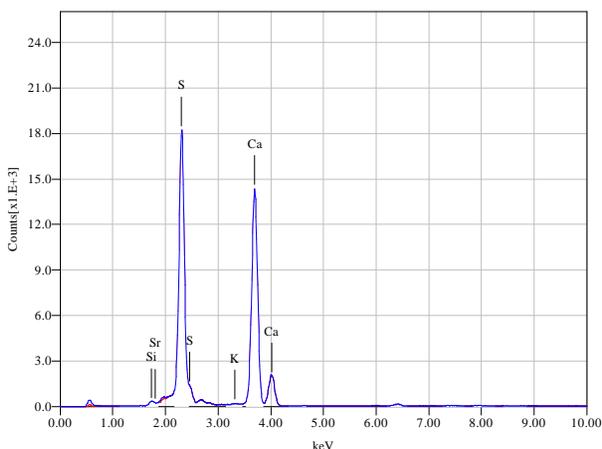
جدول (٥) تحليل عينة حجر جيري من المعبد الدوري باستخدام EDEX من المعبد الدوري والشكل المرفق له (٨)



شكل (٩)

Element	Line Type	Energy	ms%	mol%	K	Net Error%
Si	K	1.74	0.9846	1.3247	0.0014453	3125 0.1447
S	K	2.31	24.1036	28.4063	0.0536349	205975 0.0306
Cl	K	2.62	3.2750	3.4906	0.0047844	14163 0.1068
K	K	3.31	0.6920	0.6688	0.0009425	1970 0.1476
Ca	K	3.69	69.1601	65.2046	0.0838862	209038 0.1345
Fe	K	6.40	0.5515	0.3732	0.0005905	2652 0.0779
Sr	K	14.14	1.2333	0.5319	0.0044924	14044 0.0664

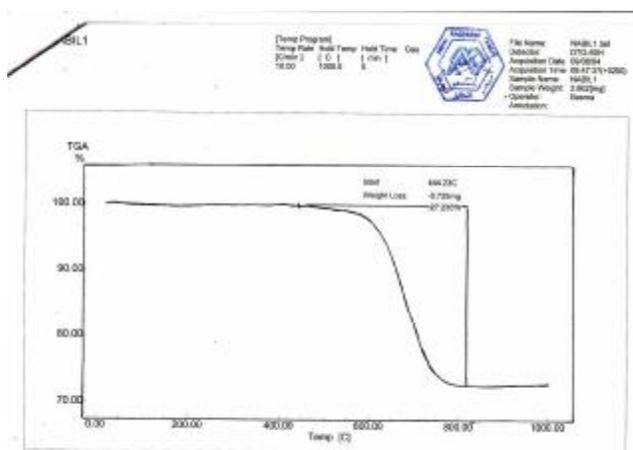
جدول (٦) تحليل عينة حجر جيري من المعبد الدوري باستخدام EDEX من المعبد الدوري والشكل المرفق له (٩)



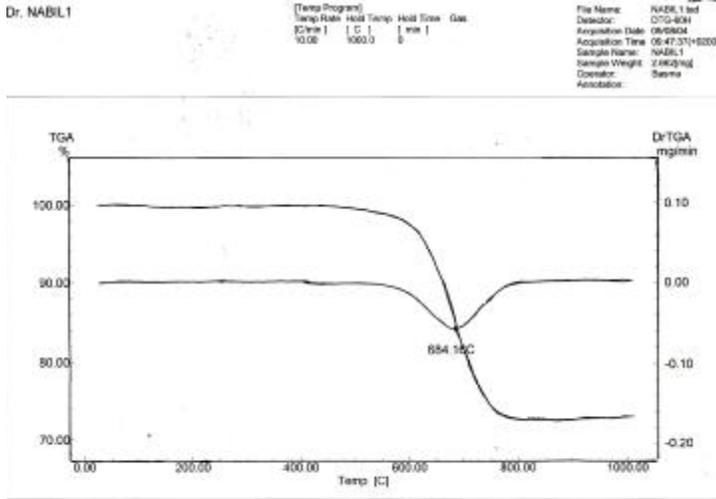
شكل (١٠)

Element	Line Type	Energy	ms%	mol%	K	Net Error%
Si	K	1.74	0.7347	0.9831	0.0021873	2317 0.1570
S	K	2.31	28.0958	32.9305	0.1251170	235342 0.0336
K	K	3.31	0.6512	0.6259	0.0018074	1850 0.1594
Ca	K	3.69	69.2172	64.9025	0.17114p90	208893 0.1451
Sr	K	14.14	1.3011	0.5580	0.0097519	14932 0.0710

جدول (٧) تحليل عينة حجر جبيري من المعبد الدوري باستخدام EDEX من المعبد الدوري والشكل المرفق له (١٠)



شكل (١١) التحليل الحراري D.T.A لعينة من الحجر الجبيري من المعبد الدوري



شكل (١٢) التحليل الحراري D.T.A لعينة من الحجر الجيري من المعبد الدوري

ثانيا : الفحوص Investigations

١- الفحص بالميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope(P.M)

وقد أخذت عينات من الأحجار الجيرية والمونة الرابطة وتم عمل مقاطع thin section وفحصت تحت الضوء المستقطب للتعرف على المكونات المعدنية والتركيب الداخلي للعينات كما هي مبينة في الصور الميكروسكوبية أرقام (٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥، ١٦) .

٢- الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح

Scanning Electron Microscope (S.E.M) .. Jeol.

وقد أخذت عينات من الأحجار الجيرية والمونة الرابطة وفحصت بواسطة جهاز SEM وذلك للتعرف على التركيب الداخلي لها ومدى تأثيره بالظروف البيئية المحيطة وتبين الصور الميكروسكوبية أرقام (١٧، ١٨، ١٩، ٢٠، ٢١، ٢٢، ٢٣، ٢٤) نتائج هذه الفحوص .

المناقشات Discussions

أولا التحاليل

١- التحليل باستخدام (XRD)

أ- تحليل عينات الأحجار

من خلال الجداول (١) والأشكال المرفقة لها توضح أن الأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المعبد الدوري تتكون من معدن الكالسيت CO_3 Calcite الذي يعتبر المكون الرئيسي في معظم الصخور الجيرية وواحد من المعادن الهامة

المكونة للأصداف ويتبلور المعدن في فصيلة الثلاثي بالإضافة الى معدن الأنهيدريت Ca SO_4 والذي يتواجد بنسب كبيرة ويتبلور في فصيلة المعيني القائم وهو أحد المعادن الهامة في رواسب المتبخرات وغالبا ما يصاحب معادن الجبس الهاليت والكالسيت وهو يتواجد في الصخور الرسوبية أو العيون المائية الحارة (بشادي ٢٠٠٣) لذا فقد تواجـد معدن الجبس في التحليل أيضا وقد يحدث تحول للأنهيدريت الى الجبس (Kleinmger 1957) حيث يتفاعل الأنهيدريت ببطء مع الماء الأنهيدريت ثابت حراريا

Thermodynamically stable up to 1180 C°

ولكن عملية التحول تحتاج الى عامل منشط $\text{K}_2 \text{SO}_4$ مثل Activators ولكن عملية التحول تحتاج الى عامل منشط $\text{Ca}(\text{OH})_2$ أو Calcium Hydroxide كمنشط عند 20°م حيث تزيد كمية الجبس ببطء في البداية ثم ينخفض معدل تكون الجبس عند 40°م حتى يحدث الأتزان (Sievert 2005) ويتبلور الجبس في فصيلة إحادي الميل (بشادي ٢٠٠٣) ويترسب الأنهيدريت من الماء البحري المشبع به حيث يترسب مع الهاليت (Halite NaCl (Michael 1987) أو قد يترسب من العيون الحارة المالحة في المناطق الحارة في وجود الجبس أو معدن البازنيت (Bassanite (Cody 1980) أو يترسب نتيجة الأكسدة والتفاعل بين الكبريتات والماء الأرضي الغني بالكالسيوم (Roger 1990) وعملية تميؤ الأنهيدريت Hydration of Anhydrite تنتج عنها زيادة في الحجم تصل الى ٦٢% كما أن تحول الجبس الى الأنهيدريت Dehydration of Gypsum يصاحبه نقص في الحجم بنسبة ٣٨,٥% وهذه التحولات ينتج عنها عملية التمدد والتي يتولد عنها ضغوط Stress تؤدي الى تشوه الحجر وحدوث شروخ دقيقة (Zanbak 2003) كما يؤثر وجود الهاليت ودرجة الحرارة على ذوبانية الأنهيدريت (Robert 2005) ومعاملات التمدد الحراري للأنهيدريت The Thermal expansion Coefficient of Anhydrite بمعابرتها بالكوارتز كعينة قياسية عند درجة حرارة 25°م وجد أنها

$$\text{and } B \times \text{in } C^{-1} \times 10^{14}, B \text{ in } C^{-2} \times 10^8$$

وأن معامل التمدد للأنهيدريت أقل من الهاليت (Howard 2004) ، والذي يعتبر المكون الرئيسي لماء البحر ورواسب المتبخرات ويتبلور في فصيلة المكعب (بشادي ٢٠٠٣) ويتواجد بنسبة كبيرة في رواسب الماء الأرضي

Underground deposits (Kiril 1937)

كما يؤثر الهاليت على مسامية الكربونات (Jahannes 2008)

يتواجد معدن الألبيت $Albite Na Al Si_3 O_8$ بنسبة 8.5 وهو من الفلسباررات البلاجيوكليزية Plagioclase feldspar يتبلور في Triclinic pinacoid of form صلابته حوالي 6 - 6,5 بمقياس موه Mos hardness فهو في نهاية K-feldsps والتي تبدأ $NaAlSi_3 O_8$ حتى $KAl Si_3 O_8$ وهذه السلسلة تتواجد عند درجات الحرارة العالية مع Sanidine وحتى درجة الحرارة المنخفضة حيث يفصل K-feldsps من الألبيت وهذه العملية تسمى Exsolution وغالبا ما يصاحب الكوارتز و (Dear 1963) وقد يتغير الألبيت مباشرة الى الميكروكلين (Fritzlaves) $Microcline KAl Si_3 O_8$ (1951) ويذوب الألبيت $Albite$ عند درجة حرارة 1134° م وتبخر الصودا Na_2O أثناء التسخين ترفع درجة الأذابة (Lois 2005) ، ويتواجد في الصخور الجيرية خلال عملية الترسيب والدمج Compaction للرواسب Sediment (Hanes 1940) وقد يحدث عند تغير الألبيت تكون سمكتيت Semectite من الطبقات النازحة (Motoharu 1994) ، يلي الألبيت معدن الميكروكلين $Microcline KAl Si_3 O_8$ وهو من المعادن الشائعة في الصخور النارية الحمضية والقلوية والجوفية ويوجد في الصخور الرسوبية الفتاتية يتبلور في فصيلة ثلاثي الميل (بشادي ٢٠٠٣) وهو غني

Potassium – rich Alkali feldspars

حيث يحتوي على كمية ضئيلة من الصوديوم وقد يتكون الميكروكلين أثناء التبريد البطيء للأرثوكليز حيث يتحول من monoclinic orthoclase الى Triclinic $Microcline$ وهو يتواجد مصاحبا للكوارتز والبلاجيوكليز في الأحجار الجيرية limeslones ويتمدد الميكروكلين Coefficients of linear expansion 10^{-6} يبلغ تمدد المحور C 17.85×10^{-6} أما بالنسبة لـ B 1.30×10^{-6} مما يؤدي الى تغير في الحجم يليه معدن الجوثيت $Goethite FeO.OH$ يتبلور في فصيلة المعيني القائم ويوجد بصورة عامة من نواتج التجوية للمعادن الحاملة للحديد مثل سبيريت وماجيتيت وبيريت ويتكون في بيئة مؤكسدة وقد يوجد أيضا مترسبا من مياه بحرية أو ارضية (بشادي ٢ٰ٠٣) وقد يتواجد في السرديات الغنية بالحديد Iron rich Oolites والذي يدل على ظروف بيئية مختلفة من المياه العميقة Deep marine الى المياه الضحلة الساحلية (Kogbe 1978) يليه معدن الكوارتز $Quartz Si O_2$ وهو معدن أساسي في الصخور النارية وحيث أن الكوارتز له مقاومة مرتفعة لعمليات التجوية فإنه يوجد بكثرة كأحد المعادن الفتاتية الرسوبية ويعتبر المعدن الأول في كثير من أنواع الحجر الرملي وتانوي في الأحجار الجيرية (بشادي ٢ٰ٠٣) يليه معدن

نترونيت Notronite وهو معدن موجود في مجموعة سمكتيت Smectite والتي تضم المونتوميونيت Montmorillonite .

ولكن ليس شائع مثله وتركيبه $(Fe_{3.5} Al_4 M9_1) O_{20} (OH)_4$ Ca₅ (si₇ Al₈ Fe₂) Weathering للبيوتيت والبازلت Biotite & Bazalts . وقد ينتج عن عملية التعرية

كما قد ينتج عن الترسيب للمحاليات الحارة الغنية بالسيلكون والحديد (Chlmann 2009) وينتج في الرواسب البحرية الحديثة (Besson 1983) وقد تلعب الكائنات الحية الدقيقة دورا في تكون Nontronite في طبقة الرواسب في البيئة البحرية العميقة وبخاصة عديدة التسكر (Masato2001) Microbial Polysacdsrides

ومن خلال ما سبق نستنتج أن الحجر الجيري يتكون من معدن الكالسيت Calcite $Ca CO_3$ بالإضافة إلي معادن الجبس والأنهيدريت والهاليت وهي معادن مصاحبة لرواسب المتبخرات وارتفاع نسبة تواجدهم بالمياه الأرضية لمنخفض سيوه وهي معادن رئيسية في الحجر الجيري بالإضافة الى معادن Microcline ، Albite ، Quartz وهي معادن تتواجد في الصخور النارية وتنتج عن عمليات التجوية Wealhering وتترسب ضمن الأحجار الرسوبية المتكونة كما أن معدن Goethite ونترونيت Nontronite فتتواجد كمعادن ثانوية كشوائب وهي تميز الأحجار الرسوبية الجيرية كما أن التركيب المعدني لعنيدات الأحجار الجيرية يعكس محلية المحاجر وأنها قطعت من محاجر الواحة لنشابة تركيبها المعدني مع تكوينات الأحجار الجيرية بالمنطقة .

ب- تحليل المونه بطريقة X.R.D

من خلال الجداول (٢) والأشكال المرفقة لها (٤ ، ٥) وجد أن معدن الأنهيدريت $CaSO_4$ Anhydrite يتواجد بنسبة كبيرة يليه الجبس Gypsum بنسبة ٥٨,٥% يليه معدن الهاليت NaCl Halite بنسبة ٣٣,٥% بالجدول (٢) يليه معدن الكالسيت $CaCO_3$ Calcite بنسبة ٢٠,٨% يليه معدن الكوراتز Quartz SiO_2 بنسبة ٢,١% .

مما يدل علي إستخدام مونة الجبس ممثلة في معدن الأنهيدريت كمونة للربط والذي قد يحدث تحول جزئي له بإضافة الماء أو بارتفاع نسبة المياه الأرضية أو بواسطة ماء المطر الذي يتساقط بصورة قليلة وعمليات التحول من الأنهيدريت إلي الجبس أو العكس تتحكم فيها الظروف البيئية وأرتفاع درجة الحرارة كما أن وجود أملاح الكبريتات والكلوريدات ممثلة في معدن الجبس والهاليت في المياه الأرضية لمنخفض سيوه وتسرب هذه الأملاح من المياه الحاملة لها إلي اساسات المعبد كما أن تواجد

معدن الكالسيت بهذه النسبة القليلة وذلك لتواجد بصوره شائبة ضمن مكونات الأنهيدريت والجبس الهاليت وذلك لتواجدهم ضمن معادن رواسب المتبخرات . وقد اضيف الكوارتز (الرمل) لتحسين خواص المونة (Karni 1977) وزيادة متانة مونة الجبس ورفع الخواص الميكانيكية (عبد الله ٢٠٠٠) .

٢ - تحليل العينات بواسطة EDEX

وقد تم تحليل عينات الأحجار الجيرية والمونة الرابطة لها بواسطة وحده التحليل EDEX الملحقة بجهاز الميكروسكوب الألكتروني الماسح وبينت الجداول (٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧) والأشكال المرفقة لها نسب أكاسيد العناصر حيث لوحظ ارتفاع نسبة CaO من ٦٤,٩٠% - ٩٣,٦٨% تلاه عنصر السليكون Si حيث سجل في الجدول (٣) نسبة ٥,٦٥ تلاه Fe بنسبة ٥,٠٣% في الجدول (٤ ، ٥) تلاه عنصر Cl بالجدول (٣) وجدت عناصر مثل K₂O بنسبة 0.98، Al₂O₃ بنسبة 0.94% كما في الجداول بالإضافة إلي عنصر Sr بنسبة ٠,٥٥، وهذه العنصر له أربعة نظائر تتواجد طبيعياً من ⁴⁸⁻⁸⁸Sr حيث ينتج من تحلل ⁸⁷Rb وله نصف عمر يقدر ١٠×٤,٨٨ سنة ويترواح نسبته في الصخور من ٠,٧ - ٤% وهو يشبه عنصر Ca في نشاطه الذري ويتواجد بصوره شائعه في الطبيعة حيث يعتبر العنصر الخامس عشر ونسبة تواجده في معظم الصخور النارية igneous Rocks حوالي ٠,٣٤ كما يتواجد أيضا في الرواسب وماء البحر (Charles 2001) Sedimentary deposits من خلال نتائج التحليل باستخدام (EDEX) المراكبة علي جهاز (SEM) أتضح أيضا أن عنصر Ca هو المكون الرئيسي للأحجار الرسوبية الجيرية وأن تواجده عنصر السيلكون الذي يتواجد بالرمال أو معادن الطين مثل معدن Nontronite أو معدن Albite والميكروكلين Microcline والذي يتواجد كشوائب بالحجر الجيري بالإضافة إلي عنصر S, Cl والتي يدل تواجدها علي نوعية الأملاح المتواجدة بالحجر مثل أملاح الأنهيدريت والجبس والهاليت وهي من رواسب المتبخرات والأملاح الشائعة والتي يدل نسبته المرتفعة علي تواجدها بنسبة كبيرة وقيامها بدور الرابط لمكونات الحجر في حالة الجفاف لحين تغير الظروف البيئية بالإضافة إلي عنصر Sr والذي يوجد في الصخور النارية ووجوده ضمن العناصر التي تكونت أثناء عملية تكوين الحجر يدل علي طبيعة تكوين الحجر الجيري في البيئة البحرية.

٢ - التحليل الحراري D.T.A

ومن خلال الأشكال (١١ ، ١٢) بين التحليل الحراري D.T.A

لعينة الحجر الجيري :

١ - سجل المونتومورلونيت قراءتين الأولى

أ. كانت عند درجة حراره 287° م

ب. كانت عند درجة حرارة 524° م

٢ - سجل الجبس قراءة واحده عند درجة حرارة 162° م

٣ - سجل الكالسيت قراءة عند درجة حرارة 857° م

٤ - سجل الكوارتز قراءة عند درجة حرارة 567° م

من خلال التحليل الحراري إتضح إحتواء العينة علي معدن المونتومورلونيت

Montmorillonite Calcium , Aluminium , Magnesium Silicate

hydroxide (NaCa)_{0.3} (Al Mg)₂ Si₄ O₁₀ (OH)₂ n, H₂O. وهو من

الفيلوسيليكات Smectite group phyllosilicate

ويتميز بشراسته للماء وزيادة حجمه وقد يتحول إلي معدن الكاولينت Kaolinite

خلال عملية التجوية Weathering (Al tshnler 1963) حيث يتولد عنه

إجهادات داخلية في الحجر مؤدية إلي الشروخ الدقيقة Micro cracks وعملية التفتت

للحجر وذلك لتغير الظروف من الليل إلي الجفاف وما يصاحب ذلك من عمليات التمدد

والإنكماش (Marlinez 2009)

ثانياً : الفحوص :

١ - الفحص بالميكروسكوب المستقطب (P.M)

من خلال الدراسة البتروجرافية لقطاعات صخرية للأحجار الجيرية المشيد بها المعبد

الدوري ومن خلال الصور الميكروسكوبيه (٩، ١٠، ١١، ١٢، ١٣، ١٤، ١٥،

١٦) ذات درجات تكبير مختلفة وباستخدام الضوء العادي والمستقطب تبين أن

الصخر هو حجر جيرى ذو دعامات حبيبيه تتكون من الكوارتز والالبيت

والميكروكلين وأكاسيد الحديد وقد لحمت حبيبات الصخر بالكالسيت اللامع الشفاف

والحبيبات غير متزاحمة Loosely - packed دالة علي المسامية العالية اثناء

الترسيب وقبل حدوث اللحام Cementation والتي حدثت قبل عملية التضاضط ودمج

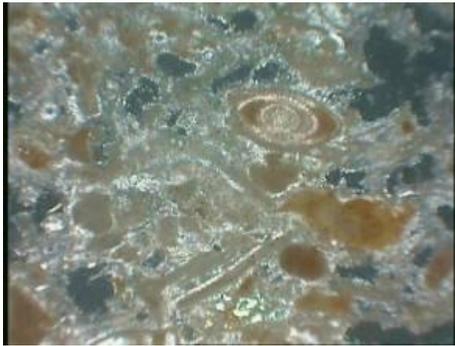
الحبيبات compactien ويحتوي الصخر علي فتائيات حيوية النشأة skeletal

particles علي هيئة بقايا حفريه bioclasts مثل بقايا الحفريات اللافقارية وبقايا

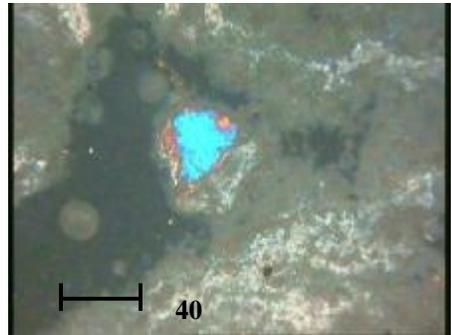
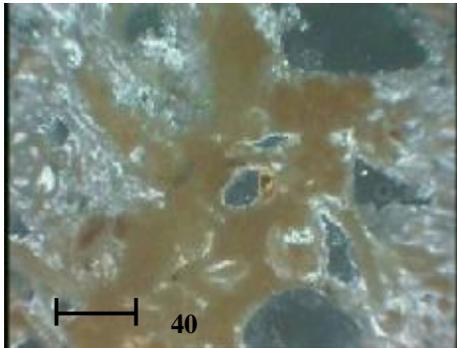
المحاريات pelecypods.



صورة (١٠) ميكروسكوبية تحت الضوء المستقطب حيث نلاحظ وجود بقايا المحاريات Pelecypods وبقية فتايات Skeletal particles حيوية النشأ Iso pachous والميكروفلورا Microfora
صورة (٩) ميكروسكوبية تحت الضوء المستقطب حيث نلاحظ الكالسيت الحبيبي Granular Calcite والكالسيت العمودي Iso pachous و calcite cement



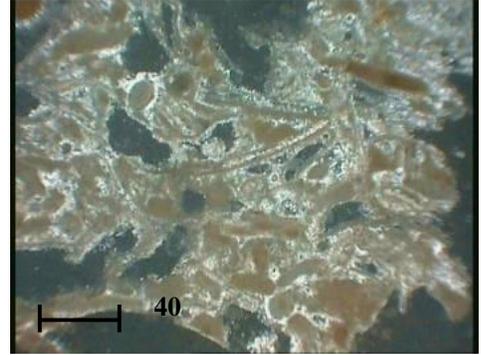
صورة (١٢) ميكروسكوبية تحت الضوء المتسقطب حيث نلاحظ وجود السرثيات Oolites والروث المتحجر Coprolites
صورة (١١) ميكروسكوبية تحت الضوء صورة المستقطب توضح تبلور الكالسيت الحبيبي في مسام الحجر ليقوم بدور الرابط .



صورة (١٤) ميكروسكوبية تحت الضوء المستقطب توضح معدن Goethite والكالسيت والكوارتز .
صورة (١٣) ميكروسكوبية تحت الضوء المستقطب توضح الميكروفلورا Microflora ومعدن الكالسيت والكوارتز



صورة (١٦) ميكروسكوبية تحت الضوء المستقطب تتبين معدن الكوارتز ومعدن الكالسيت

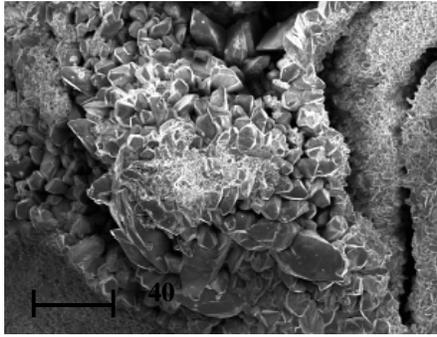


صورة (١٥) ميكروسكوبية تحت الضوء المستقطب بقايا الفتايات حيوية المنشأة Keletal particles

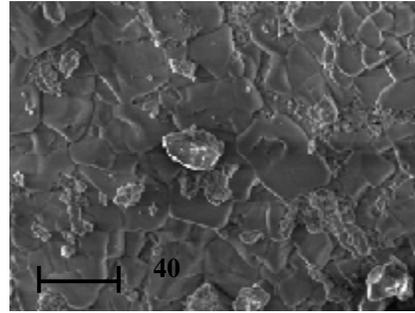
البطنقـدميات Gastropods والشوكيات Echnioids والحزازيات bryozoa والفورمينفرا forminifera والقواقع الدقيقة Microfossils والميكروفلورا Microflora والسرئيات Oolites وهي تتكون من حبيبات كرويه إلي بيضاوية بالإضافة إلي الحبيبات الطينية peloids بالإضافة إلي الروث الحجري Coprolites وتحتوي علي حبيبات طينية ذات تشكيلات داخلية من اكاسيد الحديد وقد احتوت ايضا علي fossiliferous وكسر shellfisl (Urals 1973) المسامية والنفاذية للحجر الجيري يتحكم بها الظروف البيئية مثل عملية الترسيب ويوجد الكالسيت كمادة لاحمة بين الحبيبات وهو الكالسيت العمودي Iso pachous calcite cement ويتأثر الكالسيت ويذوب بواسطة الماء الأرضي groundwater ويترسب مرة أخرى تبعاً لدرجة PH ودرجة حرارة الماء، والتحلل الحراري للكالسيت وتغير النسيج للبلورات وتكون النسيج الحبيبي (Granular calcite) (Carlos 2009) وقد لوحظ وجود الكوارتز بنسبة قليلة وأن عملية الترسيب وبقايا الكائنات البحرية في تكوين الأحجار الجيرية كان في البيئة البحرية العميقة وبقايا التلال الحجرية المرتفعة بمنخفض سيوه بالرغم من فعل عوامل التعرية weathering لذا ممكن أن يعرف الصخر الجيري fossiliferous limestones أو حجر جيري صدفى حديدي وذلك لزيادة نسبة اكاسيد الحديد Goethite والأصداف Fossils بمكوناته .

٢- الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح (S.E.M) من خلال الصور الميكروسكوبية لعينات الأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المعبد الدوري فقد لوحظ تبلور معدن الهاليت Halite والكالسيت Calcite والتحامهما نتيجة للبيئة الجافة وإعادة التبلور Recrystallization للبلورات الجبس والأنهيدريت الهاليت وما يصاحب

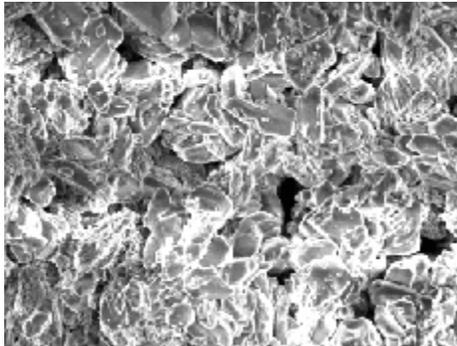
عملية النمو البلوري من زيادة الضغوط الجانبية وحدوث التشققات والإنفصالات الدقيقة لأجزاء من الحجر الجيري . وفي الصور (١٧ ، ١٨ ، ١٩ ، ٢٠ ، ٢١ ، ٢٢ ، ٢٣ ، ٢٤) نلاحظ نمو الكالسيت الحبيبي . Granular calcite cement والذي يتم تكوينه من خلال عمليات الأذابة الكالسيت العمودي Iso pacheous calcite cement بواسطة ماء المطر القليل التساقط أو تصاعد المياه الأرضية أسفل اساسات المعبد ونلاحظ التداخل بين بلورات الكالسيت والهاليت والجبس والأنهيدريت علي إعتبار أنهم من رواسب المتبخرات ولذلك فإنه يحدث دمج بين بلوراتهم ، وقله الفراغات والفجوات بين البلورات في معظم العينات وقد يحدث نمو لبلورات الهاليت وما ينتج عنها من شروخ دقيقة Microcracks كما في الصور الميكروسكوبية (١٨،١٩).



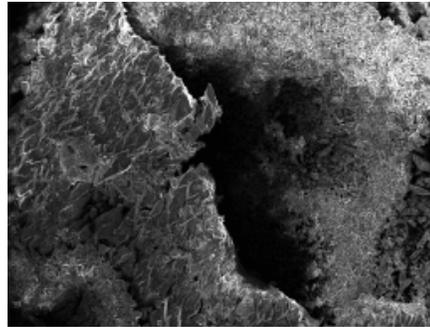
صورة (١٨) ميكروسكوبية SEM 800 توضح نمو بلورات الكالسيت والأنهيدريت والهاليت



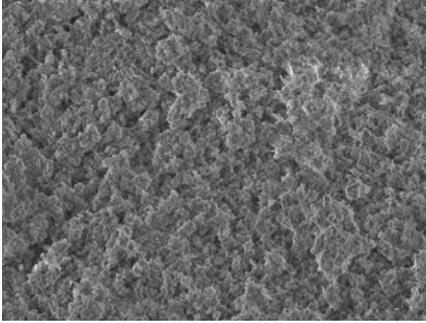
صورة (١٧) ميكروسكوبية 400 S.E.M توضح نمو بلورات الهاليت



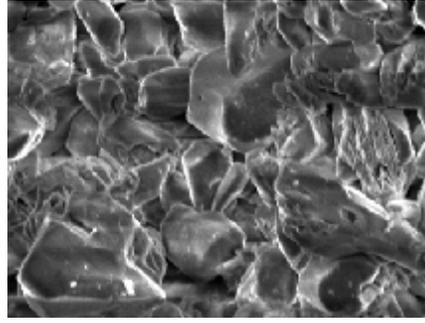
صورة (٢٠) ميكروسكوبية S.E.M 1000 توضح التداخل بين بلورات الكالسيت والهاليت والأنهيدريت



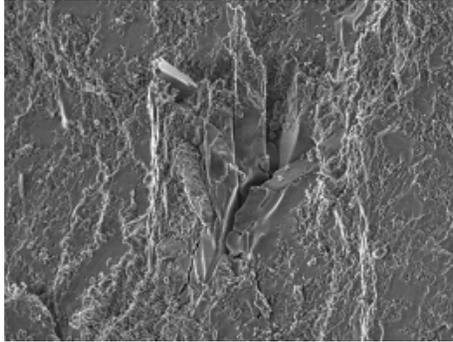
صورة (١٩) ميكروسكوبية SEM 1000 توضح ظهور الشروخ الدقيقة نتيجة نمو بلورات الأملاح



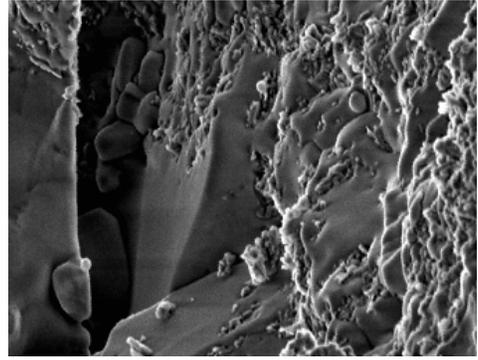
صورة (٢٢) ميكروسكوبية SEM 400 توضح نمو الكالسيت الحبيبي والتداخل بينه وبين بلورات الأنهدريت والهاليت



صورة (٢١) ميكروسكوبية SEM 1000 توضح التداخل بين بلورات الكالسيت والهاليت والأنهدريت والكوارتز



صوره (٢٤) ميكروسكوبية SEM 800 نمو بلوره الهاليت وما ينتج عنها من شروخ دقيقة
Microcracks



صورة (٢٣) ميكروسكوبية SEM 1700 توضح النمو البللوري للهاليت والتداخل بين البلورات

النتائج Results

من خلال التحاليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية X.R.D للأحجار الجيرية المستخدمة في تشييد المعبد الدوري تبين إحتوائها علي معادن رئيسية Major minerals وهو معدن الكالسيت CaCO_3 Calcite وهو المعدن الرئيسي المكون لمعظم الأحجار الجيرية بالإضافة إلي معدن الأنهدريت CaSO_4 Anhydrite والذي قد يتحول جزئياً إلي معدن الجبس $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ Gypsum بإضافة الماء إليه أو قد يتحول الجبس إلي معدن الأنهدريت في الأجواء الجافة بالإضافة إلي معدن الهاليت NaCl Halite، والذي يعتبرو الأنهدريت والجبس والكالسيت من رواسب المتبخرات بالإضافة إلي المعادن التي توجد بنسبة ثانوية Minor minerals مثل

معدن الألبيت $Albite NaAlSi_3O_8$ والذي قد يتغير ويكون معدن سمكتيت $Smectite$ أو قد يتغير إلي معدن الميكرولكين $Microcline KAlSi_3O_8$ وهما من الفلسبارات البلاجيوكلزية $Plagioclase feldspars$ حيث يوجد الألبيت في أول السلسلة والميكرولكين في نهاياتها بالإضافة إلي معدن الجوثيت $Goethite$ & $feo.OH$ وهو هيدروكسيد الحديد وهو ناتج من نواتج التجوية للمعادن الحاملة للحديد مثل سيدريت وماجنيت وبيريت بالإضافة إلي معدن الكواتز وهذه الشوائب تعتبر معادن رئيسية في الصخور النارية والتي تتحلل بعمليات التجوية $Weathering$ ويعاد ترسيبها مرة أخرى مكونة معادن ثانوية في الصخور الرسوبية ومنها الأحجار الجيرية بالإضافة إلي معدن نترونيت $(Fe_{3.5} Al_4)$ $(Si_7 Al_8 Fe_2)$ $Ca_5 Nontronite$ $(Mg) O_{20}(OH)_4$ وهو ناتج التجوية للبيوتيت والبازلت وهو من المعادن النادرة التي تنتمي لمجموعة معادن الطين ومنها مجموعة سمكتيت $Smectite$ والذي يعتبر مونتمورلونيت من المعادن الشائعة بها .

ومن خلال تحليل عينات المونة باستخدام $X.R.D$ إتضح تكوينها من معادن رئيسة مثل معدن الأنهيدريت والجبس والهاليت ،ومعادن ثانوية وهي معدن الكالسيت ومعدن الكوارتز مما يدل علي استخدام مونة الجبس كمونة رابطة لمداميك الحجر الجيري والذي يمكن أن يتحول إلي معدن الأنهيدريت ويضاف الكوارتز لتحسين خواص المونة الفيزيوميكانيكية ووجود الكالسيت أما لتواجده كشوائب في الجبس أو هجرة الكالسيت بعد إذابته بالمحاليل الأرضية من الحجر إلي المونة .

ومن خلال التحاليل لعينات الأحجار باستخدام وحده التحاليل $EDEX$ المركبة بجهاز الميكروسكوب الألكتروني الماسح SEM إتضح وجود عناصر تتواجد بنسبة كبيرة مثل عنصر Ca تلاه عنصر السليكون Si و الحديد Fe والكلور Cl والكبريت S بالإضافة إلي عناصر تتواجد بنسبة ثانوية مثل K_2O , Al_2O_3 بالإضافة إلي عنصر Sr وهو ما يؤكد نتائج التحليل باستخدام $X.R.D$ حيث أن تواجد هذه العناصر بعكس نوعية المركبات المعدنية والتي أكدتها التحاليل السابقة باستخدام $X.R.D$ بالإضافة إلي عنصر Sr وهو من العناصر التي تواجد بصورة رئيسية أيضاً في الصخور النارية وتواجده في العينات يعكس أيضاً طبيعة تكوين الأحجار الجيرية في البيئة البحرية وذلك لإحتواء المياه أيضاً علي Sr

ومن خلال التحليل الحراري $D.T.A$ فقد سجل المونتومورلونيت قراءتين عند درجة حرارة 162° م ، 524° م كما سجل الجبس قراءة عند درجة حرارة 162° م والكالسيت سجل قراءة عند درجة حرارة 857° م بينما سجل الكوارتز قراءة عند درجة حرارة 567° م وهو ما يؤكد نتائج التحاليل السابقة أيضاً بالإضافة إلي وجود معدن

المونتومورلونيت $(\text{Na Ca})_{0.3} (\text{Al.Mg})_2 \text{Si}_4\text{O}_{10} (\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ والذي يعتبر ضمن مجموعة Smetite وهو من المعادن الشائعة بالمجموعة وقد يتحول إلي معدن الكاولينيت Kaolinite خلال عملية التجوية كما أن شراسته في إمتصاص الماء ، تغير حجمه وما يصاحب ذلك من ضغوط داخلية في الحجر نتيجة لعمليات التمدد والأنكماش مؤدية إلي الشروخ الدقيقة وإنفصال أجزاء من الحجر .

ومن خلال الدراسة البتروجرافية لقطاعات صخرية والأحجار الجيرية المشيد بها المعبد الدوري باستخدام الضوء العادي والمستقطب تبين أن الصخر يعرف بالحجر الجيري fossiliferous limestone حيث لحمت حبيبات الصخر بالكالسيت اللامع الشفاف هو الكالسيت العمودي Iso pachaus calcite cement المتكون في البيئة البحرية والكالسيت الحبيبي Granular calcite cement المتكون في البيئة الخارجية وبفعل العوامل البيئية وأن الحبيبات غير متراحمة Losely-packed دالة علي المسامية العالية أثناء الترسيب Precipitation وقبل حدوث اللحام Cementation والتي حدثت قبل عملية تضغط ودمج الحبيبات Compaction وأن أحتواء الصخر علي فتائيات حيوية النشأة Skelctal particles علي هيئة بقايا حفرية bioclasts مثل بقايا الحفريات اللافقارية وبقايا المحاريات Pelecypods والحزازيات bryozoa والفورميفرا والقواقع الدقيقة Microfossils والميكروفلورا Microflora ووجود الكوارتز بنسبة قليلة و أن عملية الترسيب كانت في البيئة البحرية العميقة Deep marine وأن وجود التلال العالية لمحاجر الحجر الجيري بمنخفض سيوه بالرغم من فعل عوامل التعرية Weathering لها وأن الأحجار الجيرية المستخدمة فيها تشيد المعبد الدوري كانت من المحاجر المحلية وهو ما يؤكد الدراسات الأثرية التي ذكرت أن الأحجار الجيرية المستخدمة في المعبد الدوري إقتطعت من محاجر تبعد حوالي ١ كم شمال حوائط المعبد .

كما بينت أيضا الفحوص التي تمت لعينات الأحجار الجيرية باستخدام الميكروسكوب الألكتروني الماسح SEM نمو بلورات الجبس والأنهيدريت والهاليت وما يصاحب عملية النمو البلوري من زيادة الضغوط الجانبية .

وحدوث التشققات والأنفصالات الدقيقة نتيجة لحالات البلل والجفاف والتبلور وإعادة التبلور لمعدن الكالسيت وما ينتج عن ذلك من شروخ دقيقة Microcracks مؤدية إلي مزيد من عمليات التفتت ونزيف الحجر وما يساعد علي ذلك من إرتفاع نسبة المياه الأرضية أسفل أساسات المعبد .

وهذه الدراسة تعتبر من أولي الدراسات التي إهتمت بدراسة بعوامل مظاهر تلف المعبد الدوري والتعرف علي التركيب المعدني والداخلي للأحجار والمونة الرابطة لها

والمستخدمة كمواد لبناء للمعبد ومحاولة تفسير ميكانيكية التلف وذلك للتعرف علي افضل الطرق والمواد المستخدمة لعلاج وترميمه .

التوصيات Recommendation

- ١- إجراء مزيد من الدراسات الهيدروجيولوجية علي تربة تأسيس المعبد الدوري.
- ٢- إجراء مزيد من الدراسات علي المواد والطرق المستخدمة في علاجه وترميمه .
- ٣- سرعة إعداد مشروع لترميم المعماري والدقيق للمعبد وذلك لحمايته من تأثير الظروف البيئية المحيطة وباعتباره من الآثار الرومانية الفريدة ، وذلك لأنه المعبد ذو الطراز الدوري الوحيد غرب الإسكندرية .
- ٤- تأهيل المنطقة المحيطة بالمعبد وذلك من منطلق الأهتمام البيئي بجعل واحه سيوه من المحيات الطبيعية ووضعها ضمن محور بيئي Environmental Corridor لجعلها منطقة جذب سياحي عالمي .

المراجع

أولاً : المراجع العربية

١. إبراهيم محمد عبد الله ، علاج وصيانة العناصر المعمارية والزخرفية لمنازل رشيد الأثرية رسالة دكتوراه ،كلية الآثار ،قسم الترميم، ٢٠٠٠ ، جامعة القاهرة ، ص ٢٤٥ .
٢. أحمد محمد بشادي ، د. ممدوح عبد الغفور حسن : المعادن تحت المجهر الإسكندرية ، مكتبة الفلاح ، ٢٠٠٣ ، ص ٤٥٢ .
٣. أحمد محمد رشدي رضوان : التوازن بين مفاهيم الحماية وتحديات متطلبات تنمية واحه سيوه بمؤتمر الفيوم الرابع العواصم والمدن الكبرى في مصر منذ أقدم العصور وحتى العصر الحديث في الفترة من ٧-٩ إبريل ، ٢٠٠٤ ، ص ٣٧١ ، ٣٨٣ .
٤. حسين الشيخ : مصر تحت حكم اليونان والرومان ، دار المعرفة الجامعية ، الإسكندرية ١٩٩٧ م ص ٢٥ .
٥. حسين علي الرفاعي : واحه سيوة من النواحي الإقتصادية والتاريخية والسياسية القاهرة ١٩٣٢م ، ص ١٠٥ .
٦. سليم حسن : مصر القديمة ، الجزء الرابع عشر ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ، القاهرة ١٩٩٤م ص ١٥ .
٧. سلوي يوسف عبد الباري ، الإعتبارات البيئية في واحه سيوة وأثرها علي التصميم المعماري بالمؤتمر الرابع العواصم والمدن الكبرى في مصر منذ أقدم العصور حتي العصر الحديث في الفترة من ٧-٩ إبريل ٢٠٠٤ ، ص ٨٥٠ - ٨٦٩ .
٨. عزت ذكي حامد قادوس : آثار مصر في العصرين اليوناني والروماني : دار البستاني للنشر والتوزيع - الإسكندرية ٢٠٠٥ ص ٤٩١ - ٥٠٨ .
٩. عزت ذكي حامد قادوس : مدخل إلي علم الآثار اليونانية والرومانية الإسكندرية ٢٠٠٥ ص ١٥ .
١٠. محبات الشرابي : أقاليم مصر السياحية ، الطبعة الأولى ، مطابع دار الفكر العربي ، القاهرة ١٩٩١ م ص ١٨ .
١١. محمد بيومي مهران : المدن الكبرى في مصر والشرق الأدنى القديم ، الجزء الأول ، مصر دار المعرفة الجامعية الإسكندرية ١٩٩٩ ص ٢١١ .
١٢. محمد متولي : وجه الأرض، القاهرة، ١٩٧٧م ، ص ٤٥٩ .

References

- A.A. shata : Hydrogeology of the great Nubian Sandstone basin, Egypt in quaternary Journal of Engineering Geology and Hydrogeology, 1982,V. 15. issue 2.P. 127-133 .
- A.A. Dabous and j.k Osmond : Uranium Isotopic study of artesian and pluvial contributions to Nubian aquifer , weastern Desert, Egypt, in Journal of Hydrology, volume 243, Tissues 3-4, 15 mach 2001 , p. 242-253.
- Al – Kadi (2003) : Environmental factors in the desert community and its effects on sustainable Development (An applied study in siwa Oasis)Ain shames Universty , Master Degree instatute of Environmental studies & Reseasch , P. 151 .
- Abo – Ragab, Samy Elsaid aly (2008): Water mangement of the Siwa Oosis Western Desert, Egypt , the 33 rd International Conference for statistics computer science and its application 6-17 april , p. 198 -223 .
- Abdel –Rahman M.A,N-S, Embabi, H.A. El.ETR, etal : Some geomorphological aspects of siwa Region Monograph on the Geology and prehistory of siwa Oasis, 1977,P.142.
- Amin R. Gindy, M.A. Elaskary , stratigraphy structure and origin of siwa Depression western Desert of Egypt, in, A APG bulletin, v.53 1969, P220 .
- Abd El – AzizelRahman aldumairy : Siwa past and present , Alexandria , 2005 . p.4 11 .
- BessonG ,A.S Bookin , L.G. Dainyak K.M . Rautureau S.I, Tsipurskyc. Tchoubar and V.A Drits Use of diffraction on and Mossbauer Methods for the structural and crstallochemical characterization of Nontronite in Jouranal applied Gryst . 16, 1983, p.374. 383 .
- B.L , Chlmann , J.F Mustard . F. poulet : Modeling model Mineralogy of Laboratory Mixtures of nontronite and mafic

mineral from visible near infrared spectral Data in 40th lunar and planetary science conference, 2009, P.72-90 .

- Carlos Rodraguez , Navarro, Encarnacion Ruiz Agudo, ana luque , Alejandro B Rodriguez Navarro and Migual orrtega . Huertas : Thermal decomposition of Calcite Mechanisms of formation and textural evolution of CaO non crystals in American mineralogist , April v. 94, n. 4 2009, P. 578 – 593 .
- Charles Ejones and Hugh C.TenKyns : Sea water strontium , Isotops , Oceanic anoxic events and sea floor Hydrothermal a ctivity in Jurassic and Cretaceous in American Journal of Science , vol. 30, February 2001 , P.112 – 149 .
- C.A. Kogbe : Origin and composition of ferruginous Oolites and leterites of North – western – Nigeria in Journal of Geologische Rundschan International Journal of Earth sciences, vol. 67.n.2,june,1978, P. 662 – 674 .
- C. Robertson Handford : Halite depositional facies in asolar salt pand : Akeyto waterpereting physical energy and water depth in Ancient Deposits , Journal of Geological society of America, v. 18 , n. 8, 1990 , P. 691 – 694 .
- Dear W.A, R. A Howie and Zussmanss in Rock – forming Minerals , 1963 , v. 4, p . 94 -165 .
- El FiQy , A. A : Wind in Egypt in Arabic unpublished M.SC. thesis Department of Geography , Faculty of Arts, Ain shames university , Cairo , Egypt , 1999, p.473.
- Ezzat towardras : Geology of Egypt and Libya 2001, P. 73-74 .
- Embabi N.S, 1998 : Sand seas of the western Desert of Egyptin Alsharhan A.S Glennie K.W. Whittle G.I and Kendall C. G. ST. C. editors Quaternary Deserts and Climatic change Balkema , Rotterdam , P. 495 . 509 .
- Fritz laves : A Revised Orientation of Microcline and its Geometrical Relation to Albite and Gryptoperthites in Journal of Geology, Chicago univ . 1951, 130-1461 .

- Gad M.I (2000): Water budget Analysis for the Top most aquifer for some Cultivated areas in the central part of Siwa Oasis , Western Desert , Egypt. Phd thesis , Faculty of Science, Azahar university . p. 22-28 .
- Hani A. M . Ibrahim and Gamal E. Kamh Geoenvironmental Studies on Conservation of archaeological sites at Siwa Oasis , Egypt in Environ , Geol n4 . v. 49, 2006, P.511 -519 .
- Honess , P. and Charles D. Jeffri: Anthigenic Albite from low ville limestone at Bellefonte Pennsylvania in jouinal of Sedimentary Research, vol. 10, 1940, P. 230 .
- Howard J. Evans Jr : The thermal Expansien of Anhydrite to 1000c U.S in Journal of physics and chemistry of Minerals , Berlin / Heidebery , Volume 4 , n. 1 , March , 2004, p. 77-82 .
- R. K Leinmger , Robert F. Conley and Wayne M . Bundy : Rapid Conversion of Anhydrite to Gypsum in the American Chemical socity Journal, 1957 , 49 (5) p. 818 -821.
- R. D. Cody and A.B . Hull : Expermintal growth of primary anhydrite at low temperatures and water in Geological society of America , October 1980 , v. 8, n. 10, p. 505 -509 .
- Roger J. Bain : Diagenetic none vaporative origin for Gypsum in Geloogical society of America, Journal Geology , May 1990 , v. 18 . n . 5 P. 447 – 450 .
- Robert C. Newton and Craig E. Manning : Soluloitivity of Anhydrite $CaSO_4$ in $NaCl - H_2O$. solutions at high pressures and temperatures applicatiens to fluid – Rock interaction, in Journal of petrology, 2005 v. 46 n. 4 , p. 701 – 716 .
- John Watson : on overview of the siwa Oasis in Egypt, part1 : Geology and Geography 2004,P.11 .
- Johannes Schoenherr, lars Reuning peter A . Kukla , Ralflitke , Janosl Urai, Michael Siemanns and Zuwena Rawahi : Halite Cementation and Carbonate diagensis of intra – salt reservoir from the late Neoporterozoic to early Cambrian and group south

oman salt Basin in the Journal association of Sedimentologists
vol . 56, issue 2, p Jul, 2008, P. 567-589 .

- Kiril Spiroff : An Unusual occurrence of Halite in American Mineralogist , vo 22 , 1937 , P. 931 – 933 .
- Lois A.Johnson and Ronald A.Mccauley : The thermal behavior of Albite as observed by D.T.A in thermochemica. Acta. Vo. 437, issue 1-2 , 5 October 2005 p. 134-139 .
- Masato Ueshima and Kazue Tazaki: Possible role of Microbial polysaccharides in Nontronite Formation in, clay and clay mineral , august 2001, V.49 , n. 4 , P. 292 – 299 .
- Motoharu kawano, and katsutoshi Tomita : Growth of smectite from leached layer during experimental alteration of Albite in journal of clay and clay minerals, February, 1994 , v. 42 . n .1 , p. 7-17 .
- Michael . R. Carroll and Malcolm J. Rutherford : The stability of Igneous Anhydrite Experimental Results and implications for sulfur behavior in 1982 El Chichon Trachyandesite and Other Evolved magmas , Journal of petrology , vol , 28, n . 5, 1987 , Oxford univpress . p. 781-801 .
- Misak R.F , abdel Baki, A.A and El Hakim M.S: On the Causes and control of the water phenomenon Siwa Oasis , northern western Desert , Egypt in Journal of Arid Environment , volume 37, nl, September, 1997 , P23 -32 .
- urals – sarkgyan , M.A, politykina , G.V. Effect of postsedimentation processes on carbonates reservoir Rocks in Volga, AAPG bulletin V. 57, Issue 7, July, 1973 –P. 1305 - 1313.
- SunQiang , Xie Hangsen , Zheng Haifei , Guotie& Ding Dongye : Experimental studies of interaction between water and Albite melts in " Journal of science" in china vol. 45, N. 11 , 2002, p. 730 . 750 .
- Shiliang H.e and John W. Morse : Prediction of Halite, Gypsum and anhydrite solubility in natural brines under subsurface

conditions in computers & science , vol 19 issue 1 , January, 1993 . P. 1-22 .

- T. Sievert , A. wolter , N.B. Singh : Hydration of Anhydrite of Gypsum CaSO_4 (1) in aballmill in cement and concrete Research, 35 , 2005, p. 623 -630 .
- Toakin Donner and Nabil sayed Embabi : The significance of yardangs and ventifacted Rock out Crops in the Reconstruction of changes in the late Quaternary wind Regime in the western Desert of Egyptin Quaternaire, vo.11, issue 3-4 2000 , p.179 - 185.
- Vivian , Cassandra : The western Desert of Egypt in the American university in cairo press 2000 .
- W. Marlinez Molina , E.M Alonso Guzman J.C Rubio Avalos, F.A . Velasco Avalos , A. Manzono Ramirez and A. Torres Acosta in Mechanical affects of Mineral stabilization in montomorillonite clays one adop performance in proceeding of the 11th international conference on Non Conventional materials and ehilingarian Technologies No camt 2009, 5-9 September, P.104.
- Z.S. Altschuler, E.J.Dwornik ,and Henry kraner : Transformation of Montmorillonite to kaolinite duing weathering in Science,12 July, 1963 . V. 14 n . 3576 , p. 148 – 152 .
- Zambak. Caner : Rock mechanics aspects of volume changes in calcium sulfate bearing Rocks due to Geochemical phase transitions in Rock Mechanics in productivity and protection – 25 th symposium on Rock Mechanics (2003) , P.225-230.