التقييم الكيميائي والمعدني للمواد الأولية لصناعة الإسمنت في معامل إسمنت الكوفة

* صفاء حسين العلي *ستار جبار الخفاجي **ذنون عبد الرحمن ذنون
*قسم علم الأرض-كليةالعلوم-جامعة البصرة.
**قسم علم الأرض-كليةالعلوم-جامعة البصرة.

المستخلص

يتناول البحث الحالي دراسة الخواص الكيميائية والمعدنية للمواد الأولية الداخلة في صناعة الأسمنت البورتلاندي الإعتيادي المنتج من معامل إسمنت الكوفة. أوضحت التحاليل الكيميائية لـ(6) نماذج من الحجر الجيري/ تكوين الفرات (منطقة بحر النجف) و (4) نماذج من المواد الطينية (منطقة الكفل)، أوضحت النتائج إرتفاع محتواها من (CaO) في جميع نماذج الحجر الجيري مع زيادة محتوى (MgO) في البعض منها. أما المواد الطينية فكان محتوى (SiO_2) فيها مرتفعاً، أما محتواها من الأكاسيد الأخرى (Al_2O_3, CaO, Fe_2O_3, MgO, SO_3, K_2O, Na_2O) فكان واطئاً نسبياً. بينت الدراسة المعدنية سيادة معدن الكالسايت في معظم نماذج الحجر الجيري، بينما كان الدولومايت في نماذج أخرى منه هو المعدن السائد. في حين كانت معادن الالايت – مونتموريلونايت، والمونتموريلونايت والكاؤولينايت والكلورايت والباليكورسكايت هي المعادن الطينية السائدة وبنسب مختلفة مترافقة مع كل من الكوارتز والكالسايت في معظم النماذج.

إن التركيب الكيميائي والمعدني للمواد الأولية يظهران ملائمتهما لصناعة الاسمنت، إذ يلاحظ اقتراب معظم نسب الأكاسيد في خلطة المزيج الخام من المديات المسموح بها في صناعة الاسمنت عالمياً.

Chemical and mineralogical assessment of raw materials for cement industry at Kufa cement plants

S. H. Al-Ali **S. J. Al-Khafaji** **T. A-R. Thannon**

Abstract

Raw materials which used in the industry of ordinary Portland cement produced at Kufa cement plants were studied chemically & mineralogically.

Chemical analysis of six limestone samples selected from Euphrates formation at Bahr Al-Najaf area shows an increases in the concentration of CaO in some samples and an increases in MgO concentration in other samples.

Clay samples have high concentration of SiO_2 in comparison with Al_2O_3, Fe_2O_3, SO_3 concentrations.

Calcite is the dominant mineral in most limestone samples, while dolomite is the dominant mineral in other samples. Illite-montmorillonite, montmorillonite, kaolinite, chlorite and palygorskite are most important clay minerals recognized in clays associated quartz and calcite.

Chemical and mineralogical analysis of raw materials shows their suitability for cement industry, most of oxides in the raw mix materials at Kufa cement plants meet the international specifications needed for cement production.

المقدمة

الإسمنت من المواد الإنشائية الأساسية اللازمة للبناء كونه يساهم مساهمة فعالة في دعم خطط التنمية وتطوير مشاريع الإعمار المختلفة كأبنية المدارس والدور السكنية والمصانع والسدود ومشاريع الطرق والجسور والخزانات سواء كان على شكل ملاط (Mortar) أو خرسانة (Concrete). مما يتطلب الاهتمام بإنتاج إسمنت ذي مواصفات عالية الجودة والذي يتطلب مواد أولية وظروف إنتاج ملائمة لصناعته تتوافق مع المواصفات القياسية الخاصة بالإسمنت.

يعتمد التركيب الكيميائي للإسمنت البورتلاندي بالدرجة الأساس على التركيب الكيميائي للمواد الأولية الداخلة في إنتاجه، وان معرفة التركيب الكيميائي لتلك المواد يعطي معلوماتٍ أولية عن نوعية هذه المواد ومدى ملائمتها لصناعة الإسمنت، علاوة على المكونات الأخرى كالمغنيسيا والكبريتات والقلويات والكلوريدات التي يجب أن تؤخذ بنظر الاعتبار لما لها من تأثير على نوعية وجودة الإسمنت فضلاً عن إنها تسبب بعض المشاكل التشغيلية في الفرن (Schafer, 1987; السقا، 2002).

لإستمرار الجودة العالية للإسمنت من الضروري إجراء التحاليل الكيميائية والمعدنية للمواد الأولية وبشكل دوري لتحديد تركيبها الكيميائي والمعدني وبالتالي تحديد نسب الخلط لتشكيل المزيج الخام، فضلاً عن تحديد نوع المعادن المكونة لها لأن بعضها يكون غير مرغوب بها كالدولومايت والكلورايت والباليكورسكايت التي تشكل مصدراً مهماً لأوكسيد المغنيسيوم الذي يعد مضراً في حالة وجوده بنسبة عالية في الخلطة المغذية للفرن (Grim, 1962; السقا، 2002).

أهداف البحث

1. دراسة التركيب الكيميائي والمعدني للمواد الأولية (الأطيان والحجر الجيري) الداخلة في صناعة الأسمنت البورتلاندي الاعتيادي في معامل اسمنت الكوفة.
2. تحديد مدى ملائمة المواد الأولية لصناعة الاسمنت وذلك بمقارنتها مع الحدود والمديات العالمية للمكونات الكيميائية لخلطة المزيج الخام.

الوضع الجيولوجي لمنطقة الدراسة

تقع منطقة الدراسة والمتمثلة بمقلعي المواد الأولية (الحجر الجيري والطين) في محافظة النجف شكل (1)، إذ يقع مقلع الحجر الجيري المتمثل بتكوين الفرات (Euphrates Formation) في منطقة الخريبة (جنوب غرب النجف)، في حين يقع مقلع المواد الطينية والذي يمثل أطياناً لترسبات حديثة لنهر الفرات في منطقة الكفل.

تغطي المنطقة والتي وصفها (Barwary & Naseira, 1995) من خلال التقرير الجيولوجي لرقعة النجف حيث شملت كل من (النجف وأبو صخير و الديوانية) اكثر من (25%) من ترسبات العصر الرباعي(Quaternary)، أما عصر ما قبل الرباعي (الايوسين – البلايوسين) فانه يتمثل بتكاوين (الدمام، الغار، الفرات، الفتحة، انجانة، دبدبة)، كما موضح في المقطع الطباقي شكل (2).

شكل (1) مواقع مقالع المواد الأولية (الحجر الجيري والأطيان)

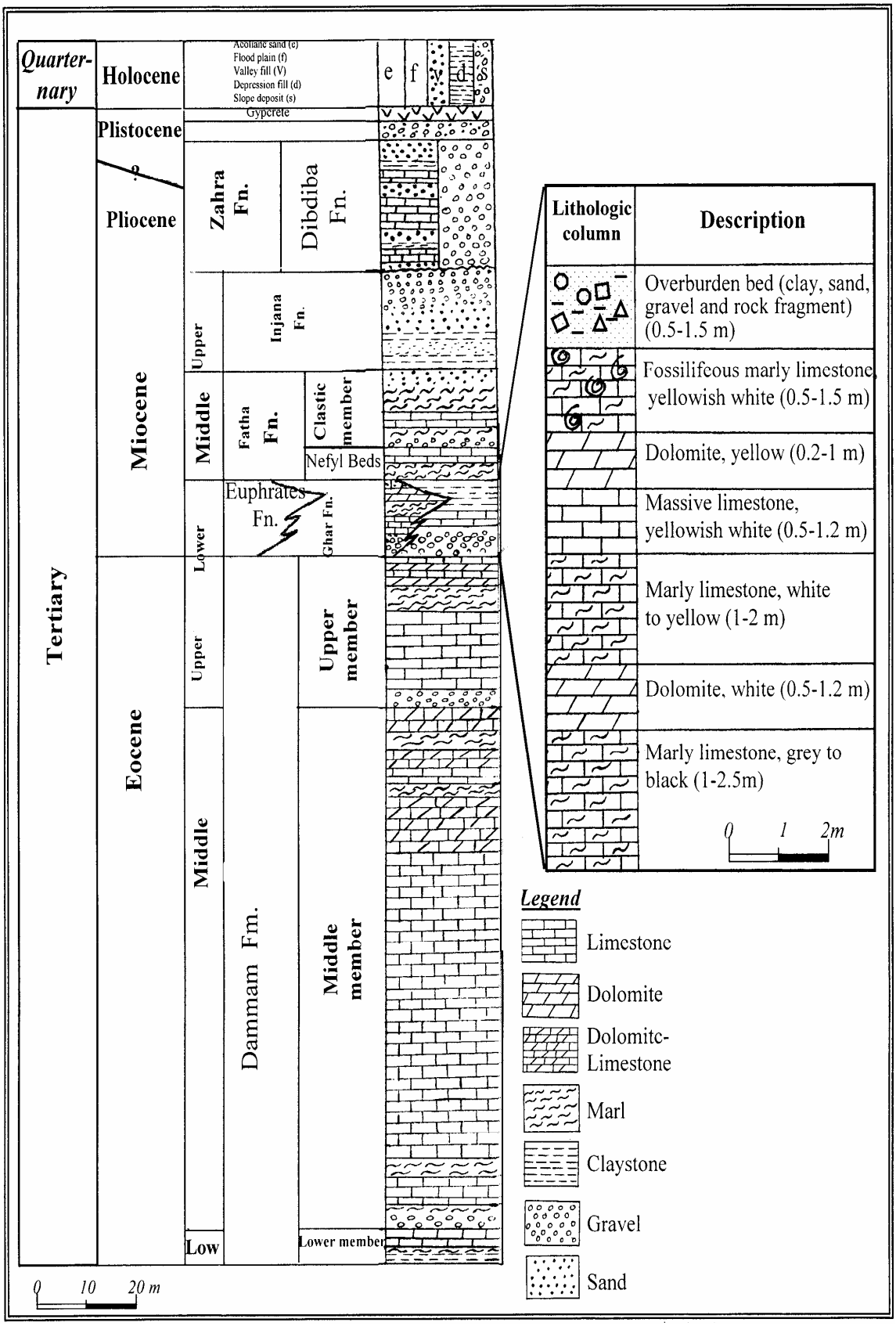
يقع المقطع النموذجي لتكوين الفرات Euphrates Formation (المايوسين الأسفل) في وادي الفحيمي - خان البغدادي وبسمك (8m)، وقد قسم Al-Mubarek, 1971; Al-Jumaili, 1974; Tyracek & Youbert, 1975 In: Jassim *et al*. (1984) تكوين الفرات الى ثلاث وحدات (A, B, C)، إذ تمتاز

الوحدة السفلى (A) منه بالتغيرات الجانبية، وتتألف من البريشيا القاعية والحجر الرملي الجيـري والحجـر الجيري الرملي، أما الوحدة الوسطى (B) فتتكون من الحجر الجيري الصلب الحاوي على متحجرات عـادة وهي غالباً ما تتداخل مع تكوين الغار في أجزاء من الصحراء الجنوبية الشرقية، أما الوحدة العليا (C) فهـي واسعة الانتشار من تكوين الفرات.

أما Buday, 1980 In: Jassim *et al.* (1984) فقد قسم التكوين إلى خمس وحدات وهي من الأسفل إلى الأعلى:

1. دولومايت ذو لون أصفر إلى أصفر داكن مع مدملكات قاعية.
2. دولومايت.
3. حجر جيري أبيض ناعم غني بالمتحجرات.
4. حجر جيري طباشيري و سرئي (Chalky and Oolitic Limestone).
5. دولومايت ذو لون بني.

أما في منطقة الدراسة وكما وصفها (العلي، 2004) فينكشف هذا التكوين على شكل شريط يمتد مـن الشمال الغربي – الجنوب الشرقي موازياً لحد التماس بين ترسبات العصر الرباعي وقبل الرباعي ويتـراوح سمكه بين (4-10m). ويتألف من الحجر الجيري والحجر الجيري الدولومايتي والدولومايت مع حجر جيري مارلي، كما تغطي طبقة الحجر الجيري مواد غطاء (Overburden material) تتألف مـن خلـيط غيـر متجانس من الأطيان والغرين والرمل مع قطع متكسرة من الحجر الجيري، شكل (2).


Quarter-nary
Holocene
Plistocene
Pliocene
Miocene
Eocene
Tertiary
Aeolian sand (e)
Flood plain (f)
Valley fill (V)
Depression fill (d)
Slope deposit (s)
Gypcrete
Zahra Fn.
Dibdiba Fn.
Upper
Middle
Lower
Injana Fn.
Fatha Fn.
Clastic member
Nefyl Beds
Euphrates Fn.
Ghar Fn.
Upper member
Middle member
Lower member
Dammam Fm.
Low
0 10 20 m
Lithologic column
Description
Overburden bed (clay, sand, gravel and rock fragment) (0.5-1.5 m)
Fossilifeous marly limestone, yellowish white (0.5-1.5 m)
Dolomite, yellow (0.2-1 m)
Massive limestone, yellowish white (0.5-1.2 m)
Marly limestone, white to yellow (1-2 m)
Dolomite, white (0.5-1.2 m)
Marly limestone, grey to black (1-2.5m)
0 1 2m
Legend
Limestone
Dolomite
Dolomitc-Limestone
Marl
Claystone
Gravel
Sand

شكل (2) مقطع طباقي لرقعة النجف وتكوين الفرات في مقلع الحجر الجيري
(العلي، 2004، Barwary & Naseira, 1995)

طرائق العمل

النمذجة: جمعت (4) نماذج من من المواد الطينية من مقلع الكفل و(6) نماذج من الحجر الجيري من مقالع الحجر في منطقة بحر النجف، وتمت النمذجة اعتماداً على التغايرات الفيزيائية في المكشف الطبقي لتكوين الفرات.

التحليل الكيميائي والمعدني: أُجري التحليل الكيميائي لكل من نماذج الحجر الجيري والمواد الطينية في مختبرات معمل إسمنت الكوفة القديم /محافظة النجف، إذ تم تحليل أكاسيد العناصر الرئيسة بالاعتماد على الطرائق الوارد ذكرها في (Vogel *et. al.*, 1978)، فقد تم تحليل (SiO_2, SO_3) باستخدام الطرائق الوزنية و(Fe_2O_3, CaO, MgO) بالطرائق الحجمية و(Al_2O_3) بالطريقة اللونية فضلاً عن القلويات (K_2O, Na_2O) للنماذج (A1, S6, S4, S2) والتي جرى تحليلها في كلية الزراعة/ جامعة البصرة باستخدام جهاز طيف اللهب نوع (Corning 400 Flame Photometer)، كما اشتمل ايضاً على حساب نسبة الفقدان بالحرق (L.O.I.) وذلك بحرق النموذج في فرن نوع (Gallenkamp, Muffle furnace) لدرجة حرارة (1050 °C) ولمدة ساعتين ونصف (Cox *et al.*, 1977).

أما التحليل المعدني للحجر الجيري والمواد الطينية فقد تم باستخدام جهاز حيود الأشعة السينية (X.R.D) من نوع (Philips Type PW 1352)، لغرض تشخيص وتقدير مكوناتها المعدنية فضلاً عن تحديد نوع المعادن الطينية للجزء الطيني المفصول، إذ حضرت شرائح رقيقة موجهة (Oriented slides) بالاعتماد على الطرائق الواردة في (Carroll, 1970; Folk, 1974) ، ومن ثم فحصت بجهاز الأشعة السينية الحائدة وبمراحلها المختلفة (الشرائح غير المعاملة، الشرائح المعاملة بالاثلين كلايكول والشرائح المسخنة الى درجة حرارة (500˚C) ولمدة ساعتين).

النتائج والمناقشة

يظهر الجدولان (1) و (2) نتائج التحليل الكيميائي لنماذج المواد الأولية (الحجر الجيري والأطيان) على التوالي، أظهرت النتائج أن الأوكسيد السائد في نماذج الحجر الجيري هو أوكسيد الكالسيوم والذي يكون ذا محتوى عالٍ في النماذج (S4, S3, S1)، إذ تتراوح نسبته بين (48.22-51.74%) وبمعدل (38.76%)، وكما موضح في الجدول (1) عدا النموذجان (S5, S2) اللذان تنخفض فيهما نسبته إذ تصل إلى (28.09, 24.77%) على حساب زيادة محتوى أوكسيد المغنيسيوم والتي تصل إلى (15.55, 17.24%)

وهذا يعود الى المحتوى العالي للدولومايت في هذه النماذج، بينما إنخفاض محتوى أوكسيد الكالسيوم في النموذج (S6) قد يعود إلى إرتفاع محتوى السليكا (22.06%) والألومينا (7.46%).

جدول (1) التحليل الكيميائي لنماذج الحجر الجيري

Oxides / Wt% / Sample No.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	L.O.I
S1	5.14	1.01	0.36	49.17	0.62	0.61	-	-	42.63
S2	10.32	2.34	1.56	24.77	17.24	0.47	0.22	0.20	41.51
S3	4.36	0.98	0.24	51.74	0.55	0.13	-	-	41.65
S4	6.24	0.96	0.64	48.22	0.88	0.34	2.70	0.32	39.04
S5	5.68	1.52	0.56	28.09	15.55	0.36	-	-	41.51
S6	22.06	7.46	0.66	30.58	2.38	0.32	0.78	0.43	30.57
Range	4.36 - 22.06	0.96 - 7.46	0.24 - 1.56	24.77-49.17	0.62 - 17.24	0.13 - 0.61	0.22 - 2.70	0.20 - 0.43	30.57-42.63
Average	8.95	2.37	0.67	38.76	6.20	0.37	1.23	0.31	39.48

- أكاسيد غير محللة

لوحظ انخفاض نسبة أوكسيد السليكون في نماذج الحجر الجيري جميعاً، إذ بلغ معدلها (8.95%) عدا النموذجان (S6, S2) اللذان يصل فيهما إلى (22.06, 10.32%) على التوالي. أما أوكسيد الألمنيوم فيزداد محتواه في النموذج (S6) فقط إذ تبلغ قيمته فيه حوالي (7.46%) وذلك لزيادة محتواها من الأطيان، أما أوكسيد الحديد فكان منخفضاً وبلغ معدله (0.67%).

أما نسبة الكبريتات فكانت منخفضة في جميع النماذج وبمعدل (0.37%)، كما تنخفض نسبة القلويات (Na_2O, K_2O) في النماذج المقاسة عدا النموذج (S4) الذي يزداد فيه محتوى (Na_2O) إذ يصل إلى (2.70%). وبشكل عام فإن هذه النسب تكون ضمن المديات المسموح بها في صناعة الإسمنت عالمياً (Schafer, 1987) لأن النسب العالية منها لها تأثير سلبي على العمليات التشغيلية للفرن فضلاً عن تأثيرها على نوعية الإسمنت، إذ انه أثناء عملية حرق المواد الاولية في الفرن الدوار يحصل تطايراً لأجزاء من القلويات في نطاق الحرق مؤديةً إلى تكوين دورة القلويات والكبريتات والكلوريدات والتي قد تترسب على جدار الفرن في المناطق الباردة منه نتيجة تكاثفها مما يؤدي الى تكوين الحلقات (Rings) داخل الفرن وبالتالي يعرقل سير المزيج الخام، ومن ناحية أخرى فإن القلويات المتحررة من الإسمنت لها قابلية على التفاعل مع الركام الحاوي على أشكال فعالة من السليكا مثل الاوبال والفلنت, ونتيج هذا التفاعل يكّون هلام سيلكي – قلوي والذي يسبب قوة تمددية تؤدي إلى حدوث تشقق في المنشآت الخرسانية (Duda,1977; Schafer,1987).

لوحظ إستقرار نسب الأكاسيد المختلفة في نماذج المواد الطينية جميعا، إذ تكون السليكا المكون الرئيس لهذه النماذج (39.12%)، بينما تنخفض نسبة الالومينا وأوكسيد الحديد فيها، فقد بلغ معدلهما (6.33, 11.93%) على التوالي. كذلك لوحظ إرتفاع نسبي في محتوى اوكسيد المغنيسيوم الذي يصل معدله الى (5.92%) بسبب ارتباطه بالباليكورسكايت والمونتموريلونايت الذي ظهر في مخططات الأشعة السينية، أما الكبريتات (SO_3) فيكون معدلها (1.3%) لإرتباطه بمعدن الجبس في حين كانت نسبة القلويات (Na_2O, K_2O) في المواد الطينية أعلى مما هي عليه في الحجر الجيري والتي تكون (4.52, 3.00%) على التوالي لإرتباطها بالمعادن الطينية من جهة والفلدسبار من جهة أخرى.

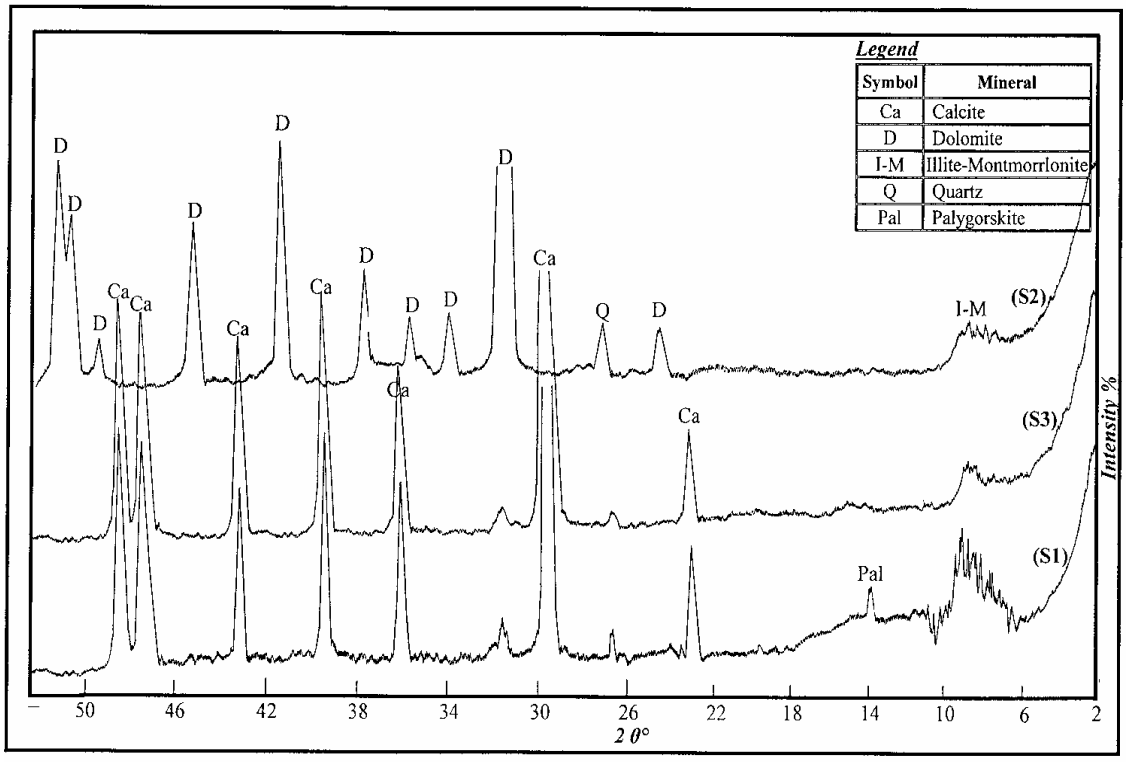
جدول (2) التحليل الكيميائي لنماذج المواد الطينية

Oxides / Sample No.	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O	L.O.I
A1	39.78	13.18	5.36	12.01	6.22	0.32	4.52	3.00	15.35
A2	39.26	11.24	6.48	12.32	5.75	2.12	-	-	16.48
A3	38.44	11.07	7.03	13.87	6.02	1.53	-	-	15.73
A4	39.02	12.23	6.47	13.43	5.72	1.49	-	-	16.3
Range	38.44-39.78	11.07-13.18	5.36-7.03	12.01-13.87	5.72-6.22	0.32-2.12	-	-	15.35-16.48
Average	39.21	11.93	6.33	12.90	5.92	1.3	-	-	15.96

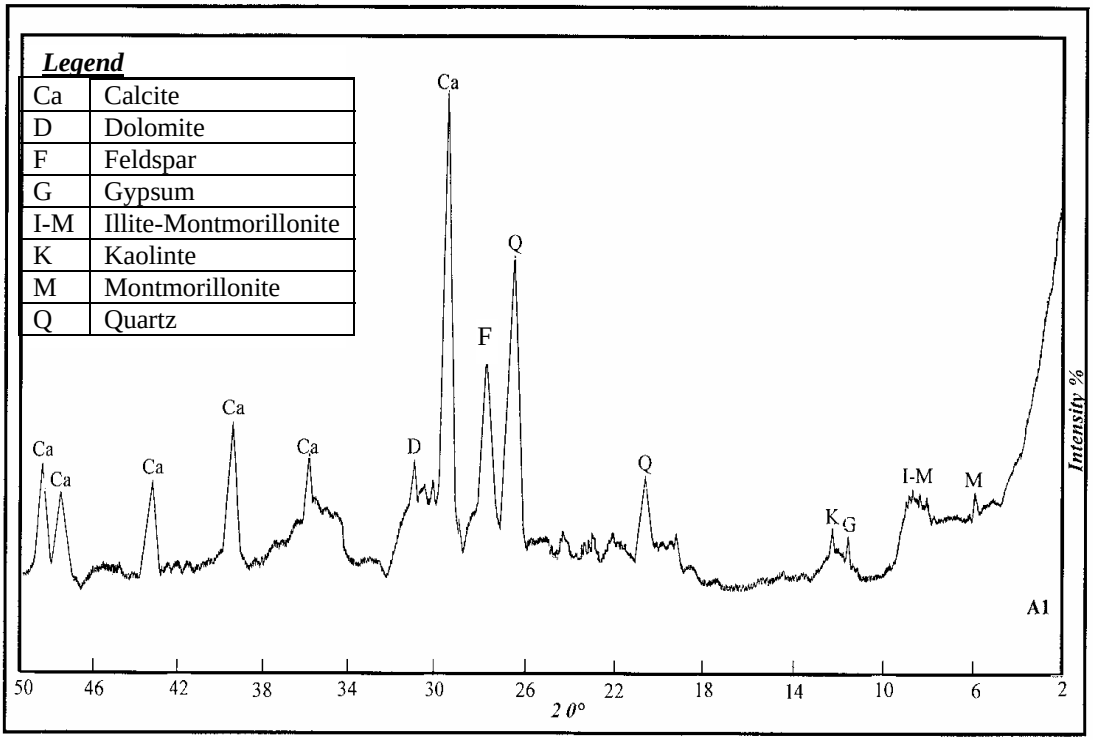
- أكاسيد غير محللة

أظهرت أنماط حيود الأشعة السينية لنماذج الحجر الجيري (S1, S2, S3) شكل (3)، إن المعدن السائد فيها هو الكالسايت، في حين كان الدولومايت والكوارتز هي المعادن الشائعة في النموذج (S2) والذي شخص حقلياً بأنه عبارة عن حجر جيري دولومايتي وهو ربما كان المشكلة لزيادة تركيز (MgO) في التحليل الكيميائي فضلاً عن ظهور بعض المعادن الطينية المختلفة (معدن الالايت- مونتموريلونايت والباليكورسكايت) بنسبة ضئيلة.

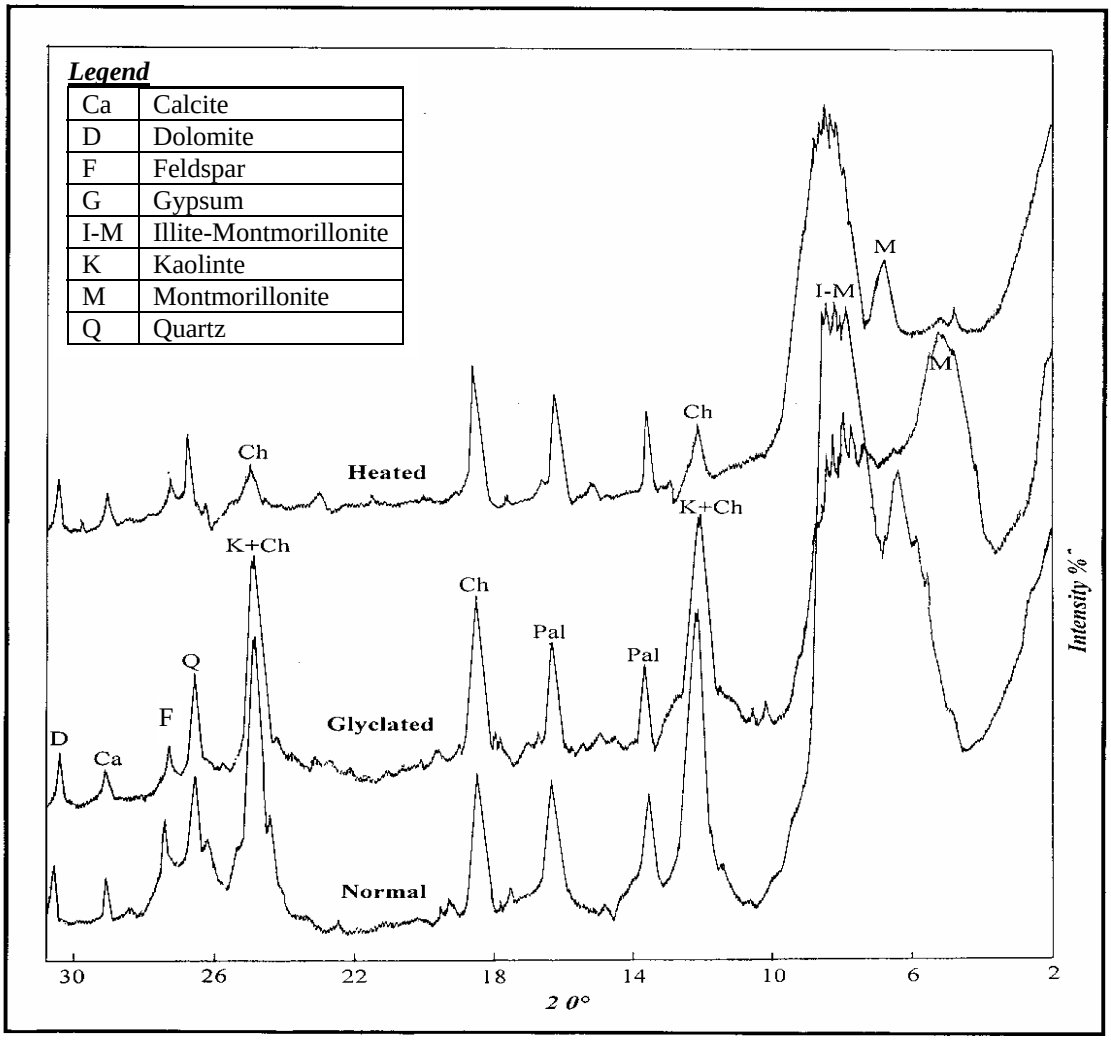
أظهر نمط حيود الأشعة السينية لنماذج المواد الطينية شكل (4) وجود معادن الكوارتز والكالسايت والدولومايت ونسبة قليلة من الفلدسبار، في حين كانت المعادن الطينية السائدة في الجزء الطيني المفصول شكل (5) هي المونتموريلونايت والالايت-مونتموريلونايت المختلطة والكاؤولينايت والكلورايت والباليكورسكايت، إذ ارتبط الارتفاع النسبي لـ(MgO) في المواد الطينية بوجود كلاً من الباليكورسكايت والكلورايت.



شكل (3) أنماط حيود الأشعة السينية للمعادن الرئيسة في نماذج الحجر الجيري



شكل (4) أنماط حيود الأشعة السينية للمعادن الرئيسة في أحد نماذج المواد الطينية (A1)



شكل (5) أنماط حيود الأشعة السينية للمعادن الطينية في الجزء الطيني المفصول من أحد نماذج المواد الطينة (A1) عند المعاملات المختلفة

تقييم المواد الأولية

من الناحية التقييمية فإن التركيبين الكيميائي والمعدني للمواد الأولية يظهـران ملائمتهمـا لـصناعة الإسمنت رغم وجود بعض الانحرافات وكما موضح في الجدول (3)، إذ يلاحظ إرتفـاع محتـوى أوكـسيد الكالسيوم في نماذج الحجر الجيري والذي يشكل حوالي (75%) من خلطة المزيج الخام (اتصال شخـصي)، كما تزداد نسبة السليكا في المواد الطينية والتي تعد المصدر الرئيس المجهز للمزيج الخام بالمكون الـسليكي

والذي تكون نسبة الأطيان فيه (25%) فضلاً عن إعتدال نسب أكاسيد الألمنيوم والحديد والكبريتات والقلويات فيها.

إلا إنه من جانب آخر، نجد إن الزيادة الملحوظة في نسبة أوكسيد المغنيسيوم في بعض نماذج الحجـر الجيري قد يكون غير مرغوب بها في صناعة الإسمنت كونها تسبب تمدد الإسمنت والخرسانة المستعمل فيها إسمنت عال المغنيسيا، إذ إن المغنيسيا الذائبة في السائل والمتكونة أثناء عملية الحرق تميل للتفاعل مع طـور (C_3S) عند درجات الحرارة العالية مما يؤدي إلى تحوله إلى طور (C_2S) وكلس حر (Free CaO) ونتيجة لذلك تقل المقاومة المبكرة للإسمنت في الأيام الأولى كنتيجة لإنخفاض نسبة (C_3S) وارتفاع نسبة الكلس الحر والتي تسبب مشاكل عند صب الخرسانة نتيجة التمدد الحجمي الناتج من جـراء تحولهـا إلـى هيدروكـسيد الكالسيوم، علاوة على ذلك فإن المغنيسيا الحرة (Periclase) المتكونة عند تفاعلها مع الماء يزداد حجمها، إذ يتكون معدن البروسايت ($Mg(OH)_2$) الذي يؤدي إلى حدوث تشققات في المـلاط أو الخرسـانة وبالتـالي حدوث فشل فيها (Grim, 1962; Duda, 1984)، لذا ننصح بالإبتعاد عن الطبقات ذات التراكيـز العاليـة بالمغنيسيا (كالدولومايت والحجر الجيري الدولومايتي) أثناء عملية القلع أو إجراء خلط جيد مع طبقـات ذات محتوى عالٍ من أوكسيد الكالسيوم.

جدول (3) التركيب الكيميائي لخلطة المواد الأولية (الحجر الجيري والأطيان) ومقارنتها مع المديات العالمية (Chatterjee, 1979)

Oxides	Range in raw meal (%) (Chatterjee, 1979)	This study %
CaO	63.0-67.0	60.7-61.4
SiO_2	21.0-24.0	20.5-21.5
Al_2O_3	4.0-7.0	5.5-6.0
Fe_2O_3	2.0-4.0	3.1-3.2
MgO	5.0-6.0 (max)	4.3-4.9
SO_3	1.5	1.2-1.5
R_2O ($Na_2O + K_2O$)	1.2	1.1

الاستنتاجات

1. أظهرت نتائج التحليل الكيميائي للمواد الأولية إن (CaO) هو المكون السائد في معظم نماذج الحجر الجيري مع إرتفاع محتوى (MgO) في البعض منها في حين إن الأكاسيد الأخرى كان محتواها واطئاً نسبياً، أما المواد الطينية فكان محتوى (SiO_2, Al_2O_3) فيها ضمن الحدود المقبولة، كما يلاحظ أيضاً إرتفاعاً نسبياً في محتوى الأكاسيد (Fe_2O_3, MgO, Na_2O, K_2O, SO_3) وأن هذه النسب تتوافق مع إرتفاع النسبة المئوية للأكاسيد المكونة للمزيج الخام الداخل في صناعة إسمنت معامل الكوفة إذ إن (CaO) يمثل المكون

السائد للحجر الجيري الذي تكون نسبته (الحجر الجيري) في المزيج الخام (75%)، أما (SiO_2) فيمثل المكون الرئيس للأطيان التي تكون نسبتها (25%).

2. إن المعدن السائد في الحجر الجيري هو الكالسايت وفي نماذج قليلة يكون الدولومايت هو المعدن السائد فضلاً عن وجود نسبة قليلة من معدن الكوارتز، بينما كانت معادن الالايت-مونتموريلونايت والمونتموريلونايت والكاؤولينايت والكلورايت والباليكورسكايت هي المعادن الطينية السائدة مع مرافقة بعض المعادن غير الطينية الأخرى كالكوارتز والكالسايت والدولومايت والبلاجيوكليز والجبس بنسب قليلة.

3. إن التركيب الكيميائي والمعدني للمواد الأولية يظهران ملائمتهما لصناعة الإسمنت رغم وجود بعض الانحرافات، إذ يلاحظ اقتراب معظم نسب الأكاسيد في خلطة المزيج الخام من المديات المسموح بها في صناعة الإسمنت عالمياً.

المصادر العربية

- اتصال شخصي بالشركة العامة للاسمنت الجنوبية/ البحث والتطوير (2004).
- السقا، هاشم، 2002 ، عمليات ضـبط جـودة الإسـمنت، عـالم الإسـمنت ومـواد البنـاء، العـدد 9، ص ص11-17.
- العلي، صفاء حسين علي، 2004، دراسة تقييمية للإسمنت المنتج من معامل إسمنت الكوفة والمواد الخـام الداخلة في صناعته، جامعة البصرة، رسالة ماجستير غير منشورة، 100 ص.

المصادر الأجنبية

- Barwary, A.M. & Naseira, A.S., 1995, “The geology of Al-Najaf quadrangle”. State Establishment of Geological Survey and Mining (Internal report). 20P.
- Carroll, D., 1970, “Clay minerals: A guide to their X-ray identification”. Geol. Soc. Amer., special paper, 126, Colorado, 80P.
- Chatterjee A. K., 1979, “Cement raw materials and raw mixes”, A review of diagnostic interrelations: the physicochemical characterstics of raw materials and the reactivity of raw mixes, Journal of pit and quarry, part 1, Sep., PP.103-111.
- Cox, F. C.,Bridge, D. McC. And Hull, .H., 1977, “Procedure for the assessment of limestone resources”, Min. Assess. Rep., Inst. of Geol. Sci., No.30.
- Duda, W.H., 1977, “Cement–Data–Book”, International process engineering in the cement industry, 2nd edition, Bauverlag, GmbH. Wiesbaden and Berlin Macdonald and Evans, London, 539p.
- Duda, W.H., 1984, “Cement-Data-Book”, Electrical engineering, automation, storage, transportation, dispatch, Vo1.2, 1st edition, Bauverlag, Gmbh, 456p.
- Folk, R.L., 1974, “Petrology of sedimentary rocks”, Hemphill, Texas, 182P.
- Grim, R.E., 1962, “Applied clay mineralogy”, McGraw-Hill Book Co. Inc. New York, 422P.
- Jassim, S.Z., Karim, S., Basi, M., Al-Mubarak, M. and Munir, J., 1984, “Final report on the regional geological survey of Iraq”, Vol.3, Unpub. Report, SOM Library, Baghdad.

- Schafer, H.U., 1987, “Assessment of raw materials for the cement industry”, Reprint from the journal “World Cement”, No.7, PP.273-283, Cement and Concrete Association, London.
- Vogel, A. I., Bassett, J., Denney, R. C., Jeffery, G. H., and Mendham, J., 1978, “Vogel's textbook of quantitative inorganic analysis including elementary instrumental analysis”, 4th edition, New York, Longman, 925 p.