دراسة الخواص الكيميائية والفيزيائية والهندسية لصخور الحجر الجيري المحروقة (النورة) ضمن تكويني بلاسبي والفتحة في منطقتي عقرة ودهوك وتحسين مواصفاتها واستخداماتها الصناعية

حازم أمين الكواز

مركز بحوث السدود والموارد المائية ، جامعة الموصل ، الموصل ، العراق

(تاريخ الاستلام: ٢٨ / ٩ / ٢٠٠٩ ---- **تاريخ القبول:** ٥ / ١ / ٢٠١٠)

الملخص

اظهرت نتائج فحوصات مجاميع من مكعبات الحجر الجيري ضمن تكويني بلاسبي وفتحة في منطقتي عقرة ودهوك ان هناك زيادة ملحوظة في قوة مقاومة الانضغاط وكثافة المكعبات المصنعة من نماذج صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي مقارنة مع صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة في كلا المنطقتين، والسبب في ذلك ربما يعود الى احتواء صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي على نسبة عالية من الدولوميت مقارنة مع النسبة العالية من الكالسيت ضمن صخور الحجر الجيري في تكوين فتحة، وهذا ماأثبتته نتائج التحاليل الكيميائية لهذه الصخور .كما اظهرت نتائج التحاليل الكيميائية للنورة المحضرة من كلسنة الحجر الجيري انها تحتوي على نسبة عالية من اوكسيد الكالسيوم تزيد عن 97% بينما لاتتعدى نسبته الـ 55% في صخور الحجر الجيري لكلا التكوينين على التوالي ضمن منطقتي عقرة ودهوك في منطقتي الدراسة.

واتضح ان هناك زيادة نسبية بقوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مانسبته ٣٠% حجر كلس مع ٧٠% سمنت ابيض والمستخدمة في لصق وتحشية ملاط السيراميك والحلان وتثبيت بلاط الارضيات ونثر الجدران. في حين ان هناك زيادة ملحوظة في قوة مقاومة الانضغاط للنماذج المصنعة من خلط مانسبته ٣٠% نورة و ٧٠% سمنت ابيض (البورك) والمستخدم في معالجة شقوق الجدران وتثبيت السيراميك وبلاط كاشي الارضيات ايضا وان النماذج المعالجة في الماء تعطي قوة مقاومة انضغاط اكبر نسبيا من النماذج المعالجة بالهواء. كما اظهرت النتائج ايضا ان هناك زيادة نسبية في قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مانسبته 50% سمنت ابيض و 40% غبرة و 10% رمل لاستخدامها في صناعة نوع من الثرمستون.

المقدمة

تشكل صخور الحجر الجيري (مصدر حجر الكلس) غالبية التكاوين الجيولوجية في شمال العراق ومن ضمنها تكاوين سكانيان وسركي (الجوراسي السفلي) وجياكارا وناوكليكان وسارجيلو (الجوراسي العلوي– الاوسط) وبلمبو وقمجوقة (الكريتاسي السفلي) وعقرة "بخمة" وشيرانش (الكريتاسي العلوي) وخورمالة (الباليوسين) وأفانا (الايوسين الاوسط) وبلاسبي (الايوسين الاعلى) وفتحة (المايوسين الاوسط) والعديد من التكاوين الجيولوجية ضمن التتابع الطبقي لشمال العراق. وقد ركزنا في هذه الدراسة على تكويني بلاسبي وفتحة ضمن منطقتي عقرة ودهوك.

مصطلح النورة (Quick lime) عبارة عن مادة قلوية بهيئة مسحوق ابيض يطلق عليها كيميائيا هيدروكسيد الكالسيوم، تحضر من كلسنة كاربونات الكالسيوم (حجر الكلس) بالحرارة العالية التي تزيد عن (1100) سليزية لتتحول الى الجير الحي (اول اوكسيد الكالسيوم) ثم يضاف اليها الماء لتكوين النورة. لصنع الملاط يضاف المزيد من الماء الى النورة لتتكون عجينة غير مستقرة كيميائيا حيث تبدأ مباشرة بالتفاعل مع ثاني اوكسيد الكاربون وتتحول النورة ثانية الى الحجر الجيري [1].

تستخدم النورة في العديد من الصناعات البنائية منها صناعة الطابوق الجيري والثرمستون والطابوق الناري المستخدم في تبطين الافران وفي العديد من الصناعات الكيميائية متضمنة مساحيق التنظيف والورق والسمنت والزجاج والاصباغ [١] اضافة الى استخدامها في الملاط وطلاء الجدران بعد اضافة ملح الطعام اليها لصنع مادة السنوسن المستخدمة في طلاء الجدران وخلطها مع السمنت الابيض كمادة مثبتة للبلاط (tile) ونثر الجدران.

ومن اهم مميزات النورة في الملاط هي القوة، إذ ان ملاط النورة يلتصق بالحجر والطابوق الذي يبنى معه ويزداد قوة بمرور الزمن لتحوله الى حجر. كما ان النورة مقاومة للمؤثرات الخارجية كالحرارة والرطوبة وتسرب المياه والشقوق، وتعد النورة واستخداماتها مقياسا لتطور البلد في صناعة النورة.

هناك بعض المواد تستخدم في اعمال البناء منها الغبرة والسنوسن والبورك، فالغبرة هي حجر كلس مطحون يخلط مع السمنت الابيض لتحشية الفواصل البينية للكاشي، والغبرة الصفراء اللون تستخدم في نثر الجدران. السنوسن هو عبارة عن نورة مضاف اليها ملح الطعام ويستخدم في صبغ الجدران السمنتية. البورك هو نورة مضاف اليها سمنت ابيض لسد شقوق الجدران قبل صبغها.

العمل الحقلي والمختبري

تم جمع عشرون نموذج من الحجر الجيري ضمن كل من تكويني بلاسبي (الايوسين الاعلى) وفتحة (المايوسين الاوسط) من كل من منطقتي عقرة ودهوك وكانت النمذجة من اسفل التكوين الى اعلاه.

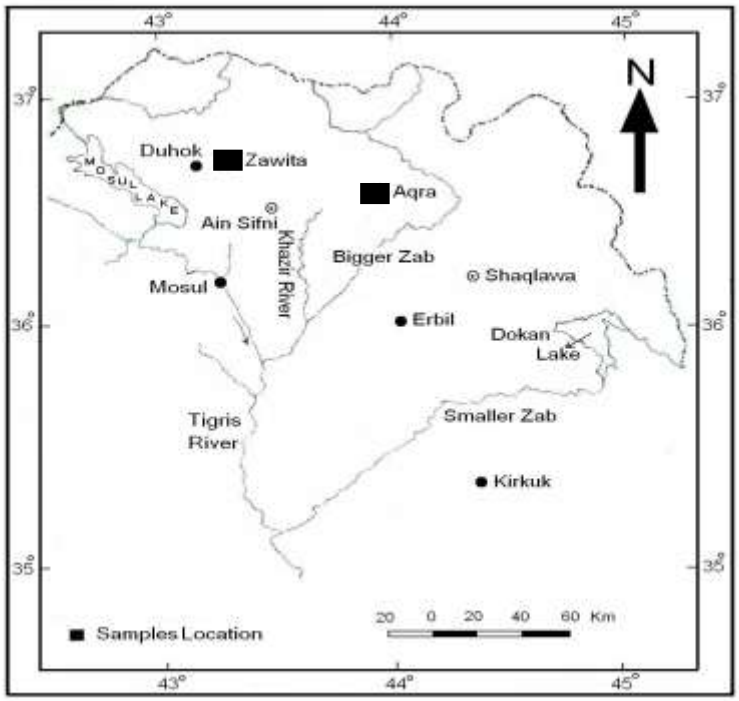
جرت عمليات قص مجاميع من المكعبات ذا ابعاد (5x5x5) سم لكلا التكوينين ضمن منطقتي الدراسة في ورشة الصخور في قسم الهنسة المدنية بجامعة الموصل.

اجريت قياسات احجام واوزان المكعبات واستخرجت كثافتها ومن ثم اجريت قياسات قوة مقاومة الانضغاط لها، بعدها طحنت بجهاز التيما وغربلت النماذج واخذ العابر من (200 mesh) لايجاد نسب تراكيز اكاسيد (LOI , MgO , CaO). كما اخذ جزء من العابر من (200 mesh) وخلطه بنسب متباينة مع السمنت الابيض (50, 45, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5)، ومن ثم تشكيل مكعبات ذات ابعاد (5x5x5) سم، ثم قياس اوزان مكعبات الحجر الجيري قبل وبعد حرقها بدرجة (1100) سليزية ولمدة ثلاث ساعات في مختبر اكاديمية الفنون الجميلة بجامعة الموصل ومن ثم استخرجت نسبة الفقدان نتيجة الحرق.

اخذ جزء من مسحوق النورة المحروق والعابر من (200 mesh) لايجاد نسب تراكيز اكاسيد (LOI, MgO, CaO). كما خلط مسحوق النماذج بنسب متباينة من الاسمنت الابيض (60,50,40,35,30,25, 20, 15, 10, 5) ومن ثم تشكيل مكعبات ذات ابعاد (5x5x5) سم لايجاد النسبة المثلى لتثبيت بلاط الارضيات، حيث اختيرت نسب ٥٠% نورة و ٥٠% سمنت ابيض كذلك ٣٠% و ٧٠% سمنت ابيض وما يقابلها من هذه النسب من الحجر الجيري.كما تم خلط نسب متباينة من النورة والسمنت الابيض والرمل لايجاد النسبة المثلى لاستخدامها في صناعة الثرمستون. عولجت النماذج في الماء والهواء حيث تم تشكيل خمسة مكعبات لكل خلطة، المكعب الاول جفف في الهواء اما المكعبات الاربعة المتبقية فلقد وضع كل واحد منها في الماء لمدد (28, 14, 7,3) يوما بعدها جرت عملية فحصها بجهاز قوة مقاومة الانضغاط بمختبر فحص المواد الانشائية في كلية الهندسة بجامعة الموصل وتم فحص (3-4) نماذج لكل خلطة واخذ المعدل.

جيولوجية المنطقة والهدف من الدراسة

تقع منطقة الدراسة في الجزء الشمالي من العراق متضمنة طيتي عقرة في منطقة عقرة، وزاويتة في منطقة دهوك (شكل 1) وشملت الدراسة تكويني بلاسبي وفتحة في كلا المنطقتين وكما يلي:



شكل (١) موقعي الدراسة في عقرة ودهوك

تكوين بلاسبي:

يتكون بصورة رئيسة من صخور الحجر الجيري المدلمت احيانا والطباشيري ويحتوي على المارل ورواسبه تمثل البيئة اللاكونية. ويصل سمكه في منطقة عقرة الى حوالي (84) مترا[2,3]. وفي منطقة دهوك يظهر بصورة واضحة على شكل طبقات بارزة ومرتفعة مشكلا اجنحة طية بيخير. ويتكون من الحجر الجيري المدلمت والمعاد التبلور (hard massive dolomitic limestone). سمكه في منطقة دهوك يزيد عن (250) مترا. وعمره (الايوسين الاوسط–الاعلى). يتصف باحتوائه على منخريات المليوليد، الروتاليد ضمن صخور الدولوميت والحجر الجيري الدولوميتي كما يحتوي على عقدة من الصوان (nodular).

تكوين فتحة:

يتألف من تتابع طبقي من الصخور الجبسية والكلسية وصخور المارل. يبلغ سمك التكوين في مقطعه المثالي حوالي (850) مترا، في حين يبلغ سمكه بين (200-300) مترا في منطقة عقرة و (300-400) مترا في منطقة دهوك. وقد حدد عمره بـ (الباليوسين المتأخر) من قبل

العديد من الباحثين من بينهم [3]، اما [4] فقد وجدا فيه عددا من احافير المنخريات الكبيرة جنس (Miogypsina) وعدا عمره (اوائل المايوسين واواسطه). ويتفق معظم الباحثين على ان التكوين قد ترسب في احواض شاطئية ضحلة ذات ملوحة عالية، لذلك يتميز بندرة احتوائه على الاحافير والتي توجد في الصخور الجيرية للتكوينين وتتكون بصورة رئيسة من الاوستراكودا (Ostracoda) والمنخريات الدقيقة (Miliolids) [3].

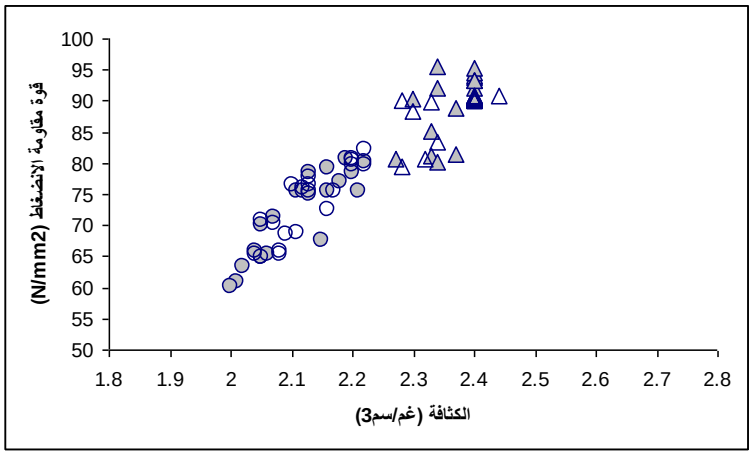
ان الهدف الاساس من هذه الدراسة هو تحديد الخواص الكيميائية والفيزيائية والهندسية لصخور الحجر الجيري والنورة المصنعة من كلسنة الحجر الجيري ضمن تكويني بلاسبي وفتحة واستخدام بعض المضافات لرفع كفاءتها واستخدامها في مختلف الصناعات البنائية والصناعات الاخرى.

النتائج ومناقشتها

من خلال تمحيص جداول (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9) واشكال (1,2,3,4,5,6,7) لوحظ مايلي:

اولا:

هناك زيادة نسبية بقوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي في منطقتي الدراسة مقارنة مع المكعبات المصنعة من صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة، والسبب في ذلك ربما يعود الى ان احتواء صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي على نسبة عالية من الدولوميت حيث يوصف تكوين بلاسبي بانه (hard massive recrystallized dolomitic limestone)، على العكس من ذلك يحتوي الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة على نسبة عالية من الكالسيت حيث ان صلادة الدولوميت اكبر بكثير من صلادة الكالسيت كما ان احتواء تكوين البيلاسبي على عقد الصوان والتي تزيد من الكثافة وقوة مقاومة الانضغاط ايضا. واظهرت النتائج ايضا ان كثافة صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي اكبر نسبيا من كثافة الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة في منطقتي الدراسة ايضا الجدولان (٢،١)، شكل (٢).



شكل 2: العلاقة بين قوة مقاومة الانضغاط والكثافة لصخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي في منطقة عقرة (المثلثات المفتوحة) ومنطقة دهوك (المثلثات المغلقة)، كذلك بين صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة في منطقة عقرة (الدوائر المفتوحة) ومنطقة دهوك (الدوائر المغلقة). البيانات من الجدولين (1 و 2).

جدول 1 : قوة مقاومة الانضغاط والكثافة ونسبة الفقدان بالوزن نتيجة كلسنة صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي في منطقتي عقرة (PA) ودهوك (PD).

رمز النموذج ووصفه	حجم النموذج ($سم^3$)	وزن النموذج قبل الحرق (غم)	كثافة النموذج ($غم/سم^3$)	قوة مقاومة الانضغاط (N/mm^2)	وزن النموذج بعد الحرق (غم)	نسبة الفقدان بالوزن (%)	رمز النموذج ووصفه	حجم النموذج ($سم^3$)	وزن النموذج قبل الحرق (غم)	كثافة النموذج ($غم/سم^3$)	قوة مقاومة الانضغاط (N/mm^2)	وزن النموذج بعد الحرق (غم)	نسبة الفقدان بالوزن (%)
PA1	100	230	2.30	88.4	97	42.0	PD1	90	210	2.33	81.3	90	42.8
PA2	90	210	2.33	89.9	89	42.38	PD2	91	220	2.40	93.9	95	43.1
PA3	101	230	2.28	90.1	98	42.48	PD3	125	300	2.40	90.8	129	43.0
PA4	91	220	2.40	90.1	94	42.50	PD4	125	300	2.40	90.6	130	43.3
PA5	125	300	2.40	90.2	128	42.67	PD5	124	290	2.34	92.2	125	43.1
PA6	125	300	2.40	90.1	128	42.67	PD6	101	230	2.27	80.8	99	43.0
PA7	137	330	2.44	90.8	140	42.5	PD7	125	290	2.37	88.8	127	42.9
PA8	124	290	2.34	83.4	123	42.5	PD8	125	300	2.40	90.4	130	43.1
PA9	101	230	2.28	79.5	99	42.5	PD9	125	300	2.40	94.1	130	43.1
PA10	125	300	2.40	90.5	127	43.0	PD10	138	330	2.40	94.6	142	43.0
PA11	125	290	2.32	80.8	123	42.3	PD11	125	300	2.30	90.3	130	43.2
PA12	125	300	2.40	90.1	128	42.3	PD12	100	230	2.33	85.1	99	43.0
PA13	125	300	2.40	90.5	129	42.9	PD13	90	210	2.40	90.1	90	42.8
PA14	125	300	2.40	90.6	129	42.8	PD14	125	300	2.37	81.4	130	43.0
PA15	138	330	2.40	90.7	140	42.5	PD15	125	296	2.34	80.2	127	42.9
PA16	125	300	2.40	90.9	129	43.0	PD16	124	290	2.40	95.4	125	43.0
PA17	125	300	2.40	90.3	129	42.8	PD17	125	300	2.34	95.5	130	43.3
PA18	125	300	2.40	90.4	129	43.0	PD18	138	330	2.40	93.4	142	43.0
PA19	125	300	2.40	90.6	131	43.6	PD19	125	300	2.40	92.2	130	43.3
PA20	138	330	2.40	90.9	142	43.03	PD20	125	300	2.40	93.2	130	43.2
Total			47.49	1778.8			Total			47.39	1794.3		
Average			2.375	88.94			Average			2.37	89.72		

جدول 2 : قوة مقاومة الانضغاط والكثافة ونسبة الفقدان بالوزن نتيجة كلسنة صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة في منطقتي عقرة (FA) ودهوك (FD).

رمز النموذج ووصفه	حجم النموذج ($سم^3$)	وزن النموذج قبل الحرق (غم)	كثافة النموذج ($غم/سم^3$)	قوة مقاومة الانضغاط (N/mm^2)	وزن النموذج بعد الحرق (غم)	نسبة الفقدان بالوزن (%)	رمز النموذج ووصفه	حجم النموذج ($سم^3$)	وزن النموذج قبل الحرق (غم)	كثافة النموذج ($غم/سم^3$)	قوة مقاومة الانضغاط (N/mm^2)	وزن النموذج بعد الحرق (غم)	نسبة الفقدان بالوزن (%)
FA1	125	262	2.10	76.4	113	.1334	FD1	101	224	2.21	75.4	97	43.30
FA2	125	270	2.16	72.6	115	42.59	FD2	125	275	2.20	78.4	119	43.27
FA3	101	216	2.13	76.4	92	.5934	FD3	125	269	2.15	67.6	117	43.49
FA4	90	200	2.22	79.8	86	43.00	FD4	137	300	2.18	76.9	130	43.33
FA5	125	260	2.08	65.4	111	42.69	FD5	100	216	2.16	75.4	94	43.52
FA6	125	265	2.12	75.9	113	42.64	FD6	125	266	2.13	78.4	116	43.61
FA7	125	275	2.20	80.4	118	42.91	FD7	90	200	2.22	80.1	87	43.5
FA8	125	256	2.05	70.8	110	42.97	FD8	125	256	2.05	64.9	111	43.36
FA9	137	300	2.20	80.8	129	43.00	FD9	125	258	2.06	65.3	112	43.43
FA10	101	210	2.07	70.4	90	42.88	FD10	101	212	2.07	71.4	92	43.40
FA11	100	210	2.20	79.6	94	42.72	FD11	125	264	2.11	75.6	115	43.56
FA12	125	260	2.13	77.8	111	42.75	FD12	125	265	2.12	75.4	115	43.40
FA13	125	264	2.11	68.9	112	42.42	FD13	125	266	2.13	75.1	116	43.61
FA14	125	256	2.05	64.9	107	42.58	FD14	101	219	2.16	79.3	95	43.38
FA15	125	260	2.09	68.6	111	42.69	FD15	125	274	2.19	80.8	119	43.43
FA16	125	270	2.17	75.4	114	42.22	FD16	125	256	2.05	70.1	111	43.36
FA17	90	200	2.22	82.1	85	42.50	FD17	137	280	2.04	65.9	122	43.57
FA18	101	216	2.13	75.4	92	42.60	FD18	125	251	2.01	60.8	109	43.43
FA19	125	260	2.08	65.8	110	42.34	FD19	125	250	2.00	60.1	109	43.60
FA20	125	255	2.04	65.4	108	42.35	FD20	125	251	2.02	63.4	110	43.48
Total			42.54	1472.8			Total			42.28	1440.3		
Average			2.127	73.64			Average			2.114	72.01		

واحتواء صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة على نسبة عالية من المتحجرات الحاوية على الكالسيت مقارنة مع صخور الدولوميت ضمن تكوين بلاسبي والحاوية على نسبة عالية من الدولوميت (الجدولين 2,1).

ثانيا:

اظهرت نتائج حرق المكعبات كما في الجدولين (٢،١) ايضا ان نسبة الفقدان بالوزن نتيجة حرق المكعبات لغاية (1100) سيليزية لاتتعدى 44% من وزن النموذج لاتمام عمليات كلسنة كاربونات الكالسيوم، وهذه النسبة تمثل نسبة الـ CO_2 الداخلة في تكوين كاربونات الكالسيوم، والمغنيسيوم الداخلة في تكوين معدني الكالسيت والدولوميت ضمن صخور الحجر الجيري والدولوميت. لقد اشار [5] الى عدم وجود قيمة تذكر لنسبة الفقدان بالوزن نتيجة حرق كاربونات الكالسيوم لغاية (700) سليزية لارتباطها بمحتوى النموذج من الرطوبة والمادة العضوية، وتبدأ عملية تفكك كاربونات الكالسيوم وتحرير غاز ثاني اوكسيد الكاربون لغاية درجة (1100) سيليزية وهي الدرجة التي اشار اليها الكثير من الباحثين بإتمام عملية كلسنة كاربونات الكالسيو [6].

ثالثا:

هناك زيادة نسبية في تركيز اوكسيد المغنيسيوم ضمن تكوين بلاسبي عما هو عليه في تكوين فتحة ضمن منطقتي الدراسة والسبب في ذلك ربما يعود الى وجود الدولوميت في صخور الحجر الجيري لتكوين بلاسبي مقارنة مع تكوين فتحة لاحتواء الاخير على نسبة اكبر من الكالسيت (جدول 3).

جدول ٣: معدلات التحاليل الكيميائي لصخور الحجر الجيري قبل وبعد عملية الحرق

	صخورالحجرالجيري ضمن تكوين بلاسبي	صخورالحجر الجيري ضمن تكوين فتحة	النورة مصدرها تكوين بلاسبي	النورة مصدرها تكوين فتحة
أوكسيد الكالسيوم	32.60	47.60	97.11	96.31
أوكسيد المغنيسيوم	20.80	5.80	1.09	1.01
الفقدان نتيجة الحرق	46.60	46.60	1.08	2.68
المجموع	100.00	100.00	100.00	100.00

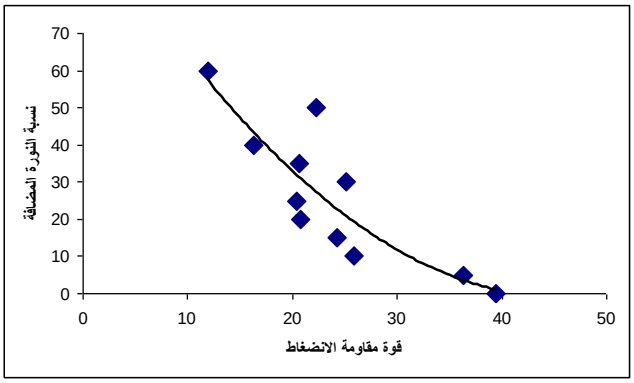
رابعا:

من خلال تدقيق (جدول ٤) للخلطات المستخدمة بنسب (60, 50, 40, 35, 30, 25, 20, 15, 10, 5) من مسحوق النورة مع الاسمنت الأبيض اتضح أن هناك خلطتين متميزتين في قوة المقاومة الانضغاط وهما:

أولا الخلطة (30% مسحوق النورة و 70% سمنت ابيض) حيث أعطت قوة مقاومة انضغاط مقدارها (25.18) نيوتن/ملم^2، والثانية الخلطة (50% مسحوق ألنوره 50% سمنت ابيض) أعطت قوة مقاومة انضغاط (22.1) نيوتن /ملم^2، وهما الخلطتان الأكثر استخداما وذلك لخفض نسبة الاسمنت المستخدم من ناحية الكلفة ولمقاربتها للتركيب الكيميائي للاسمنت المستخدم من ناحية وسد الفراغات وزيادة التركيب الهيكلي للجزيئات من ناحية أخرى [7]

تلعب المواد الناعمة المضافة مثل مسحوق النورة أو الحجر الجيري دورا كبيرا في تحسين خصائص الخلطات إذ تزداد قابلية تشغيل الخرسانة بسبب نعومة المواد المضافة وصغر حجم جزيئاتها وتحسين خصائصها المتصلبة مثل قوة مقاومة الانضغاط بسبب عدم الحاجة الى ماء اضافي، وان النعومة العالية لجزيئات المواد الناعمة المضافة كنسبة من الاسمنت التي تعمل كمواد داخل نسيج الخلطات وسد الفراغات بين الجزيئات وبهذا تقلل المسامية بشكل كبير مع استمرار عملية إماهة الاسمنت وازدياد المقاومة للعوامل الجوية .[8] بالا ضافة إلى التأثير البوزولوني لبعض أنواع المواد المضافة التي تعمل على تعجيل عملية إماهة الاسمنت. وهذا يفسر ازدياد قوة مقاومة الانضغاط في الأعمار المبكرة مقارنه مع الخرسانة الاعتيادية [9].

ان اختيار نوع المادة الناعمة المستخدمة كماده مضافة يعتمد على توفرها محليا والاستفادة من المخلفات الصناعية مثل صناعة النورة [10] ومسحوق الحجر الجيري. ويتضح من جدول (٤) وشكل (٣) أن هناك تناسبا عكسيا بين كمية النورة المضافة وقوة مقاومة الانضغاط.



شكل (٣) علاقة قوة مقاومة الانضغاط مع كمية النورة المضافة. البيانات من جدول (٤).

وان أحسن خلطة يمكن استخدامها في لصق وتحشية ملاط السيراميك والحلان وشربيت الكاشي وفي معالجة شقوق الجدران وصبغها ونثرها هي الخلطة 50% مسحوق النورة والسمنت الأبيض والخلطة ٣٠% نورة و ٧٠% سمنت ابيض وان الخلطة الاخيرة هي الافضل كونها تعطي قوة مقاومة انضغاط اكبر ولهذا السبب تم اختيارها. كما تظهر نتائج جدول (٥) ان هناك تباينا ملحوظا في قوة مقاومة الانضغاط وكثافة ونسبة امتصاص الماء للمكعبات المصنعة من خلط ما نسبته 50% نورة محضرة من كلسنة كاربونات الكالسيوم ضمن تكوين بلاسبي مع 50% سمنت مقارنة مع المكعبات المصنعة من خلط ما نسبته 50% نورة محضرة من كلسنة كاربونات الكالسيوم ضمن تكوين فتحة مع 50% سمنت، والسبب في ذلك ربما يعود إلى احتواء الدولوميت ذو الكثافة العالية نسبيا ضمن تكوين بلاسبي مقارنة مع الكالسيت ذو الكثافة الواطئة نسبيا ضمن تكوين فتحة حيث يبلغ معدل قوة مقاومة الانضغاط ضمن خلطتي بلاسبي وفتحة (22.28 و 14.16) نيوتن /ملم^{2} على التوالي جدول(٥). كما يلاحظ من تدقيق نتائج جدول (٥) ايضا ان هناك تباينا ملحوظا في قوة مقاومة الانضغاط وكثافة ونسبة امتصاص الماء للخلطتين المستخدمتين في صناعه الثرمستون والمتكونتين من 10 % رمل و 40% نورة مصدرها تكوين بلاسبي و 50% سمنت ابيض مع 10% رمل و40 % نورة مصدرها تكوين فتحة و 50% سمنت ابيض وان هذا الاختلاف والتباين ناجم عن التباين في التركيب الكيميائي للخلطتين جدول (٣) حيث احتواء صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي.

جدول(٤) : قوة مقاومة الانضغاط والكثافة ونسبة امتصاص الماء للمكعبات المصنعة من نسب متباينة من مسحوق النورة والاسمنت الابيض.

نسبة الخلطة %	حجم المكعب ونوع المعالجة (سم^3)	وزن المكعب قبل الغمر (غم)	كثافة المكعب غم/سم^3	وزن المكعب بعد الغمر (غم)	النسبة المئوية لامتصاص الماء %	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	معدل قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2
0% نورة 100% سمنت ابيض	1 120 Air	244.2	2.04	---	---	20.4	39.3
	2 120 3 days	242.5	2.02	242.9	2.92	32.0	
	3 120 7 days	241.0	2.04	249.0	2.97	34.8	
	4 120 14 days	240.4	2.00	245.2	3.14	45.0	
	5 120 28 days	239.0	1.99	246.8	3.12	57.1	
5% نورة 95% سمنت ابيض	1 120 Air	248.7	2.07	---	---	17.8	36.26
	2 120 3 days	244.5	2.04	252.5	3.18	34.2	
	3 120 7 days	242.2	2.02	250.8	3.43	36.3	
	4 120 14 days	242.1	2.00	250.3	3.20	44.4	
	5 120 28 days	244.5	2.04	251.4	2.75	48.6	
10% نورة 90% سمنت ابيض	1 120 Air	240.3	2.00	---	---	16.3	25.38
	2 120 3 days	237.6	1.98	245.9	3.38	24.0	
	3 120 7 days	239.7	2.00	248.0	3.35	25.4	
	4 120 14 days	240.9	2.01	249.1	3.28	26.3	
	5 120 28 days	235.2	1.96	243.1	3.25	34.9	
15% نورة 85% سمنت ابيض	1 120 Air	253.0	2.11	---	---	14.7	24.3
	2 120 3 days	247.7	2.00	256.3	3.35	18.1	
	3 120 7 days	245.3	2.04	254.0	3.45	24.3	
	4 120 14 days	244.0	2.03	252.1	3.21	24.4	
	5 120 28 days	248.9	2.07	257.9	3.45	40.8	
20% نورة 80% سمنت ابيض	1 120 Air	237.0	1.98	---	---	13.7	20.8
	2 120 3 days	244.2	2.04	253.1	3.52	14.5	
	3 120 7 days	235.5	1.96	243.4	3.26	16.5	
	4 120 14 days	240.3	2.00	249.0	3.50	20.8	
	5 120 28 days	244.7	2.04	252.9	3.24	38.5	
25% نورة 75% سمنت ابيض	1 120 Air	253.6	2.11	---	---	13.4	20.4
	2 120 3 days	261.0	2.18	268.1	3.17	19.1	
	3 120 7 days	260.1	2.17	268.9	3.27	19.1	
	4 120 14 days	260.0	2.17	269.0	3.34	20.1	
	5 120 28 days	259.0	2.16	267.9	3.32	28.0	
30% نورة 70% سمنت ابيض	1 120 Air	258.4	2.15	---	---	13.0	25.18
	2 120 3 days	255.2	2.13	264.4	3.48	18.6	
	3 120 7 days	255.3	2.13	264.0	3.33	25.1	
	4 120 14 days	252.3	2.10	264.9	3.66	32.2	
	5 120 28 days	254.9	2.12	263.9	3.41	36.5	
35% نورة 65% سمنت ابيض	1 120 Air	247.1	2.06	---	---	13.0	20.63
	2 120 3 days	248.2	2.07	257.0	3.42	20.8	
	3 120 7 days	249.0	2.08	257.8	3.41	20.8	
	4 120 14 days	254.3	2.12	263.3	3.42	22.0	
	5 120 28 days	249.4	2.08	257.9	3.30	26.9	
40% نورة 60% سمنت ابيض	1 120 Air	241.2	2.01	---	---	12.8	16.26
	2 120 3 days	249.9	2.08	258.5	3.33	16.1	
	3 120 7 days	245.2	2.02	257.2	3.50	16.18	
	4 120 14 days	247.2	2.08	258.10	3.48	17.9	
	5 120 28 days	249.2	2.08	257.6	3.26	18.3	
50% نورة 50% سمنت ابيض	1 120 Air	240.9	2.01	---	---	12.7	22.1
	2 120 3 days	245.3	2.04	254.8	3.43	22.3	
	3 120 7 days	250.1	2.08	258.9	3.40	24.5	
	4 120 14 days	240.4	2.03	252.3	3.53	25.8	
	5 120 28 days	245.9	2.05	254.5	3.39	26.2	
60% نورة 40% سمنت ابيض	1 120 Air	247.7	2.06	---	---	9.9	11.88
	2 120 3 days	246.8	2.06	255.8	3.52	10.3	
	3 120 7 days	244.8	2.04	252.7	3.51	11.2	
	4 120 14 days	248.5	2.07	257.8	3.60	13.6	
	5 120 28 days	239.5	2.00	248.5	3.62	14.4	

على نسبة عالية من الـ MgO مقارنة مع احتواء صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة على نسبة عالية من أوكسيد الكالسيوم.

جدول (٥) قوة مقاومة الانضغاط والكثافة ونسبة امتصاص الماء لمكعبات الخلطات المختارة.

نسبة الخلطة %	حجم المكعب سم^3	وزن المكعب قبل(غم)	كثافة المكعب غم/سم^3	وزن المكعب بعد الغمر (غم)	النسبة المئوية لامتصاص الماء %	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	معدل قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2
50% نورة مصدرها تكوين بلاسبي 50% سمنت ابيض	1 120 Air	251.0	2.09	---	---	13.1	22.28
	2 120 3 days	244.1	2.03	252.6	3.37	22.8	
	3 120 7 days	250.4	2.09	258.9	3.28	23.9	
	4 120 14 days	242.9	2.02	251.5	3.42	24.7	
	5 120 28 days	252.2	2.10	260.9	3.33	26.9	
50% نوره مصدرها تكوين فتحة 50% سمنت ابيض	1 120 Air	204.8	1.71	---	---	9.6	14.16
	2 120 3 days	208.6	1.73	219.7	5.05	10.6	
	3 120 7 days	203.7	1.70	214.9	5.21	12.6	
	4 120 14 days	200.9	1.67	211.9	5.19	17.0	
	5 120 28 days	202.2	1.69	213.4	5.25	21.0	
10% رمل 40% نوره مصدرها تكوين بلاسبي 50% سمنت ابيض	1 120 Air	226.3	1.89	---	---	13.7	19.84
	2 120 3 days	225.7	1.89	234.5	3.75	18.1	
	3 120 7 days	227.6	1.90	235.9	3.52	19.8	
	4 120 14 days	225.6	1.88	234.7	3.88	22.6	
	5 120 28 days	226.3	1.89	235.2	3.78	25.0	
10% رمل 40% نورة مصدرها تكوين فتحة 50% سمنت ابيض	1 120 Air	219.3	1.83	---	---	13.5	17.54
	2 120 3 days	218.8	1.82	225.6	4.29	15.8	
	3 120 7 days	219.6	1.83	229.4	4.27	17.5	
	4 120 14 days	218.0	1.82	225.1	4.43	19.6	
	5 120 28 days	219.9	1.83	229.8	4.31	21.3	

كما يلاحظ أيضا عدم وجود اختلاف كبير في تأثير استخدام مسحوق الحجر الجيري عند خلطه مع الاسمنت عن تأثير استخدام مسحوق النورة عند خلطها مع الاسمنت ضمن تكويني بلاسبي وفتحة.

خامسا:

ومن خلال تدقيق جداول (٦–9) واشكال (٤–7) اتضح ان هناك زيادة نسبية في قوة مقاومة الانضغاط مع مدة المعالجة للمكعبات بالماء ولفترات (28,14,7,3) يوما مقارنة مع المعالجة بالهواء وخاصة عندما تكون قوة مقاومة الانضغاط واطئة نسبيا [11] حيث أن قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المعالجة بالهواء اقل من قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المعالجة بالماء ولفترات المعالجة جميعها.والسبب في ذلك ربما يعود إلى تسارع عملية الاماهة في عجينة الخلطة في الأعمار المبكرة بسبب وجود المواد الناعمة (مسحوق النورة) التي تعزز الاحتفاظ بكمية من الماء الموجود في الخلطة [12].

جدول (٦) قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مسحوق صخور الحجر الجيري بنسبة 30% والسمنت الابيض بنسبة 70% ضمن تكوين بلاسبي في منطقتي الدراسة.

نوع المعالجة ⇩	عمر النموذج بالايام ⇦	7	14	28
	فترة المعالجة بالايام	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2
ماء	3	25.3	26.4	27.0
	7	25.7	26.7	27.2
	14	27.0	28.2	29.0
	28	27.3	28.6	29.2
هواء	--	25.0	25.6	26.0

جدول (٧) قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مسحوق صخور الحجر الجيري بنسبة 30% والسمنت الابيض بنسبة 70% ضمن تكوين فتحة في منطقتي الدراسة.

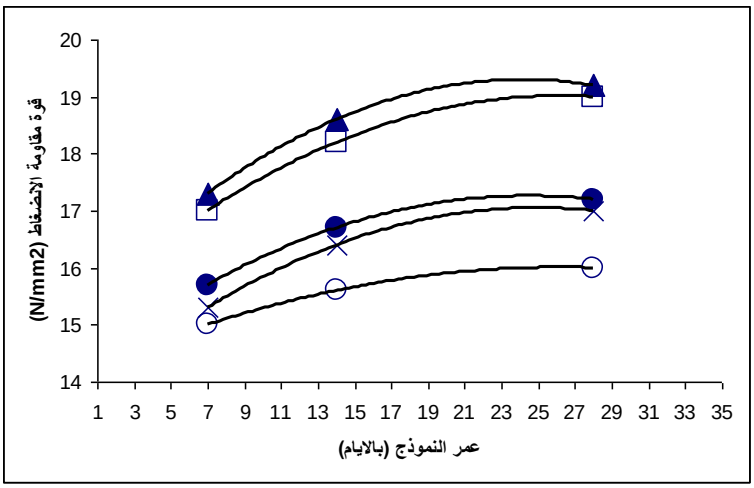
نوع المعالجة ⇩	عمر النموذج بالايام ⇦	7	14	28
	فترة المعالجة بالايام	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2
ماء	3	24.3	24.8	25.2
	7	24.8	25.9	26.8
	14	26.9	27.8	28.2
	28	27.9	28.4	29.0
هواء	--	23.8	24.4	24.9

جدول (٨) قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مسحوق النورة بنسبة 30% نورة و 70% سمنت ابيض، المحضرة من كلسنة الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي في منطقتي الدراسة.

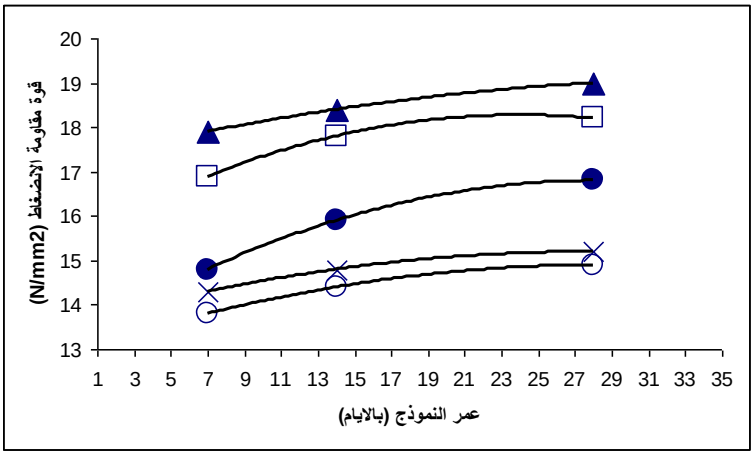
نوع المعالجة ⇩	عمـــر النمـــوذج بالايـــام ⇦	7	14	28
	فترة المعالجة بالايام	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2
ماء	3	23.0	24.2	24.5
	7	23.4	24.7	25.0
	14	25.3	26.5	27.0
	28	26.0	27.3	28.1
هواء	--	21.4	23.2	23.5

جدول (٩) قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مسحوق النورة بنسبة 30% نورة و 70% سمنت ابيض، المحضرة من كلسنة الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة في منطقتي الدراسة.

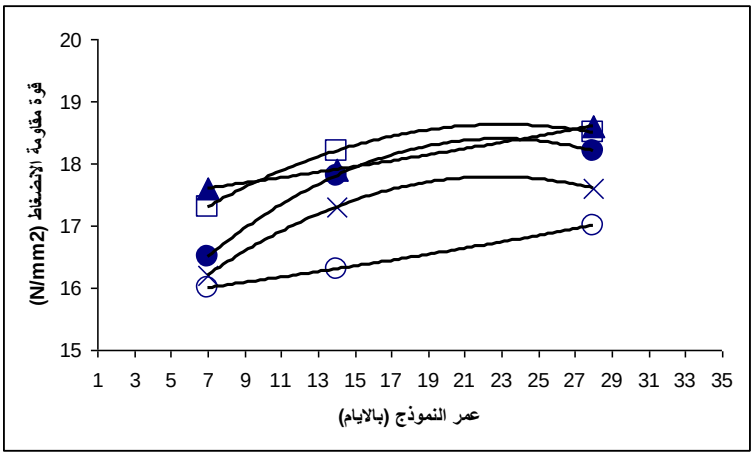
نوع المعالجة ⇩	عمـــر النمـــوذج بالايـــام ⇦	7	14	28
	فترة المعالجة بالايام	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2	قوة مقاومة الانضغاط N/mm^2
ماء	3	22.0	23.2	24.0
	7	22.3	24.2	25.0
	14	23.9	24.8	25.3
	28	24.5	25.3	26.0
هواء	--	21.4	22.4	23.0



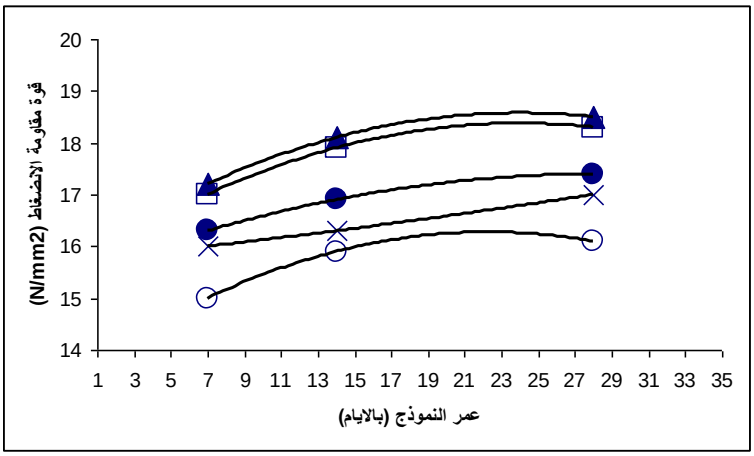
شكل ٤ : العلاقة بين قوة مقاومة الانضغاط وعمر الفحص للمكعبات المصنعة من خلط ٣٠% من مسحوق الحجر الجيري و ٧٠% من السمنت الابيض ضمن تكوين بلاسبي (البيانات من جدول ٦). الدوائر المفتوحة للمعالجة بالهواء، علامات الضرب (x) لفترة 3 أيام، الدوائر المغلقة لفترة 7 أيام، المربعات المفتوحة لفترة 14 يوما، والمثلثات المغلقة لفترة 28 يوما.



شكل ٥ : العلاقة بين قوة مقاومة الانضغاط وعمر الفحص للمكعبات المصنعة من خلط ٣٠% من مسحوق الحجر الجيري و ٧٠% من السمنت الابيض ضمن تكوين فتحة (البيانات من جدول ٩). الرموز كما في الشكل (٣).



شكل 6: العلاقة بين قوة مقاومة الانضغاط وعمر الفحص للمكعبات المصنعة من خلط 40% من مسحوق الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي و 50% من السمنت الابيض و 10% من رمل الخازر (البيانات من جدول 7). الرموز كما في الشكل (2).



شكل 7: العلاقة بين قوة مقاومة الانضغاط وعمر الفحص للمكعبات المصنعة من خلط 40% من مسحوق الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة و 50% من السمنت الابيض و 10% من رمل الخازر (البيانات من جدول 8). الرموز كما في الشكل (2).

كما يلاحظ من تدقيق الجداول والاشكال اعلاه أيضا أن هناك تناسبا طرديا بين قوة مقاومة الانضغاط للنماذج المعالجة بالماء ولفترات المعالجة (28,14,7,3) يوما والسبب في ذلك ربما يعود إلى استخدام مواد ناعمة مثل مسحوق الحجر الجيري او النورة والعابرة من منخل (200 mesh) حيث تعمل جزيئات مسحوق الحجر الجيري أو النورة في اعادة ترتيب جزيئات الرمل والاسمنت وملء الفراغات وبالتالي تعمل على زيادة قوة مقاومة الانضغاط وبشكل ملحوظ في الأعمار المبكرة من التصلب [13]. وتعمل جزيئات مسحوق الحجر الجيري او النورة الناعمة على تسريع اماهة الاسمنت وان تأثير مسحوق الحجر الجيري أو النورة هو تأثير فيزيائي، وليس لجزيئات مسحوق الحجر الجيري أو النورة أي تأثير كيميائي، إذ انها مواد خاملة وليس فيها تأثير بوزولوني على الاسمنت [7]. لقد ذكر [14] أن عملية التميؤ تتأثر بشكل كبير بوجود مسحوق الحجر الجيري في عجينة الاسمنت ذاتية الرص، وان مسحوق الحجر الجيري له تأثير كبير في تسريع عملية الاماهة في الاسمنت ولاسيما في الأعمار المبكرة لتصلب عجينة الاسمنت. كما ذكر [7] أن استخدام مسحوق الحجر الجيري كنسبة من الاسمنت للتقليل من ناحية الكلفة وإنها تتفاعل مع الاسمنت وتعمل على تكوين (Calcium Caroaluminate) نتيجة التفاعل وهذا التفاعل يعمل على زيادة قوة مقاومة الانضغاط نتيجة تسريع عملية تميؤ الاسمنت في الأعمار المبكرة لتصلب المكعبات.

الاستنتاجات

يستنتج من هذه الدراسة مايلي:

١. هناك زيادة نسبية في قوة مقاومة الانضغاط وكثافة المكعبات المصنعة من صخور الحجر الجيري ضمن تكوين بلاسبي مقارنة مع صخور الحجر الجيري ضمن تكوين فتحة والسبب في ذلك ربما يعود الى احتواء صخور تكوين بلاسبي على نسبة عالية من الدولوميت الصلب مقارنة بالنسبة العالية من الكالسيت ضمن تكوين فتحة وهذا ما اظهرته نتائج التحليل الكيميائي لهذه الصخور. ويمكن القول بان الحجر الجيري ضمن تكوين البيلاسبي كان افضل من الحجر الجيري ضمن تكوين الفتحة في لمثل هذه الصناعة.

٢. هناك تناسب عكسي بين كمية النورة المضافة مع قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط نسب متابينة من النورة والسمنت وان احسن خلطة يمكن استخدامها في لصق وتحشية ملاط السيراميك والحلان وكاشي الأرضيات ومعالجة سقوف الجدران ونثرها هي الخلطة الحاوية على ٣٠% مسحوق النورة و ٧٠% اسمنت ابيض.

٣. هناك تناسب طردي بين قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات المصنعة من خلط مسحوق النورة مع السمنت الأبيض مع فترة معالجتها بالماء ولفترات (28,14,7,3) يوما مقارنة مع قوة مقاومة الانضغاط للمكعبات ألمعالجه بالهواء.

المصادر

١

– علي، لطيف حميد،١٩٩٠. "اسس في الكيمياء الصناعية"، مطبعة جامعة الموصل، جامعة الموصل، الموصل– العراق، ص ٢٥٠.

2- Bellen,V.R.C.,Dunnington, H.V., Wetzel,R. and Mortor,D.M.,(1959) V.III, Asie, Fasc. 100,Iraq.

3- Buday,T.R.,1980 "The regional Geology of Iraq, stratigraphy and paleogeography, SOM. Baghdad, Dar Al-Kutip Publishing House ,University of Mosul, Iraq, 445P.

4– العمري، ف.ص. وصادق، ع.،١٩٧٧ : جيولوجية شمال العراق، مطبعة جامعة الموصل ١٩٨ص.

٥– الكواز، حازم أمين، 2008. تأثير درجات الحرارة وزمن الحرق على بعض الخواص للصخور الكاربوناتية والمتبخرات لتكوين الفتحة

شمال العراق. وقائع المؤتمر العلمي الدوري السادس لمركز بحوث السدود والموارد المائية، ٢٧-٢٨/١٠/٢٠٠٨، ص ٤٥-٥٤.

6- Minissale, A., Kerrick, D.M. and Magro, G., (2002) Geochemistry of Quaternary Travetines in Region North of Rome-Italy, structural Hydrological and Paleoclimatic implications. Earth and planetary Science letters. Vol.203, assu,2 PP 709-728.

7- Esping, O., Early age properties of self-compacting concrete" Thesis for the degree of Doctor of philosophy, Chalmers university of Technology, Sweden, 2007.

8- Ferraris, C.F., Obla, K, and Hill, R(2001)., "The influence of mineral admixtures on the rheology of cement Paste and concrete", Cement and Concrete research, Vol.31, No.2, Pp.245-255.

9- Xie,Y., Liu,B., Yin, J., and Zhou,S.(2002). Optimum mix parameter of high-strength self compacting concrete with ultrapulverized fly Ash". Cement and Concrete research, Vol.32, 2002, Pp.477-480.

10- Bentz, D.P., Modeling the Influence of limestone filler on cement hydration using CEMHYD3D", Cement and Concrete composites, Vol.28, 2006 Pp. 124-129.

11- Caliskan, S., Turk, K., and Yazicioglu, S.(2005), " Mechanical properties of self-compacting concrete at different curing condition" proceeding of the International conference held at the university of Dundee, Scotland, U.K., 5-7 July, 2005.

12- غزال، مصطفى عبد العزيز، ٢٠٠٨. "تاثير حالات المعالجة المختلفة في بعض خصائص الخرسانة ذاتية الرص" رسالة ماجستير غير منشورة، كلية الهندسة، جامعة الموصل، ١٣٠ص.

13- Naik, T.R., Kraaus,R.N., Chum, Y.M., Canpolat, F.(2005), and Ramme, B.W., Use of limestone Quary by products for developing economical self-compacting concrete" Report No.CBU-2005-14 International symposium, October 5-7,2005 Toronto, Canada.

14- Ye, G., Liu, X., Schutter, G.D. Poppe, A.M. and Taerwe, L. (2007),(Influence of limestone powder used As Filler in Scc on Hydration and Microstructure of cement pastes) Cement and concrete composites, Vol.29, PP.94-102.

Chemical, Physical & Engineering study of the Properties of Calcined limestone and their improvement of the Characteristic and manufacturing uses

Hazim A. Al-Kawaz

Dams and water resources research center , Mosul university , Mosul , Iraq

(**Received:** 28 / 9 / 2009 ---- **Accepted:** 5 / 1 / 2010)

Abstract

Compressive strength tests and density determination for limestone cubes of Fat'ha and Pelaspi Formations at Aqra ad Duhok localities have shown that cubes of Pelaspi Formation have higher compressive strength and higher density compared with those of Fat'ha Formation at both localities. The reason is possibly due to the higher contents of Dolomite in Pelaspi samples compared with higher Calcite in Fat'ha samples. This results was proved by chemical analysis of both types of rocks respectively.

Chemical analysis of lime prepared from calcining both type of limestone (Pelaspi & Fat'ha) showed theat it consists of (97%) CaO were as it was only (55%) as maximum in uncalcined limestone of both type.

There was an increase in compressive strength of the tested cubes prepared from a mixture of (30%) limestone and (70%) white cement. The mixture could be used as filler for flower ceramic and building stone. there was a noticeable increases in the compressive strength for the samples prepared for a mixture (30%) lime and (70%) white cement (Boorak) used for filling wall –cracks and flower ceramics. Water treated samples giver relatively higher compressive strength than air treated . the results also showed that there were an increasing in compressive strength for the cubes prepared from a mixture of (50%) white cement, (40%) powdered limestone (Ghabre) and (10%) sand. This mixture for the manufactured of special of inducting Thermostone.