



الأكاديمية الليبية – مصراته

مدرسة العلوم الأساسية

قسم الهندسة وعلوم البيئة

دراسة استخدام المخلفات المطاطية (مخلفات إطارات) في إنتاج الخرسانة الإسمنتية المحلية

بحث مقدم استكمالاً لمتطلبات الحصول علي درجة الإجازة العالية (الماجستير)
في قسم الهندسة وعلوم البيئة

إعداد

محمد أحمد محمد الكريبي

بكالوريوس هندسة كيميائية (1989 م)

إشراف

الأستاذ الدكتور عبد العالي بشير احمد بن صالح

الفصل الدراسي خريف (2017 - 2018 م)

قرار لجنة المناقشة للطالب

محمد احمد محمد الكريبي

للحصول على درجة الإجازة العالية (الماجستير) في قسم (الهندسة وعلوم البيئة)

قامت اللجنة المشكلة بقرار السيد/ رئيس الأكاديمية الليبية/ فرع مصراتة رقم (467) لسنة 2017م الصادر بتاريخ 2017/12/12م بمناقشة الرسالة المقدمة من الطالب: محمد احمد محمد الكريبي لنيل درجة الإجازة العالية (الماجستير) في قسم الهندسة وعلوم البيئة وعنوانها:

(دراسة استخدام المخلفات المطاطية (مخلفات الإطارات) في إنتاج الخرسانة الإسمنتية المحلية)

وبعد مناقشة الرسالة علنياً على تمام الساعة (11:00 صباحاً) يوم الثلاثاء الموافق 2018/01/09م بقاعة المناقشات بالأكاديمية وتقويم مستوى الرسالة العلمي والمنهج الذي اتبعه الطالب في بحثه قررت اللجنة ما يلي : قبول الرسالة ومنح الطالب: محمد احمد محمد الكريبي درجة الإجازة العالية (الماجستير) في قسم الهندسة وعلوم البيئة.

أعضاء اللجنة المناقشة	الصفة	التوقيع
السيد/ أ.د. عبدالعالي بشير بن صالح	مشرفاً ومقرراً	
السيد/ أ.د. محمد امحمد شاهين	عضواً	
السيد/ د. محمد اعتيقة الباقرمي	عضواً	

يعتمد

د. إبراهيم مفتاح الصغير
عميد مدرسة العلوم الأساسية بالأكاديمية/ المكلف

التوقيع:
التاريخ: 2018/ 2 / 18 م



د. محمد اعتيقة الباقرمي
رئيس قسم الهندسة وعلوم البيئة بالأكاديمية

التوقيع:
التاريخ: 2018/ 2 / 18 م



د. سالم رمضان السريتي
رئيس الأكاديمية الليبية/ فرع مصراتة/ المكلف

التوقيع:
التاريخ: 2018/ 2 / 12 م



إقرار الأمانة العلمية

أنا الطالب محمد احمد محمد الكريبي المسجل بالأكاديمية الليبية / فرع مصراته بقسم الهندسة وعلوم البيئية تحت رقم قيد (31362048) اقر بأنني التزمت بكل إخلاص بالأمانة العلمية المتعارف عليها لانجاز رسالتي المعنونة بـ (دراسة استخدام المخلفات المطاطية "مخلفات الإطارات " في إنتاج الخرسانة الإسمنتية المحلية) لنيل الدرجة العلمية الماجستير وإنني لم أقم بالنقل أو الترجمة من أي أبحاث أو كتب أو وسائل علمية تم نشرها داخل ليبيا أو خارجها إلا بالطريقة القانونية وبتابع الأساليب العلمية في عملية النقل أو الترجمة وإسناد الأعمال لأصحابها كما إنني اقر بعدم قيامي بنسخ هذا البحث من غيري وتكراره عنواناً أو مضموناً .

وعلي ذلك فأنتني أتحمل كامل المسؤولية القانونية المترتبة علي مخالفتي لذلك إن حدثت هذه حاليا أو مستقبلاً بما في ذلك سحب الدرجة العلمية الممنوحة لي .

والله على ما أقول شهيد

الاسم : محمد احمد الكريبي

التوقيع

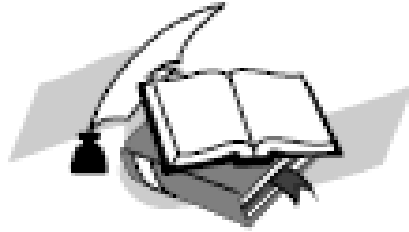
التاريخ : 2017/01/ م

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

﴿ مِنْ أَجْلِ ذَلِكَ كَتَبْنَا عَلَى بَنِي إِسْرَءِيلَ أَنَّهُ مَنْ قَتَلَ نَفْسًا بِغَيْرِ نَفْسٍ أَوْ
فَسَادٍ فِي الْأَرْضِ فَكَأَنَّمَا قَتَلَ النَّاسَ جَمِيعًا وَمَنْ أَحْيَاهَا فَكَأَنَّمَا أَحْيَا
النَّاسَ جَمِيعًا وَلَقَدْ جَاءَتْهُمْ مَرْسَلُنَا بِالْبَيِّنَاتِ ثُمَّ إِنْ كَثِيرًا
مِنْهُمْ بَعْدَ ذَلِكَ فِي الْأَرْضِ لَمُسْرِفُونَ ﴾ إِنَّمَا جَزَاءُ الَّذِينَ يُحَارِبُونَ اللَّهَ
وَرَسُولَهُ وَيَسْعَوْنَ فِي الْأَرْضِ فَسَادًا أَنْ يُقَتَّلُوا أَوْ يُصَلَّبُوا أَوْ تُقَطَّعَ أَيْدِيهِمْ
وَأَرْجُلُهُمْ مِنْ خِلَافٍ أَوْ يُنْفَوْا مِنَ الْأَرْضِ ذَلِكَ لَهُمْ خِزْيٌ فِي الدُّنْيَا وَلَهُمْ
فِي الْآخِرَةِ عَذَابٌ عَظِيمٌ ﴿

سورة المائدة: الآيتان 32، 33

الخطبة



إلى روح والدي ووالدي وزوجتي ينبوع الحنان ومصدر الإصرار
رحمهم الله

إلى زوجتي الصابرة مع خالص التقدير

إلى فلات كبدى ابناي وبناتي وكل أفراد عائلتي الكبيرة فردا فردا مع
خالص حبي

إلى جميع من ساندني ودعمني بالنصح والإرشاد



الحمد و الشكر أولا وأخيرا لله رب العالمين

أتوجه بخالص الشكر والتقدير والامتنان إلى كل من ساهم معي
وساعدني ومد لي يد العون واخص بالذكر الأستاذ والدكتور الذي

اشرف علي هذا العمل

الدكتور عبد العالي بشير احمد بن صالح

كما أتوجه بخالص الشكر والتقدير للسادة العالمين بشركة الرباط
للاستشارات الهندسية واخص بالذكر المهندس عبد السلام ابوستة
كما أتوجه بخالص الشكر والتقدير للسيد مدير مصنع شبام لإعادة تدوير

المخلفات المهندس حسين حمودة

فجاز الله كل من سعدنا عنى كل خير

قائمة المحتويات

الصفحة	ر.م المـــــــــــــــــــــوَضُوع
ب	نموذج الموافقة باعتماد الرسالة
ج	اقرار الامانة العلمية
د	الآيــــــــــــــــــــة
هـ	الإهــــــــــــــــــــاء
و	الشكر والتقدير
ز	قائمة المحتويات
م	قائمة الجداول
س	قائمة الاشكال

الفصل الأول

2	الملخص باللغة العربية	1.1
4	الملخص باللغة الانجليزية	1.1
8	مشكلة البحث والفرضيات	2.1
9	الهدف من الدراسة	3.1

الفصل الثاني

11	المقدمة	1.2
13	الدراسات السابقة	2.2
19	المطاط	3.2
20	أنواع المطاط الصناعي	1.3.2
21	الإطارات	4.2
21	التصميم الهندسي للإطارات	1.4.2
23	بعض الطرق العامة لتدوير الاطارات والمنتجات المطاطية	5.2
24	إعادة استخدام الإطارات المستعملة	1.5.2

الصفحة	الموضوع	ر.م
25	إنتاج الطاقة	6.2
25	طريقة التحليل إلى المواد الأولية	1.6.2
26	طريقة حرق الإطارات كوقود	2.6.2
26	الخرسانة	7.2
26	الخلطة الخرسانية	1.7.2
28	مكونات الخلطة الخرسانية	1.1.7.2
28	الاسمنت البورتلاندي	2.1.7.2
29	الركام	3.1.7.2
30	شروط صلاحية استخدام الركام في الخرسانة	1.3.1.7.2
31	الماء	4.1.7.2
31	نوعية ماء الخلط	1.4.1.7.2
32	أهمية الماء	3.4.1.7.2
32	خواص الماء المستعمل	3.4.1.7.2
32	المواد المضافة	8.2
34	تصميم الخلطات الخرسانية	9.2
35	خرسانة عادية	1.9.2
35	خرسانة مسلحة	2.9.2
35	العوامل المؤثرة على قوام الخرسانة	10.2
36	العوامل المؤثرة على نسب الخلط	11.2
36	المتانة	1.11.2
37	التشغيلية	2.11.2
37	الحجم الأقصى للركام	3.11.2
38	التدرج ونوع الركام	4.11.2
38	محتوي الاسمنت	5.11.2
39	العلاقة بين الركام والعجينة	12.2
40	اختبارات الخرسانة الطازجة	13.2
40	أهم القيم المحددة في خواص الخرسانة	1.13.2

الصفحة	الموضوع	ر.م
40	طريقة اختيار المتغيرات عند تعيين نسب الخلط	2.13.2
41	اختبارات القوام	14.2
41	اختبار الهبوط	1.14.2
41	اختبار الانسياب	2.14.2
42	اختبار تغلغل الكرة	3.14.2
42	اختبار إعادة التشكيل بالاهتزاز الترددي	4.14.2
42	اختبار الخرسانة المتصلبة	15.2
42	اختبار قوة مقاومة الضغط	1.15.2
42	اختبار مقاومة الشد	2.15.2
43	اختبار مقاومة القص	3.15.2
43	اختبار قوة الالتصاق	4.15.2
44	اختبار مقاومة الانحناء	5.15.2
44	النفاذية	6.15.2

الفصل الثالث

46	المواد الأولية المستعملة	1.3
46	الاسمنت	1.1.3
46	الماء المستخدم في الخلط	2.1.3
47	التربة (الرمل)	3.1.3
47	الركام الخشن (الشرشور)	4.1.3
48	مسحوق المطاط	5.1.3
48	الملدن سيكا 5050	6.1.3
49	الأجهزة والأدوات المستخدمة	2.3
49	غرابيل قياس التدرج	1.2.3
49	ميزان الكتروني صغير للقياس الدقيق	2.2.3
50	ميزان الكتروني كبير لوزن المواد	3.2.3

الصفحة	الموضوع	ر.م
50	الفرن (ALFA-U-150)	4.2.3
51	القوالب البلاستيكية	5.2.3
51	خلاط الخرسانة الكهربائي الصغير (العجانة)	6.2.3
52	قمع قياس الهبوط	7.2.3
52	جهاز نوع (ELE) لاختبار قوة مقاومة الانضغاط وقياس أقصى حمل	8.2.3
53	أحواض المياه	9.2.3
53	أواني وزن العينات	10.2.3
54	التجارب المعملية للمواد الأولية	3.3
54	اختبارات المواد الأولية	1.3.3
54	التدرج الحبيبي للركام الخشن حجم (10-5mm)	1.1.3.3
54	اختبار تعيين الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الخشن (10-5mm)	2.1.3.3
55	اختبار لوس أنجلس للركام الخشن (10-5mm)	3.1.3.3
57	الاختبارات المعملية للتربة (الرمل)	2.3.3
57	التدرج الحبيبي للتربة (الرمل)	1.2.3.3
57	اختبار تعيين الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للتربة	2.2.3.3
58	الاختبارات المعملية لمسحوق المطاط	3.3.3
58	التدرج الحبيبي لمسحوق المطاط	1.3.3.3
58	تحديد حجم المطاط المكافئ لوزن كمية التربة (الرمل)	2.3.3.3
59	التجارب المعملية للخلطات الخرسانية الإسمنتية	4.3
59	اختبارات الخرسانة الطرية	1.4.3
59	الهبوط	1.1.4.3
60	اختبارات الكثافة للخلطات الطازجة	2.1.4.3
60	اختبارات الخلطات للخرسانة المتصلبة	2.4.3
60	اختبار الكثافة للعينات المتصلبة	1.2.4.3
61	اختبارات قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للعينات المتصلبة	1.2.4.3
62	طرق الخلط	5.3
62	طريقة خلط الخرسانة الإسمنتية بالمطاط والمِلدن	1.5.3

الصفحة	الموضوع	ر.م
63	تحضير وتجهيز قوالب العينات	2.5.3
64	تصميم الخلطات الخرسانية الإسمنتية	6.3
64	الخلطة الأولى	1.6.3
65	الخلطة الثانية (تعديل نسبة الركام الخشن)	2.6.3
66	الخلطة الثالثة (تغيير نسبة الماء)	3.6.3
66	الخلطة الرابعة	4.6.3
67	طريقة تحويل الخلطة المرجعية بالإضافات	1.4.6.3

الفصل الرابع

72	جداول نتائج اختبارات الخرسانة الطرية والمتصلبة	1.4
80	الهبوط	2.4
80	تأثير نسبة مسحوق مطاط الاطارات على مقدار الهبوط	1.2.4
81	تأثير الملدن سيكا 5050 على مقدار الهبوط	2.2.4
82	تأثير مسحوق المطاط على مقدار الهبوط للعينة المحورة بملدن سيكا 5050 بنسبة 1.4%	3.2.4
82	تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط على مقدار الهبوط	4.2.4
84	تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط على مقدار الهبوط للعينة المحورة بملدن سيكا 5050 بنسبة 1.4%	5.2.4
85	الكثافة	3.4
85	تأثير نسبة مسحوق مطاط الاطارات المستعملة على الكثافة الجافة	1.3.4
86	تأثير إضافة الملدن سيكا 5050 على الكثافة الجافة	2.3.4
86	تأثير إضافة مسحوق المطاط للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050 للكثافة الجافة	3.3.4
87	تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط على الكثافة الجافة للخلطة الخالية من الإضافات.	4.3.4
88	تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط على الكثافة الجافة للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050	5.3.4

الصفحة	الموضوع	ر.م
89	قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل	4.4
89	تأثير نسبة مسحوق المطاط على قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل	1.4.4
90	تأثير إضافة الملدن سيكا 5050 على قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة.	2.4.4
91	تأثير محتوى مسحوق المطاط على قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة.	3.4.4
92	تأثير محتوى مسحوق المطاط بتردات مختلفة على قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة.	4.4.4
93	تأثير محتوى مسحوق المطاط بتردات مختلفة على قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050.	5.4.4
94	مقارنة مسحوق المطاط المضاف للخلطة بدون تصنيف والمصنف بتردات مختلفة	5.4
94	مقارنة تبين التغير في قوة مقاومة انضغاط الخرسانة عند اضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% من غير تصنيف التدرج وبعد اضافته للخلطة مصنف بتردج مختلف.	1.5.4
94	مقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050 بعد اضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% من غير تصنيف التدرج وبعد اضافته للخلطة مصنف بتردج مختلف.	2.5.4
95	مقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط ومحورة بملدن سيكا 5050 بنسبة 1.4% بعمر 28،7 يوم.	3.5.4
97	مقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 28،7 يوم للخلطة المحتوية لمسحوق المطاط المصنف بتردج فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحورة بملدن سيكا 5050 والمحتوية لمسحوق المطاط الغير مصنف بتردج	4.5.4
99	الاستنتاجات	6.4
100	التوصيات	7.4
101	المصادر	

قائمة الجداول

الصفحة	الجدول	ر.م
29	أصناف الاسمنت البورتلاندي	1
46	مواصفات مياه الخلط	2
54	تدرج الركام الخشن (5 mm - 10)	3
55	نتائج اختبارات (الوزن النوعي-نسبة الامتصاص) للركام الخشن	4
56	نتائج اختبارات لوس أنجلس للركام الخشن	5
57	نتائج التدرج الحبيبي للتربة (الرمل)	6
58	نتائج الفحوص المعملية (الوزن النوعي-نسبة الامتصاص) للتربة	7
58	نتائج التدرج الحبيبي لمسحوق المطاط	8
59	تحديد حجم المطاط المكافئ لوزن التربة (الرمل)	9
65	كميات مواد الخلطة الأولى بنسب اسمنت 250، 220، 200kg ومياه 45%	10
65	كميات مواد الخلطة الثانية بنسب اسمنت 250، 220، 200kg ومياه 45%	11
	بعد تعديل نسبة الركام الخشن	
66	كميات مواد الخلطة الثالثة بنسب اسمنت ثابتة 250kg ونسبة مياه متغيرة (45، 50، 55).	12
67	كميات مواد الخلطة المرجعية بمحتوى اسمنت 250kg ونسبة مياه ثابتة 60%	1.12
67	كميات مواد الخلطة الرابعة بمحتوى اسمنت 250kg ونسبة مياه 60% وملدن بنسب مختلفة (1.1، 1.4، 1.7، 2.00) %	13
68	كميات مواد الخلطة المرجعية بمحتوى اسمنت 250kg ونسبة مياه 60% ونسبة مطاط مختلفة (5، 10، 15، 20، 25)%	14
69	كميات مواد الخلطة المحورة بملدن وبمحتوى اسمنت 250kg ونسب مياه 60% ونسبة مطاط مختلفة (5، 10، 15، 20، 25)%	15
70	كميات مواد الخلطة بمحتوى اسمنت 250kg ونسب مياه 60% ونسبة مطاط 15% مصنف بتدرج مختلف	16

الصفحة	ر.م	الجـدول
70	17	كميات مواد الخلطة بمحتوي اسمنت 250kg ونسب مياه 60% ونسبة مطاط 15% بتدرج مختلف وملدن بنسبة 1.4%
72	18	اختبارات الخلطة الأولى للخرسانة الطرية
72	19	اختبارات الخلطة الأولى للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7، 14، 28 يوم
73	20	اختبارات الخلطة الثانية للخرسانة الطرية
73	21	اختبارات الخلطة الثانية للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7، 14، 28 يوم
74	22	اختبارات الخلطة الثالثة للخرسانة الطرية
74	23	اختبارات الخلطة الثالثة للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7، 28 يوم
75	24	اختبارات الخلطة الرابعة للخرسانة الطرية
75	25	اختبارات الخلطة الرابعة للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7، 28 يوم
76	26	اختبارات الخلطة المرجعية للخرسانة الطرية
76	27	اختبارات الخلطة المرجعية للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7، 28 يوم
77	28	اختبارات الخلطة الطرية المحورة بملدن وبمحتوي اسمنت 250kg ومسحوق مطاط بنسب مختلفة
77	29	اختبارات الخلطة المتصلبة المحورة بملدن وبمحتوي اسمنت 250kg ومسحوق مطاط بنسب مختلفة
78	30	اختبارات الخلطة الطرية بمحتوي اسمنت 250kg ومسحوق مطاط بتدرج مختلف
78	31	اختبارات الخلطة المتصلبة بمحتوي اسمنت 250kg ومسحوق مطاط بتدرج مختلف
79	32	اختبارات الخلطة الطرية المحورة بملدن وبمحتوي اسمنت 250kg ومسحوق مطاط بتدرج مختلف
79	33	اختبارات الخلطة المتصلبة المحورة بملدن وبمحتوي اسمنت 250kg ومسحوق مطاط بتدرج مختلف

قائمة الأشكال

الصفحة	ر.م	الشكل
22	1	المكونات العامة للإطار
39	2	العلاقة المتبادلة بين الركام (A) والعجينة (P) والاسمنت (G) والماء (W) والجل (J)
46	3	الاسمنت المستعمل بالخلطات الخرسانية
47	4	التربة "الرمل"
47	5	الركام الخشن
48	6	مسحوق المطاط
49	7	الغرايل المستعملة في قياس تدرج المواد
49	8	الميزان الالكتروني الصغير
50	9	الميزان الالكتروني الكبير
50	10	الفرق الكهربائي
51	11	القوالب البلاستيكية
51	12	خلط الخرسانة الكهربائية
52	13	قمع قياس الهبوط
52	14	جهاز (ELE) اختبار قوة المقاومة وأقصى حمل
53	15	أحواض مياه حفظ العينات
53	16	أواني وزن العينات
60	17	قياس طريقة الهبوط
80	18	العلاقة بين نسبة مسحوق مطاط الإطارات المستعملة ومقدار الهبوط
81	19	العلاقة بين نسبة الملدن سيكا 5050 ومقدار الهبوط
82	20	العلاقة بين نسبة مسحوق المطاط ومقدار الهبوط للعينة التي تحتوي على ملدن سيكا 5050 بنسبة 1.40%
83	21	العلاقة بين حجم حبيبات مسحوق المطاط ومقدار الهبوط

الصفحة	ر.م الشـكل
41	المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط
96	فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط ومحورة بملدن سييكا بنسبة 1.4% بعمر 28 أيام
42	المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية لمسحوق المطاط المصنف
97	بتدرج فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط بتدرج ومحورة بملدن بنسبة 1.4% بعمر 7 أيام
43	المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط بتدرج فقط
98	وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط بتدرج وملدن بنسبة 1.4% بعمر 28 يوم

الفصل الأول

« الإطار العام للبحث »

1.1 الملخص

إن الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو التخلص من التلوث البيئي الناتج من النفايات الصلبة المتمثلة في الإطارات المستهلكة والتي تعتبر القنبلة المؤقتة بالوقت الحالي نظراً لما تعانيه منها معظم دول العالم من مشاكل ، وذلك بمحاولة خلط مسحوق المطاط الناتج من الإطارات المستهلكة بالخلطات الخرسانية كبديل عن التربة (الرمل) بشكل جزئي ودراسة بعض خواص الخرسانة لمعرفة مدى ملائمة استعمالها كخرسانة إسمنتية لعمل خرسانات الميول (الباتوتا) ورصف الملاعب وساحات المدارس و اشتمل هذا العمل عدة جوانب منها:

الجانب الأول هو تجهيز المواد الخام الأولية وهي عبارة عن اسمنت صناعة محلية وفق للمواصفات الليبية والعالمية والتربة الرملية (الرمل) ، والمورد من محجر أبورية والمطابق للمواصفات الليبية ، الركام الخشن الطبيعي استعمل الحصى الصغير المستعمل في الخرسانات الإسمنتية العادية الخاصة بالميول وغيرها والمطابق للمواصفة القياسية الليبية و الذي تم إحضاره من احد محاجر منطقة السويح بمصراتة استخدم مسحوق المطاط الناتج من الإطارات المستعملة والذي تقوم بإنتاجه شركة محلية وهي تتبع الطريقة الميكانيكية في طحن الإطارات المستعملة وهو عبارة عن مسحوق بأحجام مختلفة خالي من الشوائب، واستخدم في الخلط ماء الشرب من شبكة المياه العامة وهو وفق المواصفات الليبية كما استعمل الملدن نوع سیکا 5050 .

الجانب الثاني من العمل تلخص في إجراء الاختبارات اللازمة للمواد الأولية وهي اختبار الوزن النوعي ونسبة الامتصاص للركام الخشن (الشرشور) والرمل وكذلك اختبار التدرج الحبيبي للركام الخشن والرمل ومسحوق المطاط وتم تعين حجم ووزن مسحوق المطاط المكافئ لكمية الرمل المزمع استبدالها .

تلخص الجانب الثالث من العمل في تحديد نوع الخرسانة الإسمنتية المناسبة لعمل طبقة الميول وتم التوصل إليها بطريقة المحاولة ووفق النسب المعمول بها بالخلطات المحلية ، وتم تحديد مكونات نسبة الاسمنت والماء للخلطة علي النحو التالي :

نسب الاسمنت (250،220،200) Kg/m³ ونسب مياه (45، 50، 55، 60) % ، تم الخلط والصب في قوالب وفق المواصفات (البريطانية) بعد الانتهاء من إجراء الاختبارات اللازمة تم اعتماد الخلطة النموذجية (المرجعية) بمحتوى اسمنت قدره 250 Kg/m³ ونسبة مياه 60% خالية من جميع الإضافات لإنتاج خرسانة إسمنتية عادية للاستعمال في طبقات ميول المياه (الباتوتا) وفرش النظافة ورصف الملاعب الرياضية نظرا لان هذا النوع من الخرسانة لا يتطلب قوة مقاومة

عالية أو ضغط عالي وإنما يعتمد بالدرجة الأولى علي خفة الوزن واقل نسبة من التشققات والتي تم الحصول عليها بإضافة المطاط للخرسانة.

أخذت نسب مكونات الخلطة النموذجية (المرجعية) وتلخص العمل في أخذ أوزان المواد وخلطها باستخدام خلاطه صغيرة متوفرة بالمختبر وتم تجهيز الخلطة وصب عدد أربع قوالب مقاس 15*15*15 Cm وفق المواصفات البريطانية وخلال عملية الخلط تم إجراء الاختبارات اللازمة للخلطة الطرية وبعد مرور 24 ساعة علي عملية الصب بالقوالب غمرت المكعبات في حوض الماء لمدة 7 أيام و28 يوم اختبرت العينات حيث شملت الاختبارات (الهبوط ، وزن العينة ، حساب الكثافة الرطبة ، الوزن الجاف للعينة ، حساب الكثافة للعينة الجافة ، اختبار قوة المقاومة ، أقصى حمل للعينة الجافة).

تم إضافة مسحوق المطاط للخلطة المرجعية بنسب مختلفة (5، 10، 15، 20، 25)% بمقدار زيادة 5% من حجم التربة (الرمال) حيث تم استبدال كمية من حجم الرمل بكمية من مسحوق المطاط وتم تكرار النسب المذكور مع نفس مكونات الخلطة النموذجية وتكرار نفس التجارب لأجل مقارنة مواصفات الخلطة المحتوية علي مسحوق مطاط الإطارات المستعملة مع نتائج الخلطة النموذجية ولتحسين مواصفات الخلطة الخرسانية المرجعية أضيف ملدن نوع سيكا 5050 بنسب (1.1، 1.4، 1.7، 2) % بمقدار زيادة 0.3% وأجريت التجارب المذكورة سابقا وتمت مقارنتها مع نتائج الخلطة المرجعية الخالية من الإضافات من خلال النتائج تم تحديد أفضل خلطة محتوية علي نسبة ملدن وكانت الخلطة المحتوية علي نسبة ملدن 1.4% من نسبة الاسمنت تم اعتماد هذه العينة كعينة نموذجية وهي خلطة محسنة تحتوي علي ملدن سيكا وخالية من مسحوق المطاط أضيف للخلطة المرجعية المحورة بالملدن مسحوق المطاط الناتج من الإطارات المستعملة بنفس النسب السابقة التي أضيفت للخلطة المرجعية الأولى الخالية من الإضافات وهي (5، 10، 15، 20، 25)% بمقدار زيادة 5% وأجريت عليها نفس الاختبارات ومقارنتها بالخلطة المرجعية المحتوية علي المطاط وأيضا الخلطة النموذجية الخالية من الإضافات من خلال هذه النتائج تم إضافة مسحوق المطاط بتدرج مختلف أضيف للخلطة لمعرفة تأثير تدرج المطاط علي مواصفات الخلطة.

1.1 ABSTRACT

The main objective of this study is to eliminate the environmental pollution resulting from the solid wastes of worn-out tires, which is considered the temporary bomb at the present as most of the world's countries suffer from such problems by trying to mix the rubber powder resulting from the worn-out tires in the concrete mixtures as a partial alternative of the fine rubble (Sand). Studies of some of the concrete properties are conducted to find out the possibility of using it for slopping concrete (base layer) as well as for paving stadiums, school yards and other unenforced concrete works This work includes several aspects, including the following.

The first aspect is processing of the primary raw materials. It is a cement manufactured locally by the Arab Union Contracting Company in accordance with the Libyan and International specifications and the fine aggregates (sand). It is supplied from Aborwya quarry and conforms to the Libyan specifications. The natural coarse aggregates use the small gravel used in the ordinary cement concrete and the enforced concrete for slopping and other usages, which comply with the Libyan standards, that is brought from one of the crushers in Suwyeh area in Misurata. The rubber powder produced from used tires is produced by a local company. The company uses a mechanical method in grinding used tires after being

collected from Misurata city and are transferred to the factory premises. The product is a powder of various sizes free of impurities. In mixing, water from the public pipe network is used in accordance with the Libyan specifications and the plasticiser "sika.

The second aspect of the work is summarized to conduct the necessary tests for the raw materials namely the specific weight test, the absorption rate of the aggregate and the sand, as well as the granular grading test for rough aggregates, sand and rubber powder. The size and weight of the rubber powder is determined for the equivalent amount of sand to be replaced.

The third aspect of the work is briefed to determine the type of cement concrete suitable for the work of the inclined layer, which is reached in a trial manner according to the percentages applicable to the local batch plants. The cement and water content of the mixture is determined as follows:

The cement rates of (200,220,250) m³/Kg and water rates of (45,50,55,60%) have been mixed and moulded in accordance to the British specifications, after the completion of the necessary tests, the model reference mixture of the content of 250 m³/Kg and 60% of water ratio, free

from all additives for the production of non-enforced ordinary concrete, to be used in the layers of water slopping, cleaning layers and paving sports stadiums as this type of concrete does not require high strength or high pressure resistance, but it mainly depends on lightweight and has the lowest percentage of cracks which can be obtained by adding rubber to the concrete.

The composition rates of the model reference sample mixture and the weights of the materials have been mixed by a small mixer available in the laboratory and well blended and put in four moulds sized of 15 * 15 * 15cm according to the British specifications. During the mixing process, the necessary tests of the soft mix have been conducted. After 24 hours of the moulding process, the cubes have been immersed in a water basin for seven days and then the cubes have been tested. Tests include, (drop, sample weight, wet density calculation, dry weight, dry sample density calculation, resistance strength test, maximum dry sample load).

The rubber powder has been added to the typical mixture (reference) at different rates such as (5,10,15,20,25%) with an increase of 5% of the fine aggregate (sand), where the quantity of sand has been replaced by a quantity of rubber powder. The same components of the mixture have been repeated with the same experiments to compare the specifications of the

mixture containing tire rubber powder used with the results of the typical mixture.

In order to improve the specifications of the concrete mix, the plasticiser "sika 5050" is added in (1.1,1.4,1.7,2.00%) with an increase of 0.3%. The above experiments have been carried out and compared with the results of the sample mixture free from additives. Through the results, the best mix detected is the one that contains the plasticiser of 1.4% of the cement. This sample has been approved as a typical sample, which is an improved mixture containing the plasticiser-sika and free from the rubber powder.

The typical sample added the plasticiser of the used tires powder in the same above percentages that has been added to the first typical mix free from the softener (5,10,15,20,25%) with an increase of 5% that have been tested and compared to the typical mix containing rubber and the typical mix free from the additives. Through these results, the rubber powder is added in different gradation to know the impact of the rubber on the specifications of the mix.

2.1 الهدف من الدراسة :

من الأعمال الهامة التخلص من النفايات الصلبة المتمثلة في الإطارات المستعملة ولو بشكل بسيط وذلك لان الإطارات المستعملة تشكل عائق كبير نظراً لصعوبة التخلص منها وأصبحت بالوقت الحالي تتزايد بكميات هائلة جداً وتحلل المواد المركب منها الإطار بطيء جداً وهذا البحث يساهم ولو بشكل جزئي في حل مشكلة التلوث وأيضاً تقليل مساحات الأراضي اللازمة لطمر الإطارات المستعملة وذلك بإنتاج خرسانة خضراء صديقة للبيئة باستبدال جزء من التربة (الرمال) بنسبة حجمية معينة من مسحوق المطاط ودراسة خواص الخرسانة الإسمنتية تتمثل هذه الأهداف في :

1. تخليص البيئة من المخلفات الصلبة الضارة (الإطارات المستهلكة) التي تزداد كميتها باستمرار ولتفادي التأثير الخطر من الغازات الكيميائية السامة والملوثة للبيئة التي تنتج من عملية احتراقها حيث يعتبر مشروع صديق للبيئة.
2. دراسة تأثير إضافة مسحوق المطاط الناتج من الإطارات المستهلكة والموجودة كمخلفات مضرّة للبيئة على بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة الطرية والجافة كقوة مقاومة الانضغاط، الهبوط والكثافة .
3. مقارنة خواص الخرسانة المحورة بالمطاط مع الخرسانة الخالية من المطاط ، وكذلك مقارنة خواص الخرسانة المحورة بمسحوق المطاط والمملدن مع الخرسانة ذات نسبة معينة من المملدن.

3.1 مشكلة البحث والفرضيات:

إن الزيادة المتواصلة في أعداد المركبات والشاحنات أدى إلى مشاكل بيئية مختلفة ومن أهمها التلوث البيئي الناجم من تراكم وتكدس عدد كبير من الإطارات المستعملة حيث أفاد الخبراء المختصين في مجال الدفاع عن قضايا البيئة إنه إذا ما تم استبعاد النفايات الذرية على اعتبار أنها تخضع لمعايير دولية تحكمها سياسات عالمية ، وكذلك الأمر بالنسبة للنفايات الطبية حيث توجد جهات رقابية تتولى متابعتها وتشدد على أهمية التخلص من هذه النفايات من خلال معالجتها بالطرق الآمنة، تبقى مشكلة الإطارات التالفة هي الأكثر خطراً بسبب عدم تقدير مدى خطورتها على البيئة أو النظر إليها وإعطائها أية أهمية .

وعلى الرغم من الاستقرار الواضح لتركيب ومكونات الإطارات وهي عبارة مخاليط من المطاط المختلفة محاطة بشبكة من البوليمر ثلاثية الأبعاد وهي من المواد التي يصعب تحليلها أو الاستفادة منها وتحتاج إلى زمن غير معروف للتحلل لذلك فإن الطرق المتبعة في بعض الدول للتخلص من هذه الملوثات نتج عنه تدهور بالعناصر البيئية حيث أن احتراق كميات كبيرة من الإطارات المستهلكة يتسبب في تصاعد العديد من الغازات الكيميائية السامة ونادراً ما تتعرض الإطارات للاحتراق التلقائي غير أنه عندما يحدث حريق سواء كان متعمداً أو نتيجة لأسباب عارضة فإن تكوين أكوام الإطارات سيؤثر في شدة الحريق واتجاهه ، وتنتج الحرائق التي تحدث في أكوام الإطارات الكاملة إلى الاشتعال في وسط الأكوام حيث تساعد الفجوات الهوائية على استمرار الاحتراق. وتؤدي عمليات الاحتراق إلى نواتج مختلفة للتحلل. كذلك يمكن أن تكون مخلفات الإطارات أماكن لتكاثر القوارض والبعوض ، وهي كذلك ذات تأثير سلبي على الناحية الجمالية للمدن عندما تتراكم أمام أماكن صيانة الإطارات وعلى جوانب الطرق ومن هنا جادت الحاجة كالبحث في إيجاد حلول لهذه المشكلة والتخفيض من أضرارها .

الفصل الثاني

((الجزء النظري))

1.2 المقدمة

الإطارات المستعملة تعتبر مشكلة بيئية كبرى تعاني منها الكثير من الدول وتكدس الإطارات المستعملة أصبح في تزايد يوم بعد يوم نتيجة للتطور الهائل في النقل والزيادة الكبيرة في أعداد السيارات والذي نتج عنه مشاكل مختلفة أهمها التلوث البيئي، الناتج عن الإطارات المستعملة ووفق لبعض الإحصائيات السابقة تبين أن الولايات المتحدة الأمريكية تتخلص من حوالي 273 مليون من الإطارات المستهلكة سنوياً، وفي الهند يتم التخلص من حوالي مليار إطار مستهلك سنوياً أي ما يقارب إطار لكل شخص، و إيران تنتج حوالي 100,000 طناً من المطاط و ماليزيا 200,000 طناً من المطاط في السنة، وبعض الدراسات أشارت إلي انه حالياً يتم إنتاج ما يقرب من 1,000,000,000 إطار سنوياً ومن المتوقع أن يصل الرقم إلى 1,200,000,000 بحلول العام 2030 (Shrabi & Karbalaie,1995).

وعمر الإطار الافتراضي يعتبر قصير ولا يتجاوز 50,000 km وتزايد عدد المركبات والشاحنات يؤدي إلي زيادة وتراكم الإطارات المستهلكة وهذا تنتج عنه مشكلة حقيقية بالأراضي والمعيشة بشكل عام، وهنا تجدر الإشارة إلي أين تذهب هذه الكميات الهائلة من الإطارات والذي سوف تتكرر سنوياً وبالنظر إلي تلك الكميات فأنها تعتبر تلوث وبنفس الوقت يمكن اعتبارها ثروة طائلة لم يلتفت لها احد ولم تؤخذ بعين الاعتبار خاصة بالدول النامية (Dichristina,1994).

تراكم وتكدس الإطارات المستهلكة يعتبر خطر كبير جدا علي البيئة ويهدد الصحة العامة لان أكوام الإطارات المستهلكة تعتبر بيئة ممتازة لتكاثر الحشرات والبعوض والقوارض وغيرها من الكائنات وما يزيد من خطورة أكوام الإطارات المستهلكة هو نشوب الحرائق فعند حدوث حريق بها يصعب إخماده والتحكم فيه نظرا لوجود الفتحات والفراغات بين الإطارات وهي توفر التهوية لتزداد قوة الحريق وتصبح بها كثافة نارية عالية من الصعب إخمادها أو حصارها والتحكم بها ومثال ذلك حريق احد أكوام الإطارات في أمريكا عام 1983م بمنطقة فرجينيا وكانت كومة الإطارات تحتوي حوالي 7 ملايين إطار و استمر الحريق لمدة 9 أشهر تقريبا وتسبب في تلوث كبير بالهواء ومصادر المياه القريبة (حسن ، 1983).

في كثير من الدول يتم التخلص من الإطارات المستهلكة بالدفن بمقالب القمامة أو عمل مدافن خاصة وحاليا يتم دفن ما يقدر بحوالي 75- 80 % من الإطارات إلا أن هذه الطريقة غير مجدية وتحتاج لمساحات أراضي كبيرة وهي مكلفة من الناحية الاقتصادية.

وأسهل الطرق واقلها تكلفة للتخلص من الإطارات المستهلكة هي عملية الحرق ولكن عملية حرق الإطارات المستهلكة ينتج عنها مخلفات وغازات ضارة جدا على التربة والماء والهواء ويعتبر الهواء أسهل عناصر البيئة تلوثا وذلك لأنه الحيز الذي لا يمكن السيطرة عليه بسهولة و التخلص من الإطارات المستعملة بطريقة الحرق يؤدي إلى انبعاث مركبات كيميائية وعناصر متنوعة تتوقف على عدة عوامل مختلفة منها أنواع الإطارات وسرعة الاحتراق وحجم كومة الإطارات ودرجة الحرارة المحيطة والرطوبة وتعتبر أكثر المركبات الكيميائية انبعاثا هي أكاسيد الكربون و أكاسيد الكبريت بالإضافة إلى المركبات الهيدروكربونية العطرية المتعددة الحلقات كالبيرين والانثراسين..... الخ و يشكل وجود أول أكسيد الكربون وأكاسيد الكبريت الخطر الأكبر والمباشر بالإضافة إلى الحرارة الشديدة، إن احتراق المطاط غير الكامل يؤدي إلى تحلل كيميائي حراري يعقبه إعادة اتحاد أجزاء أخرى من العناصر الكيميائية التي يكون بعضها سائلا مثل (المركبات العطرية أو البارافينية أو العديد من الزيوت النفثالينية) وتنتقل إلى مصادر المياه الجوفية وينطبق الشيء نفسه على بعض مكونات مخلفات الاحتراق المتمثلة في نسب ضئيلة من المعادن الثقيلة مثل الكاديوم والرصاص والحديد وقد تلحق هذه المواد ضررا بالحياة البرية النباتية والحيوانية.

إن أهمية الإطار تكمن في إن جميع المواد التي يتكون منها قابلة للتدوير ولها قيمة حرارية مرتفعة مثل المطاط الطبيعي والصناعي، ومنذ زمن قريب بدأت الدول تنتبه إلى القيمة المادية للإطارات المستعملة وبدأت تتكون نواة لإعادة تدوير الإطارات وفي السنوات الأخيرة أخذت الأبحاث تتوالى لتحديد طبيعة الاستفادة من الإطارات المستعملة والاتجاهات الرئيسية في هذا المجال تتلخص في استخدام الإطار الكامل إما بإعادة تغليفه أو استخدامه لوظائف أخرى غير التي صنع من أجلها بعد انتهاء عمره، كذلك يمكن استخدام أجزاء من الإطار (طبقات، مكونات...الخ) أو إعادة استخدام الإطار كمصدر من مصادر الطاقة وتعتبر عملية تدوير الإطارات وإعادة استخدامها من أهم طرق الحفاظ على البيئة، فعند إعادة تدوير إطارات السيارات يتم استعادة حبيبات المطاط 2-30 mm الذي يستخدم في صناعة الخراطيم والمركبات غير الصلدة والسطوح الرياضية والمنتجات الخاصة بتنظيم المرور (Siddique & Naik, 2004).

وإستخدام المطاط المعاد تدويره كإضافات للخرسانة أو استبداله بنسبة من المواد الأولية للخرسانة يعتبر خيار مفضل للغاية واستخدمت التجربة الأولى لمسحوق المطاط كإضافة للإسفلت ولكن ارتفاع اللزوجة وارتفاع درجة الحرارة جعل استخدام هذا النوع من الإسفلت غير عملي علي نطاق واسع (حويز وآخرون ، 1990).

ومن أجل التخلص من نفايات الإطارات المستعملة أجريت العديد من الدراسات المستفيضة لأجل استبدال جزء من المواد الأولية للخرسانة الإسمنتية بنسبة من مسحوق مطاط الإطارات المستعملة وهو يعتبر حل من الحلول الممكنة والعملية للتخلص من الإطارات المستعملة بشكل آمن وفعال، وهناك الكثير من الدراسات التي أجريت لإضافة مسحوق مطاط المستعملة للخرسانة الأسمنتية ومن النتائج المتحصل عليها برز تحسن في عدة خواص للخرسانة الإسمنتية ومنها المرونة والكثافة والعزل الصوتي والحراري ومقاومة التشقق إلا إن قوة مقاومة الانضغاط للخرسانة انخفضت الأمر الذي أدى إلى محدودية استخدام هذا النوع من الخرسانة (Khatib&Bayomy, 1999 ; Sgobba et al,2010).

2.2 الدراسات والبحوث السابقة

مع بداية القرن العشرين كانت الخرسانة تجاهد لكي تقف بين مواد البناء الأخرى وكانت مقاومة الضغط التي تصل إلى 140 kg/m^2 تعتبر قيمة كبيرة ولها اعتبارها. ولم تكن هناك طرق معينة لتصميم خلطة خرسانية ولا أساليب للتصميم المختلفة كذلك لم يكن هناك الأنواع المختلفة من الأسمنت والتي تناسب الأغراض المتنوعة، كما أنه لم يكن هناك الأنواع المختلفة من الخرسانة مثل الخرسانة الخفيفة والخرسانة ذات الهواء المحبوس أو الخرسانة سابقة الصب أو سابقة الإجهاد، وفي سنة 1919م شهدت صناعة الخرسانة الثورة الأولى حيث اكتشف أبرامز (Abrams) أن هنا علاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة ونسبة الماء بالخلطة وقد أوضح أبرامز أن مقاومة الضغط تزيد كلما قلت نسبة الماء إلى الأسمنت (w/c) (جهاد، 2012). وقد أكدت عدة دراسات أن هناك كميات كبيرة ومتنوعة من النفايات الصلبة بالإمكان استعمالها كعامل مزدوج أي لتحسين خواص الخرسانة وكذلك التخلص من الملوثات الصلبة وإضافاتها بنسب مناسبة للخرسانة تعتبر مجدية كمحسن للخواص أو كمادة مألئة للتخلص من نفاية معينة ومنها علي سبيل المثال السليلوز والرماد المتطاير وأبخرة السيليكا وجزيئات الخشب وغيرها (Yazıcı, 2008 & Ahmaruzzaman, 2010).

ومسحوق المطاط الذي يتم الحصول عليه من الإطارات المستهلكة آخر مواد النفايات الذي يتم العمل عليه حالياً بشكل كبير نظراً لتوفره بكميات هائلة في معظم دول العالم وفي هذا الصدد تناولت عدة أبحاث دراسة الإضافات علي الخرسانة. حيث قام (الفيتوري وآخرون 2008) بدراسة إضافة مزيج من ملدين مختلفين وظيفياً لإنتاج خرسانة محلية ذات مواصفات خاصة واشتمل المشروع دراسة إضافة ملدن نوع سيكا بلاستوكريت بنسب مختلفة وكذلك ملدن آخر نوع سيكا فيسكوكريت 5400 واختبار مقاومة الانضغاط والنافذية ومقارنتها مع الخلطة المرجعية.

وكذلك نشرت في مجلة البحوث الأكاديمية دراسة علي تأثير إضافة البوليمر الملدن السائل "البولي كربوكسيلات المحور" علي خواص الخرسانة الإسمنتية ذاتية الدمك بمكونات محلية قام بها [بن صالح وآخرون] وتوصلت نتائج الدراسة إلي إمكانية إنتاج خرسانة ذاتية الدمك بمكونات محلية حيث تؤدي زيادة إضافة الملدن البوليمر الملدن السائل "البولي كربوكسيلات المحور" إلي اختصار زمن الصب و خلط الخرسانة من خلال زيادة قيمة التشغيل والإفراط في إضافة الملدن يؤدي إلي ضعف الخرسانة وقد وجد أن أفضل نسبة للماء مع نسبة ملدن 1% هي 0.45 من وزن الاسمنت لأن نتج عنها مقاومة انضغاط عالية.

بحث قام به (رعوف وآخرون، 2010) تضمن إجراء عدة تجارب منها تحضير خلطات خراسانية من مواد خفيفة الوزن مثل (الركام المخلوط من البورسيلينايت ونشارة الخشب) للحصول على خرسانة ذات كثافة قليلة تتراوح بين (350-880) kg/m^3 بحيث توفر عزلا حراريا جيدا، وان لهذا النوع من الخرسانة المنخفضة الكثافة استخدامات كثيرة في البناء، وكثير من المنشآت تتطلب معالجة حرارية وصوتية باستخدام المواد خفيفة الوزن التي توفر عزل حراري، وشمل البحث دراسة الخواص الفيزيائية مثل الكثافة والتي تتراوح ما بين (765-822 kg/m^3) ومقاومة الانضغاط ما بين (1.51-2.2 N/mm^2) و (2.8-3.7 N/mm^2) والموصلية الحرارية (1.51-2.2 W/m.K) ، وتبين أن الموصلية الحرارية تنخفض لخرسانة ركام الترمستون مع انخفاض الكثافة ويتراوح معامل التوصيل الحراري ما بين (0.19، 0.39) W/m.k حيث يزداد معامل التوصيل الحراري بزيادة الكثافة حيث تحتاج الخلطات الخراسانية المصنوعة منه إلى محتويات ماء أعلى نسبيا من بعض أنواع الركام خفيف الوزن بسبب امتصاص ركام البورسيلينايت المكسر مع نشارة الخشب كمية كبيرة من الماء وتفرز الماء أثناء الخلط.

هناك دراسة أوضحت تأثير الاستبدال الجزئي للأسمنت في الخلطة الخراسانية بمسحوق حجر الكلس وبنسب استبدال تراوحت بين (5 – 25%) بنسبة تغيير مقدارها 5% من وزن الاسمنت على بعض خواص الخرسانة الاعتيادية بنسبة خلط 1:1.5:3 وبمحتوى أسمنتي 380 kg/m^2 واختبار الخلطة الطرية والجافة (الهبوط، الانضغاط، الشد، الامتصاص وسرعة الذبذبات فوق الصوتية في الخرسانة) وبينت الدراسة تأثير إضافة الملدن الفائق وبنسب (1، 2، 3) % من وزن الاسمنت على الخواص المذكورة للخلطات وكذلك تأثير المضافين معا في وقت واحد إلى الخلطة وبالنسب المذكورة حيث بينت النتائج إمكانية استبدال 25% من كمية الاسمنت في الخلطة بمسحوق حجر الكلس مع إضافة 3% من الملدن الفائق لها والحصول على قوة انضغاط وشد أعلى بقليل مع نقصان في الهبوط والامتصاص للخلطة مقارنة بالخلطة المرجعية الخالية من الإضافات وبنفس العمر. (حاوي، 2015).

وقام باستخدام الرماد المتطاير كبديل جزئي عن الرمل على خواص خرسانة الركam الخشن المعاد، ودراسة ثانية تضمنت كل من الخواص (الهبوط، قوتي الانضغاط والشد، الامتصاص، والكثافة) لأربعة خلطات خرسانية مختلفة كانت جميعها بركام خشن بنسبة وزنيه 50% بدلا من الركam الخشن الطبيعي، إحداها بالرمل الطبيعي وعدت خلطة مرجعية وثلاث أخرى تحتوي على رماد متطاير كبديل جزئي عن الرمل بنسب استبدال وزنيه 15%، 30% و 45% لمعرفة تأثير هذا الاستبدال على الخواص المذكورة بالأعمار 7، 14، 28 و 90 يوم وأوضحت النتائج التأثير الايجابي على زيادة قوة انضغاط الخرسانة بزيادة نسبة استبدال الرمل بالرماد المتطاير وقوة الشد تتأثر ايجابيا أيضا حيث تزداد بزيادة نسبة الاستبدال وبتقدم عمر الخرسانة ولكن بدرجة اقل من تأثر قوة الانضغاط. (حاوي، 2012).

و تأثير نسب استبدال الرمل بالرماد المتطاير قليل جدا على الكثافة الجافة حيث تزداد بزيادة نسبة الاستبدال لتصل اعلي قراءة عند نسبة استبدال 45% أما امتصاص الخرسانة للماء والهبوط فيقل بشكل كبير بزيادة نسبة الاستبدال.

درس (يوسف، 2000) إنتاج خرسانة جديدة خفيفة الوزن ودراسة بعض خصائصها الميكانيكية و الحرارية، توصل البحث إلى إنتاج خرسانة خفيفة ذات مقاومة انضغاط تتراوح ما بين (2.67 الى 4.31 Mpa) بعمر 28 يوم وقد أوضح البحث إمكانية استخدام هذا النوع من الخرسانة في تصنيع الوحدات البنائية للقواطع غير المحملة وأيضا المساهمة في تقليل احد النفايات الصلبة والمتمثلة في من مادة البولي ستايرين (الفلين) المستخدم في التغليف.

كما قام شيلان بعمل بحث لدراسة تأثير إضافة ألياف مخلفات البلاستيك الصناعي الناتجة من عملية التقطيع اليدوي للقناني البلاستيكية المستخدمة لحفظ المشروبات الغازية على بعض خواص الخرسانة المحورة بالبوليمر مثل مقاومة الانضغاط و مقاومة الانثناء.

تم إضافة ألياف البلاستيك بنسبتين مختلفتين قدرهما (6.1% - 25.3%) أظهرت النتائج تحسنا في الخواص الميكانيكية للخرسانة المحورة بالبوليمر مع زيادة نسبة الألياف (الحديثي وحمه، 2009). استخدام مخلفات البناء في الخلطات الخرسانية من قبل (حسان وآخرون، 2011) حيث أفادوا بان إعادة استخدام مخلفات البناء في إنتاج خرسانة جديدة يحقق غايتين معًا، الأولى هي إزالة كميات كبيرة من مصادر التلوث البيئي الناتج من هذه المخلفات، والثانية هي توفير مصادر رخيصة لركام الخرسانة، وقد تضمن بحثهم اختبار خصائص الخلطة الخرسانية المحتوية علي ركام خشن من مخلفات الخرسانة المحلية بعد إزالة القطع الكبيرة منها، واستخدامها بعد غسلها وتدرجها، أوضحت النتائج أن هذا الركam المعاد استخدامه له وزن نوعي أقل وامتصاص أعلى مقارنة بالركام العادي المستخدم في العراق، كما أوضحت النتائج أن الخرسانة المعدة من هذا الركam لها مقاومة انضغاط

وامتصاص مقبولين، كما أن لها مقاومة انثناء جيدة، وكثافة جافة قليلة مقارنة بالخرسانة المعدة من الركام المحلي العادي. وبينت هذه الدراسة أن الخرسانة مناسبة للاستعمال في تبليط الشوارع والأرصفة والساحات والممرات وعمل كتل البناء الخرسانية.

تناول دراسات في العلوم الهندسية قام بها (أباضة واشتية، 2010) استغل مادة الجير التي تنتج بكميات كبيرة في معامل السكر والخميرة كناتج ثانوي أثناء تصنيع مادة السكر، واستخدام مخلفات إطارات السيارات (الأنابيب المطاطية لإطارات السيارات التي تم استخدامها على شكل ألياف مطاطية) وهذه تعتبر نفايات صلبة ومخلفات بيئية في إنتاج خرسانة خفيفة عازلة وبنسب خلط مختلفة. وتم اعتماد عدة نسب خلط لإنتاج نوعين من الخرسانة الأول خرسانة عازلة تستعمل لأغراض العزل الحراري وكقواطع ومقاومة انضغاط بحدود 3 N/mm^2 باستخدام الاسمنت والجير المطفأ وألياف مطاطية بكثافة تتراوح بين (1140 – 1200) kg/m^3 بعمر 60 يوماً. والنوع الثاني هو إنتاج خرسانة من دون التربة (رمل) وباستخدام الاسمنت والجير المطفأ والركام الخشن (الحصى) وكانت كثافتها تتراوح بين (1920-1950) kg/m^3 .

ومقاومة انضغاطها بحدود 69 kg/m^3 بعمر 60 يوماً وهي خرسانة إنشائية تستخدم في بناء الجدران المحملة وكانت نسبة الامتصاص لها قليل واتضح لهم إن استخدام مادة الجير في إنتاج مثل هذه الخرسانة يعتبر اقتصادياً حيث يقلل من كمية الاسمنت المستخدم.

وقد اجري بحث يبين استخدام مطاط الإطارات المستهلكة كأجراء هندسية (مثبتات ميكانيكية) حيث درس الخواص الميكانيكية لأجزاء الإطارات المستعملة واقترح استخدامها كأجزاء هندسية مثل المتبث (السيورطو) الذي يربط محرك الاحتراق الداخلي برأس التوليد في المولدات الصغيرة والمتوسطة للطاقة الكهربائية ومن بين النتائج التي تم التوصل إليها انه ليس هناك فرق كبير في الخواص الميكانيكية بين أجزاء الإطارات المستعملة و الإطارات الجديدة ففي اختبار الشد كانت القوة اللازمة للقطع في الأجزاء الجديدة 137 N بينما في أجزاء الإطارات المستعملة 113.27 N فكانت نسبة الفرق بينهما 17 % وذلك يعود إلى التقادم نتيجة الاستعمال (حسين وسليمان، 2012).

أما دراسة قام بها (عمار وآخرون ، 2015) فقد استخدموا النفايات المطاطية، حيث قاموا بإضافة مسحوق المطاط للخرسانة كبديل عن الركام الخشن وتمت دراسة خصائص الخرسانة المختلفة مثل مقاومة الانضغاط، وقوة الشد، وقابلية التلدن وما إلى ذلك، وتمت مقارنتها بالخرسانة العادية وقد تلخصت النتائج:

- استخدام مسحوق المطاط كبديل عن الركام الخشن بالخرسانة الإسمنتية أدى إلى تناقص في قوة مقاومة الانضغاط ولكنها تميزت بالاستطالة قبل الانهيار الكامل أيضا الكثافة تناقصت مقارنة بالخلطة المرجعية.
 - الخرسانة الاسمنتية المحتوية علي مسحوق مطاط ناعم مثل الرمل اوضحت زيادة بقوة مقاومة الانضغاط أفضل من الخرسانة المحتوية علي مسحوق مطاط خشن.
 - لزيادة وتحسين قوة انضغاط الخرسانة المطاطية يتم إضافة كمية من السيليكا.
- أظهرت دراسة أخرى استخدام مسحوق مطاط الإطارات المستهلكة المنتج باستخدام النيتروجين السائل واستعمل كمادة مالئة أضيف للإسفلت الطبيعي بنسب وزنيه مختلفة و النسب هي (0، 5، 10، 15، 30) % تم اختبار خواص الإسفلت الطبيعي قبل وبعد إضافة المادة المالئة وهي مسحوق مطاط الإطارات وكانت بنسبة 30 g / 100 g للإسفلت وهي النسبة المثلى التي من خلالها تحققت كل المواصفات العالمية والعراقية لمادة الإسفلت.
- (بشار وعبيد، 2009 & محمد وآخرون، 2007) قاموا بدراسة الاستفادة من الإطارات المستهلكة في إنتاج خرسانة غير إنشائية من الاسمنت البورتلاندي.
- هدف هذه الرسالة هي إمكانية استخدام الإطارات المطاطية المستعملة في الخلطات الخرسانية من أجل إنتاج خرسانة لاستعمالات خرسانية غير مسلحة، ودراسة تأثير المطاط على سلوك الخرسانة، والمساعدة جزئياً في حل المشكلة البيئية الناجمة عن التخلص من الإطارات المستهلكة حيث قام الباحث باستبدال التربة (الرمل) حجماً بالإطارات المطاطية المستهلكة المطحونة بنسبة (0، 25، 50، 75، 100)% في خلطات خرسانية مختلفة الدرجات (150، 200، 250، 300، 450) kg/m² وأجريت الاختبارات المختلفة على الخرسانة الطازجة والمتصلبة من حيث مقاومة الضغط، والهبوط، امتصاص الماء، الكثافة، معامل المرونة، والعزل الصوتي والحراري. تبين من النتائج أن مقاومة الضغط والكثافة ومعامل المرونة تقل بزيادة نسبة مسحوق مطاط الإطارات المطاطية المستهلكة، أما امتصاص الماء يقل في البداية ثم يبدأ بالزيادة بزيادة نسبة المطاط. وتبين النتائج كذلك أنه لا يوجد تغير ملحوظ في الهبوط، وفيما يتعلق بالعزل الصوتي والحراري تزداد بزيادة نسبة المطاط وأوصى الباحث باستخدام الخلطات الخرسانية الإسمنتية المحتوية علي مسحوق المطاط في الاستعمالات غير مسلحة مثل الأرضيات وغيرها.
- نشرت بالمجلة الدولية للبحوث الهندسية والتكنولوجيا (IRJET) 2017 ورقة بعنوان تقييم أداء المطاط بمواد الخرسانة وكان الهدف هو دراسة خواص الخرسانة بعد إضافة المطاط كبديل علي التربة والركام والخشن واستعمل نوعان من المطاط هما شرائح المطاط ومسحوق المطاط وبنسب تتراوح من (0، 10، 15، 20 %)، من بعض النتائج توصلت الدراسة إلى أن هناك انخفاض في

مقاومة الانضغاط للخرسانة ومن ناحية أخرى هناك زيادة في الصلابة واستنادا إلى نتائج بعض الاختبارات، يتضح أن استخدام الخرسانة التي تحتوي على جزيئات الإطارات لا يمكن استعمالها بالخرسانة المسلحة بسبب انخفاض قوة الانضغاط مقارنة مع الخرسانة العادية التي تحتوي على ركام الصخور الطبيعية كما بينت أنه بالإمكان رفع قوة المقاومة باستعمال أنواع أخرى من الاسمنت مثل الاسمنت المحتوي علي ماغنسيوم . وأكدت الدراسة أن استعمال هذا النوع من الخرسانة الممزوجة بالمطاط يعتبر خيار ممتاز للقضاء علي جزء كبير من النفايات الصلبة المتمثلة في الإطارات المستهلة (Nikhil .R et. al, 2017).

قامت (محمودي، 2014) بإجراء هذه الدراسة من أجل تقييم خصائص الخرسانة المحتوية علي فئات المطاط المعاد تدويره وذلك بعد معالجة المطاط بغمره في الماء وأيضا بمادة هيدروكسيد الصوديوم لفترات زمنية مختلفة للتخلص من الرواسب والأوساخ المترسبة عليه وتوصلت الدراسة للآتي:

- إضافة كميات زائدة من المطاط للخرسانة يؤدي إلي صعوبة نضجها أي جفاف الخرسانة الأسمنتية بشكل طبيعي، عندما تزيد نسبة إضافة المطاط علي 30 % يجعل سطح الخرسانة خشن وصعب التشطيب.
- علي الرغم من أن الزيادة في كمية المطاط للخرسانة الأسمنتية يساهم في خفة الخرسانة إلا أن النتائج بينت أن إضافة 20 % إلي 25% من المطاط يقلل التشققات الطولية بسطح الخرسانة الأسمنتية كذلك اتضح أن هذه النسبة تجعل الخرسانة الأسمنتية ضمن معدل المواصفات باستراليا.

تشير بعض الدراسات إلي أن الهبوط يقل بإضافة مسحوق المطاط للخرسانة وللمحافظة علي الهبوط بالإمكان تغيير نسبة المياه لمحتوي الاسمنت، أوضح خلط مسحوق المطاط للخرسانة يقلل من تشغيلية الخرسانة، كما أن الهبوط يقل للخرسانة المحتوية علي مطاط بأحجام مختلفة وزن الخرسانة المحتوية علي مطاط (الخرسانة المطاطية) تمتاز بخفة وزنها ويرجع ذلك لخفة وزن حبيبات مسحوق المطاط، قوة مقاومة انضغاط خرسانة الأرصفة المحتوية علي مطاط 32MPa، وهذا النموذج لا يجعل الخرسانة تصنف كخرسانة غير إنشائية لخفة وزنها (الراوي، 1995, &Emira & bajaba, 2012).

كما أن استبدال التربة بمسحوق مطاط الإطارات المستعملة كنسبة حجمية من 5%- 30% يؤدي نقص الوزن بنسبة 14%-28% اعتمادا علي نوعية مسحوق المطاط المستعمل (Rangaraju et al 2012,Sukontasukkul2009).

استبدال التربة (الرمال) بنسبة 21% من بمسحوق المطاط يقلل وزن الخرسانة بنسبة 26% تقريبا ووجد أن كثافة الخرسانة المحتوي علي مسحوق مطاط يقل تقريبا 100kg/m^3 لكل 25kg من مسحوق المطاط للخرسانة (Kaloush et al, 2005& John, kardos, 2011). قوة الانضغاط تعتبر الدليل المهم لخرسانة الأرصفة وتستخدم كمؤشر لقياس قوة الخرسانة علي الرغم من أن الإجهاد الرئيسي لخرسانة الأرصفة يعتبر قابليته للشد إلا أن اختبار قوة الضغط هو الأكثر استخدام لقياس قوة خرسانة الأرصفة. والكثير من الدراسات أشارت إلي أن استخدام مسحوق المطاط في الخرسانة بنسبة أكثر من 5% من الحجم الكلي للخلطة يسبب انخفاض في قوة الخرسانة (Khorrami et al, 2010& Tian et al, 2006& Shengxia et al, 2011).

3.2 المطاط

في مطلع القرن العشرين، بدأت تبرز مواد جديدة من صنع الإنسان، اكتشفت لها استعمالات في عدة مجالات جعلتها تنافس المواد الطبيعية ومن أهم هذه المواد اللدائن والمطاط فقد أصبحت صناعة هذه المواد من أهم الصناعات حتى وصل تمثيل العصر الحاضر بعصر اللدائن فأغلب المواد التي تستخدم حاليا يدخل في صناعتها نوع من أنواع اللدائن أو المطاط. وتشترك اللدائن بصفة عامة في المرونة وسهولة تشكيلها وفقا للشكل أو القالب المطلوب لأنها عندما تتعرض إلى درجة حرارة معينة تصبح لينة، ويمكن ضغطها باليد أو نفخها في قوالب لتتخذ الشكل المطلوب حتى تبرد تحتفظ بالشكل الذي اكتسبته أثناء التشغيل بالحرارة. قبل الحرب العالمية الثانية، كان المطاط الطبيعي يشكل 100% من صناعة المطاط بعد ذلك لم يعد إنتاج المطاط الطبيعي كافي لتغطية احتياجات دول العالم فبرزت وتطورت صناعة المطاط الصناعي وأصبح مطاط الأستاييرين ببيوتاديين أكثر أنواع المطاط أنتاجا في العالم. (Parton&Elbarbary,1998).

1.3.2 أنواع المطاط الصناعي

من أهم أنواع المطاط الصناعي:-

1.1.3.2 مطاط البيوتاديين (يسمى عديد البيوتاديين Poly Butadiene)

ويمكن إنتاجه من الكحول الإيثيلي بطريقتين:

1. يتم تحويل الكحول الإيثيلي إلى أسيتالدهايد والذي يكتف إلى كروتونالدهايد ثم إلى بيوتاديين والذي يتبلر الي مطاط البولي بيوتاديين.
2. يتم فيها إمرار أبخرة الكحول الإيثيلي والأسيتالدهايد فوق السليكا جل المحملة بأكاسيد الزركونيوم في درجة حرارة 320 - 350 م يتبلر البيوتاديين عن طريق بلمرة الكتلة أو تكنولوجيا المستحلب بواسطة المرة الحرة لتكوين أنواع مختلفة من مطاط البيوتاديين.

2.1.3.2 مطاط الأسيتايرين بيوتاديين

وهو احد انواع البوليمرات المشاركة حيث يتبلر الأسيتايرين مع البيوتاديين بنسبة معينة وينتج 70% بيوتاديين ، 30% استايرين - بيوتاديين.

3.1.3.2 مطاط الكلوروبرين

يستخدم الكلور والكبريت لتحويل هذا النوع من المطاط ليكسب خاصية المقاومة العالية للتمزق. مطاط الكلوروبرين له استخدامات مميزة نظرا لمقاومة درجات الحرارة والزيوت.

4.1.3.2 مطاط البولي يوريثان

هذا النوع من المطاط أنتج عام 1950 م ويتميز بخواصه المتوسطة بين البولي استر والبولى أميد وله تطبيقات عديدة في مجال المواد اللاصقة والنسيج والرخويات المرنة والصلبة ولذلك يدخل في صناعة الأثاث والسيارات والثلاجات ومواد البناء والأحذية.

5.1.3.2 مطاط بونا

صنع أول مرة في ألمانيا بطريقة بلمرة البوتادين مع الصوديوم كمادة محفزة وتتم هذه العملية عند درجة حرارة 50 درجة مئوية وسمى باسم (مطاط بونا). وفي الآونة الأخيرة وبمساعدة ما يسمى محفزات زيجلر أنتجت مادة ذات مواصفات قريبة جدا من مواصفات المطاط الطبيعي من البوتادين أو أليزوبرن مثل مطاط بونا سى بي (Rostami et.al,2000& Kumar et.al,2004).

4.2 الإطارات

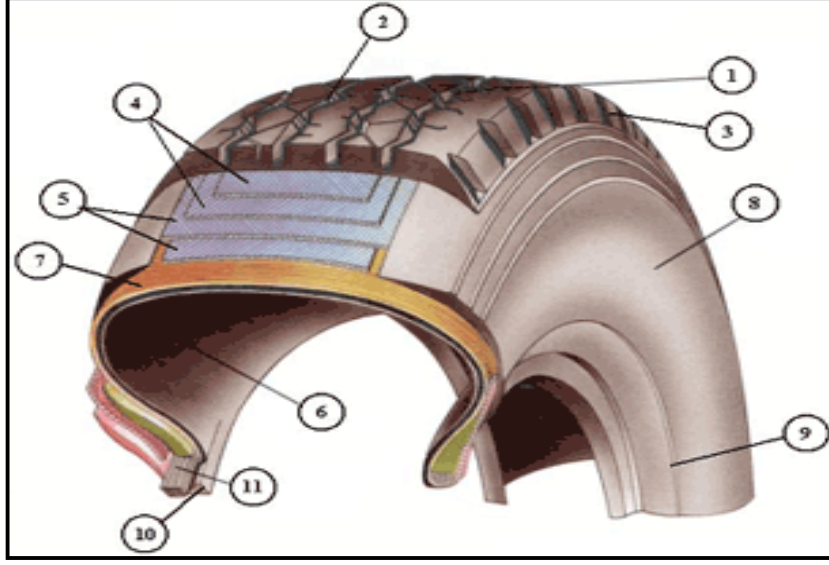
يعتبر المطاط احد أهم المواد الصناعية للإطارات و الإطار هو حاوية من المطاط المعزز بطبقات من الألياف النسيجية بشكل متقاطع أو شعاعي يحتوي على أنبوب مطاطي داخلي في بعض الأنواع تلك الحاوية تملأ بالهواء المضغوط بضغط مناسب وهي أحيانا تكون محاطة بحزام من الألياف المعدنية أو غير المعدنية ذلك الحزام مغطى بطبقة من المطاط المنقوش بشكل يناسب وظيفة الإطار، تصنع الإطارات من عدة طبقات من النسيج المعامل بالمطاط واستبدل في الآونة الأخيرة بالخيوط الصناعية (النيلون ، الرايون) بنطاق أوسع حيث أنه يتمتع بمتانة عالية، و يوضع بين الغلاف الواقي و الهيكل على طول محيط الغلاف الخارجي طبقة بينية من النسيج المعامل بالمطاط طبقة وسادية تحافظ على الهيكل من الضربات المنتقلة إليه من الغلاف الواقي للإطار وتصنع في بعض تصاميم الإطارات الحديثة الطبقة الوسادية من الأسلاك المعدنية مما يضمن للإطار متانة أعلى وعمر أطول ، يتركب الإطار ذو الأنبوبة الداخلية من طبقات

الألياف المعاملة بالمطاط أيضا ومن ثم توضع طبقة الألياف هذه في جهاز خاص يقوم بخفض المسافات فيما بينها ثم يملأ الفراغ بالمطاط، أما الكسوة المصنوعة من المطاط والتي تغطي الطبقات المذكورة أنفا فأنها تثبت في مكانها بعملية تشمل الكبس والتسخين (الفلكنة)، وتعمل هذه العملية على تشكيل المطاط وجعله ذو مواصفات حسب المطلوب ويتفاوت عدد طبقات الألياف باختلاف طبيعة عمل الإطار فإطارات السيارات الخاصة تحتوي على أربعة طبقات في حين تحتوي سيارات النقل الثقيلة والحافلات على حوالي (14 طبقة) وكذلك يوجد في إطارات مركبات تسوية الأراضي (الرولة) (32 طبقة) وهناك أشكال مختلفة للغلاف الخارجي المصنوع من المطاط الغرض منه تحسين نقل الحركة وتقليل الانزلاق (Baker,2003&Shengxia et al 2006) .

1.4.2 التصميم الهندسي للإطار

يتكون الإطار هندسيا من عدة أجزاء وهي هيكل أو جسم الإطار الذي يتألف من طبقة أو طبقات من (التيلة) الصلب أو النسيج وطوق السلك في منطقة جلوس الإطار وغلاف جانب الإطار ويلاحظ وجود أنبوبة داخلية توضع داخل الإطار لتحتوي هواء نفخ الإطار وذلك في حالة الإطارات العادية ويحل محلها طبقة من المطاط غير المسامي للاحتفاظ بالهواء في الإطارات الأخرى المعروفة باسم (تيبلس) تجمع أجزاء الإطار في بناء هندسي متماسك يعطي الشكل والأبعاد المناسبة .

والخواص المطلوبة لأداء الخدمة ومواجهة القوى والمؤثرات الواقعة عليه مثل السرعة والاحتكاك بالطريق والحمولة ودرجة وضغط نفخ الهواء والصدمات، كما هو موضح بالشكل (1).



شكل (1) المكونات العامة للإطار (Parkash , 2007)

والترميز العددي الموضح بالشكل (1) يبين كالاتي: (Parkash , 2007).

(1) سطح الإطار

يعني ذلك الجزء من إطار الهواء المضغوط المصمم للتلامس مع الأرض.

(2) نقش سطح الإطار

يعني الفراغ بين الأضلاع أو الكتل المتجاورة في نمط سطح الإطار.

(3) الجدار الجانبي

يعني ذلك الجزء من إطار الهواء المضغوط بين سطح الإطار والفراغ المصمم للتغطية بالحافة الخارجية.

(4، 5) التثية

تعني طبقة من الأشرطة الموازية المغطاة بالمطاط، والغرض منها هو تثبيت الإطار نصف القطري.

(6) الشريط

يعني الأشرطة التي تشكل نسيج التثيات في إطار الهواء المضغوط.

(7) الهيكل

يعني الجزء الهيكلي من إطار الهواء المضغوط بخلاف السطح والمطاط الخارجي للجدران الجانبية، والذي يدعم الحمولة عند نفخه.

(8) المقطع

يعني المسافة الخطية بين الجزء الخارجي من الجدران الجانبية في إطار الهواء المضغوط المنفوخ عندما يركب على حافة القياس المحددة، مع استبعاد الارتفاعات نتيجة للتوسيم أو التزيين أو الشرائط أو الأجزاء الواقية.

(9) الحزام

يشير إلى التنية نصف القطرية أو الإطار المائل الحزام، ويعني التنية أو التنيات من المادة أو المواد الموجودة تحت سطح الإطار، والتي توضع بدرجة كبيرة في اتجاه خط الوسط لسطح الإطار لتقييد الهيكل في الاتجاه المحيطي.

(10) الخرزة/ الكرية

تعني ذلك الجزء من إطار الهواء المضغوط الذي يتخذ الشكل أو الهيكل الملائم للحافة والذي يثبت الإطار في العجلة.

(11) المحك

يعني المادة الموجودة في منطقة الخرزة/ الكرية التي تحمي الهيكل من الاحتكاك أو التآكل بواسطة حافة العجلة.

5.2 بعض الطرق العامة لتدوير الإطارات والمنتجات المطاطية

تعتبر عملية التدوير من أهم الطرق لاستغلال المخلفات وتبدأ أهميتها في الآتي:

أولاً: تقليل النفايات من المصدر ويكون ذلك بتقليل نسب النفايات التي تفرزها مصانع الإطارات والمطاط بصفة عامة وإعادة استخدام ما يمكن استخدامها بالتدوير الداخلي في المصنع .

ثانياً: إعادة الاستخدام نظراً لأن كمية كبيرة من الإطارات المنتزعة من السيارات صالحة للاستعمال خاصة في الدول المتقدمة والتي تضع ضوابط لتغيير الإطارات لعدم وجود أي تلف أو قطع في طبقات التيلة لذلك ، ويعاد بيعها للدول النامية والاستخدام وهناك حركة تصدير لكميات كبيرة من هذا النوع من الإطارات من الدول المتقدمة إلى الدول النامية، بحيث تتكدس بشكل كبير فيها، لذلك اتجه التفكير للاستفادة من بعض أنواع النفايات الصلبة والمتمثلة في مسحوق المطاط الناتج من إطارات السيارات المستهلكة في إنتاج خرسانة عادية للاستخدام في خرسانات الميول وأرضيات الملاعب الرياضية ورياض الأطفال وذلك لتوفير الحلول الممكنة لمعالجة هذا النوع من التلوث البيئي (اتفاقية بازل، 2011 & حسن، 1983).

1.5.2 إعادة استخدام الإطارات المستعملة

يمكن تقسيم عملية إعادة استخدام الإطار إلى قسمين رئيسيين:

1.1.5.2 استخدام غير تدميري :

ويقصد به الاستفادة من الإطار على شكله الطبيعي دون إجراء أي تغيير عليه من تقطيع أو حرق وهذا له استخدامات مختلفة يمكن إجمالها في الآتي:-

1. إعادة استخدام نفس الإطار

يتم في هذه الطريقة نقش طبقة سطح الإطار الخارجي الملامس للأرض بواسطة حفرها وتعميق النقشات الموجودة، وهذا يحصل في إطارات السيارات الكبيرة مثل سيارات النقل الثقيل والحافلات.

2. إعادة تشكيل أو تغليف الإطار

ويكون ذلك في الإطارات القابلة للفلكنة وكسائها بطبقة خارجية جديدة عند تآكل الطبقة القديمة.

3. استخدام الإطار بشكل كامل في الموانئ

يتم في هذه الحالة وضع الإطارات على حواف أرصفة الموانئ أو على جدران السفينة أو جوانب الجرافات التي تستخدم في دفع السفن الكبيرة داخل أحواض الموانئ حتى يقلل من تلف جدران السفينة الناتجة من الارتطام بحواف أرصفة الموانئ.

4. حلبة سباق السيارات والدراجات

حيث يتم وضع مجموعة من الإطارات على طول حلبة السباق لتقليل حدوث أضرار لسائقي السيارات أو الدراجات عند خروجهم عن المسار وارتطامهم بالحواجز المكونة من الإطارات. (Asaad,2006).

2.1.5.2 استخدام تدميري :

يحتاج هذا الاستخدام إلى عمليات ميكانيكية أو معالجات كيميائية أخرى للاستفادة منه بعد تغيير شكله أو مكوناته واستخدامات هذا النوع كثيرة ومتعددة منها: (Edil & Bosscher, 1992).

1. طحن الإطارات :

في هذه العملية يتم إنتاج حبيبات أو مسحوق مطاط بأحجام مختلفة عن طريق طحن الإطارات ذلك الحبيبات تستعمل في أرضيات الملاعب وكذلك تحت الفرش، ويستعمل كمانع رطوبة كما ويستخدم بكثرة مع الخلطات الإسفلتية حيث يمنح خلطة الإسفلت مرونة أكبر ويزداد مدى تحمل درجات الحرارة وتصبح لها مقاومة عالية للأكسدة (Baker,2003).

2. الطحن مع التبريد المفرط :

في هذه العملية تقطع الإطارات إلى شرائح ثم تبرد دون (-80) درجة مئوية وبواسطة مطرقة تطحن الشرائح لفصل مكوناتها، وتستعمل حبيبات المطاط الناتجة في مسارات الملاعب وتحت الأرضيات وكذلك في أكساء الطرق الإسفلتية، وتعتبر الطاقة المطلوبة للحصول على درجات الحرارة المنخفضة قليلة نسبياً.

3. إعادة الفلكنة :

في هذه العملية يعامل المطاط المفكّن كيميائياً وحرارياً للحصول على مطاط غير مفكّن والذي يستخدم في صناعة الإطارات مرة ثانية وكذلك في صناعة الأحزمة الناقلة والأحذية.

4. فصل الطبقات :

حيث يتم فصل كل طبقة من الطبقات المكونة للإطار بطرق ميكانيكية والاستفادة منها في ميادين كثيرة أهمها:

- صناعة الحلقات المطاطية :
- حيث يتم فصل طبقات الإطار ومن ثم تقطيعها إلى أحجام مختلفة حسب الطلب، وتستخدم كحشوات بين أجزاء الربط.
- صناعة الأحزمة المطاطية :
- يستخدم في صناعة الأحزمة والسيور الناقلة تستعمل وكذلك في رصف ساحات الملاعب والأرصعة.
- صناعة الحاويات المطاطية (السطل):
- تستخدم في مناولة المواد الجافة عادة مثل العلف الحيواني.... الخ
- وسائد لتقليل الاهتزازات :

تستخدم هذه الوسائد تحت الجسور لتقليل وامتصاص الاهتزازات. (حسين وسلمان، 2012)

6.2 إنتاج الطاقة

يحتوي الإطار على أكثر من 60% هيدروكربونات تخزن الطاقة حيث يمكن توليدها بطرق مختلفة منها:

1.6.2 طريقة التحليل إلى المواد الأولية

وهي عملية تحليل حراري بدرجة حرارة (500 – 900) °C بمعزل عن الهواء يتم فيها تكسير الروابط الكيميائية بشكل كامل فيتولد خليط من الغازات والزيت والمواد الصلبة.

أما الغازات فهي خليط من الاثليل بروبيلين، بيوتان، بيوتلين، وغازات هيدروكربونية منخفضة الوزن الجزيئي أما المواد المتبقية الأخرى فتشكل النسبة الأكبر منها مواد مثل الفايبيركلاس أسود الكربون، فولاذ، وغازات أخرى ويتم فصل اسود الكربون عن المواد اللاعضوية (الفايبيركلاس والفولاذ) حيث يعاد استعمال اسود الكربون في الصناعات المطاطية وتستعمل الغازات المذكورة أعلاه في توليد الطاقة. (Paul , 1999).

2.6.2 طريقة حرق الإطارات كوقود

من الطرق الشائعة في إعادة استعمال الإطار كمصدر للطاقة ، حرق الإطار بكامله أو على شكل أجزاء لتجهيز معامل صناعة الأسمنت بالطاقة بدلاً من الفحم و المخلفات الصلبة. وبمقارنة الطاقة المستخلصة من الإطارات مع تلك التي نحصل عليها من الفحم أو المخلفات الصلبة فإن ما تولده الإطارات من الطاقة يساوي 125% مما يتولد من الفحم و 300% مما يتولد من المخلفات الصلبة (Humphr et.al ,1993).

7.2 الخرسانة

الخرسانة هي خلطة تتكون من مواد طبيعية معظمها موجود في البيئة المحلية أو على مسافة قريبة منها وتتميز بقدرة عالية علي تحمل الضغط والعيب الأساسي لها أن قدرتها على تحمل الشد ضعيفة، فعند أضافت حديد التسليح لها تنتج الخرسانة المسلحة و تجمع بين مزايا الخرسانة والحديد معا مثلاً:

1. رخص الثمن نسبياً.
2. مقاومة العوامل الجوية والحريق.
3. مقاومة عالية للضغط .
4. القدرة على أخذ أشكال عديدة.

1.7.2 الخلطة الخرسانية

تعرف الخرسانة بشكلٍ عام بأنها خليطٌ بنسبٍ محددة ومدرّوسة من مواد الركام الخشن (الشرشور) والتربة الرملية (الرمل) والعجينة المكونة من الاسمنت والماء والتي تعمل على ربط حبيبات الركام مع بعض فضلاً عن ملئ الفراغات المتبقية وقد يضاف عليها مواد كيميائية أو لا يضاف حسب طبيعة العمل وتعتمد نوعية تصميم الخرسانة للغرض المستخدمة من أجله. وقوة مقاومة الخرسانة تعتمد علي تماسك معجون الاسمنت وهي المؤشر الرئيسي علي جودة الخرسانة وتزداد قوة المقاومة للخرسانة بنقص المسامات بمعجون الاسمنت ولتقليل المسامات يجب إن يكون هناك توازن جيد بنسبة الماء إلي الاسمنت ولا ينبغي استخدام المياه أكثر مما هو ضروري لجعل ملمس المعجون بلاستيكي طري وقابلية تشغيل ممكنه للتطبيق.

وبدراسة عملية التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء وجد أن كمية الماء اللازمة لإتمام عملية التفاعل تتراوح من 0.22 إلى 0.25 من وزن الأسمنت حسب نوع ودرجة نعومة الأسمنت ولكن المشكلة أن هذه النسبة القليلة من الماء تعطي خرسانة جافة جداً صعبة التشغيل مما يضطر صانع الخرسانة إلى زيادة الماء بالقدر الذي يعطي خرسانة لدنة ذات قابلية تشغيل عالية وقد تبين من التجارب العملية و الخبرة العملية أن نسبة الماء التي تنتج خلطة خرسانية لدنة ذات قابلية للتشغيل مناسبة بدون استخدام إضافات هي من (0.4 إلى 0.7 %) من وزن الأسمنت ويتوقف ذلك على محتوى الأسمنت في الخلطة وعلى نسبة امتصاص الركام المستخدم للماء، وطبقاً للعلاقة بين نسبة الماء إلى الأسمنت ومقاومة الضغط فإن هذه النسبة من الماء تعطي خرسانة متوسطة المقاومة والحقيقة أن الخرسانة ظلت حتى وقتنا الحالي تنتج بمقاومة متوسطة تتراوح ما بين (200 الي 300) kg/m^2 ومعظم التصميمات الإنشائية في وقتنا الحاضر تتم باستخدام خرسانة ذات مقاومة 250 kg/m^2 أى باستخدام نسبة مياه (w/c) تتراوح من 0.4 إلى 0.7 %.

وهذه الأيام تشهد ثورة في تكنولوجيا الخرسانة حيث أمكن التغلب على التناقض الناشئ بين المقاومة العالية والقابلية المنخفضة للتشغيل وذلك بإنتاج واستخدام بعض الإضافات المخفضة للماء والتي تسمح بتقليل نسبة الماء إلى أقل حد ممكن وفي نفس الوقت تعطي قابلية تشغيل عالية جداً (امام، 2002 & جهاد 2012).

وكثير من الأبحاث حالياً تسعى للاستفادة من فوائد استخدام بعض النفايات الصلبة في الخرسانة كبديل جزئي عن المواد الأولية لغرض تطوير هذه المادة الإنشائية وتحسين خواصها من خلال تحسين نوعية المواد الأولية اللازمة لتنفيذها أو بإضافة مواد أخرى لها وذلك للتقليل من كلفة إنتاجها وتحسين أدائها ومحاولة التخلص من بعض المواد الزائدة عن الحاجة والتي تنشأ كنتائج ثانوي لبعض الصناعات وتخلق مشكلة بيئية كبيرة نظراً لتجمعها وتراكمها وعدم الاستفادة منها وهناك مجموعة كبيرة ومتنوعة من مواد النفايات تعتبر مجدية وحتى إضافات قيمة كبيرة للخرسانة وتشمل بعض هذه المواد السليلوز والرماد المتطاير وأبخرة السيليكا وجزيئات الخشب وعلي سبيل المثال تم استخدام مخلفات الخرسانة المحلية بعد تكسيرها وتدريجها وغسلها واستخدامها كركام خشن في إنتاج خرسانة مناسبة للاستعمال في تبليط الشوارع والأرصفة والساحات والممرات واستخدام خبث أفران صهر الحديد كبديل عن جزء من الاسمنت في إنتاج الخرسانة واستعملت المخلفات الناتجة عن تقطيع الأحجار الجيرية كتربة رملية وكبديل عن الرمل الطبيعي في الخلطة الأسمنتية ونسبة استبدال 100% حيث تعطي قوة انضغاط وشد جيدة مقارنة مع المواصفات القياسية، ويعتبر مسحوق المطاط الذي يتم الحصول عليه من الإطارات المستهلكة آخر مواد النفايات التي تم فحصها ومحاولة استعمالها بالخرسانة.

وعدد من الباحثين يعتبروا أن مسحوق المطاط الناتج من الإطارات المستهلكة مادة لها مستقبل واعد في إنتاج مواد البناء والتشييد وذلك لما للخرسانة الإسمنتية المحتوية عليه من خفة في الوزن وتحمل تغير العوامل الجوية وتحسن نسبة امتصاص الخرسانة للماء وعدة ميزات أخرى (Siddique & Naik, 2004).

1.1.7.2 مكونات الخلطة الخرسانية

تتكون الخرسانة من مواد أولية هي الاسمنت والماء والركام الصغير والركام الكبير وخليط هذه المواد هو خليط عجيني القوام بحيث تكن مواصفاته مطابقة للشروط الخاصة بخلط الخرسانة ويمكن أن تحتوي علي بعض الإضافات لتحسين بعض الخواص لإعطاء الخرسانة الطازجة أو الخرسانة المتصلدة خواصا معينة وتصنيفها كالآتي (إمام، 2002).

1.1.1.7.2 الاسمنت البورتلاندي

الاسمنت هو المادة التي لها خاصية التماسك والتلاصق والتي تمكنه من ربط أجزاء الخلطة الخرسانية مع بعضها البعض وعلي الرغم من أن هذا التعريف ينطبق علي مواد عديدة، إلا أن أنواع الخرسانة المسلحة هي التي تجمد (set) وتتصلب بوجود الماء - المسماة بالاسمنت المائي وتتكون هذه الأنواع بصورة رئيسية من سيليكات و ألمونيات الكليس (lime) الناتجة من أحجار الكلس والطين التي تسحق وتمزج وتصهر في فرن ثم تبرد وتطحن لتصبح مسحوقا ويتم إمالة (hydration) الاسمنت لتكون كتلة متصلبة، إن الاسمنت المائي المستعمل عادة في الخرسانة المسلحة والمتداول حاليا يعرف بالاسمنت البورتلاندي وهو الاسم الذي أطلقه عليه المهندس الانجليزي جوزيف أسبدن (Joseph Aspdin) عندما اكتشف طريقة تصنيعه في عام 1824م وأطلق عليه هذه التسمية بسبب لونه القريب من اللون الرصاصي المشابه للون الجيري المستخرج من جزيرة "بورتلاند" في جنوب إنجلترا.

إن الخرسانة المكونة من الاسمنت البورتلاندي تحتاج عادة إلي فترة (14 يوم) لتحصل علي مقاومة مناسبة تمكن من رفع القوالب وحمل الأحمال الميتة وأحمال التشييد، أما المقاومة التصميمية لهذه الخرسانة فيمكن الحصول عليها بعد 28 يوم (Maura, 1978).

وتعتبر الاستعمالات الرئيسية للاسمنت في أعمال البناء كالتالي:.

1. مادة لاحمة: لربط الأجزاء ببعضها البعض مثل مونه الاسمنت والرمل التي تعمل علي تماسك الطوب أو الحجارة ... الخ.
2. مادة بياض : لتغطية حوائط المباني كمونه اسمنت أو اسمنت إضافي.

3. مادة بناء : لعمل أجزاء المباني الخرسانية كالأساسات والأعمدة والكمرات والبلاطات ... الخ بعض خلطها مع الركام المناسب لتكوين خلطة خرسانية.

يتم إنتاج الأنواع المختلفة من الاسمنت البورتلاندي وذلك بتغيير نسب الماد الأولية المضافة وبالتالي تغيير نسب المركبات الداخلة في تركيب الاسمنت.

إن الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM) تعرف الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي بالصنف (Type I)، أما الأصناف الأخرى من الاسمنت البورتلاندي (ASTM C150-8) واستعمالاتها مبينة في الجدول (1):-

جدول (1) أصناف الاسمنت البورتلاندي

الصنف	الاستعمالات
i. العادي	للمنشآت الاعتيادية التي لا تتطلب خواص خاصة
ii. المعدل	للمنشآت الاعتيادية المعرضة لفعل كبريتات معتدل ، أو حين الرغبة في الحصول علي حرارة معتدلة للاماهة
iii. سريعة التصلد	حين الرغبة في الحصول علي مقاومة عالية مبكرة
iv. منخفض حرارة التميؤ	حين الرغبة في الحصول علي حرارة اماهة واطئة
v. مقاوم الكبريتات	حين الرغبة في الحصول علي مقاومة عالية للكبريتات

2.1.1.7.2 الركام

إن لنوعية وخواص الركام تأثير كبير علي خواص الخرسانة ونوعيتها لكونه يشغل حوالي (70-75%) من الحجم الكلي للكتلة الخرسانية، ويتكون الركام بصورة عامة من حبيبات صخرية متدرجة في الحجم منها حبيبات صغيرة كالرمل و الأخرى حبيبات كبيرة كالحصى.

وإضافة إلي كون الركام يشكل الجزء الأكبر من هيكل الخرسانة والذي يعطي للكتلة الخرسانية استقرارها ومقاومتها للكتلة الخارجية والعوامل الجوية المختلفة فإنه يقلل التغيرات الحجمية الناتجة عن تجمد وتصلب عجينة الاسمنت أو عند تعرضها للرطوبة والجفاف وعند اختيار الركام لغرض الاستعمال يجب الانتباه بصورة عامة إلي اقتصادية الخليط والمقاومة الكامنة للكتلة المتصلبة والمتانة المحتملة لهيكل الخرسانة وبصورة عامة كلما كانت كمية الركام الموجودة في حجم معين في الخرسانة أكثر كلما كانت الخرسانة الناتجة اقتصاديا أكثر وذلك لكون الركام أرخص من الاسمنت، وللحصول علي خرسانة متينة يجب أن يكون ركامها ذو تدرج جيد إضافة إلي ضرورة

خلو الركام من الطين والماد غير النقية والتي تؤثر علي المقاومة لعجينة الاسمنت يجب أن يكون الركام نظيفا قويا من حيث الامتصاص وذات شكل وملمس مناسبين وغير قابل للانحلال ومقاوما للتآك. (إمام، 2002 & ASTM C330).

1. التربة (الرمل): يتكون من الرمل الطبيعي والحجر المكسر والذي تمر معظم جزيئاته من المنخل مقاس (4.75mm) و لا يزيد ما يحتجزه فوقه علي النسب المسموح في حدود التدرج المذكورة في المواصفات القياسية الليبية (RTA R83, 2010).

2. الركام الخشن: يتكون من الزلط والأحجار المكسرة التي يكون حجمها من (4.75mm) وبشكل عام يكون حجمه بين (4.75 mm - 37.5) .

3. الركام الشامل: يطلق اسم الركام الشامل على خليط الركام الكبير والصغير بنسبة معينة وتتوقف خواص الخرسانة علي نوع الركام المستخدم :

فإذا استخدم الركام العادي تنتج الخرسانة العادية الوزن (NWC) Normal Weight Concrete ويكون وزنها حوالي 2.2 t/m^3 ، إذا استخدم الركام خفيف الوزن تنتج الخرسانة خفيفة الوزن (LWC) Light Weight Concrete ويكون وزنها حوالي $1.8 - 1.2 \text{ t/m}^3$ وتستخدم في بناء الحوائط وفي العزل وفي الأسقف الخفيفة ولخرسانة الميول.

يمكن أيضا استخدام الركام الثقيل الوزن لإنتاج الخرسانة التي تعرف باسم الخرسانة الكثيفة Heavy Weight Concrete (HWC) وتستخدم في المفاعلات النووية ووزنها

حوالي $3 - 5 \text{ t/m}^3$ ، والركام المستعمل لعمل الخرسانة يجب أن يكون ذو تدرج جيد أي يحتوي علي المقاسات المختلفة للركام حتى نحصل علي مساحة سطحية مناسبة للركام ولا تحتاج إلي كمية كبيرة من الاسمنت وتكون الخرسانة الناتجة خالية من الفراغات (نجيب، 2008).

وبعد تصنيع الركام فإن عمليات مناولته وتخزينه تتم بطريقة معينة بحيث تقلل قدر الإمكان من الانفصال الحبيبي وتخفيض التدرج والتلوث (B.S.882 ، British Standard Institute BSI).

1.2.1.1.7.2 شروط صلاحية استخدام الركام في الخرسانة

1. أن يكون الركام نظيفا خاليا من الشوائب العضوية التي قد تؤثر علي تميؤ الاسمنت وخاليا من الطين والطيني اللذين يعملان علي إضعاف التماسك بين العجينة والإسمنتية والركام.

2. أن يكون خاليا من الملوثات الكيميائية الضارة بديمومة الخرسانة أو العجينة الإسمنتية.

3. أن تكون الحبيبات صلبة وقوية قدر الإمكان وشبه كروية وغير مفلطحة وتفضل الأنواع عديدة الأوجه.

4. أن يكون منتظم الشكل منخفض المسامية.

5. أن تكون أحجام حبيباته مختلفة ذات تدرج حسن.

6. أن لا تزيد نسبة الامتصاص علي 5%.

7. يجب ألا يقل الوزن النوعي الظاهري عن 2.35.

3.1.1.7.2 الماء

1.3.1.1.7.2 نوعية ماء الخلط

يحتوي ماء الخلط الطبيعي علي Total Dissolved Solid (TDS) أقل من 2000 جزء في المليون (0.2 %) من الجوامد الذائبة وهو مناسب تماما أما المياه الملوثة بمخلفات المصانع والتي ليس بها مواد صلبة معلقة فتعتبر مناسبة للخلط إذا لم يزيد تركيزها عن 2000 جزء من المليون، أما ماء البحر ولو انه يحتوي علي 3.5% من المواد الصلبة الذائبة إلا انه يعطي خرسانة جيدة في الفترة الأولى إلا انه تضعف الخرسانة في الفترات المتتالية ، ولا يجب استخدامه في الخرسانة المسلحة نتيجة قابلية حديد التسليح للصدأ في هذه المياه ويحذر استخدامه في الخرسانة سابقة الإجهاد (Austroad, 2009).

إن نوعية الماء المستخدم واحتوائه علي الشوائب في الخلط يتعارض مع تجمد الاسمنت وقد يؤثر علي مقاومة الخرسانة بصورة عكسية أو يسبب تلوثا سطحيا وقد يؤدي إلي صدأ حديد التسليح لذلك يجب أن يكون ماء الخلط خالي من الغرين والعكارة، أو تترك المياه المحتوية علي مواد عالقة لفترة من الزمن حتى تترسب العوالق أو يتم تنقيتها بوسائل خاصة. يمكن تحديد تأثير مياه الخلط المقترحة علي خواص الخرسانة بعمل اختبارات مقارنة بمياه تبنت صلاحيتها لتحديد زمن التصلب وسلامة الاسمنت وعمل اختبار مقاومة الضغط والتحمل علي مونه الاسمنت ويلزم عدم حدوث أي تغير في زمن التصلب أو سلامة الاسمنت باستخدام الماء المشتبه به ، ويسمح بنقص المقاومة بحدود 10%، و أحيانا تغير المياه المالحة أو الحامضية أو القاعدية من خواص بعض الركام ويلزم أخذ ذلك في الاعتبار، وتشير النتائج باستعمال ماء جيد ومعلوم أو ماء مقطر وان المواصفات تسمح باستعمال هذا النوع من الماء عندما يكون الفرق في النتائج بحدود 10% مع أن المواصفات البريطانية (B.S) 3148-1959 تقترح نسبة 20% تحدد معظم المواصفات نوعية الماء المستعمل في الخلط وتشير إلي انه من الممكن استعمال الماء الصالح للشرب، هذا النوع من الماء نادرا ما يحتوي علي مواد صلبة مذابة بأكثر من 2000 جزء لكل مليون واعتباريا اقل من 1000 جزء لكل مليون ويعني هذا بأنه إذا كانت نسبة الماء / الاسمنت في الخليط تساوي 0.5 فإنه يحتوي المواد الصلبة يمثل 0.05 % من وزن الاسمنت وبإضافة لذلك

فإن الماء الغير صالح للشرب غالبا ما يكون مقبولا للاستعمال في الخرسانة (No(1703), 1992 Iraqi standard).

2.3.1.1.7.2 أهمية الماء

1. إن الماء ضروري لكي يتم التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء.
2. الماء ضروري أيضا لكي يمتصه الركام المستعمل في الخرسانة.
3. يعطي الماء الخليط المؤلف من الركام الخشن و الناعم والاسمنت درج مناسبة من الليونة تساعد على التشغيل والتشكيل.
4. بوجود الماء يمكن خاط مقدار أكبر من الركام بنفس الكمية من الاسمنت.
5. الماء يعطي حجما للخرسانة يتراوح ما بين 15-20 % (امام، 2002).

3.3.1.1.7.2 خواص الماء المستعمل في الخرسانة

1. يكون الماء المستعمل في خلط ومعالجة الخرسانة خاليا من المواد الضارة مثل الزيت والشحوم والأملاح والأحماض والقلويات والمواد العضوية والفلين والمواد الناعمة سواء كانت هذه المواد ذائبة أو معلقة وخلافها من المواد التي يكون لها تأثير عكسي على الخرسانة من حيث قوة الكسر والمتانة.
2. يعتبر الماء الصافي الصالح للشرب صالحا لخلط الخرسانة.
3. يسمح باستعمال ماء غير صالح للشرب في حالة عدم توفر الماء الصالح للشرب على ألا يزيد تركيز الشوائب فيه عن نسب معينة تحددها المواصفات.
4. يحضر استعمال الماء غير الصالح للشرب في خلط الخرسانة إلا بعد أن يثبت معمليا بان مقاومة المكعبات الذي جري خلطه بالماء الغير صالح للشرب تساوي على الأقل (90%) من مقاومة نظيراتها والتي جرى تحضيرها باستعمال ماء صالح للشرب وذلك عند عمر (7) أيام و (28) يوم وحسب المواصفات الأمريكية رقم (ASTM C-109).
5. يجري تصميم الخلطة الخرسانة في المختبر باستعمال نفس الماء غير صالح للشرب والذي سيجري استخدامه في الخلطات الخرسانية بالموقع.

8.2 المواد المضافة

استخدام الإضافات في صناعة الخرسانة أو المونه لم ينتشر قبل عام 1930م عندما اكتشفت فوائد إضافة مساعدات الطحن والعوامل المنشطة وإضافات إدخال الهواء المحبوس، وفي عام 1942-1944م اعتمدت هيئة المواصفات القياسية الأمريكية (A.S.T.M) إضافة بعض المواد لإدخال الماء المحبوس للخلطة.

وبتطور المواصفات القياسية الأمريكية في عام 1950م والتي تنص علي استخدام مواد معينة بعينها.

أجرى تعديل للنص بحيث نصت المواصفات علي إجراء اختبارات خاصة أخرى تجري علي مسؤولية المنتج أو المستهلك ويستخلص من هذه الاختبارات نتائج معينة وبذلك ألفت عبء تقييم الإضافات علي عاتق المنتج والمستهلك معا.

والمواد المضافة بشكل عام هي عبارة عن مواد أو مركبات تضاف للخرسانة أثناء الخلط بكميات صغيرة جداً لتحسين خواصها أو إكسابها ميزات جديدة تتناسب مع الأغراض والمتطلبات المنتجة من اجلها.

والمواد المضافة للخرسانة هي التي تختلف عن المكونات الأولية للخلطة الخرسانية المكونة من ماء واسمنت وركام أي أن المادة تضاف إلى ماء الخلطة قبل أو بعد الخلط لإعطائها خواص مطلوبة في ظروف عمل معينة مثل:

- تحسين القابلية للتشغيل للخرسانة الطازجة دون زيادة ماء الخلط.
- التعجيل أو التأخير في الشك.
- تقليل معدل فقد الهبوط للخرسانة.
- تحسين القدرة على ضخ الخرسانة.
- الحد من حدوث الانفصال الحبيبي.
- زيادة المقاومة المبكرة للخرسانة.
- الحصول على خرسانة عالية المقاومة.
- تحسين خواص الخرسانة المتصلدة.

هناك إضافات بعد مرور مدة زمنية علي الخلطة الخرسانية وذلك لتحسين السطح الخارجي للخرسانة أو تقليل التشققات الخرسانية أو غيرها من المشاكل الخرسانية الأخرى.

وبالوقت الحالي أصبح للإضافات دورا مهم جدا في تغيير خواص الخرسانة الإسمنتية ففي السنوات القليلة الماضية ظهرت منها أنواع كثيرة جدا وكان استعمال تلك الإضافات له هدف مزدوج فمن جهة تكون الإضافات لتحسين خواص الخرسانة الأسمنتية وأحيانا تكون الإضافات هي عبارة عن نفايات سامة أو مؤدية ناتجة من الصناعة ويراد التخلص منها فيساهم استعمال هذه النفايات في الاستفادة منها وبنفس الوقت يتم التخلص من تلك النفايات بطريقة آمنة. (بشير، 1984 & نجيب، 2008).

ومن ابرز الأمثلة علي ذلك هباب السيليكا الناتج عن الصناعة بشكل واسع في النرويج والذي استعمل كإضافة لتحسين خواص الخرسانة الأسمنتية وتم الترويج له عالميا حتى أصبحت هذه المادة من أشهر الإضافات الفلزية للخرسانة ومن ابرز منتجاتها النرويج والأمثلة علي ذلك متعددة وكثيرة. وبعض الإضافات لها مضار لذلك يجب عدم استعمالها إلا في الحالات الضرورية وحسب تعليمات الشركة المصنعة وبأقل الكميات، ومحاولة الاعتماد على تحسين خواص الخرسانة بتعديل مكوناتها الرئيسية (Yamakawa et.al,1990 & Neville, 2005).

9.2 تصميم الخلطات الخرسانية

منذ ظهور الخرسانة المسلحة في أواخر القرن التاسع عشر، أجريت محاولات ودراسات عديدة في مجال تصميم الخلطات الخرسانية ورغم ذلك هناك عيب شائع في اغلب طرق التصميم، وهو إما أن تكون الطريقة نظرية أو فنية جدا وذات تفاصيل كثيرة بحيث لا تجذب مهندس التنفيذ أو تكون طريقة مقربة جدا علي علاقات كلها تجريبية أو وضعية، ومن أهم طرق التصميم المستخدمة (العريان وعطا، 1974 & Allen,2004).

- طريقة المحاولة.
- طريقة الكثافة القصوى للركام.
- طريقة معايرة النعومة.
- طريقة معهد الخرسانة الأمريكي.
- طريقة المساحة السطحية للركام.

وتم الاعتماد علي طريقة المحاولة لتصميم الخلطات الخرسانية في هذه الدراسة وتصميم الخلطات الخرسانية هو تحديد الكميات النسبية للمواد الداخلة في تكوين الخرسانة الطازجة "الاسمنت والرمل والماء و الإضافات إن وجدت " لتفي بأغراض استعمالات معينة عند التصلد وذلك بأقل التكاليف وباستخدام المواد المتوفرة إن أمكن، و يعتمد التصميم علي الخبرة والملاحظات أو علي الأسس التجريبية أو الوضعية، وذلك بتحديد نسب مكونات الخرسانة استنادا لخلطات سبق عملها وأعطت نتائج مقبولة و قد يكون التصميم مبنيا علي أسس فنية نظرية وعملية باستخدام الحسابات والاختبارات ويعتبر تصميم الخلطات الخرسانية من أهم عناصر تكنولوجيا الخرسانة (العريان وعطا، 1974).

ويعتبر تحديد نسبة الخلطة الخرسانية من الأطوار الهامة والأساسية في تكنولوجيا الخرسانة من حيث المتطلبات الأساسية للجودة والاقتصاد وقد يكون في الإمكان الحصول علي خرسانة متباينة في جودتها و ثمنها من مجموعة المواد المكونة لها لتغيير نسبها وصناعتها، لذا يستلزم الأمر الفهم

العميق للعلاقة بين تصميم الخلطة ومقاومة وتحمل الخرسانة للحصول علي المكونات المناسبة علي أن يؤخذ في عين الاعتبار العلاقة بين الخواص والتكاليف.

وهناك العديدة من العوامل التي تؤثر علي التصميم مثل شكل الركام و حجمه وتدرجه وطبيعة العمل والتشغيل وطريقة الدمك وتوفير المواد ودرجات الحرارة، إلا إنه أثناء التصميم يؤخذ بعين الاعتبار نسب المكونات بحيث تغطي كل حبات الركام بالاسمنت وبحيث تدخل الحبيبات الأصغر حجماً في الفراغات الأكبر حجماً لكي تعطي الخرسانة القوة المطلوبة و اللدونة اللازمة وان تكون غير منفذة للماء ومتينة وقوية ومقاومة للعوامل الجوية بأقل التكاليف وللخرسانة عدة أنواع مختلفة أهمها (أمام، 2002).

1.9.2 خرسانة عادية

هي عبارة عن خليط من الحصى والرمل والاسمنت والماء بنسب معينة وهي خرسانة بدون أي حديد تسليح وتستخدم في أعمال الفرشاة الخرسانية تحت الأساسات والأرصعة وعمل خرسانة الميول (الباتوتا) وعمل الكتل الخرسانية الغير معرضة لإجهادات شد وعمل الأرضيات والسدود ومقاومتها تتراوح من 150 إلى 250 kg/m³ حسب الغرض المستخدمة من أجله، ويمكن تحسين بعض خواصها لكي تتناسب مع غرض الاستخدام، مثلاً أن تكون مقاومة للكبريتات أو مقاومة لعوامل التعرية والتآكل كما في حالة المصدات البحرية.

2.9.2 خرسانة مسلحة

هي مخلوط من الركام والاسمنت والماء بنسب معينة ويشترك معها حديد تسليح لمقاومة إجهادات الشد وهذا النوع من الخرسانة هو الأكثر شيوعاً واستخداماً في العالم وذلك لسهولة تنفيذه ورخص تصنيعه، ويمكن أن يُصب في الموقع مباشرة أو يُصب في المصنع لعمل وحدات خرسانية جاهزة. وينبغي تحقيق الاتزان والتوافق بين الإجهادات و الانفعالات في كل من الخرسانة و الحديد ومعظم كودات التصميم تهمل تماماً مقاومة الخرسانة للشد وبالتالي فإن الحديد يتحمل كل قوى الشد المؤثرة، أما الخرسانة فتتحمل قوى الضغط

10.2 العوامل المؤثرة علي قوام الخرسانة

1. نسبة مكونات الخرسانة من الماء والاسمنت والرمل والركام حيث يزداد هبوط الخرسانة الطازجة بزيادة محتوى الاسمنت أو لصغر نسبة الرمل إلي الركام.
2. المقاس الاعتباري الأكبر للركام حيث يزداد الهبوط بزيادة ذلك المقاس ويقل كلما صغر حجم حبيبات الركام .
3. نعومة الاسمنت حيث يزداد الهبوط بزيادة المساحة السطحية للاسمنت حتى حوالي 2000 g/cm³ ثم تقل بعد ذلك بشرط ثبوت جميع العوامل الأخرى بالخلطة الخرسانية.

4. الزمن بين الانتهاء من خلط الخرسانة وبين إجراء اختبار الهبوط حيث يقل الهبوط بزيادة الزمن (العريان وعطا، 1974 & إمام، 2002).

11.2 العوامل المؤثرة علي نسب الخلط

1.11.2 المتانة

إن اختيار نسب الخلط يجب أن لا يكون فقط بمتطلبات القوة، ولكن يجب التأكد من المتانة الخرسانية الكافية علي الرغم من انه لا توجد طريقة محددة لاختيار نسب الخلط المطلوبة للمتانة تحت أي ظروف معينة والسبب في ذلك هو أن هناك مدى واسع جدا من التعرض للظروف الجوية وتشمل ظروف الحرارة العالية والأراضي القاحلة الساحلية، حيث تتأثر حماية حديد التسليح بالتآكل بشكل كبير باختيار نسب الخلط للخرسانة في منطقة الغطاء الخرساني، والمواصفة البريطانية (BS 5328:Parti:1997) احتوت علي تصنيف التعرض وأوصت بقيم معينة لنسبة الماء / الاسمنت العظمي والمحتوي الإسمنتي الأدنى ومقاومة الانضغاطي لعمر 28 يوم، هذه القيم غير كافية في الظروف غير درجات الحرارة العالية (عبد الرحمن ومتولي، 1998).

لا يؤثر المحتوى الإسمنتي علي المتانة ولكنه يؤثر علي نسبة الماء / الاسمنت والتي بدورها تؤثر علي القوى للخرسانه والمتانة بشكل كبير علي خواص العجينة الإسمنتية فإذا كان المحتوى الإسمنتي في العجينة كافي وحجم العجينة الإسمنتية اصفر فيجب أن يكون المقاس الأقصى اكبر ولهذا السبب أوصت المواصفة البريطانية علي أن يكون المحتوى الإسمنتي دالة للمقاس الأقصى للركام (Ramesh et.al,2003).

تتطلب ظروف التعرض الجوية القاسية سيطرة جيدة (كاملة) علي نسبة الماء / الاسمنت بسبب انه عامل أساسي في نفاذه العجينة الإسمنتية وبالتالي عند التصلب وبالإضافة إلي الغطاء الخرساني. وفق متطلبات المواصفة البريطانية (BS 8110:Part 1b:1985) والتي تعتمد نوعية الخرسانة في الغطاء الخرساني علي نسبة الماء / الاسمنت الأعظم والمحتوي الإسمنتي الأدنى وقوة الخرسانة معرضة للمواد الكيميائية فيجب استخدام الاسمنت الملائم لذلك.

حيث قام (القطان و آخرون 2012) بإجراء دراسة للتجميد والإذابة وفق (ASTM C666 procedure)، لقياس متانة الخرسانة المخلوطة بنسب مطاط مختلفة (10، 15، 20، 30%) وتبين أن عوامل التحميل مناسبة بالنسبة لكميات الخلط بنسب (10، 15%) ولكنها لا تتناسب مع شروط (ASTM) بالنسبة لكميات الخلط بنسب (20، 30%) من محتوى الاسمنت للخلطة.

2.11.2 التشغيلية

يكون من المرغوب فيه دائماً أن تكون الخرسانة الطازجة سهلة في خلطها ونقلها وصبها ودكها وتسويتها وفي نفس الوقت لا يحدث لها انفصال خلال هذه العمليات، وتسمى الخاصية التي تعبر عن سهولة صب الخرسانة ومقاومتها لانفصال مكوناتها بخاصية التشغيلية (Yamakawa *et.al*, 1990).

إن متطلبات الخرسانة هي القوة المناسبة في الحالة الصلبة وفي نفس الوقت تكون خواصها عند النقل والضح والصب بدرجة متساوية أيضاً. وتعتمد التشغيلية على عدة عوامل منها.

1. الحجم الأصغر للمقطع المراد صبه والمسافات وكمية حديد التسليح.
 2. طريقة الرص المستخدمة.
 3. التماسك أو القدرة على عدم الانفصال.
 4. مقاومة القص أو القوة اللازمة لبدأ الانسياب.
 5. القدرة على الحركة بعد بدأ الانسياب للمادة أو المقاومة اللازمة لحركة الكتلة.
- فعندما يكون المقطع ضيق ومعتمد والمسافات بين حديد التسليح قليلة أو عندما تكون زوايا المقطع متعددة فيجب أن تكون الخرسانة ذات تشغيلية عالية ولذلك يجب أن يوفر رص كامل بجهد مناسب. وتتأثر التشغيلية بالتماسكية وهذه تعتمد على نسبة المواد الناعمة بالخلطة من أجل إيجاد خلطة متماسكة مناسبة وبذلك سوف نحصل على خرسانة منتظمة ومرصوة بشكل جيد (Yamakawa *et.al*, 1990).

3.11.2 الحجم الأقصى للركام

في الخرسانة المسلحة يعتمد الحجم الأقصى للركام المستخدم على عرض المقطع والمسافات بين حديد التسليح ، ومن المفضل استخدام أكبر مقاس أقصى للركام. إن تحسين خواص الخرسانة تناسب طردياً مع زيادة حجم الركام الأقصى ولكن حتى حجم 40mm ولذلك استخدم الحجم الأكبر من (40mm) لا يفضل في الخلطات الخرسانة. واختبار الحجم الأقصى يعتمد على توافر المواد الأولية وكلفتها ، فعندما تكون كافة الحجم المختلفة متوفرة فمن المفضل استخدام الحجم الأكبر (ASTM C330) .

4.11.2 التدرج ونوع الركام

من الأمور الهامة الأخذ بعين الاعتبار تدرج الركام بسبب أن من الاقتصادية استخدام مواد متوفرة محلياً وتتطلب أن تكون الخلطة غنية (Richer Mix) وخالية من الانعزال الحبيبي

(Segregation) وليس هناك تدرج نموذجي للركام والخلطة الجيدة تصنع بتدرجات واسعة من الركام، إن تدرج الركام يؤثر علي لدونه الخرسانة في عاملين احدهما التأثير علي كمية العجينة اللازمة لتملأ الفراغ جيدا وتحيط بحبيبات الركام والثاني يؤثر علي المقاومة الممنوحة لدرجة الكتلة الخرسانية (الفيتوري وآخرون، 2008 & نجيب، 2008).

وكذلك يؤثر التدرج علي نسب الخلطة للتشغيلية المعينة ونسبة الماء إلي الاسمنت، فالتدرج الخشن ينتج عنه خلطة ضعيفة ولكن بنسب معينة بسبب أن الخلطات الضعيفة لا تكون متماسكة (بدون كمية كافية من المواد الناعمة) ومن المحتمل يكون الاختبار بالعكس فإذا كان المحتوي الإسمنتي مثبت فعلي سبيل المثال (الخلطة الضعيفة تستخدم للإنشاءات الخرسانة الكبيرة) (عبد الرحمن & متولي، 1998).

يحدد التدرج للخرسانة ذات نسبة (الماء / الاسمنت/ الركام) معلوم وبناءً علي ذلك تحدد التشغيلية المقبولة وهناك حدود للتدرج وخارج هذه الحدود غير مسوح لعمل خلطات خرسانية جيدة ويؤثر نوع الركام علي نسبة الخلط بسبب أن أنسجة السطح والخواص الأخرى للركام تؤثر علي نسبة الركام / الاسمنت للتشغيلية المطلوبة ونسبة الماء / الاسمنت المعطاء.

فعند اختيار الخلطة من الضروري معرفة نوع الركام المتوفر، ومن الأمور المهمة للركام المطلوب هو الانتظام بالتدرج، فالتغير المفاجئ في التدرج باتجاه التدرج الأنعم يتطلب كمية ماء إضافية للوصول إلي التشغيلية المطلوبة وهذا يعني نقصان بالقوة المطلوبة للخلطة وان الزيادة بنسبة المواد الناعمة يجعل الرص الكامل غير ممكن ويقود أيضا إلي النقصان في القوة. (Ramesh et.al، 2003).

5.11.2 محتوى الاسمنت

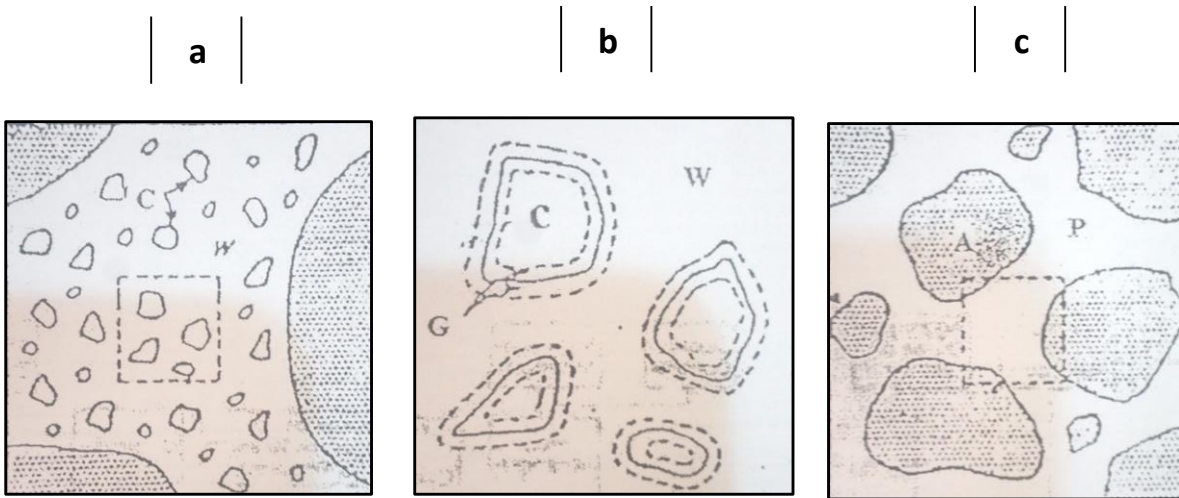
إن زيادة كمية الاسمنت تسبب زيادة الحرارة أثناء التميؤ، وبالتالي زيادة الانكماش واحتمالية حدوث الشروخ المجهرية، وعندما تقل كمية الاسمنت تزداد صعوبة التشغيل والتشطيب تحدد كثيرا من المواصفات حدودا عليا ودنيا للمحتوي الإسمنتي، وان زيادة نسبة الماء للاسمنت تنقص المقاومة وذلك بسبب زيادة معدل التبخر ومن ثم زيادة مسامية العجينة الإسمنتية المتصلدة يلاحظ أن نسبة الماء للاسمنت تحسب علي أساس أن الركام في حالة (مشبع جاف السطح) بينما تؤثر نسبة الركام للاسمنت تأثيرا ثانويا علي المقاومة ، فإن تأثيرها علي درجة التشغيل يعتبر أساسيا وهاما، حيث تزداد الأخيرة كلما قلت نسبة الركام إلي الاسمنت.

وان اختيار المحتوي الاسمنتي يكون من خلال أساسيات الخبرة أو بالاعتماد علي الأشكال والجداول المعدة بالاعتماد علي الفحوصات المعملية ، وهذه الجداول تقريبا في حساب نسب الخلط المطلوبة لأنها وضعت لنوع وتدرج الركام المستخدم (العريان & عطا، 1974).

12.2 العلاقة بين الركام والعجينة

تتركب الخرسانة أساسا من عجينة الاسمنت والماء نشطة وركام غير نشط وتنتج تشغيلية الكتلة الخرسانية من تأثير العجينة، و تتأثر بطبيعة الحال بمقدار تخفيف العجينة وتعتمد مقاومة الخرسانة علي مقاومة العجينة حيث إن أساس مقاومة الركام كبيرة جدا بالنسبة لمقاومه العجينة وتعتمد نفاديه الخرسانة علي جودة العجينة حيث لا يمر إلا قليل جدا من الماء خلال الركام تحت الضغط بسبب الخاصية الشعرية وبالإضافة إلي ذلك إن انكماش الكتلة الخرسانية الدائم هو ناتج من العجينة وليس من الركام.

ويوضح الشكل (b) بأن العجينة تكون معاق أصلا وليس محلول للاسمنت في الماء ويمثل هذا الشكل تكبير المربع الصغير الموجود في الشكل (c) حيث أن c تمثل حبيبات الاسمنت سواء كانت صغيرة أو كبيرة وتمثل (w) الماء، وكلما خفت درجة تركيز المعلق كلما زادت المسافة بين حبيبات الاسمنت وبالتالي قلت بنية العجينة عند أي وقت من الإماهه ومن هنا نجد انه عند ثبوت جميع العوامل الأخرى فإن مقاومة الخرسانة دالة عكسية عن نسبة الماء إلي الاسمنت w/c وهذا يمثل درجة تخفيف العجينة (Kumar et. al.2004).



شكل (2) العلاقة المتبادلة بين الركام (A) والعجينة (P) والاسمنت (C) والماء (W) والجل (G).

13.2 اختبارات الخرسانة الطازجة

1.13.2 أهم القيم المحددة في خواص الخلطات الخرسانية

1. نسبة الاسمنت القصوى لتجنب التشققات بسبب دورات التغير في درجات الحرارة في كتلة الخرسانة.
2. نسبة الاسمنت القصوى لتجنب تشققات الانكماش تحت ظروف الرطوبة المنخفضة .
3. نسبة الماء إلي نسبة الاسمنت العظمي، أو اقل محتوى للاسمنت لظروف معينة أو اقل محتوى للهواء المحبوس علي متانة كافية.
4. قوة الانضغاط الدنيا الضرورية لمتطلبات المنشآت المختلفة، وعند دراسة خواص الخرسانة لابد أن نميز بين نوعين من خواص الخرسانة لان طبيعة وخواص الخرسانة تتغير بمرور الزمن، ويهتم المهندس بالتعرف علي خواص الخرسانة وهي في حالتها الطازجة و المتصلدة حيث يجب أن تتوافق الخرسانة الطازجة السهلة المناسبة للصب و الدمك دون حدوث انفصال حبيبي للركام أو فقد الاسمنت والماء ، و بالإضافة إلي ذلك طبيعة المادة الإسمنتية وفي بعض الأحيان الطلبات النوعية للاسمنت وبالعودة إلي نوع وتركيب الاسمنت وكل هذه المتطلبات يجب أن تكون كافية باختيار نسب مكونات الخلطة الخرسانية (Kumar et .al.,2004).

2.13.2 طريقة اختيار المتغيرات عند تعيين نسب الخلط

إن المتغيرات الأساسية عند تعيين نسب الخلط تمثل في نسبة الماء إلي الاسمنت (W/C) محتوى الاسمنت وتدرج الركام وقوام الخرسانة الطازجة، وتحدد نسبة الماء إلي الاسمنت مقدار درجة تخفيف المرونة ويتحكم في تدرج الركام بواسطة تغيير نسبة الركام الصغير إلي الركام الكبير، ويحدد القوام بمتطلبات صب الخرسانة فقط، ويعبر عنه بمقدار الهابط Slump ومن الأفضل استخدام اصلب قوام ممكن عمليا ويلزم استخدام اقل نسبة ممكنة للعجينة اللازمة فقط لتشحيح حبيبات الركام وهي طازجة وتلصقها مع بعضها بعد تصلبها لملأ الفراغات بينها.

فإذا زادت نسبة المونه عن ذلك زادت التكاليف وزادت درجة الانكماش وزادت إمكانية تخلل الماء للكتلة الخرسانية مما يسمح بمهاجمة المياه الضارة لها أو الظروف المحيطة بها. ولتقليل من كمية المونه في الخرسانة يلزم ان يكون الركام ذي تدرج حبيبي جيد ما أمكن إلي ذلك سبيلا من الناحية العلمية (إمام، 2002 & الدرويش وعوض، 1998).

وعلي الرغم من ذلك فإن الخلطات التجريبية لا تماثل الخلطات الواقعية و حتى عند الأخذ بنظر الاعتبار محتوى الرطوبة للركام وسبب ذلك هو:-

1. الخلط المستخدم في المعمل مختلف تماما بالنوع والعمل علي الخلط المستخدم بالموقع.
 2. خواص الضخ للخرسانة مختلفة بين المعمل والموقع .
- إن اختيار نسب الخلط يتطلب معرفة خواص الخرسانة ويحتاج إلي الخبرة والعوامل الأخرى التي تؤثر علي خواص الخرسانة بالموقع وهي المناولة، والنقل والتأخير في الصب، والاختلاف القليل في الظروف الجوية، ولكن تأثيرها يعتبر ثانوي (إمام، 2002 & الدرويش وعوض، 1998).

14.2 اختبارات القوام

هناك عدة اختبارات وطرق لقياس قوام الخرسانة أهمها:

1.14.2 اختبار الهبوط

وهو من أكثر الاختبارات استخداما في موقع العمل وهو يعبر عن هبوط الخرسانة الطرية بعد إزالة قالب التشكيل عقب ملئه مباشرة حيث تعبر قيمة الهبوط عن القوام، فالخرسانة الجافة تكون ذات هبوط قليل أو معدوم بينما يزيد الهبوط في الخرسانة اللدنة كما يكون الهبوط كبير في الخرسانة المبتلة والرخوة (Yamakawa et.al, 1990).

وفي هذا الصدد أجرى الخطيب وبيومي دراسة في قابلية فصل الخرسانة المطاطية وتبين لهم أنه يحدث انخفاض في الهبوط عند زيادة نسبة المطاط. وأشارا إلي أنه عندما يكون محتوى المطاط 40% يكون الهبوط تقريبا صفر وبذلك تكون الخرسانة غير قابلة للتطبيق يدويا ، كما لوحظ لديهم أن كلما كان المطاط ناعم كانت الخرسانة أكثر قابلية للتطبيق مقارنة بالخرسانة المخلوطة بمطاط خشن أو رقائق أو فتات المطاط الكبيرة (Khatib & Bayomy, 1999).

2.14.2 اختبار الانسياب

يعبر الانسياب علي قوام الخرسانة وكذلك يدل علي الانفصال الحبيبي بواسطة انتشار كومه من الخرسانة معرضة إلي الرج، ويقاس انسياب الخرسانة بالمتوسط المئوي في قطر انتشار الخرسانة بالنسبة إلي القطر الأصلي (إمام، 2002).

النسبة المئوية للانسياب =

$$(1) \quad 100 \times \frac{\text{قطر الخرسانة قبل الانسياب} - \text{قطر الخرسانة بعد الانسياب}}{\text{قطر الخرسانة قبل الانسياب}}$$

3.14.2 اختبار تغلغل الكرة

يعتبر هذا الاختبار البسيط من الاختبارات الحقلية حيث يستخرج العمق الذي يهبط إليه جسم معدني علي شكل كرة وزنها 13.6 كجم في الخرسانة و هذا الاختبار مشابه لاختبار الهبوط حيث يستخرج لأغراض الرقابة الروتينية لضبط قوام الخرسانة في واقع العمل (مرزا، 2009).

4.14.2 اختبار إعادة التشكيل بالاهتزاز الترددي

يختص هذا الاختبار بتحديد درجة قابلية الخرسانة للتشغيل وتقاس قابلية التشغيل بالجهد اللازم لإعادة تشكيل الخرسانة من مخروط ناقص إلي اسطوانة ويقدر ذلك الجهد بالزمن اللازم بالثانية لإتمام إعادة تشكيل ويعتبر هذا الاختبار من أحسن الاختبارات المعملية وخصوصا للخلطات الجافة (الحديثي & شيلان، 2009).

15.2 اختبارات الخرسانة المتصلبة

1.15.2 اختبار مقاومة الضغط

يعتبر اختبار مقاومة الضغط من أهم الاختبارات التي تعمل علي الخرسانة المتصلبة وتصمم اغلب المنشآت الخرسانية علي أساس أن الخرسانة تستطيع مقاومة الضغط ولا تستطيع مقاومة الشد وعليه فإن مقاومة الخرسانة للضغط هو العامل الأساسي للتعبير عن جودتها. وتعتمد مقاومة الخرسانة أساسا علي نسبة الماء للاسمنت فإذا كانت الخرسانة مدموكة تماما فإن مقاومتها للضغط تتناسب عكسيا مع نسبة الماء إلي الاسمنت، وتحدد نسبة الماء إلي الاسمنت ودرجة الدمك مقدار الماء بالخرسانة من فراغات فكلما زادت نسبة الفراغات في الخرسانة كلما قلت مقاومتها (إمام، 2002).

ويمكن حساب مقاومة الضغط من العلاقة التالية

$$\text{مقاومة الضغط} = \frac{\text{الحمل الأقصى}}{\text{مساحة مقطع المكعب}} \quad (2)$$

2.15.2 اختبار مقاومة الشد

من المعروف أن الخرسانة العادية لا تقاوم قوة الشد المباشر حيث مقاومتها للشد ضعيفة جدا مقارنة بمقاومتها للضغط حيث أن مقاومة الخرسانة للشد تقدر بحوالي 10% من مقاومتها للضغط وذلك لأنها من المواد القصفية ومع ذلك فإن للشد أهمية يجب أخذها في الاعتبار لان أغلبية التشققات تنتج من عدم مقاومة الخرسانة للشد.

ولا تجري اختبارات الشد مباشرة علي الخرسانة نتيجة صعوبة إجرائها ونتيجة وجود اجهادات مركبة أخرى عند مسك العينة في الشد، إلا أن اختبار الانفصال للاسطوانات الخرسانية يعبر بدرجة كبيرة عن مقدار مقاومة الخرسانة للشد، ومن الرغم من أن الخرسانة لا تصمم في الطبيعة لمقاومة

إجهادات الشد إلا أنه يفضل معرفة قيمة الشد للخرسانة لتحديد الحمل المسبب لتشرخ الخرسانة، ويلزم عدم حدوث الشروخ في الخرسانة لضمان استمرارها ولمنع صدأ حديد التسليح، وتحدث الشروخ دائماً عند استخدام حديد تسليح عالي المقاومة أو عند حدوث شد قطري ناتج من إجهادات القص، إلا أن أغلب شروخ الخرسانة تحدث من تقييد الانكماش وتغيرات الحرارة. (إمام، 2002 & Khorrami et al, 2010).

وتستخدم لتحديد مقاومة الشد اسطوانة أبعادها (Cm 15×30) وتحسب مقاومة الشد من العلاقة التالية :

$$\text{مقاومة الشد} = \frac{(\text{الحمل الأقصى } 2 \times)}{(\text{محيط الاسطوانة} \times \text{طول الاسطوانة})} \cdot \text{-----} (3)$$

حيث :. محيط الاسطوانة = 24.124 cm.

طول الاسطوانة = 30 cm.

3.15.2 اختبار مقاومة القص

لا يمكن تعريض الخرسانة لقص خالص في الاختبار المعملية إلا إذا صاحب ذلك إجهادات شد أو ضغط، إلا أنه يمكن تعريضها لإجهادات التواء ويصاحب ذلك إجهادات شد قطرية تتسبب في كسر الخرسانة لضعفها في مقاومة الإجهادات، ومن الصعب جداً إجراء فحص لمقاومة القص وقد وجد بأن مقاومة القص في الخرسانة = (20-30) من مقاومتها للضغط (الفيتوري وآخرون، 2008)

4.15.2 اختبار قوة الالتصاق

إن قوة الالتصاق بين أسياخ حديد التسليح والخرسانة المحيطة بها من العوامل المهمة في التصاميم الإنشائية، وهي ناتجة عن مجموع قوتي التصاق العجينة المتصلدة واحتكاك الخرسانة مع حديد التسليح، وتتأثر قوة الالتصاق بانكماش الخرسانة وقوة التحميل الناتجة عن التواءات علي سطح الأسياخ الملساء، ومن الصعب تحديد علاقة ثابتة بين قوة الالتصاق وقوة الضغط، وتحدد قوة الالتصاق باختبار نزع لسيخ حديد تسليح (Test Pull Out) و تقدر قوة الالتصاق للخرسانة من خلال حساب وحدة القوة اللازمة لإحداث انزلاق مقداره 0.25 مم أي أن ناتج قسمة القوة اللازمة لإحداث هذا الانزلاق علي المساحة السطحية للسيخ الملامسة للخرسانة (سرسم & بشير، 1984)

5.15.2 اختبار مقاومة الانحناء

ويشمل أحياناً معايير الكسر (Modulus Of Rupture) ويستخدم هذا الفحص في خرسانة الرصف في الطريق المبجلة بالخرسانة ولتحديد جودة نوعية البلاطات الخرسانية المعرضة للانثناء (الانحناء)، ومن الواضح أن استخدام الركام الزاوي ذو الملمس الخشن يزيد من قيمة معايير الكسر، ويجب أن تكون قيمة (40 kg\cm) كحد أدنى في أعمال الطرق وتتراوح مقاومة الانحناء من (11- 23 %) من قيمة مقاومة الانضغاط، وكمتوسط بحدود (17%) من مقاومة الانضغاط للخرسانة (سرسم وبشير، 1984 & Neville, 2005).

6.15.2 النفاذية

قد تكون نفاذية الخرسانة احد مسببات عدم تحمل الخرسانة حيث أن الخرسانة تعتمد علي درجة النفاذية الذي يعبر علي السيولة النسبية التي تصبح بها الخرسانة مشبعة بالماء، وهذا بالإضافة انه في حالة الخرسانة المسلحة تكون نفاذيتها احد أسباب تعرض حديد التسليح للماء والهواء الذي يتسبب عنه صدأ الحديد الذي يؤدي إلي زيادة حجمه ومن ثم تحدث شروخ وطررد لغطاء الخرسانة فوق الحديد، ويلزم تقليل النفاذية للخرسانة في حالة المستودعات الحافظة للسوائل وكذلك في حالة تعرض المنشأ للضغط الهيدروستاتيكي كما في داخل السدود.

ويمكن تحديد قيمة حجم المسام في الخرسانة بواسطة مقدار امتصاص الذي لا يلزم أن يكون له علاقة متبادلة مع النفاذية ، وتنتقل الماء خلال الخرسانة بنفس الطبيعة التي تنتقل بها خلال أي مادة مسامية، النفاذية تعتمد علي حجم وتوزيع واتصال المسامات، وتعتبر النفاذية العجينة الاسمنت بدرجة الإماهه، ففي العجينة الطازجة تعتمد حركة الماء علي حجم وشكل وتركيز حبيبات الاسمنت الأصلية، وكلما زادت الإماهه قلت النفاذية معتمدة علي حجم وشكل وتركيز حبيبات الجل علي مقدار اتصال وعدم اتصال المسامات. (إمام، 2002 & Khorrami et al, 2010).

الفصل الثالث

« الجزء العملي »

1.3 المواد الأولية المستعملة

تم تجهيز المواد الأولية اللازمة للخلطات الخرسانية بالكامل للتغلب علي التغيرات في الظروف المحيطة والعوامل الجوية للمواد المستخدمة.

1.1.3 الاسمنت

في جميع التجارب استعمل الاسمنت البورتلاندي العادي نوع (42,5N) المنتج محليا بشركة الاتحاد العربي للمقاولات (مصنع البرج زليتن) طبقا للمواصفة القياسية الليبية رقم (2009/340 م).



شكل (3) الاسمنت المستعمل بالخلطات الخرسانية.

2.1.3 الماء المستخدم للخلط

استعمل في خلط الخرسانة ماء الشبكة العامة وهو وفق المواصفات الليبية المرفقة بالجدول وهو ماء صالح للشرب خالي من الشوائب ونسبة الملوحة اقل من (2000 mg/ L).
جدول (2) مواصفات مياه الخط المستخدمة في إنتاج الخرسانة الإسمنتية.

NO	Test parameter	المواصفات الليبية
1	PH,HQ40D meter Manual Test Method	6.5-8.5
2	Conductivity ($\mu\text{mho/cm}$),Hach Test Method	750-1200 Ms/cm
3	Total Dissolved solids (TDS mg/L),Hach Test Method 8160	500 – 1000
4	Total Hardness as CaCO_3 (mg/L) Hach Test Method 8203	200 - 500
5	Calcium Hardness as CaCO_3 (mg/L) Hach Test Method 8203	75 - 200
8	Sulfate SO_4^{--} (mg/L) Hach Test Method 8051	200 - 400
9	Chloride CL^- (mg/L) Hach Test Method 8207	200 - 250
10	Iron, Total Ferover Method , Hach Test Method 8008	0.1 – 0.3
11	Sodium Na^+ (mg/L), Flame photometer	20 – 200
12	Potassium K^+ (mg/L), Flame photometer	10 – 40
13	Calcium Ca^{++} (mg/L),ASTM D1126-1	75 – 200
14	Magnesium Mg^{++} (mg/L),ASTM D1126-1	30 - 150
15	Ammonia	1.5

3.1.3 التربة (الرمل)

استعمل الرمل الطبيعي من محجر منطقة أبوروية وهو عبارة رمل ناعم نقي لونه يميل للأصفر الفاتح ومعظم الخرسانات التي تنتج بهذه المدينة تستخدم في رمل هذا المحجر.



شكل (4) الركام الناعم (الرمل) المستعمل في إنتاج الخرسانة قيد الدراسة.

4.1.3 الركام الخشن (الشرشور)

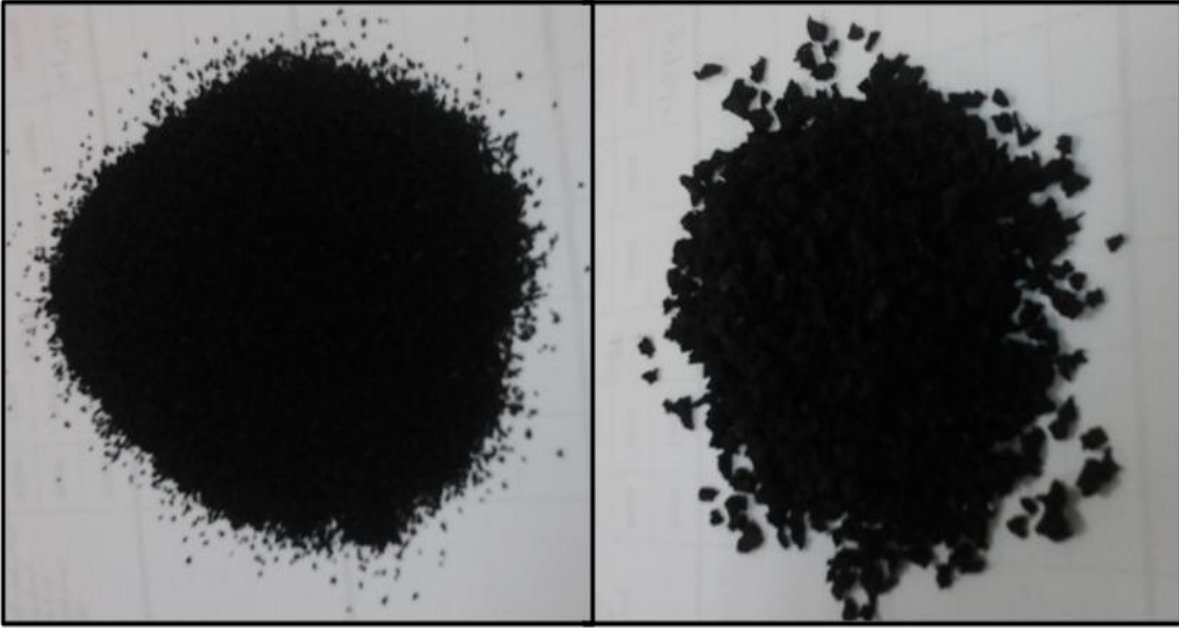
الركام الخشن الطبيعي: استعمل الحصى الصغير (رقم 1) الطبيعي المستعمل في الخرسانات العادية والغير مسلحة الخاصة بالمبول وغيرها أقصى مقاس له لا يزيد عن 10 mm و تم إحضاره من محجر منطقة السويح.



شكل (5) الركام الخشن المستعمل في إنتاج الخرسانة قيد الدراسة

5.1.3 مسحوق المطاط

هو عبارة عن مسحوق خالي من الشوائب مختلف الأحجام يتراوح تدرجه من (0.5 إلى 4 mm) منتج محليا بمصنع شبام لتدوير المخلفات بمنطقة مصراتة (الصبخة) وتتبع الطريقة الميكانيكية في طحن الإطارات المستعملة حيث يتم تجميع الإطارات ونقلها لمقر المصنع تمر الإطارات علي آلة ميكانيكية لنزع الخيوط الحديدية (التيلة) والجزء الحلقي الصلب ومنها يمر الإطار مباشرة علي الطاحونة للتفتيت ومنها إلي السير الناقل لتتم عملية جذب الحديد المتبقي إن وجد بواسطة المغنطيس بعد ذلك يمر المسحوق للغرابيل ليتم تصنيفه.



شكل (6) مسحوق المطاط المستخدم كمادة مضافة للخرسانة قيد الدراسة.

6.1.3 الملدن سيكا 5050

وهي إضافة سائلة للخرسانة ذات لون بني تعمل كاملدن عالي الكفاءة وكعامل تقليل النفاذية للماء وتعتبر من الجيل الجديد تستخدم لإنتاج خرسانة عالية الأداء خالية من الكلورايد ومصنعة وفقا لمواصفات (ASTM C-494 TYPE A and F) وتعمل هذه المادة علي تقليل نسبة الماء بالإضافة إلي أنها ذاتية الدمك بالإمكان استعمالها مع جميع أنواع الاسمنت.

2.3 الأجهزة والأدوات المستخدمة

1.2.3 غرابيل قياس التدرج

هي عبارة غرابيل صناعة انجليزية مصنوع من مادة سانسيتيل وفتحات المناخل تتراوح ما بين (mm 0.075 الي mm 4.75).



شكل (7) الغرابيل المستعملة في قياس تدرج المواد.

2.2.3 ميزان الكتروني صغير للأوزان الصغيرة

ميزان الكتروني صغير نوع علامته التجارية (TEM) يستخدم للأوزان الصغيرة والتي تتراوح من 0.05 الي 1.30 كيلوجرام.



شكل (8) الميزان الالكتروني الصغير.

3.2.3 ميزان الكتروني كبير

ميزان الكتروني كبير علامة التجارية (TEM) يستخدم للأوزان الكبيرة والتي تتراوح من (1 إلى 30 كيلوجرام).



شكل (9) الميزان الالكتروني الكبير المستخدم في وزن مواد الخلط ذات الأوزان الكبيرة.

4.2.3 الفرن (ALFA-U-150)

هو عبارة عن فرن كهربائي معزول يستخدم لتسخين العينات بدرجات حرارة تتراوح من 0 إلى 250 درجة مئوية). علامة التجارية (TEM) صناعة شركة

Electronics Engineering SAN.TIC LTD.Sti



شكل (10) الفرن الكهربائي.

5.2.3 القوالب البلاستيكية

عبارة عن قوالب بلاستيكية ذات مقاس 15*15*15 cm.



شكل (11) القوالب البلاستيكية.

6.2.3 خلاط الخرسانة الكهربائي (العجانة)

هي عبارة عن خلاطه كهربائية تستخدم لخلط عينات الخرسانة بمعمل شركة الرباط للاستشارات الهندسية .



شكل (12) خلاط الخرسانة الكهربائي الصغير (العجانة).

7.2.3 قياس الهبوط

1. قالب الاختبار – عبارة عن مخروط مفرغ مصنع من الحديد المجلفن ارتفاعه 12 بوصة وقطره السفلى 8 بوصة و العلوى 4 بوصة لقياس هبوط الخرسانة.
2. قضيب الدمك بقطر 5 - 8 بوصة وطول 24 بوصة.



شكل (15) قمع قياس الهبوط.

8.2.3 جهاز قياس قوة مقاومة الانضغاط وقياس أقصى حمل

هو عبارة عن جهاز لتكسير العينات تسمى (Compression Machine) علامته التجارية (ELE) صناعة شركة (ELE-International Company) ويستخدم لقياس قوة مقاومة الانضغاط وقياس أقصى حمل للعينة وأقصى حمل للجهاز 2000 KN.



شكل (14) جهاز اختبار قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للعينة.

9.2.3 أحواض المياه

أحواض مصنعة من الحديد المجلفن تستخدم كحمام مائي لحفظ العينات المتصلبة بعد فكها من القوالب إلى وقت الاختبار.



شكل (15) أحواض مياه حفظ العينات

10.2.3 أواني وزن العينات

مجموعة من الأواني البلاستيكية تستخدم لوزن المواد الأولية المستخدمة في الخلطة.



شكل (16) أواني وزن العينات

3.3 الاختبارات المعملية للمواد الأولية

أجريت الاختبارات المعملية للمواد الأولية والخرسانة الطرية والخرسانة المتصلبة بشركة الرباط للاستشارات والأعمال الهندسية بمصراتة وكانت علي النحو التالي:

1.3.3 اختبارات المواد الأولية

1.1.3.3 التدرج الحبيبي للركام الخشن حجم (5 - 10 mm)

جدول (3) تدرج الركام الخشن حجم (5 - 10 mm)

التدرج الحبيبي (للمواد كاملة).				
وزن العينة قبل الغسل = 6106 g .				
وزن العينة بعد الغسل = 6096 g.				
العابر %	المحجوز %	وزن المحجوز (g)	رقم المنخل	
100	0.0	0.0	mm 12.50	2/1
53.12	64.88	2863.0	mm 9.50	8/3
0.49	52.63	3214	mm 4.75	4
0.48	0.01	1	mm 2.36	8
		18.0		passing

$$\text{المحجوز \%} = \frac{\text{وزن المحجوز}}{\text{الوزن الكلي}} \times 100 \text{ ----- (4)}$$

$$\text{العابر \%} = 100 - \text{المحجوز الثاني}$$

2.1.3.3 اختبار تعيين الوزن النوعي و نسبة الامتصاص للركام الخشن (5-10 mm)

الغرض من الاختبار

تحديد الوزن النوعي للركام وهو عبارة عن وزن وحدة الحجم للركام الفعلي ولا يشمل حجم الفراغات الهوائية وتحديد محتوى الرطوبة وهو أمر ضروري لحساب نسبة الماء للاسمنت الفعال في الخلطة الخرسانية ، لان الخلطة تصمم عل أساس أن المجاميع بحالة رطوبة مثالية (مشبعة جافة السطح) وهذا الاختبار وفق مواصفة (ASTM C127 , ASTM C128).

خطوات الاختبار :-

1 - تؤخذ عينة وتوضع في الماء لمدة 24 ساعة.

2 - تقوم بوزن العينة بعد تجفيف سطحها.

3- توضع العينة في فرن تجفيف درجة حرارته (100-110) لمدة 24 ساعة.

4- نقوم بوزن العينة بعد استخراجها من الفرن.

نحسب الوزن النوعي نسبة الامتصاص حسب المعادلتين الآتيتين:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{A}{C-B} \text{----- (5)}$$

$$\text{نسبة الامتصاص} = 100 \times \frac{A-B}{A} \text{----- (6)}$$

حيث إن :-

A: وزن العينة جافة في الهواء

B: وزن العينة جافة مشبعة السطح .

C : وزن العينة في الماء .

جدول (4) نتائج اختبارات الوزن النوعي - نسبة الامتصاص للركام الخشن (5 - 10 mm)

مقاس الركام				وصف العينة : ركام خشن حجم 5 - 10 mm
1191.2	1150.2	1136	a	وزن العينة مشبعة جافة السطح في الهواء (g)
707.6	682.4	673.2	c	وزن العينة في الماء . (g)
1131.8	1091.8	1078.1	b	وزن العينة جافة في الهواء . (g)
2.340	2.333	2.325	b/(a-c)	الوزن النوعي الكلي . (g)
2.463	2.458	2.454	a/(a-c)	الوزن النوعي الكلي (مشبع جاف السطح) (g)
2.668	2.666	2.662	b/(b-c)	الوزن النوعي الظاهري . (g)
5.248	5.34	5.370	(a-b)/b×100	نسبة الامتصاص %.

3.1.3.3 اختبار لوس انجلوس للركام الخشن مقاس (5 - 10 mm)

يتم عمل هذا الاختبار للركام الخشن لمعرفة قوة احتكاك الركام ويتم بالطريقة التالية :

1. يتم تحديد تدرج الركام بواسطة الغرايل لتحديد حجم حبيبات الركام.

2. يتم معايرة حجم حبيبات الركام مع جدول مخصص لاختبار لوس أنجلوس لتحديد الآتي:

a. عدد الكرات الحديدية المطلوبة لعمل الاختبار.

b. تحديد عدد دورات.

c. إجراء الحسابات وفق المعادلات التالية :

$$100 \times \frac{W_3}{W_1} = \% \text{ معامل البري (لوس انجلوس) }$$

$$W_2 - W_1 = W_3 \text{ "12" وزن الفاقد من المنخل رقم}$$

حيث ان :

W_1 : الوزن الأصلي لعينة الركام .

W_2 : وزن عينة الركام المغسولة بعد التجفيف

جدول (5) نتائج اختبارات لوس انجلوس للركام مقاس (5 - 10 mm)

المقاس		التدرجات وأوزان عينات الاختبار						
عابر من	محجوز علي	A	B	C	D	1	2	3
3"	1 2/2"	-	-	-	-	2500	-	-
1 2/2"	2"	-	-	-	-	2500	-	-
2"	1 1/2"	-	-	-	-	5000	5000	-
1 1/2"	1"	1250	-	-	-	-	5000	5000
1"	3/4"	1250	-	-	-	-	-	5000
3/4"	1/2"	1250	2500	-	-	-	-	-
1/2"	3/8"	1250	2500	-	-	-	-	-
3/8"	No.3	-	-	2500	-	-	-	-
No.3	No.4	-	-	2500	-	-	-	-
No.4	No.8	-	-	-	5000	-	-	-
الوزن الكلي للعينة		5000	5000	5000	5000	10000	10000	10000
عدد الكرات الحديدية		12	11	8	6	12	12	12
عدد الدوران		500	500	500	500	1000	1000	1000
C		رقم التدرج						
5000		W_1 الوزن الأصلي لعينة الركام بـ g						
3613		W_2 الوزن عينة الركام المغسولة علة منخل رقم 12 بعد الاختبار بـ g						
1387		$W_3=W_1-W_2$ وزن الفاقد من المنخل رقم 12 بـ g						
27.74		W_3/W_1*100 معامل البري (لوس انجلوس)						

2.3.3 الاختبارات المعملية للتربة الرملية (الرمل)

1.2.3.3 التدرج الحبيبي

نتائج التدرج الحبيبي للتربة الرملية مبينة بالجدول:-

جدول (6) نتائج التدرج الحبيبي للتربة الرملية (الرمل)

قطر فتحة المنخل mm	وزن المحجوز (g)	المحجوز التراكمي (g)	نسبة المحجوز %	نسبة المار %
4.75	0.45	0.45	0.045	100
2.36	0.35	0.8	0.08	99.92
1.18	2	2.8	0.28	99.72
0.60	55	57.8	5.78	94.22
0.30	405	462.8	46.28	53.72
0.15	511.5	974.3	97.43	2.57
0.075	23	997.3	99.73	0.27
الكفة	7.2	1000	100	

الوزن النوعي ونسبة الامتصاص

الغرض من الاختبار

تحديد الوزن النوعي للرمل وهو عبارة عن وزن وحدة الحجم للرمل الفعلي ولا يشمل حجم الفراغات الهوائية ، وتحديد محتوى الرطوبة وهو أمر ضروري لحساب نسبة الماء للاسمنت الفعال في الخلطة الخرسانية ، لان الخلطة تصمم علي أساس أن المجاميع بحالة رطوبة مثالية (مشبعة جافة السطح) (عبد الرحمن ومتولي 1998).

خطوات الاختبار :-

1. تؤخذ عينة وتوضع في الماء لمدة 24 ساعة .
 2. نقوم بوزن العينة بعد تجفيف سطحها .
 3. توضع العينة في فرن تجفيف درجة حرارته (100-110) لمدة 24 ساعة .
 4. نقوم بوزن العينة بعد استخراجها من الفرن .
- نحسب الوزن النوعي ونسبة الامتصاص حسب المعادلتين الآتيتين (5)،(6) علي التوالي كما سبق .

والجدول التالي يوضح نتائج الفحوص المعملية (الوزن النوعي - نسبة الامتصاص) للتربة الرملية:
جدول (7) نتائج الفحوص المعملية (الوزن النوعي - نسبة الامتصاص) للتربة الرملية

نسبة الامتصاص %	الوزن النوعي الكمي G S	رقم العينة
Absorption Percent	Specific Gravity	
0.9	2.52	C

3.3.3 الاختبارات المعملية لمسحوق المطاط

1.3.3.3 التدرج الحبيبي

نتائج التدرج الحبيبي لمسحوق المطاط مبينة بالجدول:-
جدول (8) يبين نتائج التدرج الحبيبي لمسحوق المطاط

رقم المنخل	وزن المحجوز (g)	نسبة المحجوز %	نسبة العابر %
10	0	00	100
16	0.17	0.15	99.85
30	67.9	63.8	36.2
40	15.8	14.8	85.2
50	13.10	12.3	87.7
100	8.59	8	92
200	0.92	0.9	99.1
العابر	0.09	0.08	99.92

2.3.3.3 تحديد حجم المطاط المكافئ لوزن كمية التربة (الرمل):

تم تحديد كمية مسحوق المطاط المضافة للخلطة كبديل عن التربة الرملية (الرمل) كنسبة حجمية.

$$\text{كثافة التربة (الرمل)} = 1.524 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{كثافة مسحوق المطاط} = 0.360 \text{ g/cm}^3$$

جدول (9) تحديد حجم المطاط المكافئ لوزن كمية الرمل

ر.م	نسبة مسحوق المطاط %	وزن مسحوق المطاط للمتر المكعب Kg	وزن الرمل المستبدل للمتر المكعب Kg
1	5	7.56	32
2	10	15.11	64
3	15	22.70	96
4	20	30.24	128
5	25	37.80	160

4.3 التجارب المعملية للخلطات الخرسانية الإسمنتية

أجريت جميع الاختبارات المعملية للخلطات الخرسانية الطرية و المتصلبة بشركة الرباط للاستشارات والأعمال الهندسية وكانت علي النحو التالي:

1.4.3 اختبارات الخلطات الخرسانية الطرية

1.1.4.3 الهبوط

هو من أكثر الاختبارات التي تعبر عن تشغيل الخرسانة الطرية بعد إزالة قالب التشكيل عقب ملئه مباشرة حيث تعبر قيمة الهبوط عن القوام، فالخرسانة الجافة تكون ذات هبوط قليل أو معدوم بينما يزيد الهبوط في الخرسانة اللدنة كما يكون الهبوط كبير في الخرسانة المبتلة والرخوة، وتتأثر التشغيلية بتماسك قوام الخرسانة وهذا يعتمد علي نسبة المواد الناعمة بالخلطة من اجل إيجاد خلطة متماسكة مناسبة وبذلك سوف نحصل علي خرسانة منتظمة ومرصوفة بشكل جيد وتم إجراء هذا الاختبار بالعمل بموجب المواصفة البريطانية.

(BS 1881 Part 102) كالتالي:

1. بعد خلط المواد بالطريقة التي ذكرت سابقا تم تجهيز القمع الخاص بالتجربة

شكل رقم (13).

2. يوضع القالب بعد تنظيفه جيداً على سطح أملس غير منفذ للمياه ويثبت جيداً.

3. يملأ القالب على ثلاث طبقات (كل طبقة بسمك حوالي 4 بوصة) وتدمك كل طبقة بواسطة

قضيب الدمك 25 مرة.

4. يرفع القالب (بعد ضمان استواء سطحه) في اتجاه رأسي ببطء وعناية.

5. بعد الانتهاء سحب القمع يقاس مقدار لهبوط بـ cm.

6. استعملت نفس الطريقة لجميع الخلطات.



الشكل (17) قياس طريقة الهبوط

2.1.4.3 اختبار الكثافة للخلطات الطازجة

أجريت التجارب الكثافة للعينات الطرية وفق مواصفة (ASTM C-567) بالطريقة التالية

1. تم تنظيف المكعبات البلاستيكية واخذ وزنها فارغة

2. أخذ وزن المكعب مملوء بالخرسانة

3. تم حساب حجم المكعب

4. حساب الكثافة من المعادلة

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{وزن العينة للخلطة الطرية}}{\text{حجم المكعب}} \text{ kg/m}^3 \text{-----(7)}$$

2.4.3 اختبارات الخلطات الخرسانة المتصلبة

1.2.4.3 اختبار الكثافة للعينات المتصلبة

من المعلوم أن الكثافة علاقتها خطية مع الوزن إي كلما نقص الوزن قلت الكثافة وفي هذه الرسالة استخدم مسحوق مطاط الإطارات المستعملة كبديل جزئي عن الرمل ووجد أن كثافة المطاط اقل بكثير من كثافة باقي مواد الخرسانة لهذا الخرسانة سينخفض وزنها وقد أجريت تجارب الكثافة للعينات الطرية والمتصلبة وفق مواصفة (ASTM C-567) بالطريقة التالية:

1. أخذ وزن العينة للخرسانة المتصلبة بـ kg.

2. حجم العينة m^3 .

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{وزن العينة الجافة}}{\text{حجم العينة}} \text{ kg/m}^3 \text{----- (8)}$$

2.2.4.3 اختبارات قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للعينات المتصلبة

قوة مقاومة الانضغاط للخرسانة هو الأكثر استخدام لقياس قوة الخرسانة ويستعمل كمؤشر لقياس قوة الخرسانة وفي هذه الدراسة أجريت اختبارات قوة مقاومة الخرسانة لجميع العينات المحتوية علي المطاط والملدن وأيضاً الخالية من الإضافات وفق المواصفة البريطانية لاختبار الضغط (BS 1881 Part 116).

أدوات الاختبار

- 1- قالب الاختبار: مكعب بلاستيك طول ضلعه 15 سم – مساحة سطحه 225 سم².
- 2- سيخ الدمك :- سيخ من الصلب يزن 1.82 كجم وطوله 15 بوصة ومقطعة السفلى مربع طول ضلعه واحد بوصة.
- 3- بعد الانتهاء من خلط الخرسانة المراد اختبارها نملاً قوالب الاختبار على 3 طبقات وتدمك طبقاً للمواصفات الانجليزية (BS 1881 Part 116).
- 4- تحفظ العينات لمدة 24 ساعة في مكان لا تقل درجة الرطوبة فيه عن 90% و درجة حرارة من 15 و 23 درجة مئوية.
- 5- نفاك العينات من القوالب وتغمر في ماء درجة حرارته من 15 إلى 22 درجة مئوية حتى موعد الاختبار ، بعد وضع العلامات المميزة لكل مكعب.
- 6- يتم تحميل كل مكعب بالجهاز تكسير العينات لتحديد قوة مقاومة الخرسانة للضغط وأقصى حمل للعينة حيث يوضع المكعب داخل الجهاز علي أحد الأوجه الجانبية بشكل عمودي على اتجاه الصب ويشغل الجهاز لتسليط الحمل علي المكعب إلي غاية فشل العينة تسجل القراءات لقوة المقاومة بـ N/mm^2 وأقصى حمل لضغط العينة بـ .KN

5.3 طريقة الخلط :

بعد تحضير المواد الأولية بأوزانها المطلوبة اتبعت طريقة خلط الباحث (Tam, 2005) المقترحة لتعديل وتحسين طريقة خلط الخرسانة في خلطه للمواد والتي تعتبر الأسهل من الناحية العملية والأحسن في إعطاء الخواص المفضلة للخرسانة من حيث الكثافة وكانت طريقة الخلط علي النحو التالي:

i. خلط الركام الخشن الطبيعي والتربة الرملية (الرمل) لمدة دقيقة واحدة تقريبا ثم أضيفت الاسمنت المستخدم في الخلطة مع نصف كمية ماء الخلط مع التخليط الجيد لمدة دقيقتين ثم أضيف الماء المتبقي من ماء الخلط واستمر التخليط لمدة دقيقتين للحصول على خلطة جيدة أجري الخلط باستخدام خلاطه كهربائية صغيرة (عجانة) وبموجب المواصفة (ASTM C-192 -02) الأمريكية حتى الحصول على خلطة خرسانية لدنة متماسكة وبدون انسيابية مفرطة.

ii. عند ملاحظة تكون طبقة رقيقة من الاسمنت (سمنت + ماء) تحيط بسطح الركام لزيادة تماسك حبيبات الركام وإملاء الشقوق والفراغات بين حبيبات الركام يتم إجراء اختبار التشغيل (الهبوط) حسب المواصفة (ASTM C143).

iii. بعد الانتهاء من الخلط تم صب الخرسانة في قوالب بلاستيكية حجم (15*15*15 Cm) بعد طلاء جدران القوالب الداخلية بزيت والصب كان علي مراحل، بحيث أجريت عملية الرص باستخدام سيخ معدني وبعد إتمام عملية الصب تمت تسوية السطح الخارجي للنماذج بشكل جيد.

iv. عملت خلطات خرسانية بكميات اسمنت مختلفة تتراوح ما بين (200،220،250 kg) ونسب مياه مختلفة تتراوح ما بين 45 - 60 % إلي أن تم التوصل للخلطة المناسبة لاعتمادها كخلطة نموذجية وأصبحت هي الخلطة المرجعية بعد الانتهاء من إجراء الاختبارات التشغيلية علي الخرسانة الطرية والمتصلبة حسب المواصفة (ASTM C143).

1.5.3 طريقة خلط الخرسانة الأسمنتية بالمطاط والملدن

بعد الانتهاء من تحديد كميات المواد الأولية اللازمة للخلطة المرجعية الخالية من الإضافات تم تحديد نسب مسحوق المطاط المراد إضافتها للخلطة وهي (5،10،15،20،25) % كبديل عن التربة الرملية (الرمل) و تحديد كمية مسحوق المطاط كحجم بالمقارنة مع حجم الرمل المراد استبداله ووفق للجدول رقم (9) لكي يستبدل جزء من كمية الرمل بكمية مسحوق المطاط وتم طبقا للخطوات التالية:

1. أضيف مسحوق المطاط بنسب تتراوح ما بين 5 إلي 25 % بمقدار زيادة 5% كبديل عن التربة (الرمل) لمكونات الخلطة المرجعية الخالية من جميع الإضافات وأجريت الاختبارات اللازمة

والمتمثلة في الهبوط، الكثافة، قوة المقاومة، أقصى حمل والكثافة الجافة، وهي وفق الجداول المرفقة.

2. لنفس مكونات الخلطة المرجعية الخالية من جميع الإضافات تم إضافة الملدن سيكا 5050 بنسب تتراوح ما بين 1.10 إلى 2.00 % بمقدار زيادة 0.3% وأجريت الاختبارات اللازمة والمتمثلة في الهبوط ، الكثافة، قوة المقاومة، أقصى حمل والكثافة الجافة وهي وفق الجداول المرفقة .

3. من خلال نتائج اختبارات الخلطة المحورة بالملدن تبين أن العينة التي تحتوي علي ملدن بنسبة 1.40 % هي الأفضل، لذلك تم اعتمادها كخلطة مرجعية محورة بالملدن وأضيف لمكوناتها مسحوق المطاط بنسب مختلفة وهي (5،10،15،20،25) %.

4. بعد الانتهاء من اختبارات العينة المحورة بالملدن والمحتوية علي مسحوق مطاط بنسب مختلفة تم تحديد أفضل عينة وأضيف لها مسحوق المطاط وفق تدرج مختلف يتراوح ما بين 0.5 - 5 mm.

5. استخدم الرمز (ORCOM) للخلطة الخرسانية الخالية من الإضافات حيث يمثل الرقم إلى الجانب الأيمن علي الحرف C نسبة الملدن في الخلطة والرقم علي الجانب الأيسر من الحرف C نسبة مسحوق المطاط في الخلطة.

2.5.3 تحضير وتجهيز قوالب العينات

1. استخدمت قوالب بلاستيكية مكعبة الشكل بطول ضلع 15 cm لتحضير نماذج الخرسانة

لقياس مقاومة الانضغاط وفق المواصفة (B. S. 1881, Part 116, 1989).

2. تم تجهيز القوالب لكل خلطة خرسانية لإجراء الاختبارات اللازمة حيث استخدم الزيت لطلاء القوالب من الداخل لتسهيل فصل العينة بعد التصلب.

3. ملئت القوالب بالخرسانة الأسمنتية علي مراحل مع الدمك يدويا بشكل جيد وبطريقة خاصة للتخلص من الفراغات الهوائية داخل الخرسانة ويتم تسوية سطح القوالب والترقيم وفق نوع الخلطة.

4. تترك القوالب بعد الانتهاء من الصب لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة بدون استخدام أي نوع من أنواع التجفيف البارد أو الساخن.

5. بعد مرور 24 ساعة علي صب القوالب يتم فك القوالب وتوضع العينات بأحواض ماء صالح للشرب بدرجة حرارة الغرفة إلى الوقت المحدد للاختبار وهو 7 و 28 يوم.

6. تم اختبار الهبوط للخرسانة الطرية حسب المواصفة (ASTM C143) .

6.3 تصميم الخلطات الخرسانية الإسمنتية

في هذه الدراسة تم الاعتماد لتصميم الخلطات الخرسانية الإسمنتية علي طريقة المحاولة وتعيين نسب الخلطة الخرسانية الإسمنتية في طريقة المحاولة يتلخص في الخطوتين التاليتين :

1. تحديد نسبة الماء المناسبة بناء علي مقاومة وتحمل الخرسانة.
2. عمل خلطات صغيرة تحتوي نسب من الماء للأسمنت للحصول علي القوام المطلوب بغرض تحديد نسب وقيم الركام اللازمة بناء علي متطلبات التشغيلية بأقل قدر ممكن من العجينة لاختيار نسب الخلط حيث صممت الخلطات الخرسانية علي أساس أن تكون خلطة خرسانية عادية إي خاصة لعمل طبقات الميول (الباتوتا) ورصف الساحات والملاعب تم إزالة الركام الكبير واعتمد العمل علي أساس الركام الصغير فقط مقاس (5 - 10 mm) كما هو معمول به في الخلطات المحلية عند زيارة أكثر من شركة (خلاطة) للاطلاع علي نسب خلط المواد الأولية لخرسانات الميول ورصف الساحات.

ومن خلال الاسترشاد من شركات خلط الخرسانة وتعاون معمل شركة الرباط تم التوصل إلي أن هذه النوعية من الخرسانة تعتمد بشكل مباشر علي طلب الزبون أو المقاول وان معظمها تعتمد علي نسبة الاسمنت ويكون من 150 إلى 250 Kg وتكون بركام خشن حجم صغير فقط وتكون لها تشغيله مناسبة أي يكون الهبوط عالي نسبيا لتسهيل التسوية ومن المناقشة تبين أن نوعية الخرسانة التي تحتوي نسبة اسمنت 150 Kg تعتبر ضعيفة جدا ورغم ذلك هناك رغبة للعمل بها لتقليل التكلفة إلا انه لم يتم تشغيلها ومعظم الخلطات تخطط بنسبة 250 Kg.

1.6.3 الخلطة التجريبية الأولى

نظرا لان الماء يعتبر العنصر المؤثر الأساسي في قوة الخرسانة واتضح من خلال الاطلاع أن نسبة الماء للإسمنت للخلطة عادة تتراوح من 40 - 70 % والنسبية المثالية هي 45 % فقط (امام 2002).

■ تغير محتوى الاسمنت بنسب (200،220،250) Kg:

تم عمل خلطات بنسب اسمنت مختلفة وهي (200،220،250) Kg خالية من الإضافات و نسبة المياه المثالية بمقدار ثابت 45% تم خلط العينات وعمل ثلاث مكعبات لكل عينة وأجريت الاختبارات علي التوالي 7 أيام و14 يوم و28 يوم.

أثناء الخلط وإجراء الاختبارات التشغيلية اتضح أن الهبوط منخفض وتبين أن نسبة الركام الخشن والترتبة (الرمل) زيادة وهذا يؤثر علي تشغيل الخرسانة ويجعلها صعبة في الفرد والتسوية للحصول علي سطح ملمسه جيد ومناسب لذلك تم إجراء تعديل في نسبة الركام النعم والخشن

الجدول (10) كميات مواد الخلطة الأولى بنسب اسمنت (250،220،200) Kg

ونسبة مياه 45 % قبل تعديل كمية الركام.

نسبة الماء/ للاسمنت W/C	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
45%	1270	700	93	200	orC1 OM
	15.431	8.505	1.13	2.430	
45%	1270	700	103	220	orC2 OM
	15.431	8.505	1.25	2.673	
45%	1270	700	116	250	orC2 OM
	15.431	8.505	1.41	3.038	

2.6.3 الخلطة التجريبية الثانية

■ تعديل كمية الركام وتغير محتوى الاسمنت بنسب (250،220،200) Kg:

تم إجراء تعديل لنسبة الركام الخشن (الشرشور) والتربة (الرمل) للخلطة السابقة لإنتاج خلطة بمواصفات جيدة ومناسبة تم عمل خلطات بنفس نسب الاسمنت السابقة وهي (250،220،200) kg خالية من الإضافات و بنفس نسبة المياه المثالية بمقدار ثابت 45% وأجريت الاختبارات علي التوالي 7 ايام و 14 يوم و 28 يوم وكانت كميات المواد كما بالجدول رقم (11).

جدول (11) كميات مواد الخلطة الثانية بنسب اسمنت (250،220،200) Kg ونسبة مياه

45 % بعد تعديل نسبة الركام الخشن التربة (الرمل) .

نسبة الماء/ للاسمنت W/C	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
45%	1070	640	93	200	orC1 OM
	13.00	7.776	1.13	2.430	
45%	1070	640	103	220	orC2 OM
	13.00	7.776	1.25	2.673	
45%	1070	640	116	250	orC3 OM
	13.001	7.776	1.41	3.038	

3.6.3 الخلطة التجريبية الثالثة تغير نسبة المياه (45، 50، 55، 60) %

من دراسة نتائج الاختبارات للخلطات السابقة اعتمدت و أخذت كميات الخلطة التي تحتوى كمية اسمنت 250 Kg لأجل تثبيت كمية الاسمنت وتغير نسبة المياه بمقدار زيادة 5% عن النسبة المثالية (45، 50، 55، 60) % لدراسة خواص الخرسانة وفق تغير نسبة المياه والحصول علي خرسانة مناسبة بالإمكان إدخال التحسينات عليها وكميات المواد مبينة بالجدول رقم (12).

جدول (12) كميات مواد الخلطة الثالثة بمحتوى اسمنت ثابت 250 Kg ونسب مياه متغيرة ((45، 50، 55، 60) %

نسبة الماء / للاسمنت W/C	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
45%	1070	640	116	250	ORC1 OM
	18.083	10.816	2.00	4.225	
50%	1070	640	129	250	ORC2 OM
	18.083	10.816	2.20	4.225	
55%	1070	640	129	250	ORC3 OM
	18.083	10.816	2.20	4.225	
60%	1070	640	154	250	ORC4 OM
	18.083	10.816	2.60	4.225	

4.6.3 الخلطة المرجعية

بعد الانتهاء من إجراء تجارب الخلطة الثالثة والتي كانت بمحتوى اسمنت 250 kg ونسبة مياه تتراوح ما بين (45، 50، 55، 60) % تبين الآتي:

- نتائج العينات المتصلبة رقم (ORC1 OM ، ORC2 OM) والتي تحتويان كمية اسمنت 250 Kg ونسبة مياه (45، 50) % مقبولة إلا أن مقدار هبوط الخلطين قليل جدا لا يتجاوز (3.5، 8) cm علي التوالي وبهذا الهبوط يكون تشغيل الخرسانة صعب جدا خاصة لخرسانة الميول.
- الخلطة رقم (ORC3 OM) والمحتوية لنفس المواد الأولية ونسبة مياه 55% أظهرت النتائج ضعف قوة مقاومة انضغاطها وارتفاع قليل بالكثافة.

3. الخلطة رقم (ORC40M) اعتمدت كخلطة مرجعية بمحتوى اسمنت 250 Kg ونسبة مياه 60%

للتحويل بالإضافات لان نتائج هذه الخلطة مناسبة جدا

و مقدار الهبوط حوالي (18) cm والجدول رقم (1.12) يبين كميات المواد بالخلطة النموذجية.

جدول (1.12) كميات مواد الخلطة المرجعية بمحتوى اسمنت ثابت 250 Kg

ونسبة مياه ثابتة (60)%.

نسبة الماء / للاسمنت W/C	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
60%	1070	640	154	250	ORC40M
	18.083	10.816	2.60	4.225	

1.4.6.3 طريقة تحويل الخلطة المرجعية بالإضافات

a. إضافة الملدن نوع سيكا 5050 بنسب تتراوح من (1.1، 1.4، 1.7، 2.00) % بمقدار زيادة

0.3% لمكونات الخلطة المعتمدة بمحتوي اسمنت 250 Kg ونسبة مياه 60% واخترنا

للخلطة الرموز (ORC 1.1، ORC 1.4، ORC 1.7، ORC 2.00) والجدول رقم (13) يبين كميات

مواد الخلطة .

جدول (13) كميات مواد الخلطة الرابعة بمحتوى اسمنت 250 kg ونسبة مياه

(60)% ونسب ملدن مختلفة (1.1، 1.4، 1.7، 2.00) %.

نسبة الماء / للاسمنت W/C	كمية الملدن سيكا 5050 Kg	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
60%	2.80	1070	640	154	250	ORC 1.1
	0.046	18.083	10.816	2.60	4.225	
	3.50	1070	640	154	250	ORC 1.4
	0.059	18.083	10.816	2.60	4.225	
	4.30	1070	640	154	250	ORC 1.7
	0.072	18.083	10.816	2.60	4.225	
	5.00	1070	640	154	250	ORC 2.0
	0.085	18.083	10.816	2.60	4.225	

أظهرت نتائج إضافة الملدن نوع سيكا 5050 لمكونات الخلطة المرجعية بمحتوي اسمنت 250 kg ونسبة مياه 60% أن خواص الخلطة تحسنت خاصة قوة مقاومة الانضغاط حيث بلغت 29.10 N/mm^2 عند نسبة ملدن 1.40 % لذلك اعتمدت الخلطة التي تحتوي علي ملدن بنسبة 1.4 % كخلطة مرجعية ليتم تحويلها بإضافة مسحوق المطاط.

b. إضافة مسحوق مطاط الإطارات المستعملة كبديل عن الركام الناعم (الرمل) بنسب مختلفة تتراوح من (5، 10، 15، 20، 25) % بمقدار زيادة 5% لمكونات الخلطة المرجعية بمحتوي اسمنت 250 Kg ونسبة مياه 60% والجدول رقم (14) يبين كميات مواد الخلطة للعينة و رموز الخلطة كالآتي ($05C_{00}$ ، $10C_{00}$ ، $15C_{00}$ ، $20C_{00}$ ، $25C_{00}$) وكانت كميات المواد وفق الجدول رقم (14).

جدول (14) كميات مواد الخلطة المرجعية بمحتوي اسمنت 250 kg ونسبة مياه (60%) ونسب مطاط مختلفة ((5، 10، 15، 20، 25) %

نسبة الماء/ للاسمنت W/C	كمية مسحوق المطاط Kg	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
60%	7.6	1070	608	154	250	$05C_{00}$
	0.128	18.083	10.275	2.60	4.225	
	15.10	1070	576	154	250	$10C_{00}$
	0.255	18.083	9.734	2.60	4.225	
	22.70	1070	544	154	250	$15C_{00}$
	0.384	18.083	9.194	2.60	4.225	
	30.20	1070	512	154	250	$20C_{00}$
	0.510	18.083	8.653	2.60	4.225	
	38.10	1070	480	154	250	$25C_{00}$
	0.644	18.083	8.112	2.60	4.225	

c. أضيف مسحوق المطاط بنسبة المختلفة وهي (5، 10، 15، 20، 25) % للخلطة المحورة بملدن بنسبة 1.4% والجدول رقم (15) يبين كميات مواد الخلطة المحورة بملدن ومضاف لها مسحوق المطاط ويرمز لها بالرمز ($05C_{1.4}$ ، $10C_{1.4}$ ، $15C_{1.4}$ ، $20C_{1.4}$ ، $25C_{1.4}$).

جدول (15) كميات مواد الخلطة المحورة بملدن وبمحتوى اسمنت 250 Kg ونسبة ماء (60)% ونسب مطاط مختلفة (5، 10، 15، 20، 25)%

نسبة الماء/ للأسمنت W/C	كمية الملدن سيكا 5050 Kg	كمية مسحوق المطاط Kg	كمية الركام Kg	كمية الرمل Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
60%	3.50	7.6	1070	608	154	250	05C _{1.4}
		0.128	18.083	10.275	2.60	4.225	
		15.10	1070	576	154	250	10C _{1.4}
		0.255	18.083	9.734	2.60	4.225	
	0.059	22.70	1070	544	154	250	15C _{1.4}
		0.384	18.083	9.194	2.60	4.225	
		30.20	1070	512	154	250	20C _{1.4}
		0.510	18.083	8.653	2.60	4.225	
		38.10	1070	480	154	250	25C _{1.4}
		0.644	18.083	8.112	2.60	4.225	

من النتائج تبين أن الخلطة المحورة بملدن بنسبة 1.4% والتي تحتوي مسحوق مطاط بنسبة 15% كبديل عن التربة الرملية (الرمل) هي الخلطة المناسبة للاعتماد كخلطة مرجعية للتحويل بمسحوق مطاط متدرج .

(c) أضيف مسحوق المطاط بنسبة (15) % و بتدرجات مختلفة (ناعم جداً، ناعم، متوسط، كبير) للخلطة المرجعية الخالية من الإضافات لدراسة تأثير اختلاف حجم حبيبات المطاط علي الخرسانة الإسمنتية والجدول رقم (16) يبين كميات مواد الخلطة

جدول (16) كميات مواد الخلطة بمحتوى اسمنت Kg 250 ونسبة ماء(60)%

ونسب مطاط 15 % مصنف بتدرج مختلف

رقم الخلطة	كمية الاسمنت Kg	كمية الماء Kg	كمية الرمل Kg	كمية الركام Kg	كمية مسحوق المطاط Kg	تصنيف تدرج المطاط	نسبة الماء/ للاسمنت W/C
15C00	250	154	544	1070	22.70	ناعم جدا	60%
						1.25	
	4.225	2.60	9.194	18.083	0.384	متوسط	
						كبير	

(d) تم تحويل الخلطة المحتوية علي مسحوق مطاط بنسبة (15) % و بتدرجات مختلفة بإضافة ملدن السيكا 5050 بنسبة 1.4 للتعرف علي خواص الخرسانة ومدى تأثيرها بهذه الإضافات والجدول رقم (17) يبين كميات المواد المستخدمة.

جدول (17) يبين كميات مواد الخلطة بمحتوى اسمنت Kg 250 ونسبة ماء (60)%

ونسب مطاط 15% بتدرج مختلف مع ملدن بنسبة 1.4%

نسبة الماء/ للاسمنت W/C	تصنيف تدرج المطاط		كمية الملدن سيكا 5050	كمية مسحوق المطاط Kg	كمية الرمل Kg	كمية الركام Kg	كمية الماء Kg	كمية الاسمنت Kg	رقم الخلطة
60%	0.625	ناعم جدا	3.50	22.70	1070	544	154	250	15C1.4
	1.25	ناعم							
	2.50	متوسط	0.059	0.384	18.083	9.194	2.60	4.225	
	5	كبير							

الفصل الرابع

«النتائج و المناقشة»

1.4 جداول نتائج اختبارات الخرسانة الطرية والمتصلبة

جدول (18) اختبارات الخلطة الأولى للخرسانة الطرية.

اختبارات التشغيل		رقم الخلطة
الكثافة الرطبة g/Cm ³	مقدار الهبوط Cm	
2243	9.17	ORC1 OM
2268	10.80	ORC2 OM
2262	13.50	ORC3 OM

جدول (19) اختبارات الخلطة الأولى للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7 أيام 14 يوم 28 يوم.

اختبارات العينة الجافة									رقم العينة	
قوة المقاومة Comp. stress N/mm ²			أقصى حمل Max. Load KN			الكثافة الجافة g/Cm ³				
28	14	7	28	14	7	28	14	7	زمن الاختبار	
		7.00			156.9			2232	ORC1.1 OM	ORC1 OM
	8.30			187.4			2234		ORC1.2 OM	
9.30			209.7			2240			ORC1.3 OM	
		8.70			195.2			2258	ORC2.1 OM	ORC2 OM
	10.50			235.3			2264		ORC2.2 OM	
11.70			264.00			2264			ORC2.3 OM	
		10.40			235.00			2262	ORC3.1 OM	ORC3 OM
	12.90			290.6			2252		ORC3.2 OM	
14.80			332.0			2247			ORC3.3 OM	

من الاختبارات التشغيلية للخلطة التجريبية الأولى تبين أن الهبوط منخفض و اتضح السبب بأن نسبة الركام الخشن والتربة (الرمل) زيادة وهذا يؤثر علي تشغيل الخرسانة ويجعلها صعبة في الفرد والتسوية للحصول علي سطح ملمسه جيد ومناسب لذلك تم إجراء تعديل في نسبة الركام النعم والخشن وعمل خلطة تجريبية ثانية .

جدول (20) اختبارات الخلطة الثانية للخرسانة الطرية.

رقم الخلطة	اختبارات التشغيل	
	مقدار الهبوط cm	الكثافة الرطبة g/cm^3
ORC1 _{0M}	12.60	2268
ORC2 _{0M}	14.23	2289
ORC3 _{0M}	15.00	2200

جدول (21) اختبارات الخلطة الثانية للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7 أيام 14 يوم 28 يوم.

اختبارات العينة الجافة									رقم العينة	
قوة المقاومة Comp. stress N/mm2			أقصى حمل Max. Load KN			الكثافة الجافة g/Cm ³				
28	14	7	28	14	7	28	14	7	زمن الاختبار	
		8.00			177.70			2246	ORC1.1 OM	ORC1 OM
	9.8			219.60			2252		ORC1.2 OM	
12.6			230.70			2257			ORC1.3 OM	
		9.00			220.80			2264	ORC2.1 OM	ORC2 OM
	12.3			276.00			2270		ORC2.2 OM	
14.5			315.80			2271			ORC2.3 OM	
		12.40			278.00			2276	ORC3.1 OM	ORC3 OM
	14.9			334.70			2270		ORC3.2 OM	
18.7			400.70			2270			ORC3.3 OM	

من نتائج الاختبارات الخلطة التجريبية الثانية تبين التحسن في الهبوط وقوة المقاومة واعتمدت العينة رقم (ORC_{0M}) بمحتوى اسمنت 250 Kg لأجل تثبيت كمية الاسمنت وتغير نسبة المياه بمقدار زيادة 5% عن النسبة المثالية (45%) لدراسة خواص الخرسانة وفق تغير نسبة المياه .

جدول (22) اختبارات الخلطة الثالثة للخرسانة الطرية.

رقم الخلطة	اختبارات التشغيل	
	مقدار الهبوط Cm	الكثافة الرطبة g/Cm ³
ORC1 _{OM}	3.50	2264
ORC2 _{OM}	8.00	2280
ORC3 _{OM}	17.00	2287
ORC4 _{OM}	18.00	2278

جدول (23) اختبارات الخلطة الثالثة للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7 أيام 28 يوم.

اختبارات العينة الجافة						رقم العينة	
قوة المقاومة Comp. stress N/mm2		أقصى حمل Max. Load KN		الكثافة الجافة g/Cm ³			
28	7	28	7	28	7		
	15.40		346.30		2250	ORC1.1 _{OM}	ORC1 _{OM}
22.50		490.20		2043		ORC1.2 _{OM}	
	13.83		311.00		2262	ORC2.1 _{OM}	ORC2 _{OM}
21.20		477.20		2252		ORC2.2 _{OM}	
	12.70		285.50		2252	ORC3.1 _{OM}	ORC3 _{OM}
19.20		423.00		2264		ORC3.2 _{OM}	
	14.80		345.00		2230	ORC4.1 _{OM}	ORC4 _{OM}
22.30		479.20		2228		ORC4.2 _{OM}	

بعد الانتهاء من إجراء تجارب الخلطة الثالثة والتي كانت بمحتوى اسمنت 250 kg ونسبة مياه تتراوح ما بين (45،50،55،60) % تبين الآتي:

4. نتائج العينات المتصلبة رقم (ORC1_{OM} ، ORC2_{OM}) والتي تحتويان كمية اسمنت 250 Kg ونسبة مياه (45،50) % مقبولة إلا أن مقدار هبوط الخلطين قليل جداً لا يتجاوز (3.5، 8) cm علي التوالي وبهذا الهبوط يكون تشغيل الخرسانة صعب جداً خاصة لخرسانة الميول.

5. الخلطة رقم (ORC3_{0M}) والمحتوية لنفس المواد الأولية ونسبة مياه 55% أظهرت النتائج ضعف قوة مقاومة انضغاطها وارتفاع قليل بالكثافة.

6. الخلطة رقم (ORC4_{0M}) اعتمدت كخلطة مرجعية بمحتوى اسمنت 250 Kg ونسبة مياه 60% للتحويل بالإضافة لان نتائج هذه الخلطة تعتبر مميزة ومقدار الهبوط 18 Cm ومقاومة الانضغاط 22.30 N/mm² لعمر 28 يوم

جدول (24) نتائج اختبارات الخلطة الرابعة للخرسانة الطرية المحورة بملدن.

اختبارات التشغيل		رقم الخلطة
الكثافة الرطبة Kg/Cm ³	مقدار الهبوط Cm	
2272	18.50	ORC _{1.1}
2293	13.50	ORC _{1.4}
2280	13.50	ORC _{1.7}
2261	16	ORC _{2.0}

جدول (25) اختبارات الخلطة الرابعة للخرسانة المتصلبة والمحورة بملدن بعد مرور 7، 28.

اختبارات العينة الجافة						رقم العينة	
قوة المقاومة Comp. stress N/mm2		أقصى حمل Max. Load KN		الكثافة الجافة g/Cm ³			
28	7	28	7	28	7		
زمن الاختبار						ORC ¹ _{1.1}	ORC _{1.1}
	14.80		376.6		2246		
23.70		534.40		2264			
زمن الاختبار						ORC ¹ _{1.4}	ORC _{1.4}
	16.70		451.0		2272		
29.10		655.00		2264			
زمن الاختبار						ORC ¹ _{1.7}	ORC _{1.7}
	20.70		431.0		2282		
28.40		639.10		2270			
زمن الاختبار						ORC ¹ _{2.0}	ORC _{2.0}
	19.70		390.0		2264		
27.30		614.90		2264			

من النتائج تبين التحسن في خواص أن الخلطة المرجعية بمحتوي اسمنت 250 kg ونسبة مياه 60% خاصة قوة مقاومة الانضغاط حيث بلغت 29.10 N/mm² عند نسبة ملدن 1.40 % لذلك اعتمدت الخلطة المميزة برقم (ORC_{1.4}) كخلطة مرجعية ليتم تحويلها بإضافة مسحوق المطاط.

جدول (26) اختبارات الخلطة المرجعية للخرسانة الطرية.

رقم الخلطة	اختبارات التشغيل	
	مقدار الهبوط Cm	الكثافة الرطبة Kg/Cm ³
05C ₀₀	12	2235
10C ₀₀	12	2218
15C ₀₀	12	2173
20C ₀₀	12	2177
25C ₀₀	12.50	2095

جدول (27) اختبارات الخلطة المرجعية للخرسانة المتصلبة بعد مرور 7، 28 يوم.

اختبارات العينة الجافة						رقم العينة	
قوة المقاومة Comp. stress N/mm2		أقصى حمل Max. Load KN		الكثافة الجافة g/Cm ³			
28	7	28	7	28	7		
	12.00		270.50		2289	05C ¹ ₀₀	05C ₀₀
19.90		447.50		2228		05C ² ₀₀	
	11.87		267.07		2195	10C ¹ ₀₀	10C ₀₀
17.80		399.70		2234		10C ² ₀₀	
	9.90		222.97		2153	15C ¹ ₀₀	15C ₀₀
15.70		352.50		2145		15C ² ₀₀	
	9.07		204.75		2153	20C ¹ ₀₀	20C ₀₀
11.60		260.80		2198		20C ² ₀₀	
	8.10		182.80		2072	25C ¹ ₀₀	25C ₀₀
13.40		320.8		2074		25C ² ₀₀	

من النتائج تبين أن الخلطة التي تحتوي مسحوق مطاط بنسبة 15% كبديل عن التربة الرملية (الرمل) هي الخلطة المناسبة للاعتماد كخلطة مرجعية للتحويل بملدن وذلك لعدة أسباب أهمها أن كمية المطاط للخلطة يعتبر متوسط حوالي (Kg/m³ 22.70)

جدول (28) اختبارات الخلطة الطرية المحورة بملدن وبمحتوى اسمنت 250Kg
و مسحوق مطاط بنسب (5، 10، 15، 20، 25) %.

اختبارات التشغيل		رقم الخلطة
الكثافة الرطبة Kg/Cm ³	مقدار الهبوط Cm	
2232	15	05C _{1.4}
2065	15.50	10C _{1.4}
2127	15.50	15C _{1.4}
2046	16	20C _{1.4}
2046	16	25C _{1.4}

جدول (29) اختبارات الخلطة المتصلبة المحورة بملدن وبمحتوى اسمنت 250 Kg
و مسحوق مطاط بنسب (5، 10، 15، 20، 5) %.

اختبارات العينة الجافة						رقم العينة	
قوة المقاومة Comp. stress N/mm2		أقصى حمل Max. Load KN		الكثافة الجافة g/Cm ³			
28	7	28	7	28	7	زمن الاختبار	
	15.33		345.00		2210	05C ¹ _{1.4}	05C _{1.4}
21.80		490.60		2216		05C ² ₀₀	
	11.30		354.00		2046	10C ¹ _{1.4}	10C _{1.4}
17.20		386.10		2086		10C ² _{1.4}	
	12.50		281.00		2116	15C ¹ _{1.4}	15C _{1.4}
18.80		422.80		2139		15C ² _{1.4}	
	9.97		224.00		2035	20C ¹ _{1.4}	20C _{1.4}
14.70		330.10		2062		20C ² _{1.4}	
	8.57		193.00		2040	25C ¹ _{1.4}	25C _{1.4}
13.00		293.10		2027		25C ² _{1.4}	

من دراسة نتائج إضافة الملدن بنسبة 1.4% للخلطات التي تحتوي علي مسحوق مطاط بنسب المختلفة اتضح أن الخلطة رقم (15C_{1.4}) هي المناسبة للاعتماد كخلطة مرجعية للتحوير بمسحوق مطاط متدرج .

جدول (30) اختبارات الخلطة الطرية بمحتوى اسمنت 250Kg
ومسحوق مطاط بتدرج مختلف.

اختبارات التشغيل		رقم الخلطة	
الكثافة الرطبة Kg/Cm ³	مقدار الهبوط Cm		
2165	11.00	15C00	ناعم جدا
2196	13.00	15C00	ناعم
2204	14.00	15C00	متوسط
2208	14.50	15C00	كبير

جدول (31) اختبارات الخلطة المتصلبة بمحتوى اسمنت 250Kg
ومسحوق مطاط بتدرج مختلف بعمر 7، 28 يوم.

اختبارات العينة الجافة						رقم العينة		
قوة المقاومة Comp. stress N/mm2		أقصى حمل Max. Load KN		الكثافة الجافة g/Cm ³				
28	7	28	7	28	7			
						زمن الاختبار		
	11.60		249.43		2139	15C ¹ ₀₀	15C ₀₀	ناعم جدا
16.00		360.80		2136		15C ² ₀₀		
	12.10		277.00		2165	15C ¹ ₀₀	15C ₀₀	ناعم
18.30		377.10		2175		15C ² ₀₀		
	11.83		286.43		2168	15C ¹ ₀₀	15C ₀₀	متوسط
17.45		337.50		2160		15C ² ₀₀		
	12.90		285.5		2163	15C ¹ ₀₀	15C ₀₀	كبير
19.70		445.00		2167		15C ² ₀₀		

من نتائج إضافة مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة تبين أن خواص الخرسانة تتحسن كلما زاد حجم حبيبات المطاط

جدول (32) اختبارات الخلطة الطرية المحورة بملدن و بمحتوى اسمنت Kg250 ومسحوق مطاط بتدرج مختلف.

اختبارات التشغيل		رقم الخلطة	
الكثافة الرطبة Kg/Cm ³	مقدار الهبوط Cm		
2166	14.00	15C _{1.4}	ناعم جدا
2191	14.50	15C _{1.4}	ناعم
2206	15.50	15C _{1.4}	متوسط
2230	16.00	15C _{1.4}	كبير

جدول (33) اختبارات الخلطة المتصلبة المحورة بملدن وبمحتوى اسمنت kg 250 ومسحوق مطاط بتدرج مختلف.

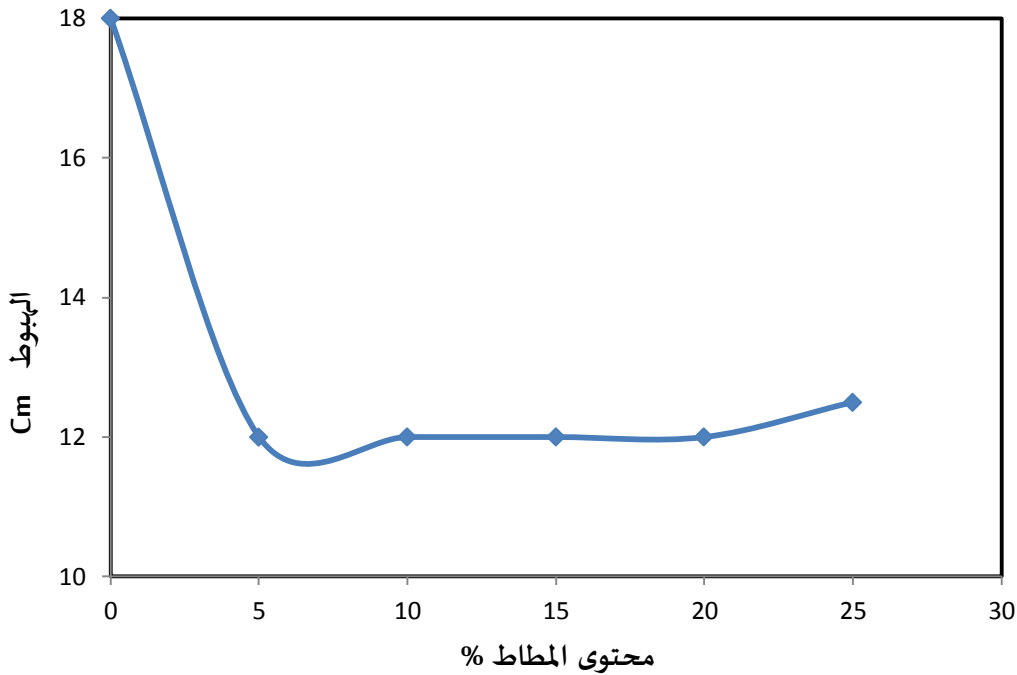
اختبارات العينة الجافة						رقم العينة		
قوة المقاومة Comp. stress KN/mm2		أقصى حمل Max. Load KN		الكثافة الجافة g/Cm ³				
28	7	28	7	28	7			
زمن الاختبار								
	11.60		260.43		2139	15C ¹ _{1.4}	15C _{1.4}	ناعم جدا
18.30		412.20		2151		15C ² _{1.4}		
	13.10		293.40		2181	15C ¹ _{1.4}	15C _{1.4}	ناعم
20.70		465.20		2187		15C ² _{1.4}		
	13.27		298.43		2183	15C ¹ _{1.4}	15C _{1.4}	متوسط
19.90		447.50		2187		15C ² _{1.4}		
	16.53		372.10		2195	15C ¹ _{1.4}	15C _{1.4}	كبير
23.30		525.00		2210		15C ² _{1.4}		

2.4 الهبوط

اختبار الهبوط Slump Test يجرى للخرسانة الطازجة لمعرفة قوامها وأخذ الاختبار كمقياس لقابلية التشغيل للخلطات الخرسانية حيث أضيف مسحوق المطاط للخرسانة كبديل عن التربة الرملية (الرمل) بنسب وزنيه مختلفة (5،10،15،20،25)% للخلطة المرجعية الخالية من الإضافات كما أضيف للخلطة المحورة بملدن نوع سيكا 5050 وسجلت قيم مقدار الهبوط لجميع الخلطات وتمت مقارنتها بالخلطة المرجعية الخالية من الإضافات وتحققت النتائج التالية:

1.2.4 تأثير نسبة مسحوق مطاط الإطارات علي مقدار الهبوط

من خلال ملاحظة مقدار هبوط الخلطات الخرسانية المبين بالجدول رقم (26) والشكل رقم (18) تبين أن الخلطات الخرسانية المحتوية على مسحوق المطاط يقل مقدار هبوطها بنسبة حوالي 33% مقارنة بالخلطة المرجعية الخالية من الإضافات وانخفاض مقدار الهبوط يزيد مع زيادة محتوى مسحوق المطاط للخلطة.



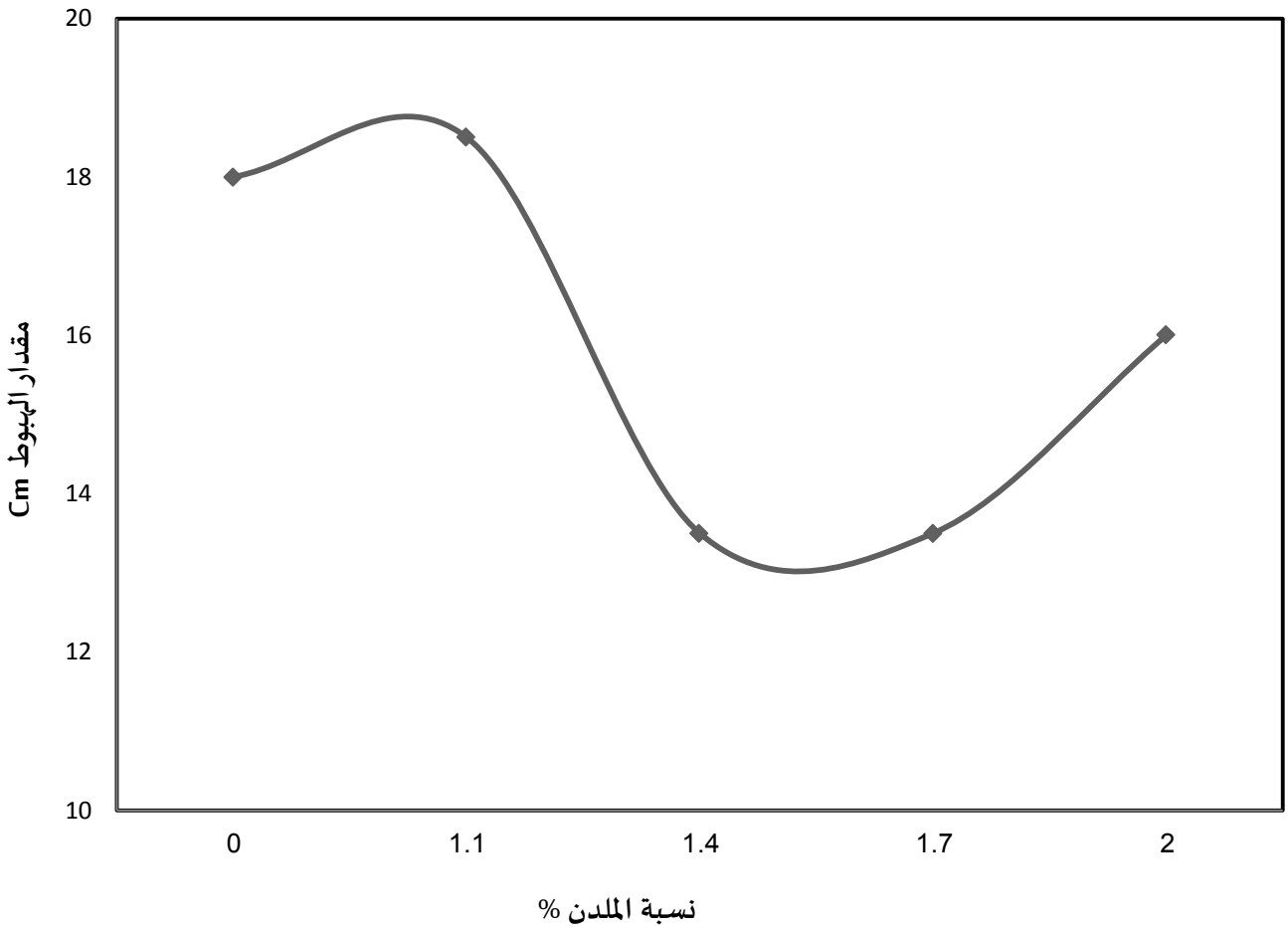
شكل (3)

وهذا يتوافق مع ما تحقق بدراسة أجراها (الخطيب & بيومي) حيث توصلوا إلي أن هناك انخفاض في الهبوط عند زيادة نسبة المطاط وأشاروا إلي أن عندما يكون محتوى المطاط 40% يكون الهبوط تقريبا صفر وبذلك تكون الخرسانة غير قابلة للتطبيق.

2.2.4 تأثير الملدن سيكا 5050 علي مقدار الهبوط

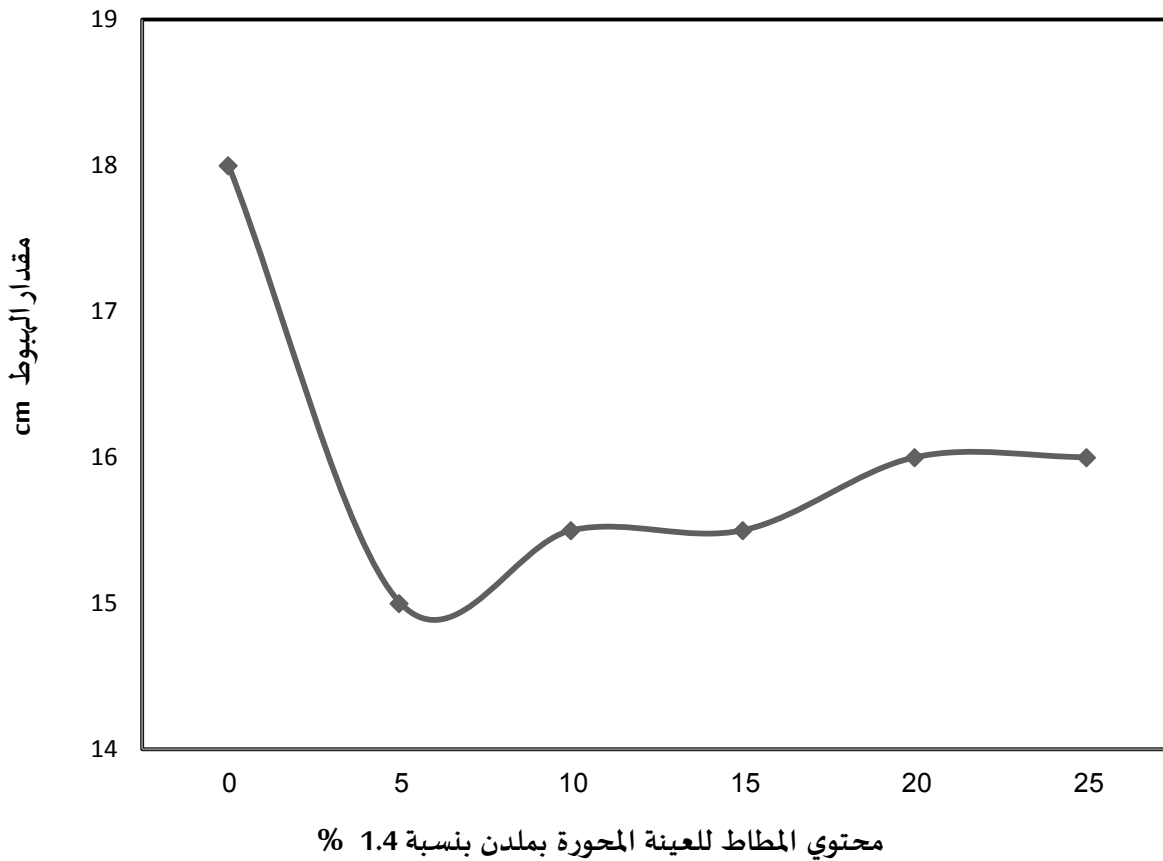
لتحسين خواص الخلطة الخرسانية والرفع من مستوى خواصها أضيف ملدن سيكا نوع 5050 بنسب (1.1،1.4،1.7،2.00) % للخلطة المرجعية الخالية من الإضافات وأيضا للخلطة التي تحتوي علي مسحوق مطاط بالنسب (5، 10، 15، 20، 25)% وبكميات وفق الجدول رقم (13) ونتائج الاختبارات بالجدول (24،25) لمقارنة مقدار الهبوط وتبين أن:

من الشكل رقم (19) تبين أن مقدار هبوط الخلطة الخرسانة المحورة بملدن سيكا بنسبة 1.10% ارتفعت عن مقدار هبوط الخلطة الخرسانة المرجعية الخالية من الإضافات. وحدث انخفاض لهبوط الخلطة الخرسانة المحورة بملدن بنسبة 1.40 % إلي اقل من قيمته للخلطة المرجعية الخالية من الإضافات ، وارتفعت قيمة الهبوط من جديد ولكن لم يصل إلي قيمة هبوط الخرسانة المرجعية الخالية من الإضافات.



3.2.4 تأثير مسحوق المطاط علي مقدار الهبوط للعيينة المحورة بملدن سيكا (5050) بنسبة 1.40 %

من دراسة النتائج تبين تحسن بعض خواص الخرسانة المحورة بملدن سيكا بنسبة 1.4 % لذلك تمت إضافة هذه النسبة للخلطات الخرسانية التي تحتوي علي المطاط بنسبه المختلفة (5، 10، 15، 20، 25) %، اتضح بالشكل (20) حدوث انخفاض لمقدار هبوط الخرسانة التي تحتوي نسب مطاط مختلفة ومحورة بملدن بنسبة 1.4% ونتج عن إضافة الملدن أن مقدار الهبوط لم يثبت في مستوى الانخفاض كما حدث بالخرسانة المحتوية علي مسحوق مطاط فقط بل إن مقدار الهبوط يرتفع بزيادة نسبة المطاط وهذا يحسن قابلية تشغيل الخرسانة.



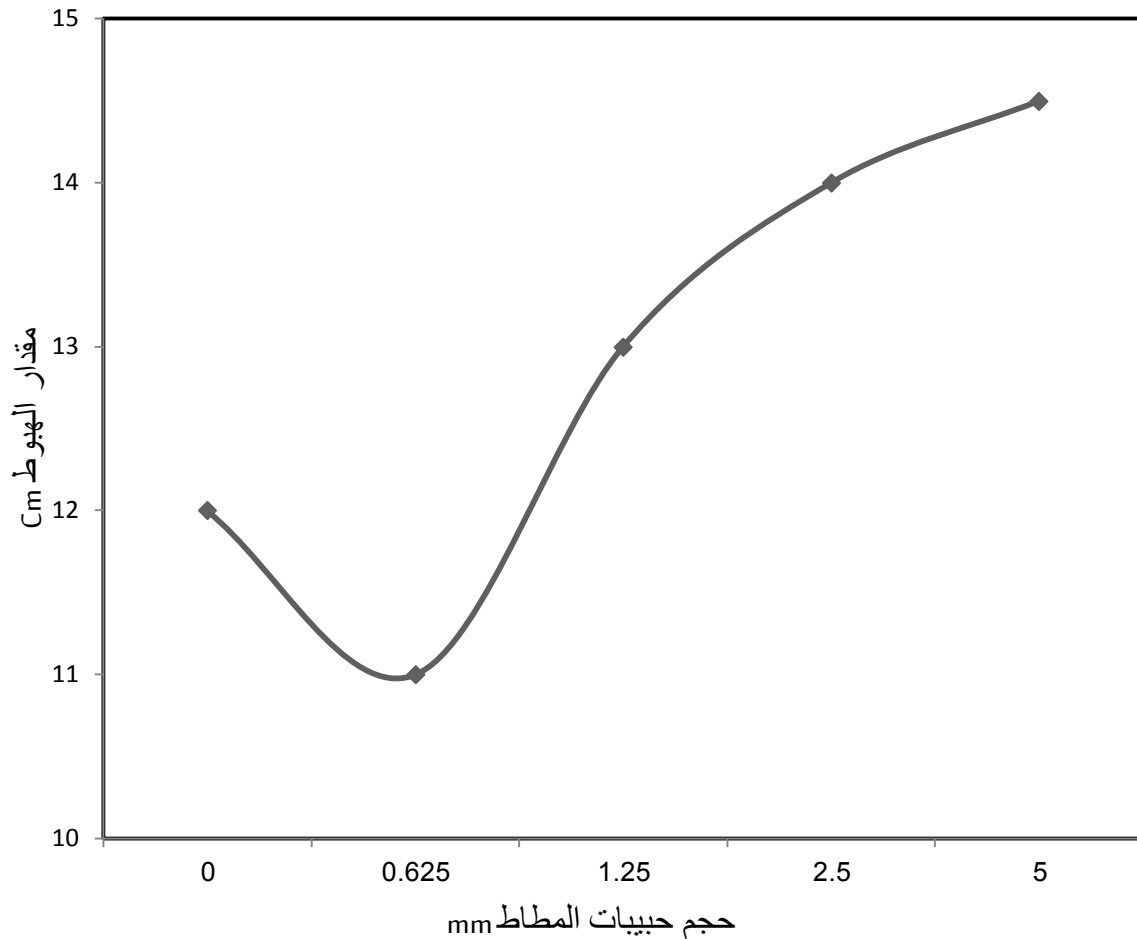
شكل (20) العلاقة بين نسبة مسحوق المطاط ومقدار الهبوط بـ cm للعيينة التي تحتوي علي ملدن سيكا (5050) بنسبة 1.40 %.

4.2.4 تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط علي مقدار الهبوط

من النتائج المبينة بالجداول رقم (26،27) اعتمدت الخلطة الخرسانية التي تحتوي علي مسحوق المطاط بنسبة 15 % ومن اجل التوصل لفاعلية ودراسة تأثير مسحوق مطاط الإطارات المستعملة

علي الخلطة الخرسانية تمت إضافته بالنسبة المذكورة بعد تصنيفه إلى أربع أحجام مختلفة وهي ناعم جدا و ناعم ومتوسط وكبير وأضيف للخلطة كمية من ملدن السيكا نوع 5050 بنسبة 1.40% وقياس الهبوط وكان علي النحو التالي:

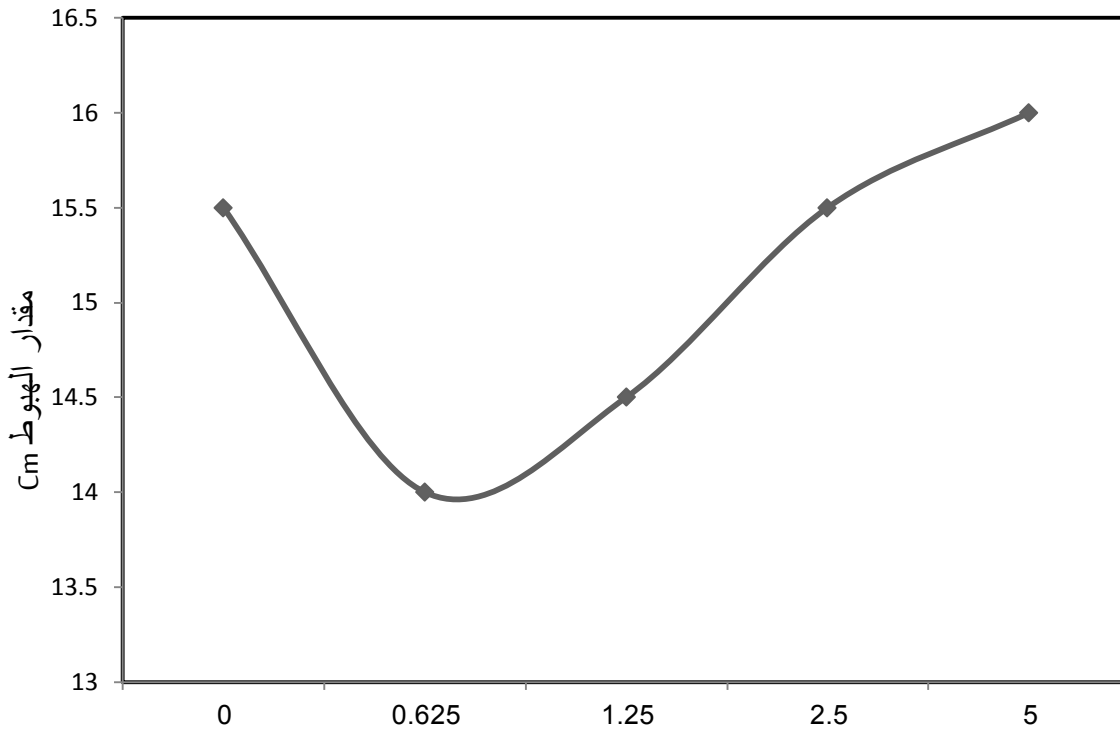
عند إضافة مطاط فقط انخفض مقدار الهبوط بالخلطات التي تحتوي مطاط بحجم حبيبات ناعمة جدا كما في الشكل رقم (21)، بعد ذلك تحسن مقدار قيمة الهبوط للخلطات المحتوية علي حجم حبيبات مطاط ناعمة ومتوسطة وكبيرة وارتفع إلي أن اجتاز مقدار قيمة هبوط الخلطة المرجعية الخالية من الإضافات وكان مقدار الزيادة واضحا ويقدر بنسبة حوالي 8% وتبين انه كلما زاد حجم حبيبات المطاط ارتفعت قيمة الهبوط وهذا يرجع إلي أن الحجم الكبير لحبيبات المطاط يسمح بتغلغل الهواء و الماء مما يجعل مقدار الهبوط يزيد وبالتالي تتحسن قابلية التشغيل للخرسانة.



شكل (21) العلاقة بين حجم حبيبات مسحوق المطاط و مقدار الهبوط ————— بوط ب — Cm للعينة.

5.2.4 تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط علي مقدار الهبوط للعينة المحورة بملدن سيكا (5050) بنسبة 1.40 %

مقدار قيمة الهبوط بالخلطات التي تحتوي علي مسحوق مطاط مختلف التدرج ومحورة بملدن السيكا نوع 5050، يحدث مقدار انخفاض لمقدار الهبوط عند حجم حبيبات المطاط الناعمة جدا والناعمة ، وتتساوى قيمة مقدار الهبوط للخلطة الذي تحتوي حجم حبيبات مطاط متوسطة مع مقدار الهبوط للخلطة المرجعية والذي تحتوي مسحوق مطاط بدون تدرج يرتفع الهبوط نوعا ما بالخلطات المحتوية علي حجم حبيبات كبيرة حتى يفوق قيمة هبوط الخلطة المرجعية .



حجم حبيبات المطاط بنسبة 15% للعينة المحورة بملدن بنسبة 1.4%

شكل (22) العلاقة بين حجم حبيبات مسحوق المطاط ومقدار الهبوط بـ Cm للعينة المحورة بملدن سيكا (5050) بنسبة 1.40 %.

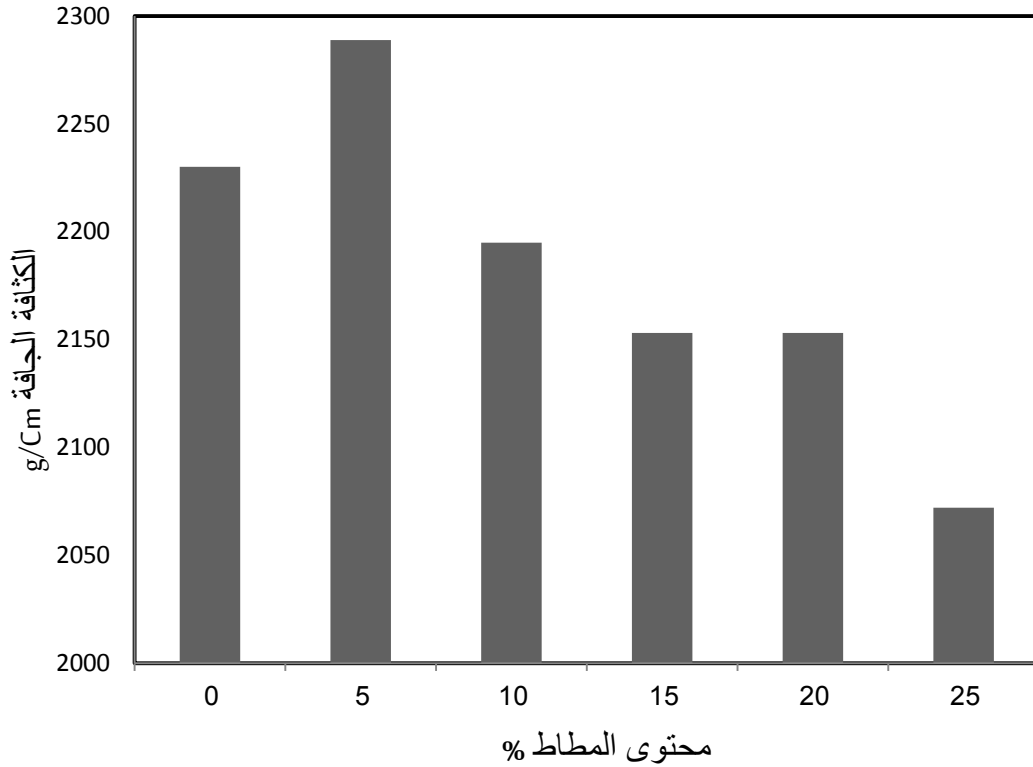
3.4 الكثافة

تم إجراء اختبارات الكثافة لجميع الخلطات الرطبة واتخذت الكثافة الجافة للعينات لدراساتها ومعرفة مدى تأثير مسحوق مطاط الإطارات المستعملة علي الكثافة، و الكثافة هي العامل الأساسي الذي له علاقة بوزن الخرسانة حيث خفت وزن الخرسانة تعتمد علي كثافتها فكلما انخفضت الكثافة قل الوزن ومسحوق المطاط يعتبر ركام خفيف الوزن وإضافته للخرسانة يخفف وزنها وقد حسبت الكثافة كما يآلي:

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الوزن } g}{\text{الحجم } Cm}$$

1.3.4 تأثير مسحوق مطاط الإطارات المستعملة علي الكثافة الجافة

من النتائج المدرجة بالجدول رقم (26) والشكل رقم (23) تبين أن الكثافة تزيد قيمتها عند نسبة مسحوق مطاط 5% وتقل مع إضافة باقي نسب مسحوق المطاط وهذا يجعل وزن العينة يقل.

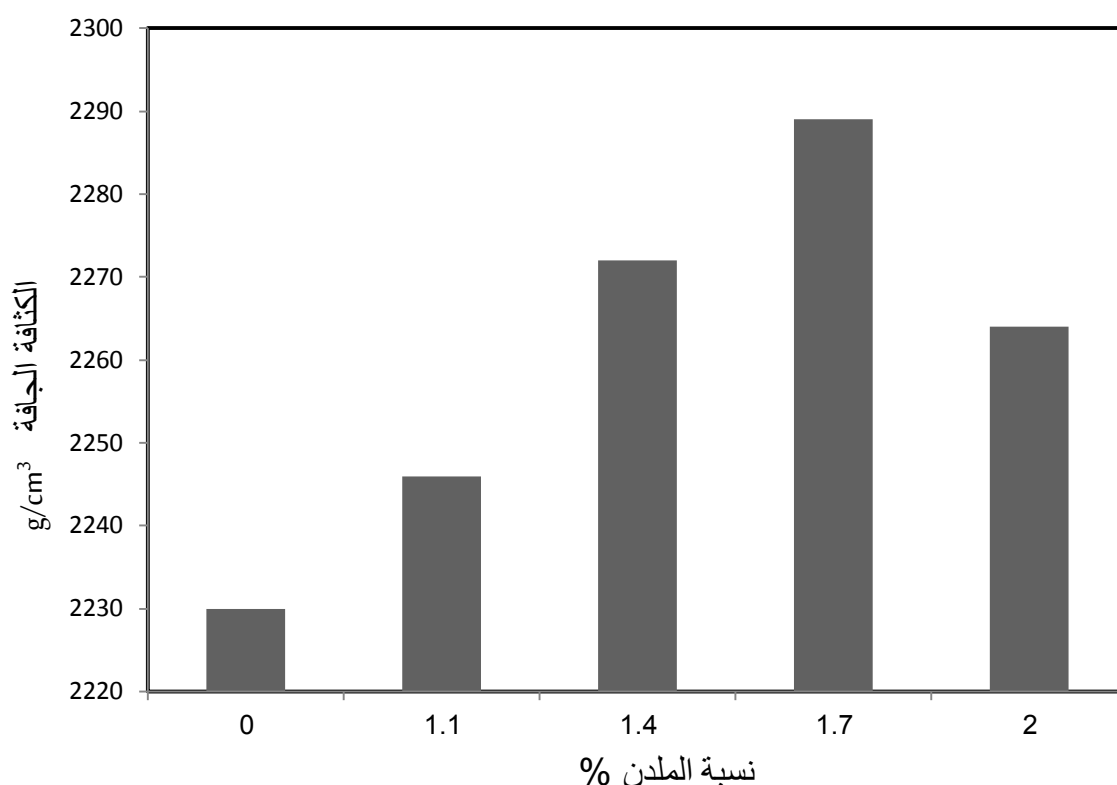


وهذا يتوافق مع دراسة (Emira & bajaba 2012) والذي أشارا فيها إلي أن مسحوق المطاط يعتبر ركام خفيف الوزن وإضافته لخرسانة الأرصفة يخفف وزنها.

الكثافة تقل بوجه عام باستبدال جزء من التربة الرملية (الرمل) بمسحوق المطاط، وقد وصلت نسبة الانخفاض إلي ما يقارب من 16-19 % عند استبدال الركام الناعم (الرمل) كاملا بمسحوق المطاط لان الوزن النوعي للمطاط اقل من الركام الناعم (الرمل).

2.3.4 تأثير إضافة الملدن سيكا 5050 علي الكثافة الجافة

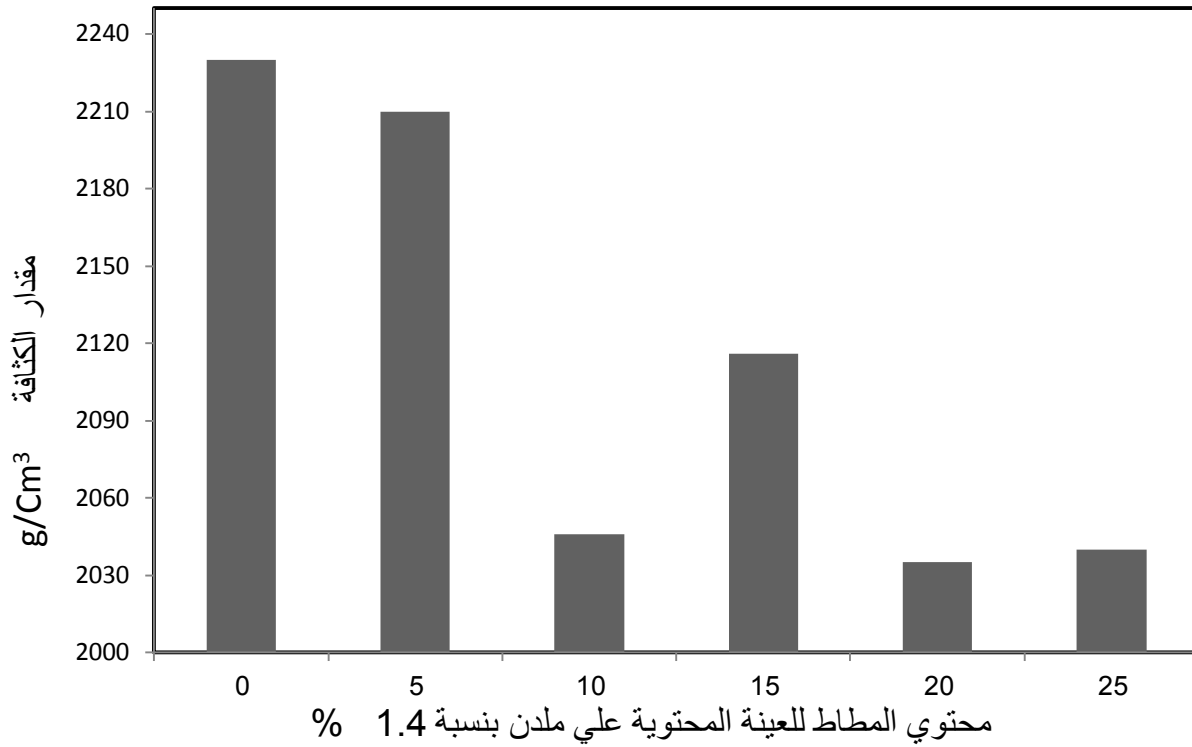
بإضافة الملدن للخلطة بنسب (1.1، 1.4، 1.7، 2.00) % بدأت قيمة الكثافة تزيد مع زيادة نسبة الملدن وحدث لها انخفاض عند نسبة ملدن 2% كما بالشكل رقم (24) وهذا يدل علي أن الملدن يقلل من الفراغات الهوائية للخرسانة.



شكل (24) العلاقة بين نسبة الملدن سيكا 5050 والكثافة الجافة بـ g/Cm^3 .

3.3.4 تأثير إضافة مسحوق المطاط للخلطة المحورة بملدن علي الكثافة الجافة للعينة

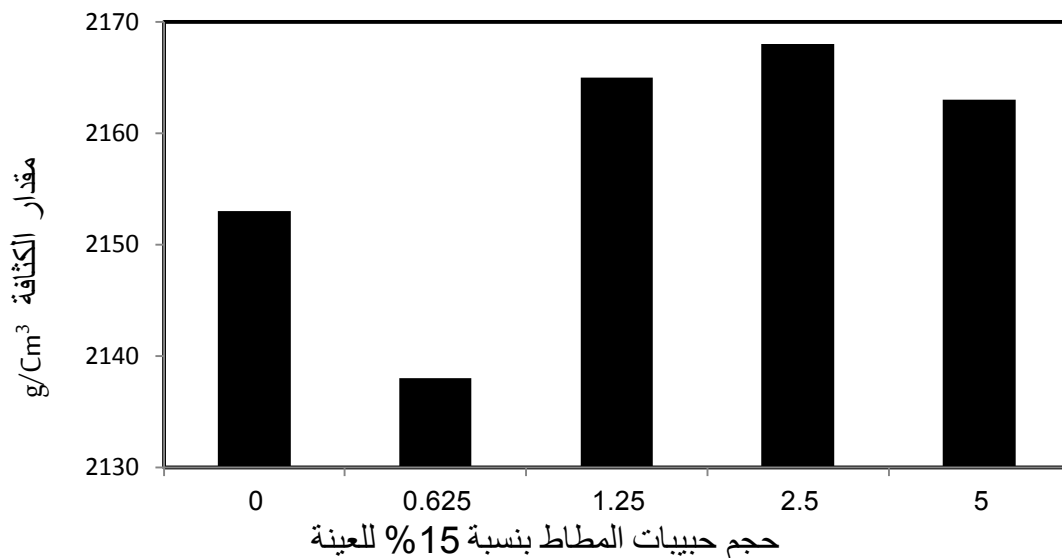
مع إضافة مسحوق المطاط بنسبه (5، 10، 15، 20، 25) % للخلطة المحورة بملدن نوع سيكا 5050 بنسبة 1.4 %، اتضح انخفاض للكثافة، عدا زيادة قليلة عند نسبة مسحوق مطاط 15% وهذا يجعل وزن الخلطة يقل إي الحصول علي خرسانة خفيفة والشكل (25) يبين ذلك.



شكل (25) العلاقة بين نسبة مسحوق المطاط والكثافة الجافة للعينة التي تحتوي علي ملدن سيكا (5050) بنسبة 1.40 %.

4.3.4 تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط علي الكثافة الجافة للخلطة الخالية من الإضافات

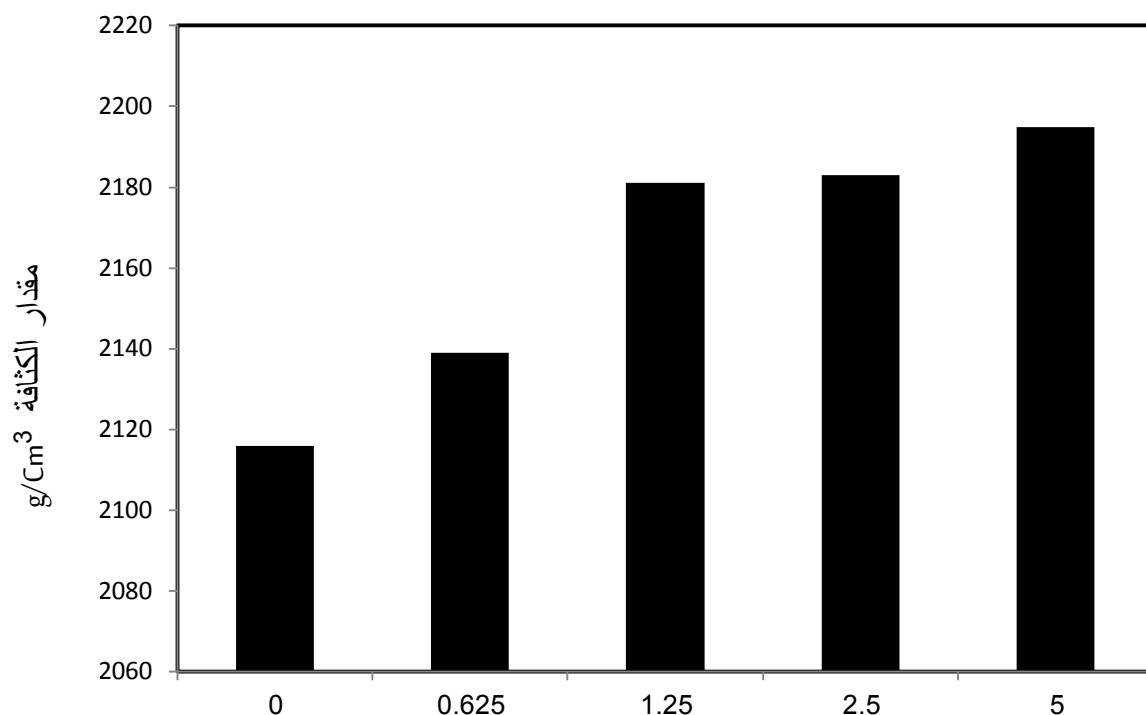
عند إضافة مسحوق المطاط بتدرج مختلف للخلطة بدون ملدن فان قيمة الكثافة انخفضت عند حجم حبيبات المطاط الناعمة جدا وبعد ذلك حدث ارتفاع للكثافة بشكل واضح وهذا يدل علي انه كلما صغرت حجم حبيبات المطاط قلت الكثافة أي قل الوزن.



شكل (26) العلاقة بين حجم حبيبات مسحوق المطاط ومقدار الكثافة الجافة بـ g/cm³ للعينة.

5.3.4 تأثير حجم حبيبات مسحوق المطاط علي الكثافة الجافة للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050

عند إضافة مسحوق المطاط بتدرج مختلف للخلطة المحورة بملدن فان قيمة الكثافة ارتفعت بشكل متوالي حيث تزيد قيمة الكثافة كلما كبر حجم حبيبات المطاط .



حجم حبيبات المطاط بنسبة 15% للعينة وملدن بنسبة 1.4%

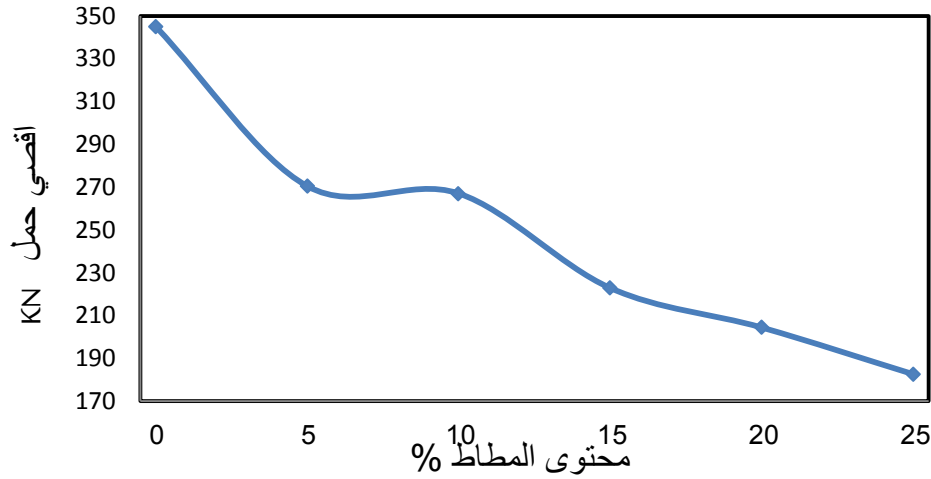
شكل (27) العلاقة بين حجم حبيبات مسحوق المطاط والكثافة الجافة بـ g/cm^3 للعينة التي تحتوي علي ملدن سيكا (5050) بنسبة 1.40%.

4.4 قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل

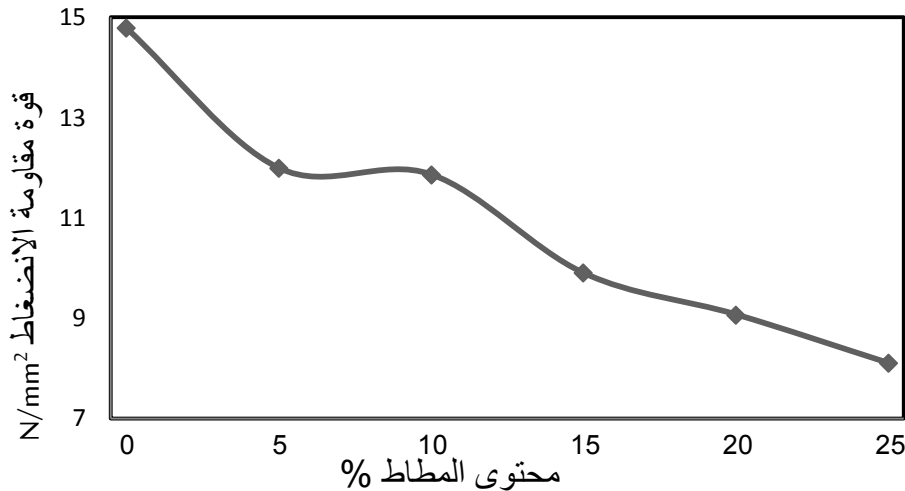
قوة مقاومة الانضغاط للخرسانة الإسمنتية تعتبر الدليل المهم للخرسانة وتستخدم كمؤشر لقياس قوة الخرسانة علي الرغم من أن الإجهاد الرئيسي للخرسانة يعتبر قابليتها للشد إلا أن اختبار قوة مقاومة الانضغاط هو الأكثر استخدام لقياس قوة الخرسانة الأسمنتية وقد تم اختبار قوة مقاومة الانضغاط للعينات بعمر (28،7 يوم) لجميع الخلطات الخرسانية لمعرفة قوة مقاومة الانضغاط وهي رطبة بعد إخراجها من ماء المعالجة باستخدام جهاز اختبار الانضغاط بتسليط قوة تحميل مباشرة على العينة وفق المواصفة البريطانية (BS 1881part 116) .

1.4.4 تأثير محتوى مسحوق المطاط علي قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة

بإضافة المطاط بنسب مختلفة (5، 10، 15، 20، 25 %) للخلطة حدث انخفاض لقوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل وازداد الانخفاض بزيادة نسبة كمية المطاط والأشكال (28،29) تبين ذلك.



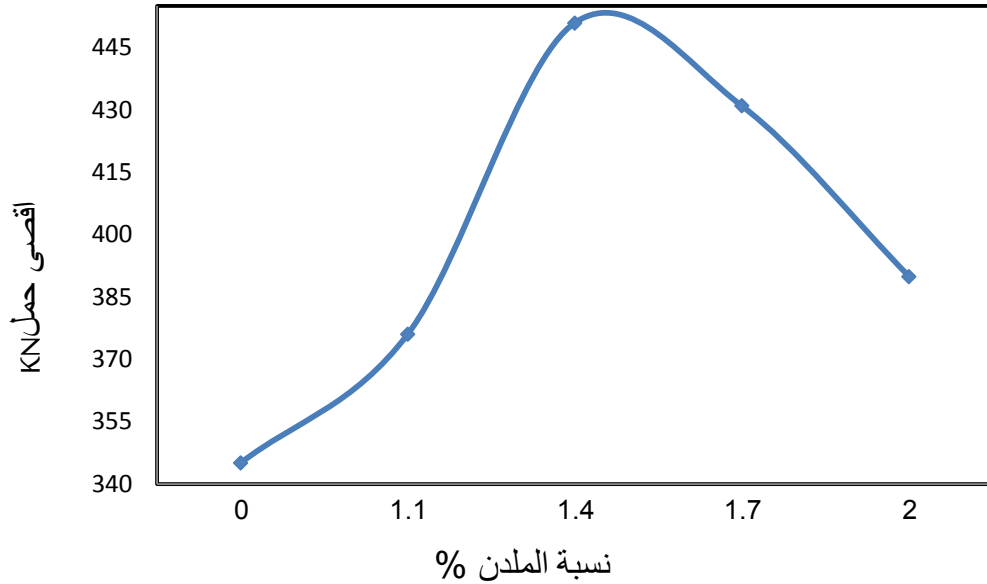
الشكل (28) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط وأقصى حمل بـ (KN).



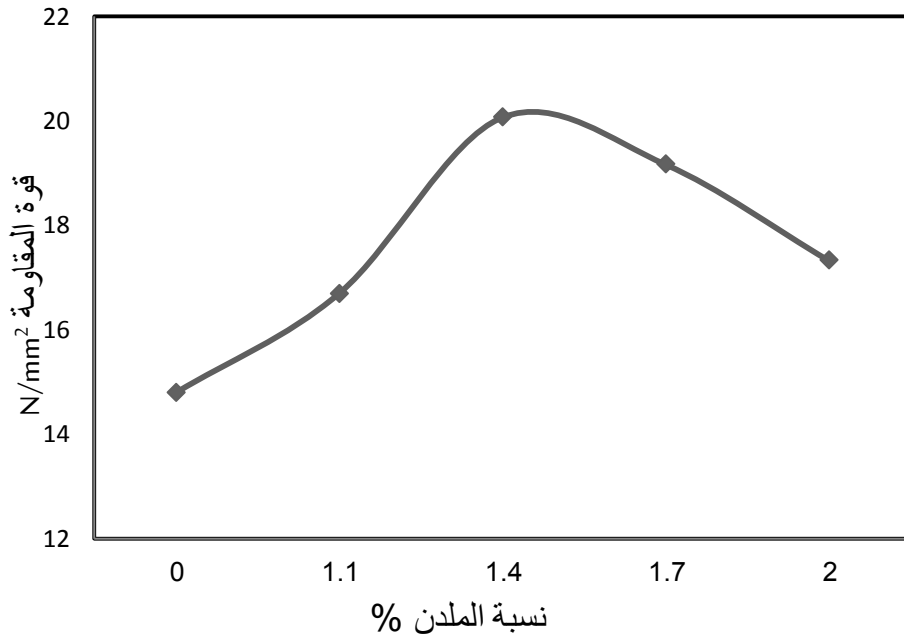
الشكل (29) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط وقوة المقاومة (N/mm^2).

2.4.4 تأثير إضافة الملدن سيكا 5050 علي قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة

أضيف ملدن نوع سيكا 5050 للخرسانة الإسمنتية الخالية من مسحوق المطاط و تحسنت قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل في البداية حتى سجلت أفضل قرأه عند نسبة ملدن 1.4% وبعدها ابتداء انخفاض قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل وهكذا يكون تأثير الملدن سلبي عند إضافة بنسبة تزيد عن 1.4% للخلطة.



الشكل (30) العلاقة بين نسبة الملدن وأقصى حمل (KN).

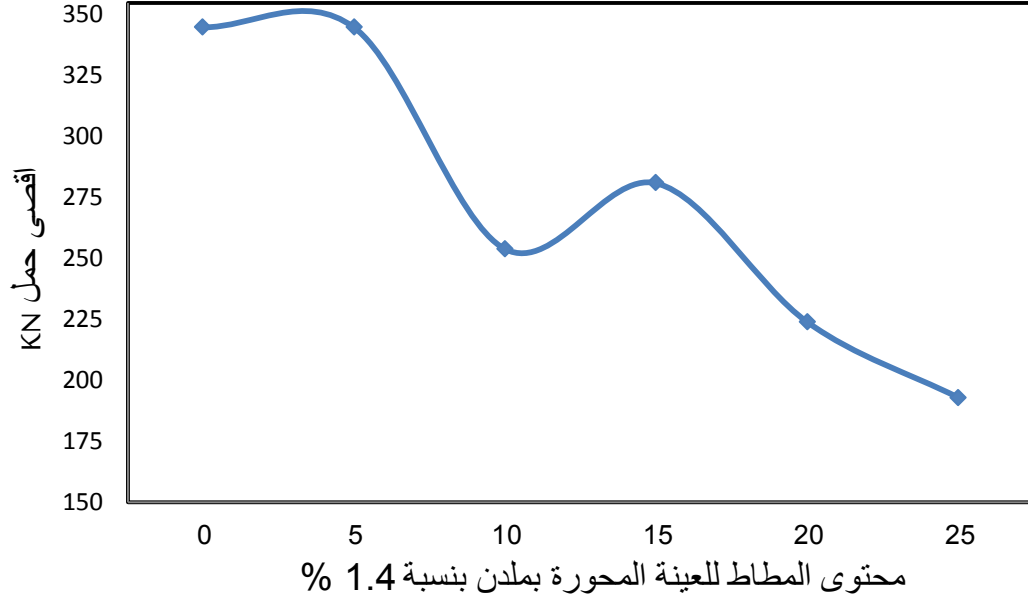


الشكل (31) العلاقة بين نسبة الملدن وقوة المقاومة (N/mm^2).

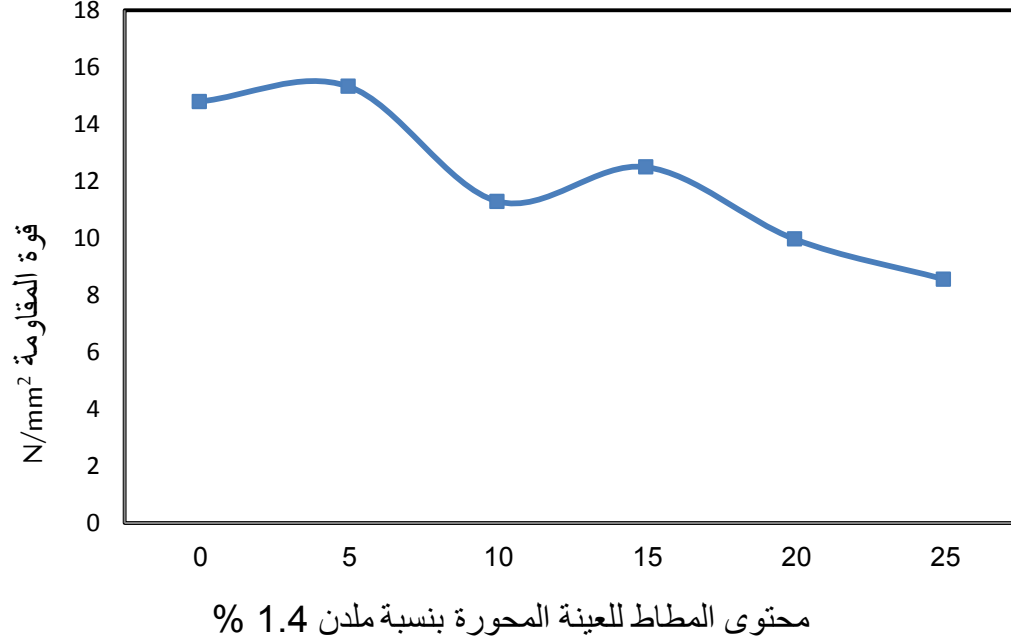
3.4.4 تأثير محتوى مسحوق المطاط علي قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل للخلطة

المحورة بملدن

أضيف الملدن بنسبة 1.4 % للخلطات المحتوية علي مطاط بنسب مختلفة (5، 10، 15، 20، 25) حدث انخفاض لقوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل وكانت نتائج اختبارات هذه الخلطة أفضل من الخلطات المحتوية علي مطاط فقط.



الشكل (32) العلاقة بين محتوى مسحوق للخلطة المحورة بملدن وأقصى حمل (KN).



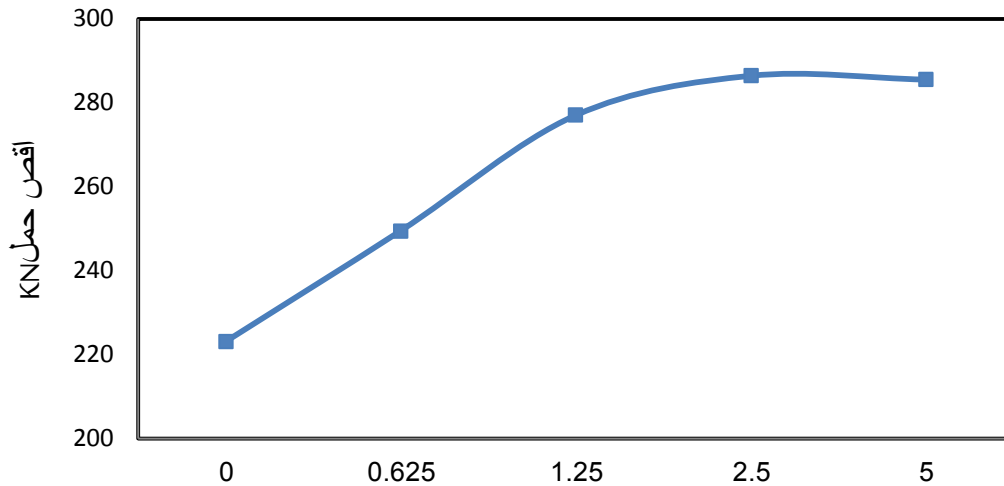
الشكل (33) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط للخلطة المحورة بملدن وقوة المقاومة (N/mm²).

4.4.4 تأثير محتوى مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة علي قوة مقاومة الانضغاط وأقصى

حمل للخلطة الخالية من الإضافات

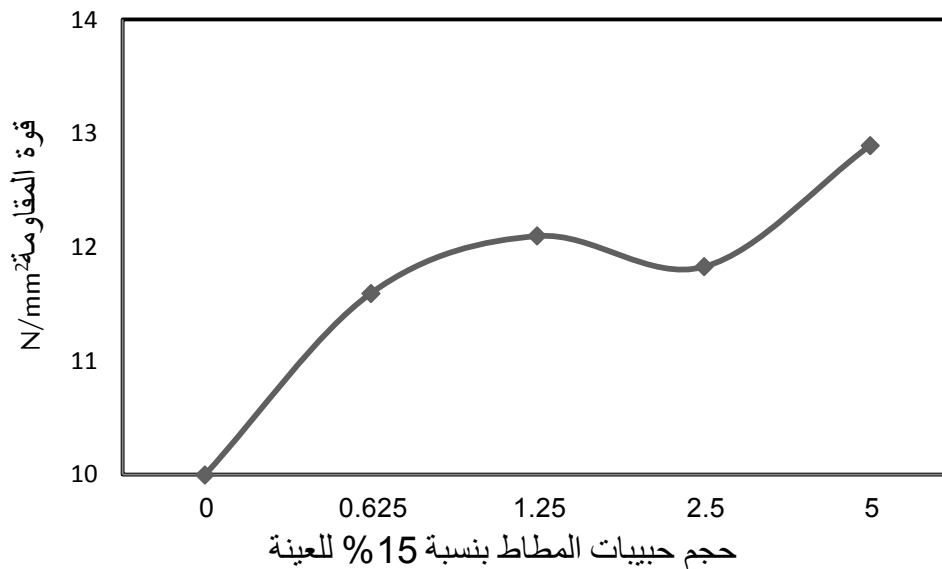
لدراسة تأثير مسحوق المطاط بشكل أكثر دقة تمت إضافته للخلطات بعد تصنيفه إلي إحجام مختلفة وهي ناعم جدا وناعم ومتوسط وكبير ونسبة 15% تبين الآتي:

a. عند إضافة مسحوق المطاط بتدرج مختلف اتضح التحسن وارتفاع قيمة قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل وكانت تزداد قيمتهما كلما كبر حجم المطاط



حجم حبيبات المطاط بنسبة 15% للعينة

الشكل (34) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة فقط وأقصى حمل (KN).

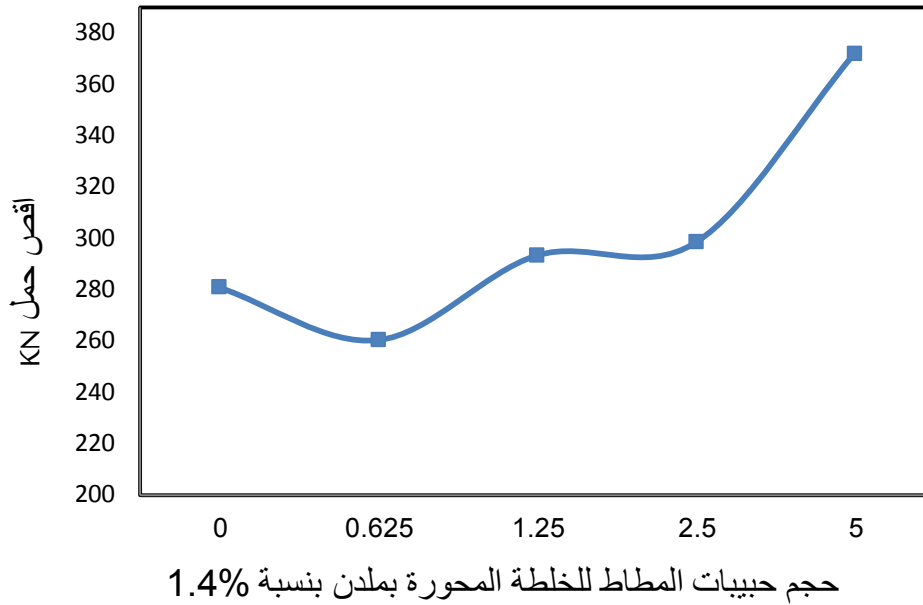


الشكل (35) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة فقط وقوة المقاومة (KN/mm²).

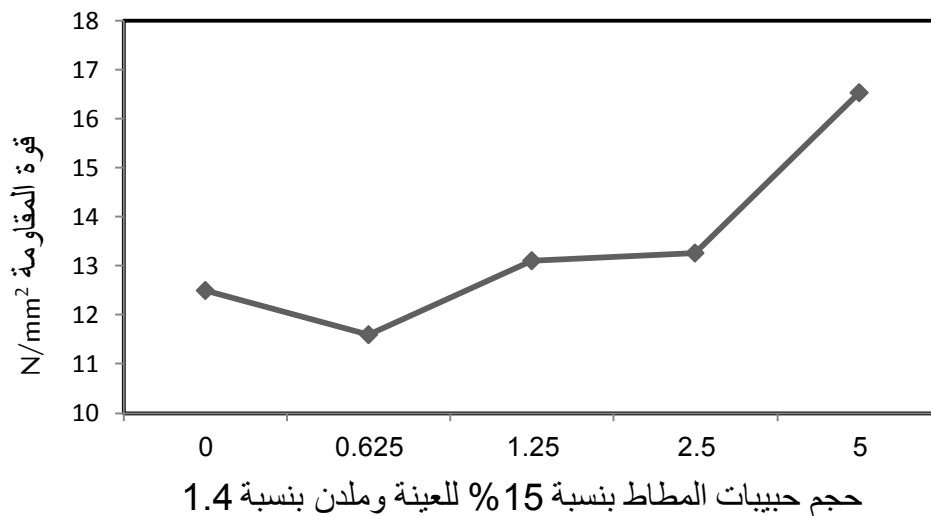
5.4.4 تأثير محتوى مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة علي قوة مقاومة الانضغاط وأقصى

حمل للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050

أضيف الملدن بنسبة 1.4 % للخلطات المحتوية علي مطاط بتدرجات مختلفة حدث انخفاض لقوة المقاومة وأقصى حمل عند التدرج الناعم جدا ثم حدث تحسن وارتفاع واضح في قيمة قوة مقاومة الانضغاط وأقصى حمل وكان هذا التحسن يزداد كلما كبر حجم حبيبات مسحوق حبيبات المطاط.



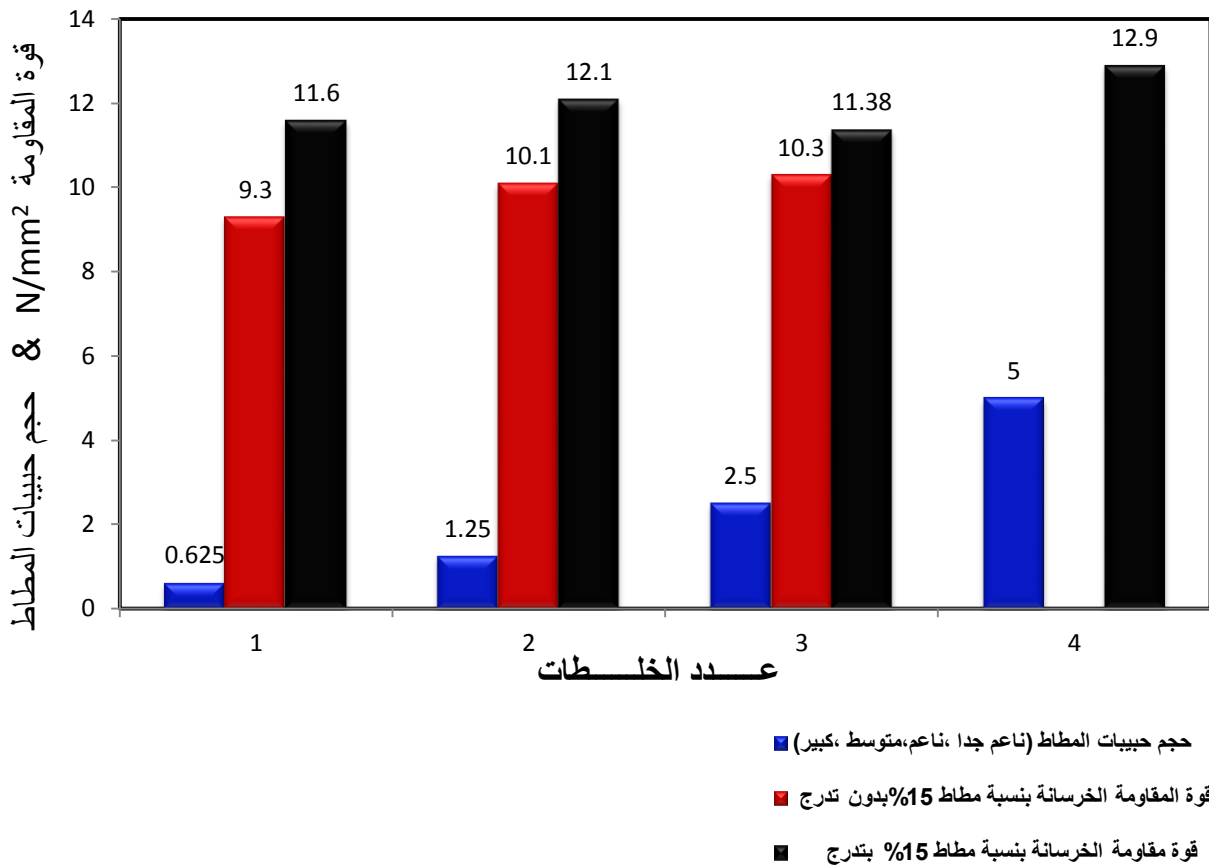
الشكل (36) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة للخلطة المحورة بملدن واقصى حمل (KN).



الشكل (37) العلاقة بين محتوى مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة للخلطة المحورة بملدن وقوة المقاومة (N/mm²).

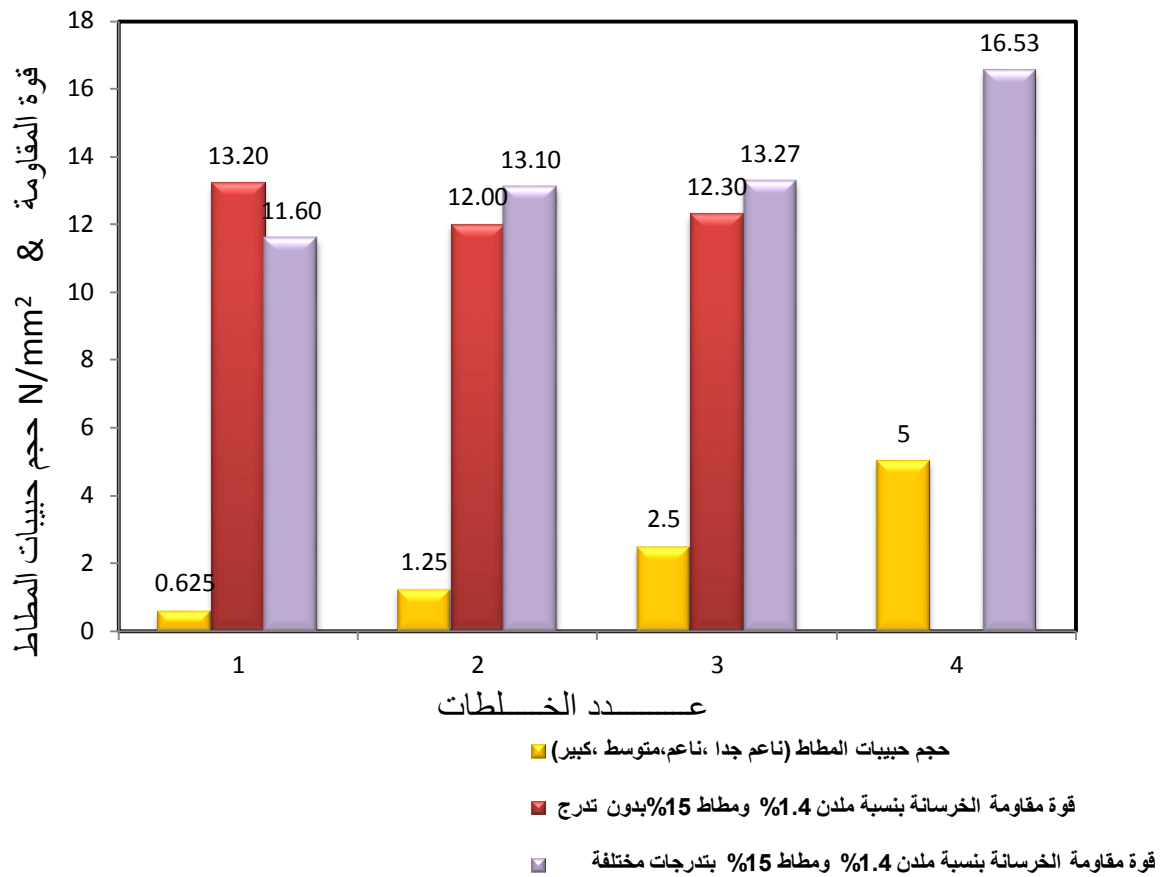
5.4 مقارنة بين إضافة مسحوق المطاط للخلطة بدون تصنيف وإضافته بعد تصنيفه بتدرجات مختلفة وهي (ناعم جدا و ناعم ومتوسط وكبير)

1.5.4 مقارنة تبين التغير في قوة مقاومة انضغاط الخرسانة عند إضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% من غير تصنيف للتدرج وبعد إضافته للخلطة مصنف بتدرج مختلف
 من الشكل رقم (38) يتبين أن الزيادة في مقدار قوة المقاومة ضئيل عند إضافة مسحوق المطاط بدون تصنيف لحجم الحبيبات وتتنضح زيادة قوة المقاومة كلما كبر حجم حبيبات المطاط حيث كانت اعلي قيمة لقوة مقاومة الانضغاط عند اكبر حجم لحبيبات المطاط.



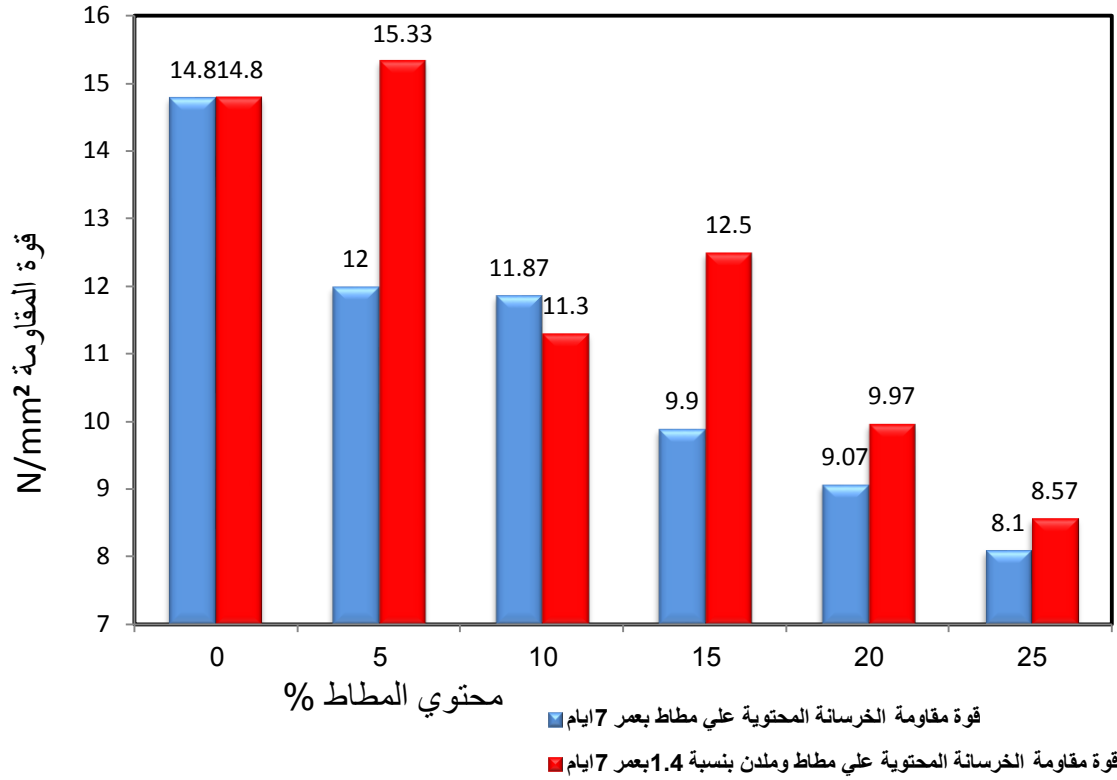
شكل (38) المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة عند إضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% المصنف بتدرج وبدون تصنيف للتدرج.

2.5.4 مقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة للخلطة المحورة بملدن سيكا 5050 بعد إضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% من غير تصنيف للتدرج وبعد إضافته للخلطة مصنف بتدرج مختلف
 من الشكل رقم (39) يتبين أن التغير في مقدار قوة المقاومة ضئيل عند إضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% بدون تصنيف لحجم الحبيبات للخلطة المحورة بملدن سيكا، وقوة المقاومة تزداد كلما كبر حجم حبيبات المطاط حيث كانت اعلي قيمة لقوة مقاومة الانضغاط عند اكبر حجم لحبيبات المطاط.

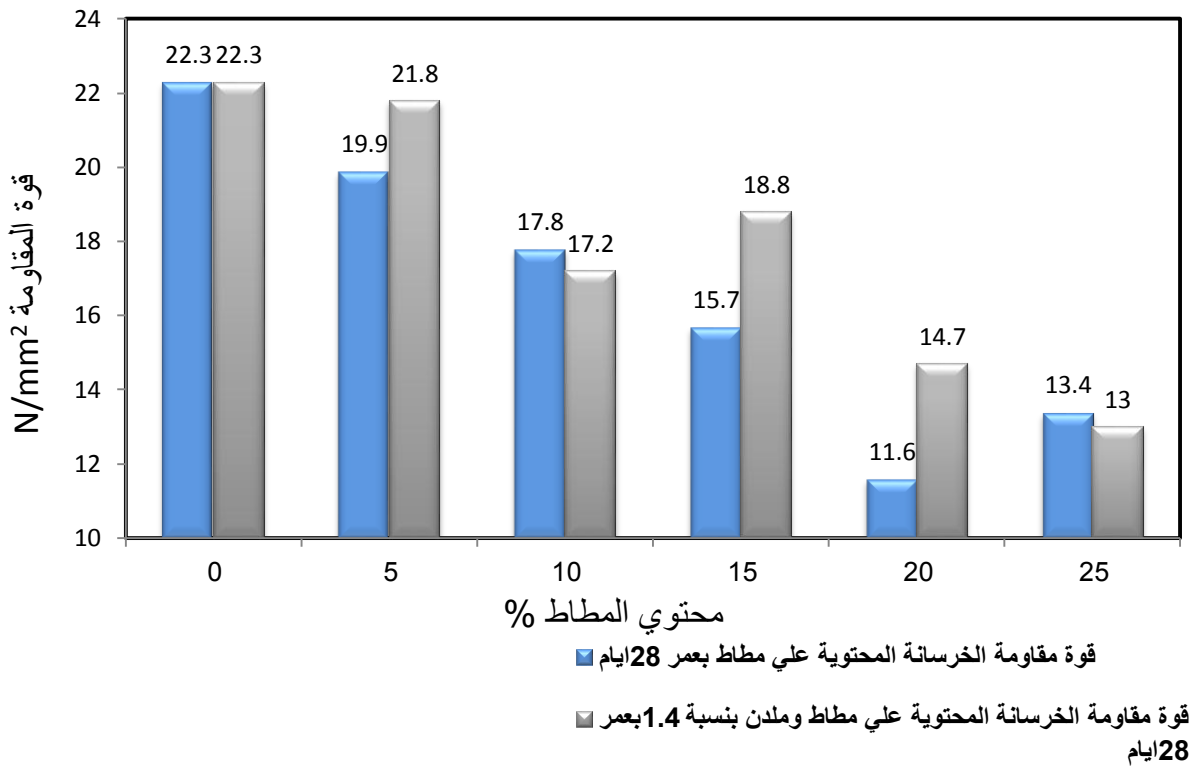


شكل (39) المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة للخلطة المحورة بملدن عند إضافة مسحوق المطاط بنسبة 15% المصنف بتدرج وبدون تصنيف للتدرج.

3.5.4 مقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط ومحورة بملدن سيكا بنسبة 1.4% بعمر 7، 28 يوم



شكل (40) يوضح المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط ومحورة بملدن سيبیکا بنسبة 1.4% بعمر 7 أيام.



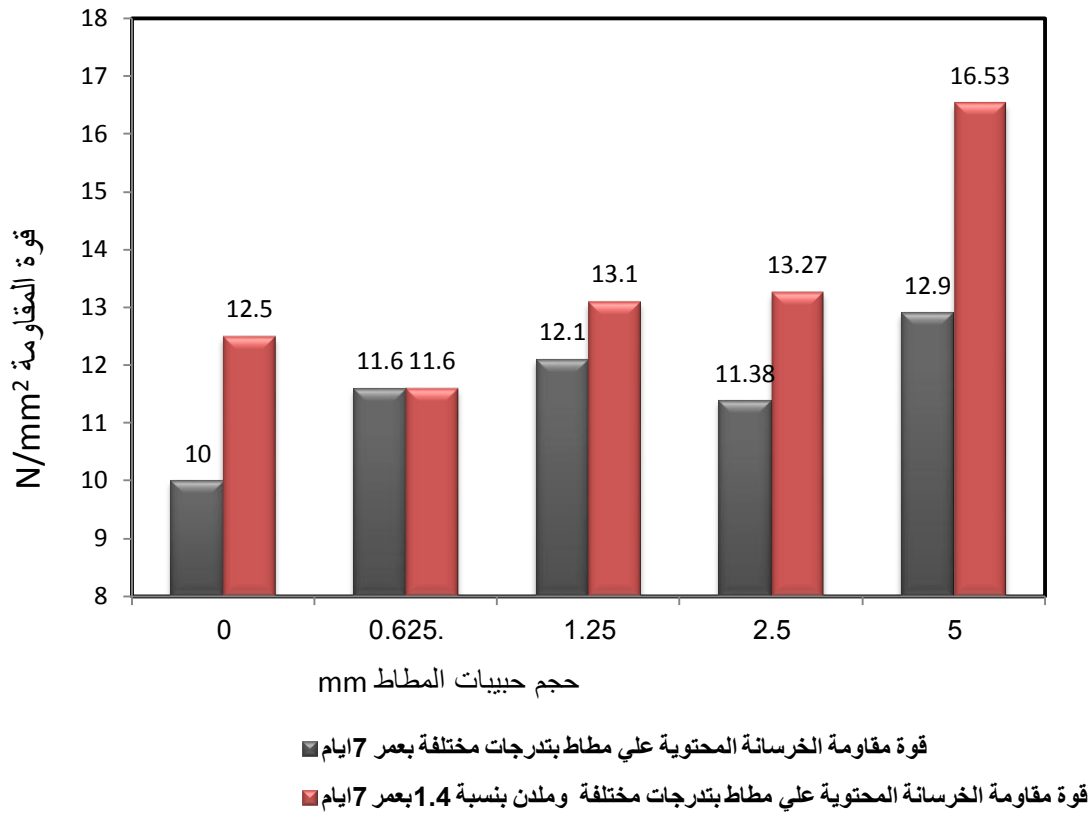
شكل (41) المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط وملدن بنسبة 1.4% بعمر 28 يوم.

4.5.4 مقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة بعمر 7، 28 يوم للخلطة المحتوية لمسحوق

المطاط المصنف بتدرج فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحورة بملدن سيكا 5050

والمحتوية لمسحوق المطاط الغير مصنف بتدرج

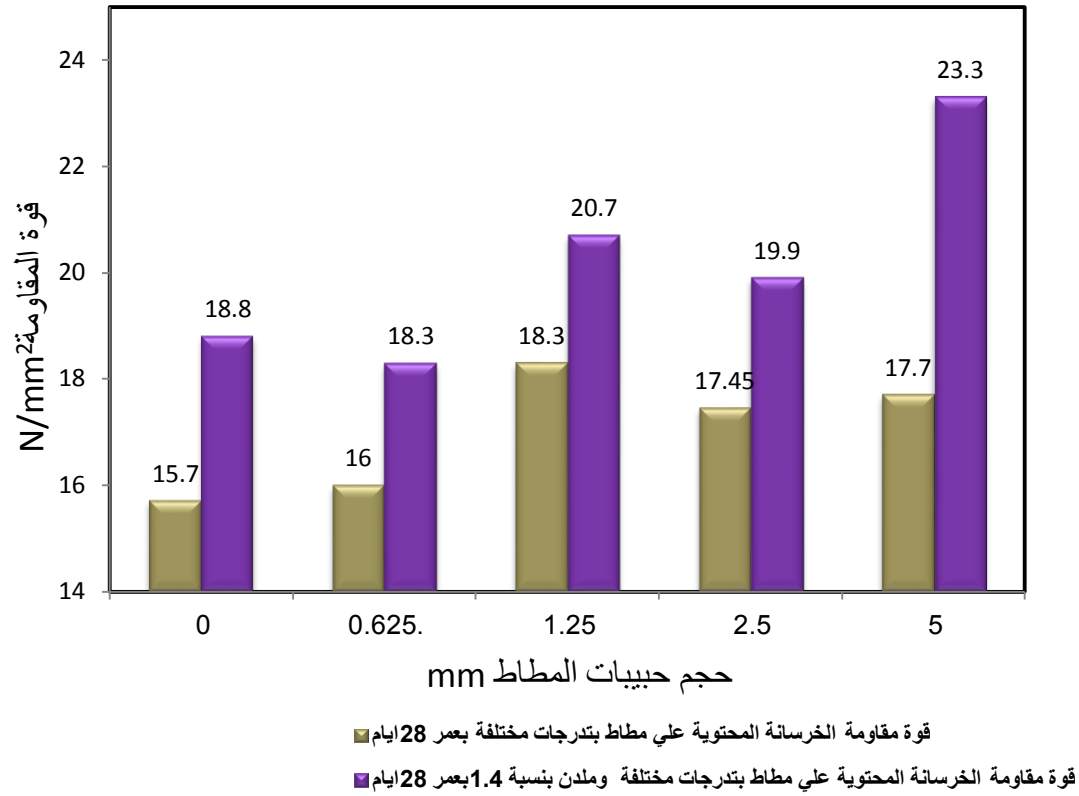
الشكل (42، 43) يبين أن مقدار قوة المقاومة يزيد للعمرين 7 و 28 يوم عند إضافة مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة للخلطة فقط وكذلك عند إضافة مسحوق المطاط بتدرجات مختلفة للخلطة المحورة بملدن إلا أن قوة المقاومة للخلطة المحتوية لمسحوق المطاط بتدرجات ومحورة بملدن أفضل كما اتضح أن قوة المقاومة تتساوى للخلطتين عند التدرج الناعم جدا.



شكل (42) المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية لمسحوق المطاط المصنف بتدرج

فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية لمسحوق المطاط بتدرج ومحورة بملدن بنسبة

1.4% بعمر 7 أيام.



شكل (43) المقارنة بين قوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط بتدرج فقط وقوة مقاومة انضغاط الخرسانة المحتوية مسحوق المطاط بتدرج وملدن بنسبة 1.4% بعمر 28 يوم.

6.4 الاستنتاجات

من خلال التجارب والنتائج تبين أن :

1. مقدار الهبوط ينخفض بزيادة نسبة المطاط مقارنة بالخلطة المرجعية الخالية من الإضافات.
2. كثافة الخرسانة تقل بزيادة نسبة المطاط وبذلك يقل الوزن وتصبح خرسانة خفيفة .
3. قوة مقاومة الانضغاط للخرسانة المطاطية تنخفض بزيادة نسبة المطاط وذلك لعدة أسباب مختلفة منها:.

1. الاختلاف بين معامل تمدد المطاط ومعامل تمدد الخرسانة حيث أن مستوي معامل تمدد المطاط عالي بشكل ملحوظ لذلك فإن مسحوق المطاط المتصلب لا يتحمل الحمل في نسيج الخرسانة.

2. ضعف الالتصاق لجزيئات المطاط ومعجون الاسمنت يؤديان إلي ضعف الانتقال بين الوجوه للخرسانة.

3. كمية التربة الرملية (الرمل) في الخلطة الخرسانية يلعب دورا مهما في قوة الخرسانة.

4. عدم التجانس في توزيع حبيبات مسحوق المطاط ينتج عنه ضعف في قوة الخرسانة الوزن النوعي للمطاط اقل من الوزن النوعي لباقي مواد مكونات الخرسانة، بالإضافة إلي أن استخدام الهزاز للخرسانة المطاطية أو رص الخرسانة المطاطية يجعل جزء من حبيبات المطاط تطفو علي سطح الخرسانة.

5. حبيبات مسحوق المطاط لها خاصية (Hydrophobic) أي أنها تصد الماء أولا تمتصه أثناء خلط الخرسانة هذه الخاصية تحصر الهوائية بالخرسانة المطاطية ، هذا يؤدي إلي زيادة محتوى فقاعات الهواء بالخلطة ونتيجة لارتفاع نسبة الهواء في الخلطة يؤدي إلي ضعف في الخرسانة.

6. ارتفاع تركيز نسبة مسحوق المطاط في الخلطة يؤدي إلي زيادة ترابط جزيئات المطاط مع بعضها وليس كما يحدث في ارتباط التربة الرملية (الرمل) مع باقي المواد المكونة للخرسانة.

7. تبين من الدراسة أن إضافة مسحوق المطاط المصنف بترج مختلف او بأحجام مختلفة من الحبيبات يحسن خواص الخرسانة خاصة قوة مقاومة الانضغاط.

7.4 التوصيات

- من خلال نتائج الدراسة والاطلاع على الدراسات السابقة بنفس الموضوع نوصي بما يلي.
1. يمكن استخدام الخرسانة المحتوية علي مسحوق مطاط الإطارات المستهلكة في الخرسانة العادية الخاصة بالمبول (الباتوتا) والأرصفة أو ممرات المشاة والأرضيات وبالإمكان تحسين قوة المقاومة بإضافة الملدن .
 2. عمل بحوث بإضافة نسب أخرى من مسحوق مطاط الإطارات المستهلكة وبأحجام مختلفة إلى الخرسانة كبديل عن الركام الخشن.
 3. إجراء اختبارات أخرى لم يتم إجرائها بهذه الدراسة مثل التوصيل الحراري والعزل الصوتي والشد.
 4. نظرا لتوفر مسحوق المطاط الناتج من الإطارات المستهلكة بالسوق المحلي وبأحجام مختلفة نوصي أن يؤخذ بعين الاعتبار في إضافات الخرسانة في بحوث مستقبلية.

المراجع :

أولا : المراجع العربية :

1. إبراهيم علي الدرويش و عبد الوهاب محمد عوض "تصميم الخلطات الخرسانية "دار الراتب الجامعية 1998 .
2. أحمد عثمان الفيثوري ، عبد الله مفتاح المجديب و محمود محمد أميمه "دراسة إضافة مزيج من ملدنين مختلفين وظيفيا لإنتاج خرسانة محلية ذات مواصفات خاصة " المركز المهني العالي لإعداد المدربين / مصراتة قسم هندسة العمارة والإنشاء - شعبة الهندسة المدنية 2007-2008
3. أحمد علي العريان و عبد الكريم محمد عطا "تكنولوجيا الخرسانة" عالم الكتب بالقاهرة - الجزء الثاني 1974 م.
4. أحمد فهمي عبد الرحمن و محمود حسين متولي "خواص وتصميم الخلطات الخرسانية " دار الراتب الجامعية 1998.
5. أسامة أباطة وسليم اشتية " استخدام الإطارات المطاطية العادمة في إنتاج باطون للأغراض غير الإنشائية " كلية الهندسة، جامعة ألاسكا، الشارقة، الإمارات 2009-2010.
6. إسماعيل نجيب "محاضرة بعنوان مواد الخرسانة واختباراتها" جامعة المنصورة قسم الهندسة المدنية سنة 2008 .
7. بشار عبد العزيز محمود و سعدون عبيد "تحسين مواصفات قير هيت كمادة تسطیح باستخدام مسحوق مطاط الإطارات المستهلكة "مجلة جامعة الانبار للعلوم الصرفة المجلد 3 ، العدد 3 - 2009.
8. تحسين علي حسين ، حسن هادي سليمان "تصميم قارن مطاط من خلال تدوير الإطارات " كلية التقنية قسم هندسة تقنية السيارات - مجلة القادسية للعلوم الهندسية ، المجلد 5 ، العدد 2 - 2012.
9. جلال بشير " الفحص الغير إتلافي "تكنولوجيا الخرسانة، الطبعة الأولى pp.477 دار التقني للطباعة والنشر /مؤسسة المعاهد الفنية ، بغداد، 1984.
10. حاوي خالد حسن "استخدام الرماد المتطاير كبديل جزئي عن الرمل علي خواص خرسانة الركام الخشن المعاد " مجلة جامعة بابل/ العلوم الهندسية المجلد 23 ، العدد 4 - 2012.
11. حاوي خالد حسن " استخدام ألياف الإطارات المستهلكة كركام خشن في إنتاج الخرسانة " مجلة جامعة بابل/ العلوم الهندسية ، المجلد 20 ، العدد 2 - 2012.
12. حاوي خالد حسن المعهد التقني بابل تأثير الملدن الفائق وحجر الكلس المضاف علي خواص الخرسانة الطرية والمتصلبة مجلة جامعة بابل / العلوم الهندسية ، المجلد 23 ، العدد 1 - 2015.

13. حويز، احمد نامق ومحمد حسين رسول "هندسة التبليط الإسفلتي" الجزء 4 ، الطبعة الثانية - 1990.
14. سرسم، جلال بشير "تكنولوجيا الخرسانة" مؤسسة المعاهد الفنية / بغداد (الطبعة الاولى) 1984.
15. سوسن عبد الكريم جهاد "دراسة بعض الخواص الهندسية للخرسانة الحاوية على الخبث" مجلة التقني، مجلد 25، عدد 1، ص 1 ، 2012.
16. صباح مصطفى حسن ، ميكانيكا السيارات والتطورات التكنولوجية الحديثة ، ج 1 ، ط 1 ، طبع وتصميم المطابع العسكرية ، بغداد ، 1983.
17. عبد القادر إسماعيل شيلان محمود حمه " بعض الخواص الميكانيكية للخرسانة البوليمرية ، المعززة بألياف الفضلات البلاستيكية" .
18. فائز عبد الله مرزا " تأثير استخدام غبار السيلكا على الخواص الميكانيكية للخرسانة المنتجة من الركام المعاد تدويره" المجلد 36 ، العدد 2 ، صفحة 83 - 95 دراسات العلوم الهندسية، 2009.
19. قصي الراوي " خواص الخرسانة خفيفة الوزن المصنعة من ركام البورسلينايت " أطروحة . ماجستير، جامعة بغداد 1995.
20. مازن طه حامد القطان، إيمان عبد الرحمن قاسم، حسان عصام محمود " استخدام مخلفات البناء في الخلطات الخرسانية." 28 - مجلة التقني، مجلد 25 ، عدد 3 ، ص 20، 2012 .
21. محمد حسان و سراج يوسف و مازن ناصر "دراسة تأثير إضافات عضوية ولا عضوية في الخواص الإشعاعية والميكانيكية لخرسانة التدريج الإشعاعي" قسم الوقاية والأمان / الجمهورية العربية السورية هيئة الطاقة الذرية، 2011.
22. محمد حمزة حسين ، ندى مهدي فوزي و زين العابدين محمد رءوف " تطوير خرسانة خفيفة الوزن عازلة للحرارة" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 28 ، العدد 13، 2010 .
23. محمود إمام "الخرسانة الخواص - الجودة - الاختبارات" جامعة المنصورة قسم الهندسة الإنشائية دار الكتاب، 2804، 2002.
24. مؤتمر الأطراف في اتفاقية بازل بشأن التحكم في نقل النفايات الخطرة والتخلص منها عبر الحدود الاجتماع العاشر مسائل متصلة بتنفيذ الاتفاقية "المسائل العلمية والتقنية: المبادئ التوجيهية التقنية" كارتاخينا، كولومبيا، 17 - 21 البند 3 (ب) '1' من جدول الأعمال ، تشرين الأول/أكتوبر 2011 .

ثانيا : المراجع الانجليزية :

1. Allen, F, "Crumb Rubber Concrete Precast of the Future," Precast Solutions, vol.3, no. 4, pp. 26–27, 2004.
2. Asaad , M.C , Mechanics of Cord – Rubber composite material, in " The pneumatic tyre" national high way and traffic safety administration, PP 105-185, 2006.
3. ASTM, Annual Book of ASTM Standards. Vol. 2.0, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2002.
4. ASTM C143-71,1978-1979, "Slump of hydraulic cement concrete" Amercan Society for Testing and Materials Vol . 14 -02.
5. ASTM CI92-88., "Standard practice for making and curing test specimens in the laboratory," Annual Book of ASTM Standard, Philadephia,. 04-02. pp.112-118, 1988.
6. Austroad, Guide to pavement technology: Part 4C Austroads,2009.
7. Baker, Thomas E. Evaluation of use Of scrap tires in transportation related applications in the state of Washington, report to the legislature as required by SHB2308, Washington state department of transportation, 2003 .
8. Bing Chen and Juanyu Liu" Properties of lightweight expanded polystyrene concrete reinforced with steel fiber", Cement and Concrete Research ,Volume 34, Issue, pp 1259-1263,7, July 2004.
9. DiChristina, M., Mired in tires. (Junk tires) Popular science, v245n4 pp 62(4), Oct.1994.
10. Emira, N & Bajaba, N "The Effect of Rubber Crumbs Addition on Some Mechanical Properties of Concrete Composites," International Journal of Mechanic Systems Engineering, no. 2, pp. 53–58, 2012.
11. British Standard Institute BSI , "B.S. 12, part 2. Portland Cement" . British Standards Institution, 1971.
12. British Standards Institute" Method for determination of compressive strength of concrete cubes " , B. S. 1881, Part 116,1989.
13. British Standards Institute, " Method for determination of density of hardened concrete" B.S.1881: part 114: ,1983.

14. Eldin, N.N. and Senouci, A.B., "Rubber-tire particles as concrete aggregates,"
Journal of Materials in Civil Engineering, ASCE, Vol. 5, No. 4, pp. 478- 496,
1993.
15. Humphry, D.N., Sanford, T.C., Cribbs, M.M. and Manion, W.P., Shear stress and
compressibility of tire chips for use as retaining wall backfill. R transportation
research record 1422, Washington, D.C., 29-35, 1993.
16. Iman Mohammadi " Investigation on the Use of Crumb Rubber Concrete
(CRC) for Rigid Pavements" University of Technology Sydney School of Civil
and environmental engineering Centre for Built Infrastructure Research Thesis
submitted for fulfilment of requirements for the degree of Master of Engineering
June 2014.
17. Iraqi standard specification,"Water used in concrete," No(1703).1992 .
18. John, A & Kardos, AJ "Beneficial use of crumb rubber in concrete mixtures,"
University of Colorado, Denver, pp. 1–209,2011.
19. Kaloush, K, Way, G & Zhu, H "Properties of Crumb Rubber Concrete,"
Transportation Research Record, vol. 1914, no. 1, pp. 8–14, 2005.
20. Khatib, Z.K. and Bayomy, F.M., "Rubberized portland cement concrete," Journal
of Materials in Civil Engineering, pp. 206-213, 1999 .
21. Khorrami, M, Vafai, A, Khalilitabas, A, Desai, CS & Ardakani, M
"Experimental Investigation on Mechanical Characteristics and Environmental
Effects on Rubber Concrete," International Journal of Concrete Structures and
Materials, vol. 4, no,2010.
22. LAhmaruzzaman, M. A"Review on the utilization of fly ash". Prog Energy
Combust Sci 2010;36:327–63, 2010.
23. Maura , G., "Light weight concrete made with expanded substituted polystyrene
", IL Cemento (Rome), Vol.75,part 1, pp.21-29, 1978.
24. Neville, A & Brooks, JJ, Concrete technology, 2010

25. Nikhil Ramchandra Pardeshi¹, Digvijay P. Singh², Sakshi Ramesh Patil³, Pravin J. Gorde⁴, Prachity P. Janrao⁵ International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) e-ISSN: 2395 -0056 Volume: 04 Issue: 01 | Jan -2017.
26. Parkash VenKataraman, effect of nitrogen on rolling resistance and vehicle fuel economy, Msc thesis, Clemson University, 2007.
27. Parton, G.M. and shendy-EL- Barbary, M.E. " Poly styrene –bead concrete properties and mix design ", Journal Of Cement Composite And Light weight Concrete, Vol.4, No.3, Aug. pp.153-161,1982.
28. Paul T. Williams, High Value Products from Scrap , Department Fuel and Energy the university of Leeds retrived from reporter leads .ac. uk /443/tyres.htm , Reporter 443, 22 November 1999.
29. Ramesh, K., Seshu, D.R. , and Prabhakar, M. ,”Constitutive behavior of confined fiber reinforced concrete under axial compression,” Cement and Concrete Composites J., No. 25, pp.343-350 , 2003.
30. Rathish Kumar P., Oshima T., Mikami Sh., and Yamazaki T.,” Ferrocement confinement of plain and reinforced concrete,” International Journal of Progress Structural Engineering Material, pp. 41–51, 2004.
31. Rangaraju, Prasad & Gadkar, S 'Durability Evaluation Of Crumb Rubber Addition Rate On Portland Cement Concrete, 2012.
32. Read, J., Dodson, T., and Thomas, J., “Experimental project – use of shredded tires for lightweight fill, Oregan Department of Transportation, Post Construction report for Project No. DTFH -71-90-501-OR-11, Salem, Oregon, 1991.
33. Rostami, H., Lepore, J., Silverstraim, T. and Zundi, I., “Use of recycled rubber tires in concete,” Proceedings, International Conference on Concrete, University of Dundee, UK, 1993, pp. 391-399,2000.
34. RTA R83, Joint Concrete Base Specification R83, accessed from <http://www.tams.act.gov.au/__data/assets/pdf_file/0007/398491/ACT_R083_E2,2010.
35. Shengxia, Chen, ZYZZ & Wei, S, “Impact of rubber powder on frost resistance of concrete in water and NaCl solution,” Journal of Southeast University (Natural Science Edition) , p. S2, accessed from , 2006.

36. Siddique, R & Naik, TR, "Properties of concrete containing scrap-tire rubber-an overview.," Waste Management vol. 24, no. 6, pp. 563–9, 2004.
37. Sgobba, S, Marano, GC, Borsa, M & Molfetta, M "Use of Rubber Particles from Recycled Tires as Concrete Aggregate for Engineering Applications," in 2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, 2010.
38. Tian, S, Zhang, T & Li, Y "Research on Modifier and Modified Process for Rubber-Particle Used in Rubberized Concrete for Road," Advanced Materials Research, vol. 243-249, pp. 4125–4130, 2011.
39. Yamakawa I., Kishtiani K., Fukushi I., Kuroha K. " Slump Control and Properties of Concrete with a New Superplasticizer. II. High strength in situ concrete work at Hicariga-Oka Housing project, RILEM Symposium on "Admixtures for Concrete. Improvement of Properties" ,Editor: E. Vasquez, Chapman & Hall, London, pp 94-105,1990.
40. Yazıcı, H "The effect of silica fume and high-volume Class C fly ash on mechanical properties, chloride penetration and freeze–thaw resistance of self-compacting concrete". Constr Build Mater ,2008.
41. Youcef Ghernouti, Bahia Rabehi, Brahim Safi and Rabah Chaid" USE OF RECYCLED PLASTIC BAG WASTE IN THE CONCRETE Journal of International Scientific Publications: Materials, Methods and Technologies Volume 8, ISSN 1314-7269 (Online), Published at: <http://www.scientific-publications.net> .