الباب الرابع
نتائج الدراسة والتعليق عليها

1.4: المقدمة

لدراسة اثر المضافات الملدنة المتفوقة على خواص الخرسانة تم اجراء العديد من التجارب المعملية ومناقشة نتائجها على قيم هبوط الخرسانة في مرحلة الخرسانة الطرية و على مقاومة انضغاط الخرسانة المتصلبة باستخدام طرق الاختبار الاتلافي (ماكنة الكسر) وطرق الاختبار غير الاتلافي (جهاز مطرقة شميدت وجهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية) و تحديد الخلطة الافضل في قيم مقاومة الانضغاط و التعرف على مدى تقارب نتائج الاختبارات لثلاث اجهزة و لجميع الخلطات .

2.4: اختبار الهبوط للخلطات

1.2.4 : قيم هبوط الخلطات الخرسانية

تم اجراء اختبار الهبوط للخرسانة الطرية لجميع الخلطات الخرسانية وكانت نتائج الاختبار كما موضح في الجدول (4-1)

الجدول (4-1) قيم الهبوط في الخلطات الخرسانية

No.of Mix	%SP	W/C	Slump mm
1	0	0.55	50
2	1	0.55	200
3	3	0.55	230
4	1	0.46	`140
5	3	0.38	70

2.2.4: مناقشة اختبار الهبوط

عند اضافة المضاف الملدن المتفوق (SP) مع ابقاء نفس نسبة الماء للاسمنت W/C بنسبة (0.55) فأن مقدار الهبوط للخلطة يتناسب طرديا مع نسبة المضاف الملدن المتفوق (SP) فبلغ عند الخلطة (1) مقدار الهبوط 50 مم عند عدم استخدام مضاف ملدن متفوق ، و بلغ الهبوط 200 مم للخلطة (2) عند اضافة الملدن المتفوق 1%، وبلغ الهبوط 230 مم للخلطة (3) عند اضافة الملدن المتفوق 3%. عند اضافة الملدن المتفوق 1% وتقليل نسبة الماء للاسمنت الى (0.46) أي بتقليل محتوى الماء 15% للخلطة (4) وصل مقدار الهبوط 140مم، وعند زيادة نسبة المضاف الملدن المتفوق 3% وتقليل نسبة الماء للاسمنت الى 0.38 أي بتقليل محتوى الماء30% للخلطة (5) انخفض مقدار الهبوط الى 70مم .

3.4 :اختبار مقاومة الانضغاط للخرسانة بجهاز الكسر

تم اجراء اختبارات الكسر Crushing Tests للمكعبات الخرسانية الممثلة لنماذج الخلطات الخرسانية (3,2,1) والتي كانت بنسب مضاف SP (3,1,0) % على التوالي مع ثبات نسب جميع مكونات الخلطة وبنسبة ماء للاسمنت (W/C) ثابتة وقيمتها (0.55) والـى الاعمار (91,56,28,7) يوما"، وتم ايضا اجراء اختبارات الكسر لمكعبات خرسانية للخلطة (4) والتي كانت بنسبة المضاف SP (1%) و تخفيض بنسبة ماء للاسمنت (W/C) الى (0.46) بعد تقيل محتوى الماء (15%)، و لمكعبات خرسانية للخلطة (5) والتي كانت بنسبة المضاف SP (3%) مع تخفيض نسبة ماء للاسمنت (W/C) الى (0.38) بعد تقليل محتوى الماء 30% والى اعمار (28,7) يوم ، و باستخدام ماكنة الكسر وكما مبينة في الشكل (3-8) . وتبين الجداول التالية نتائج اختبارات مقاومة انضغاط الخرسانة والتي تم حسابها من المعادلة (2-4-1).

1.3.4: نتائج الأختبارات لمقاومة الانضغاط لعمر 7 يوم

جدول(4-2) نتائج اختبارات المكعبات الخرسانية لعمر 7يوم

No.of Mix	%SP	W/C	No.of cube	Weight gm	Failure load P(kn)	Crushing strength Mpa	Average f_{cu} Mpa
1	0	0.55	1	8235	430	19.1	19.7
			2	8296	440	19.55	
			3	8250	460	20.44	
2	1	0.55	1	8395	540	24	23.1
			2	8375	500	22.2	
			3	8320	520	23.12	
3	3	0.55	1	8380	550	24.44	24.4
			2	8371	530	23.5	
			3	8350	565	25.34	
4	1	0.46	1	8350	865	38.45	37.64
			2	8365	825	36.67	
			3	3400	850	37.8	
5	3	0.38	1	8340	910	40.44	40.5
			2	8360	895	39.78	
			3	8355	930	41.33	

2.3.4 : نتائج الأختبارات لمقاومة الانضغاط لعمر 28 يوم

جدول (4–3) نتائج اختبارات المكعبات الخرسانية لعمر 28يوم

No.of Mix	%SP	W/C	No.of cube	Weight gm	Failure load P(kn)	Crushing strength Mpa	Average f_{cu} Mpa
1	0	0.55	4	8275	640	28.44	28.3
			5	8253	640	28.44	
			6	8290	630	28	
2	1	0.55	4	8350	690	30.67	30.6
			5	8370	675	30	
			6	8395	700	31.11	
3	3	0.55	4	8365	620	27.55	27.92
			5	8352	640	28.44	
			6	8255	625	27.78	
4	1	0.46	4	8650	955	42.44	43
			5	8610	965	42.89	
			6	8690	980	43.56	
5	3	0.38	4	8620	1050	46.67	48
			5	8695	1110	49.3	
			6	3675	1085	48.2	

3.2.4 : نتائج الأختبارات لمقاومة الانضغاط لعمر 56 يوم

جدول (4–4) نتائج اختبارات المكعبات الخرسانية لعمر 56 يوم

No.of Mix	%SP	W/C	No.of cube	Weight gm	Failure load P(kn)	Crushing strength Mpa	Average f_{cu} Mpa
1	0	0.55	7	8260	760	33.78	33.23
			8	8280	745	33.1	
			9	8265	740	82.89	
2	1	0.55	7	8295	780	34.67	35
			8	8280	790	35.1	
			9	8320	795	35.3	
3	3	0.55	7	8220	650	28.89	29.4
			8	8290	670	29.78	
			9	8275	665	29.55	

4.3.4 : نتائج الأختبارات لمقاومة الانضغاط لعمر 91 يوم

جدول(4–5) نتائج اختبارات المكعبات الخرسانية لعمر 91 يوم

No.of Mix	%SP	W/C	No.of cube	Weight gm	Failure load P(kn)	Crushing strength Mpa	Average f_{cu} Mpa
1	0	0.55	10	8325	790	35.1	35.03
			11	8250	790	35.1	
			12	8400	785	34.89	
2	1	0.55	10	8450	855	38	38.35
			11	8440	870	38.67	
			12	8470	865	38.4	
3	3	0.55	10	8350	690	30.67	31.63
			11	8400	730	32.44	
			12	8425	715	31.78	

5.3.4 : مناقشة نتائج مقاومة الانضغاط بالاختبار الاتلافي باستعمال جهاز الكسر

تم تجميع نتائج مقاومة الانضغاط باستعمال جهاز الكسر من الجداول المرقمة (4–2)،(4–3)،(4–4) و(4–5) وتلخيصها في جدول (4–6) للخلطات التي فيها نسبة ماء للاسمنت (w/c) ثابتة وقيمتها (0.55) ،وفي جدول (4–7) للخلطات التي فيها نسبة الماء للاسمنت (w/c) متغيرة.

الجدول (4-6) مقاومة الانضغاط بجهاز الكسر للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوق SP مع ثبات نسبة الماء للاسمنت(w/c) في 0.55

Age at day	Compressive strength f_{cu} MPa		
	No . of Mix		
	1	2	3
7	19.7	23.1	24.4
28	28.3	30.6	27.92
56	33.23	35	29.4
91	35.03	38.35	31.63

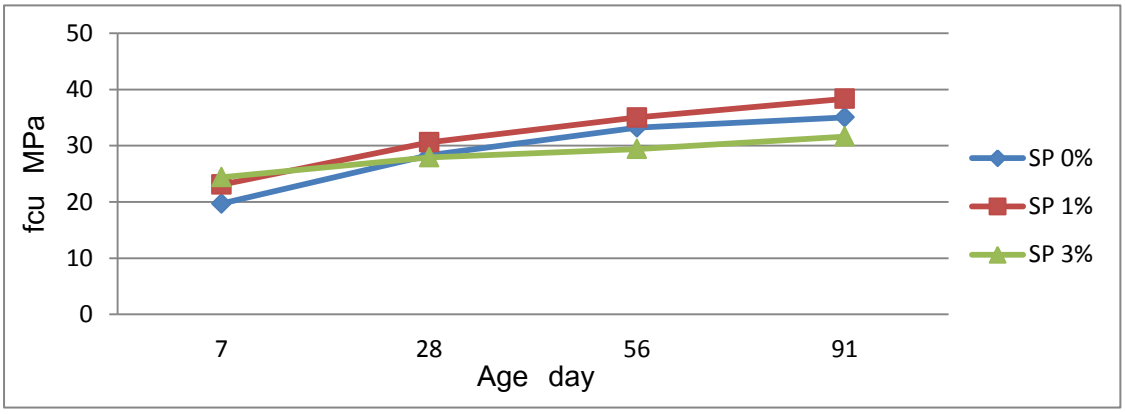
الجدول (4-7) قيم مقاومة الانضغاط بجهاز الكسرللخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوقSP مع تغيير نسبة الماء للاسمنت (w/c) والى اعمار مختلفة

Age at day	Compressive strength f_{cu} MPa		
	No . of Mix		
	1	4	5
7	19.7	37.64	40.5
28	28.3	43	48

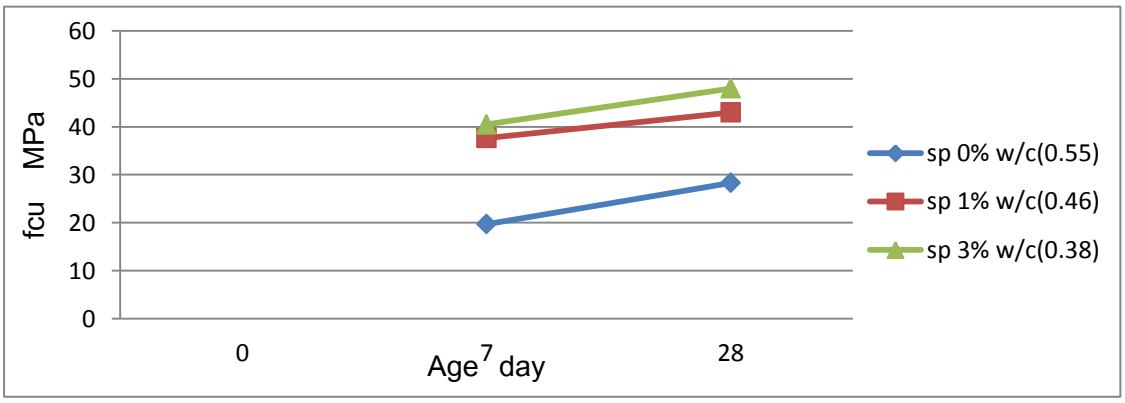
اظهرت قيم مقاومة الانضغاط بجهاز الكسر في الجدول (4-6) الخاص للخلطات(3,2,1) متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوق SP وثبات نسبة الماء للاسمنت عند (0.55) ،بأن الخلطة (2) التي فيها نسبة المضاف (1%) اعطت قيم مقاومة الانضغاط اعلى من الخلطة

المرجعية(1) التي فيها نسبة المضاف (0%) واعلى من الخلطة (3%) التي فيها نسبة المضاف (3%) عدى في العمر (7) يوم وذلك يعود لاكتمال تفاعل اماهة الاسمنت المبكرة للخلطة (3) وترجع الزيادة في مقاومة الانضغاط للخلطة (2) الى الاماهة البطيئة التي ادت الى تشتيت حبيبات الاسمنت المتكتلة واطلاق المياه المحبوسة بالاضافة الى احداث التنافر الكهروستاتيكي بين الجزيئات مما يؤدي لتغيير البنية التركيبية في منتجات تفاعلات الاماهة وسجلت قيم مقاومة الانضغاط للخلطة (2) MPa(31.63,29.4,27.92,24.4) للاعمار(91,56,28,7) يوم على التوالي مما يدل على حدوث تناقص في قيم مقاومة الانضغاط عند زيادة نسبة المضاف SP وتثبيت نسبة الماء للاسمنت w/c كما موضح ذلك في الشكل (4-1).

من خلال الاطلاع على الجدول (4-7) الخاص للخلطات (5,4,1) متغيرة نسبة المضاف ونسبة الماء للاسمنت ، اظهرت النتائج ان الخلطة (5) التي فيها نسبة المضافSP (3%) ونسبة الماء للاسمنت (0.38) اعطت قيما" لمقاومة الانضغاط اعلى من الخلطة المرجعية(1) ومن الخلطة (4) التي فيها نسبة المضافSP (1%) ونسبة الماء للاسمنت (0.46) وسجلت قيم مقاومة الانضغاط للخلطة (5) MPa(48,40.5) للاعمار(28,7) يوم على التوالي ، مما يدل ان بزيادة المضاف الملدن المتفوق SP وتخفيض نسبة الماء للاسمنت w/c نحصل على زيادة كبيرة في مقاومة الانضغاط كما موضحة بالشكل (4-2) .



الشكل (4-1) مقاومة الانضغاط بجهاز الكسرللخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدنSP مع ثبات نسبة (w/c)



الشكل (4-2) مقاومة الانضغاط بجهاز الكسرللخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدنSP مع تغير نسبة الماء للاسمنت(w/c)

4.4 : اختبار مطرقة شميدت تعيين رقم الارتداد

يتم الاختبار بأستعمال جهاز مطرقة شميدت بتعيين رقم الارتداد للجهاز على سطح المكعب الخرساني المثبت في ماكنة الانكسار وتحت حمل مسلط مقداره (160 Kn) بموجب المواصفات البريطانية ، ومن خلال تعيين رقم الاتداد و من الشكل (2-4-17) يتم ايجاد مقدار مقاومة الانضغاط لمكعبات الخلطات (3,2,1) والى الاعمار (91,56,28,7) يوما، ولمكعبات الخلطات (5,4) للاعمار (28,7) يوم.

1.4.4 :اختبار مطرقة شميدت لعمر 7 يوم

الجدول (4-8) A قراءات قيم الارتداد لعمر 7 يوم

No. of Mix	W/C	no of cube	Rebound No																Av. of Re
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0.55		24	25	23	27	22	28	24	29	22	25	28	23	26	28	28	24	25.72
		1	28	28	21	22	25	30	29	23	22	29	27	31	25	27	22	28	
			24	25	28	28	22	26	27	29	22	22	23	27	25	22	30	28	25.13
		2	23	23	25	24	28	29	20	22	25	24	29	28	23	23	26	24	
			26	26	27	21	23	22	24	27	25	25	22	29	26	27	27	21	26.3
		3	29	29	29	28	24	24	24	26	30	27	35	30	26	29	29	25	
2	0.55		32	32	33	30	30	31	34	35	34	33	32	31	32	32	31	30	32.4
		1	32	34	31	32	33	32	35	35	32	30	32	33	35	34	33	33	
			32	32	34	32	35	30	32	32	31	32	32	34	32	35	30	36	33.03
		2	32	35	32	35	35	35	31	33	31	34	32	36	32	36	34	34	
			31	31	31	33	30	33	30	32	27	32	34	38	35	34	32	32	32.2
		3	32	33	30	29	28	26	34	31	32	38	36	33	31	34	34	35	
3	0.55		30	33	32	28	31	30	33	32	33	31	30	28	29	31	33	33	30.9
		1	31	31	33	31	32	32	32	27	31	31	27	30	31	32	32	30	
			33	35	33	36	28	37	23	25	36	33	32	33	27	34	34	28	30.8
		2	31	32	34	30	31	33	31	31	30	28	28	30	33	28	25	25	
			32	29	30	35	33	30	28	28	27	28	32	31	35	32	32	32	31
		3	34	32	32	33	26	34	31	29	29	29	25	32	31	34	35	31	
4	0.46		34	33	35	35	35	34	35	37	36	36	36	37	34	34	35	33	35.1
		1	35	36	34	33	37	38	38	33	33	38	36	33	35	33	35	37	
			35	33	30	32	34	33	35	36	35	35	35	33	38	36	34	34	34
		2	33	34	32	33	38	36	33	34	31	31	33	33	36	35	33	35	
			31	36	33	35	35	37	37	39	32	35	33	35	35	37	38	32	35.2
		3	34	36	35	36	34	37	33	34	38	38	39	35	35	35	35	33	

5	0.38	1	36	40	36	39	35	35	38	35	40	37	32	38	35	37	38	40	36.9
			38	38	36	35	36	35	36	40	35	38	35	39	38	36	37	38	
		2	36	38	36	37	34	36	38	35	41	38	40	40	37	38	36	37	37.3
			34	36	38	35	36	38	40	38	40	41	37	34	37	37	40	35	
		3	38	40	40	37	37	37	36	35	36	39	40	39	40	38	34	35	37.28
			38	38	34	36	38	35	36	36	35	36	38	40	38	36	40	38	

الجدول (4-8) B قراءات معدلات قيم الارتداد ومقاومة الانضغاط لعمر 7يوم

No . of Mix	% SP	W/C	No of Cube	Av Re	f_{cu} Mpa	Av of f_{cu}
1	0	0.55	1	25.72	18.5	18.67
			2	25.13	18	
			3	26.3	19.5	
2	1	0.55	1	32.4	29.5	29.7
			2	33.03	30.5	
			3	32.2	29.0	
3	3	0.55	1	30.9	26.3	26.26
			2	30.8	26	
			3	31	26.5	
4	1	0.46	1	35.1	34	33.5
			2	34	32	
			3	35.2	34.5	
5	3	0.38	1	36.9	37.8	38
			2	37.3	38.2	
			3	37.28	38.1	

2.4.4 اختبار مطرقة شميدت لعمر 28 يوم

الجدول (4-9) A قراءات قيم الارتداد لعمر 28 يوم

No. of Mix	W/C	no of cube	Rebound No																Av. of Re
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0.55	1	31	34	31	36	32	33	32	34	31	33	34	31	31	33	35	32	31. 6
			32	29	34	26	33	31	34	31	30	30	30	28	28	32	31	28	
		2	36	33	30	32	32	29	29	26	30	34	33	34	33	33	32	32	32
			35	33	31	31	31	33	37	38	29	33	32	28	25	34	32	34	
		3	24	24	32	32	28	27	28	32	32	32	31	33	30	32	32	33	31.5
			31	30	32	35	35	33	32	33	33	32	35	33	32	34	32	33	
2	0.55	1	36	34	38	40	34	36	33	35	38	36	42	36	34	31	38	36	35.2
			32	40	35	32	31	32	36	38	38	36	30	37	34	33	32	32	

		2	38	40	34	34	33	32	38	37	36	40	40	40	40	36	38	36	35.2
			35	32	35	35	37	37	30	33	35	38	34	32	29	31	30	32	
		3	40	40	38	38	42	39	38	32	28	38	40	44	32	40	32	39	35. 6
			32	33	28	32	40	30	36	37	35	30	34	35	35	36	33	32	
3	0.55	1	32	28	35	35	34	32	32	29	34	35	34	36	33	30	36	30	32.1
			34	29	37	30	29	29	32	32	32	31	33	33	29	32	31	30	
		2	35	35	32	36	30	34	36	33	29	35	35	33	34	32	34	30	33.3
			32	35	35	36	36	31	34	35	34	35	27	33	36	33	30	32	
		3	34	29	36	35	36	33	35	32	36	29	30	32	33	28	35	36	33.4
			33	35	35	29	36	33	34	34	36	36	35	36	32	32	32	33	
4	0.46	4	39	37	37	38	40	42	41	39	36	38	41	41	40	39	38	38	39
			41	40	37	36	38	40	39	39	40	41	41	41	40	39	38	36	
		5	36	38	40	40	40	39	38	38	39	42	43	40	40	42	42	38	39.1
			38	38	36	38	38	40	40	41	42	41	40	35	36	35	39	39	
		6	36	37	35	36	38	40	40	40	41	40	41	41	39	38	38	35	38.4
			39	40	39	41	41	41	40	35	36	38	39	38	36	37	37	38	
5	0.38	4	41	42	40	43	40	42	42	40	40	43	42	44	39	43	42	42	41.25
			39	41	43	42	41	40	43	39	39	44	45	40	42	40	38	39	
		5	39	42	38	40	41	43	41	40	44	39	38	41	37	40	43	41	40.8
			44	40	40	42	41	39	44	43	44	40	44	42	40	38	39	41	
		6	38	41	40	40	39	44	41	40	42	38	43	38	42	40	42	39	40.5
			38	41	42	41	40	38	42	41	40	39	42	42	44	39	38	42	

الجدول (4–9) B قراءات معدلات قيم الارتداد ومقاومة الانضغاط لعمر 28 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	No of Cube	Av Re	f_{cu} Mpa	Av of f_{cu}
1	0	0.55	4	31.6	27.5	27.56
			5	32	28	
			6	31.5	27.2	
2	1	0.55	4	35.2	34.1	34.4
			5	35.2	34.1	
			6	35.6	35	
3	3	0.55	4	32.1	29.5	30.53
			5	33.3	30.8	
			6	33.4	31.3	
4	1	0.46	4	39	41	40.8
			5	39.1	41.5	
			6	38.4	40	
5	3	0.38	4	41.25	44.5	43.67
			5	40.8	43.5	
			6	40.5	43	

3.4.4 : اختبار مطرقة شميدت لعمر 56 يوم

الجدول (4–10) A قراءات قيم الارتداد لعمر 56 يوم

No. of Mix	W/C	no of cube	Rebound No																Av. of Re
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0.55	7	31	35	33	32	29	36	36	37	34	35	28	36	36	34	34	33	34
			33	34	29	37	34	35	35	34	33	35	34	33	36	34	34	38	
		8	34	35	32	30	35	35	32	37	32	30	34	36	32	35	34	33	33.6
			33	36	34	32	36	35	33	34	32	33	34	32	32	34	35	34	
		9	34	36	36	34	34	35	35	34	35	34	35	33	34	33	36	36	34.1
			32	34	34	29	36	35	31	34	34	36	34	38	34	32	33	31	
2	0.55	7	35	38	37	35	40	35	42	35	34	39	40	34	37	34	37	36	37. 3
			36	38	36	36	38	36	38	40	42	38	37	36	38	41	37	39	
		8	38	34	36	36	36	35	36	36	36	36	40	38	40	34	36	40	37.5
			36	39	40	35	34	40	38	36	40	42	38	36	35	40	42	42	
		9	38	40	35	38	35	38	41	38	42	35	38	34	41	40	42	38	38.56
			37	37	38	42	38	40	35	39	42	40	42	38	35	42	34	42	
3	0.55	7	35	36	40	35	35	39	37	35	33	34	38	37	32	34	34	35	34.8
			32	36	38	33	33	32	33	29	28	35	35	35	37	36	37	36	
		8	37	37	32	35	32	41	40	41	38	34	34	30	36	36	33	36	35.6
			32	36	35	35	36	38	27	39	36	31	35	38	38	38	34	38	
		9	35	37	35	37	36	33	37	35	33	36	35	34	34	39	35	35	35.37
			37	33	36	38	38	34	38	35	38	34	32	37	34	34	36	32	

الجدول(4–10) B قراءات معدلات قيم الارتداد ومقاومة الانضغاط لعمر 56 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	No of Cube	Av Re	f_{cu} MPa	Av of f_{cu}
1	0	0.55	7	34	32	32
			8	33. 6	31.5	
			9	34.1	32.3	
2	1	0.55	7	37.3	37.5	38.56
			8	37.5	38	
			9	38.56	40.2	
3	3	0.5	7	34.8	33.7	34.1
			8	35.6	34.5	
			9	35.37	34.1	

4.4.4 : اختبار مطرقة شميدت لعمر 91 يوم

الجدول (4-11) A قراءات قيم الارتداد لعمر 91 يوم

No. of Mix	w/c	no of cube	Rebound No																Av. of Re
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
1	0.55	10	35	34	35	34	34	35	34	42	35	39	35	42	38	35	37	42	36.56
			37	35	36	34	36	38	35	38	42	40	38	34	34	34	38	35	
		11	42	37	34	38	38	37	42	42	40	37	37	34	37	38	37	37	36.6
			40	38	34	37	34	35	34	35	35	34	37	34	36	34	34	34	
		12	34	39	34	38	34	36	34	38	36	37	39	38	39	35	34	35	36.4
			38	37	38	35	34	38	38	35	36	40	40	38	36	34	34	34	
2	0.55	10	42	42	39	38	39	41	43	42	38	40	44	41	43	41	43	39	40.8
			40	38	40	41	45	41	42	39	44	36	39	38	42	43	40	44	
		11	42	42	38	39	43	38	42	39	40	42	42	42	41	46	44	42	41
			42	44	38	36	38	42	43	40	41	39	39	43	38	42	40	45	
		12	41	41	42	37	38	40	40	40	43	41	42	46	45	46	41	41	41
			44	41	38	39	37	41	41	40	40	40	39	39	42	42	45	41	
3	0.55	10	39	38	39	42	38	40	34	36	41	39	34	39	37	36	39	42	37.87
			35	35	41	40	38	34	35	36	36	36	40	40	39	39	39	36	
		11	38	39	35	39	36	38	38	40	44	38	39	40	44	41	36	39	39.5
			41	40	40	42	40	42	42	40	39	41	39	39	36	39	41	39	
		12	39	39	40	38	41	40	45	40	34	39	36	39	38	35	39	42	38.6
			36	38	37	33	40	43	41	39	34	33	38	32	43	42	41	41	

الجدول (4 – 11) B قراءات معدلات قيم الارتداد ومقاومة الانضغاط لعمر 91 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	No of Cube	Av Re	f_{cu} MPa	Av of f_{cu}
1	0	0.55	10	36.56	36	36.03
			11	36.6	36.3	
			12	36.4	35.8	
2	1	0.55	10	40.8	44.5	44.83
			11	41	45	
			12	41	45	
3	3	0.55	10	37.87	39	40.5
			11	39.5	42	
			12	38.6	40.5	

5.4.4: مناقشة نتائج مقاومة الانضغاط بالاختبار غير الاتلافي باستعمال جهاز مطرقة شميدت

تم تجميع نتائج مقاومة الانضغاط باستعمال مطرقة شميدت من الجداول المرقمة (4-8)،(4-9)،(4-10)،(4-11) وتلخيصها في جدول (4-12) للخلطات التي فيها نسبة (w/c) ثابتة وقيمتها (0.55) ، وفي جدول (4-13) للخلطات التي فيها نسبة (w/c) متغيرة.

الجدول (4-12) مقاومة الانضغاط بمطرقة شميدت للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوق SP مع ثبات نسبة الماء للاسمنت(w/c) في 0.55

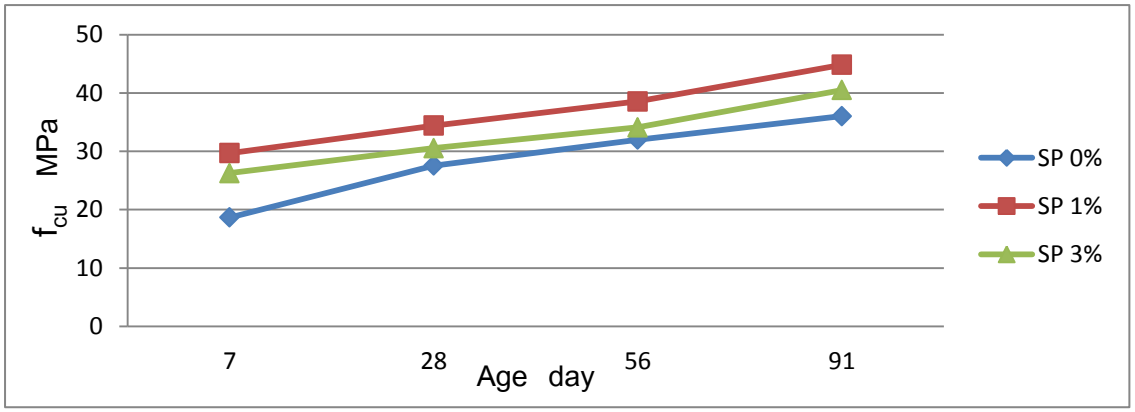
Age at day	Compressive strength f_{cu} MPa		
	No . of Mix		
	1	2	3
7	18.67	29.7	26.26
28	27.56	34.4	30.53
56	32	38.56	34.1
91	36.03	44.83	40.5

الجدول (4-13) قيم مقاومة الانضغاط بمطرقة شميدت للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوقSP مع تغيير نسبة الماء للاسمنت (w/c) والى اعمار مختلفة

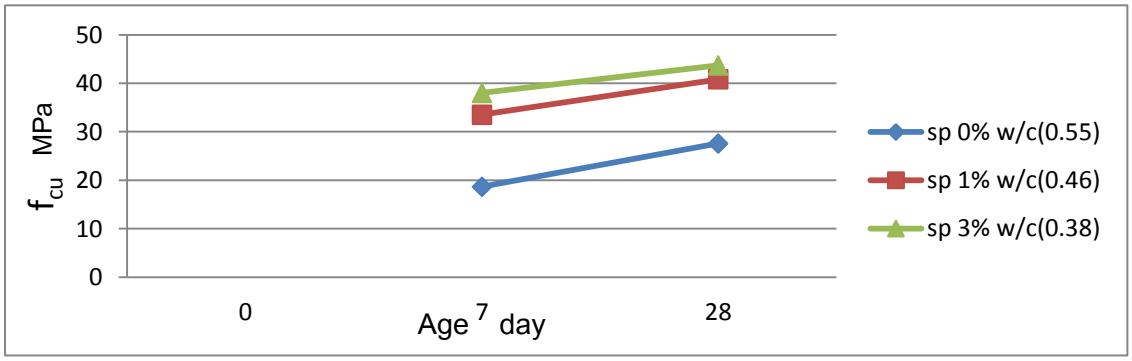
Age at day	Compressive strength f_{cu} MPa		
	No . of Mix		
	1	4	5
7	18.67	33.5	38
28	27.56	40.8	43.67

اظهرت قيم مقاوم الانضغاط بجهاز مطرقة شميدت في الجدول (4-12) الخاص للخلطات(3,2,1) متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوق SP وثبات نسبة الماء للاسمنت عند (0.55) ، بأن الخلطة (2) اعطت قيم مقاومة الانضغاط اعلى من الخلطة المرجعية(1) واعلى من الخلطة (3) وسجلت قيم مقاومة الانضغاط للخلطة (2) (44.83,38.56,34.4,29.7) MPa للاعمار(91,56,28,7) يوم على التوالي مما يدل ايضا" على حدوث تناقص في قيم مقاومة الانضغاط عند زيادة نسبة المضاف SP وتثبيت نسبة الماء للاسمنت w/c كما موضح ذلك في الشكل (4-3).

ومن خلال الاطلاع على الجدول (4-13) الخاص للخلطات (5,4,1) متغيرة نسبة المضاف ونسبة الماء للاسمنت ، اظهرت النتائج ان الخلطة (5) التي فيها نسبة المضافSP (3%) ونسبة الماء للاسمنت (0.38) اعطت قيما لمقاومة الانضغاط اعلى من الخلطة المرجعية(1) ومن الخلطة (4) التي فيها نسبة المضافSP (1%) ونسبة الماء للاسمنت (0.46) وسجلت قيم مقاومة الانضغاط للخلطة (5) (43.67,38)MPa للاعمار(28,7) يوم على التوالي ، مما يدل ان بزيادة المضاف الملدن المتفوق SP وتخفيض نسبة الماء للاسمنت w/c لحد معين نحصل على زيادة كبيرة في مقاومة الانضغاط كما موضحة بالشكل (4-4) .



الشكل(4-3) مقاومة الانضغاط بجهاز مطرقة شميدت للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن SP مع ثبات نسبة الماء للاسمنت



الشكل(4-4) مقاومة الانضغاط بجهاز مطرقة شميدت للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن وتغير نسبة الماء للاسمنت

5.4 : اختبار مقاومة الانضغاط بجهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية

تم قياس زمن انتقال الموجات فوق الصوتية خلال العنصر الخرساني ثم حساب سرعة الموجات فوق الصوتية لحساب قيم مقاومة الانضغاط لمكعبات الخلطات (3,2,1) والى الاعمار (91,56,28,7) يوما، ولمكعبات الخلطات (5,4) للاعمار (28,7) يوم ، ومن خلال وضع المرسل ومستقبل الجهاز بالطريقة المباشرة يقاس زمن وصول الموجة فوق الصوتية خلال العنصر الخرساني(مكعب الاختبار) ويتم تطبيق المعادلة (2-4-9) في حساب سرعة الموجات فوق الصوتية، ويتم حساب مقاومة الانضغاط التقريبية للمكعب الخرساني من تطبيق العلاقات الرياضية بين سرعة الموجة فوق الصوتية مع مقاومة الانضغاط وتم استخدام المعادلات (2-4-10)، (2-4-12) و(2-4-15) و ايجاد المعدل لهم والتي تمثل قيمة المقاومة المستخرجة لكل مكعب وتم تطبيق المعادلات ببرنامج خاص بنظام الاكسل لحساب مقاومة كل مكعب والتي تمثل مقاومة الانضغاط التقريبية للخرسانة كما موضح في الشكل (4-5).

TO CALCULATE COMPRESSIVE STRENGTH BY ULTRASONIC PLESE VELOCITY BY EQUATIONS								
	V	Velocity	v	km/sec				
	a1	cnstant eq.(10-4-2)		0.53				
	a2	constant eq.(12-4-2)		0.61				
	a3	constant eq.(15-4-2)		0.715				
	b1	cnstant eq.(10-4-2)		2.8				
	b2	constant eq.(12-4-2)		2.016				
	b3	constant eq.(15-4-2)		1.19				
	C1	b1*EXP(V*a1)		compressive strengeh by eq.(10-4-2)				
					Mpa			
	C2	b2*EXP(V*a2)		compressive strength by eq.(12-4-2)				
					Mpa			
	C3	b3*EXP(V*a3)		compressive strength by eq.(15-4-2)				
					Mpa			
	C av	(C1+C2+C3)/3			Mpa			

الشكل (4–5) تطبيق برنامج حساب مقاومة الانضغاط بالموجات فوق الصوتية بأستخدام الاكسل Excel

1.5.4 : اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 7 يوم

الجدول (4–14) اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 7 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	Cube no.	L Path length (width) mm	T Travel time µ second	V velocity km/ S	f_{cu} Mpa by eq 10–4–2	f_{cu} Mpa by eq 12–4–2	f_{cu} Mpa by eq 15–4–2	Av. F_{cu} For Each cube	Av. Of f_{cu} Mpa
1	0	0.55	1	150	39.3	3.82	21.16	20.67	18.22	20	21
			2	150	38.1	3.94	22.56	22.26	19.87	21.56	
			3	152	38.5	3.95	22.7	22.43	20.05	21.7	
2	1	0.55	1	150	32.6	4.6	32.06	33.35	31.9	32.44	31.8
			2	150	32.5	4.61	32.23	33.55	32.14	32.64	
			3	151	32.9	4.49	30.24	31.2	29.49	30.3	
3	3	0.55	1	150	35.1	4.27	26.96	27.32	25.26	26.5	27.26
			2	150	34.6	4.34	27.86	28.37	26.4	27.54	
			3	150	34.5	4.35	28	28.58	26.63	27.74	
4	1	0.46	1	150	31.8	4.71	34	35.66	34.52	34.72	35
			2	150	31.9	4.7	33.8	35.45	34.27	34.51	
			3	150	31.6	4.75	34.71	36.54	35.52	35.6	
5	3	0.38	1	150	30.5	4.91	37.78	40.3	39.82	39.3	39.2
			2	150	30.5	4.91	37.78	40.3	39.82	39.3	
			3	150	30.6	4.9	37.6	40	39.54	39	

2.5.4 : اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 28 يوم

جدول(4-15) اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 28 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	Cube no.	L Path length (width) mm	T Travel time μ second	V velocity km/ S	f_{cu} Mpa by eq 10-4-2	f_{cu} Mpa by eq 12-4-2	f_{cu} Mpa by eq 15-4-2	Av. F_{cu} For Each cube	Av. Of f_{cu} Mpa
1	0	0.55	4	150	34.8	4.31	27.5	27.94	25.94	27.13	28.24
			5	150	33.6	4.46	29.83	30.7	28.96	29.83	
			6	150	34.5	4.35	28.05	28.6	26.65	27.76	
2	1	0.55	4	150	30.9	4.85	36.6	38.84	38.15	37.87	37.32
			5	151	31.4	4.80	35.64	37.68	36.8	36.7	
			6	150	31	4.83	36.2	38.37	37.6	37.4	
3	3	0.55	4	150	32.3	4.64	32.75	34.17	32.83	33.25	32.91
			5	150	32.5	4.61	32.23	33.55	32.14	32.64	
			6	150	32.4	4.62	32.4	33.76	32.37	32.84	
4	1	0.46	4	150	29.5	5.08	41.35	44.7	45	43.7	41.1
			5	150	30.6	4.9	37.6	40.05	39.54	39.06	
			6	150	30.2	4.96	38.8	41.54	41.3	40.55	
5	3	0.38	4	150	29.1	5.15	43	46.6	47.3	45.63	44.86
			5	150	29.4	5.1	41.8	45.25	45.6	44.21	
			6	150	29.3	5.12	42.2	45.8	46.3	44.76	

3.5.4 : اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 56 يوم

الجدول(4-16) اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 56 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	Cube no.	L Path length (width) mm	T Travel time μ second	V velocity km/ S	f_{cu} Mpa by eq 10-4-2	f_{cu} Mpa by eq 12-4-2	f_{cu} Mpa by eq 15-4-2	Av. F_{cu} For Each cube	Av. Of f_{cu} Mpa
1	0	0.55	7	150	32.5	4.61	32.23	33.55	31.14	32.3	32.61
			8	150	32.3	4.64	32.75	34.17	32.83	33.25	
			9	150	32.5	4.61	32.23	33.55	31.14	32.3	
2	1	0.55	7	150	30.4	4.93	38.2	40.79	40.4	39.8	41.5
			8	150	29.7	5.05	40.7	43.89	44.02	42.87	
			9	150	29.9	5.01	39.84	42.83	42.78	41.82	
3	3	0.55	7	150	30.9	4.85	36.6	38.84	38.15	37.86	38.32
			8	150	30.8	4.86	36.8	39.1	38.43	38.1	
			9	150	30.6	4.90	37.58	40.05	39.54	39	

4.5.4 :اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 91 يوم

جدول(4-17) اختبار سرعة الموجات فوق الصوتية لعمر 91 يوم

No . of Mix	% SP	W/C	Cube no.	L Path length (width) mm	T Travel time μ second	V velocity km/ S	f_{cu} Mpa by eq 10-4-2	f_{cu} Mpa by eq 12-4-2	f_{cu} Mpa by eq 15-4-2	Av. F_{cu} For Each cube	Av. Of f_{cu} Mpa
1	0	0.55	10	150	31.6	4.74	34.53	36.32	35.27	35.37	36.61
			11	151	31.3	4.82	36.02	38.14	37.35	37.17	
			12	152	31.1	4.82	36.14	38.28	37.5	37.31	
2	1	0.55	10	150	29.4	5.1	41.78	45.24	45.62	44.22	43.67
			11	150	29.6	5.06	41	44.15	44.34	43.13	
			12	150	29.5	5.08	41.34	44.7	45	43.67	
3	3	0.55	10	150	30.3	4.95	38.6	41.3	41	40.3	40.46
			11	152	30.6	4.96	38.8	41.54	41.3	40.54	
			12	151	30.4	4.96	38.8	41.54	41.3	40.54	

5.5.4 : مناقشة نتائج مقاومة الانضغاط بالاختبار غير الاتلافي باستعمال جهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية

تم تجميع نتائج مقاومة الانضغاط باستعمال جهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية UPV من الجداول المرقمة (4-14)،(4-15)،(4-16) و(4-17) وتلخيصها في جدول (4-18) للخلطات التي فيها نسبة (w/c) ثابتة وقيمتها (0.55) ،وفي جدول (4-19) للخلطات التي فيها نسبة الماء للاسمنت (w/c) متغيرة.

الجدول (4-18) مقاومة الانضغاط بالموجات فوق الصوتية للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوق SP مع ثبات نسبة الماء للاسمنت(w/c) في 0.55

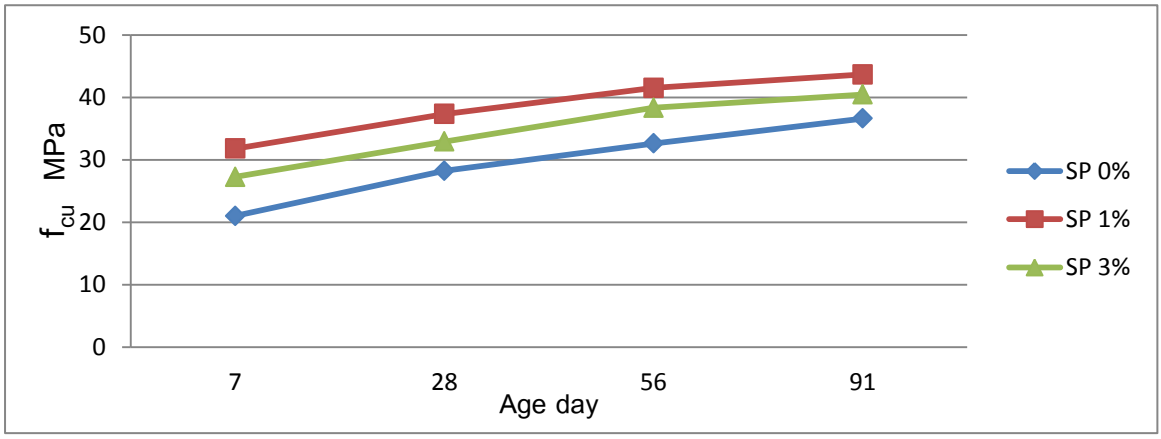
Age at day	Compressive strength f_{cu} Mpa		
	No . of Mix		
	1	2	3
7	21	31.8	27.26
28	28.24	37.32	32.91
56	32.61	41.5	38.32
91	36.61	43.67	40.46

الجدول (4-19) قيم مقاومة الانضغاط بالموجات فوق الصوتية للخلطات متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوقSP مع تغيير نسبة الماء للاسمنت (w/c) والى اعمار مختلفة

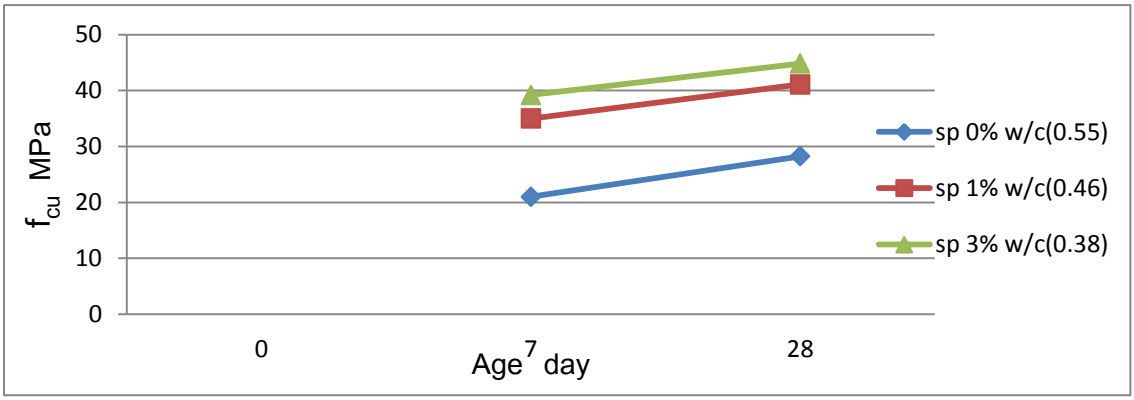
Age at day	Compressive strength f_{cu} Mpa		
	No . of Mix		
	1	4	5
7	21	35	39.2
28	28.24	41.1	44.86

اظهرت قيم مقاوم الانضغاط بجهاز قياس سرعة الموجات فوق الصوتية UPV في الجدول (4-18) الخاص للخلطات(3,2,1) متغيرة نسبة المضاف الملدن المتفوق SP وثبات نسبة الماء للاسمنت عند (0.55) ، بأن الخلطة (2) اعطت قيم مقاومة الانضغاط اعلى من الخلطة المرجعية(1) واعلى من الخلطة (3) وسجلت قيم مقاومة الانضغاط للخلطة (2) Mpa(40.46,38.32,32.91,27.26) للاعمار(91,56,28,7) يوم على التوالي مما يدل ايضا" على حدوث تناقص في قيم مقاومة الانضغاط عند زيادة نسبة المضاف SP وتثبيت نسبة الماء للاسمنت w/c كما موضح ذلك في الشكل (4-6).

من خلال الاطلاع على الجدول (4-19) الخاص للخلطات (5,4,1) متغيرة نسبة المضاف ونسبة الماء للاسمنت ، اظهرت النتائج ان الخلطة (5) التي فيها نسبة المضافSP (3%) ونسبة الماء للاسمنت (0.38) اعطت قيما لمقاومة الانضغاط اعلى من الخلطة المرجعية(1) ومن الخلطة (4) التي فيها نسبة المضافSP (1%) ونسبة الماء للاسمنت (0.46) وسجلت قيم مقاومة الانضغاط للخلطة (5) Mpa(44.86,39.2) للاعمار(28,7) يوم على التوالي ، مما يدل ايضا ان بزيادة المضاف الملدن المتفوق SP وتخفيض نسبة الماء للاسمنت w/c نحصل على زيادة كبيرة في مقاومة الانضغاط كما موضحة بالشكل (4-7) .



الشكل (4-6) مقاومة الانضغاط بجهاز الموجات فوق الصوتية للخلطات متغيرة نسبة المضاف مع ثبات نسبة الماء للاسمنت



الشكل (4-7) مقاومة الانضغاط بجهاز الموجات فوق الصوتية للخلطات متغيرة نسبة المضاف و نسبة الماء للاسمنت

6.4: تأثير تثبيت نسب المضاف الملدن المتفوق SP مع تغيير نسبة الماء للاسمنت على مقاومة أنضغاط الخرسانة

من خلال الاطلاع على الجداول السابقة لطرق الاختبار الثلاث والخاصة للخلطات التي فيها نسبة المضاف SP ثابتة و متغيرة في نسبة الماء للاسمنت ، تم اجراء مقارنة للخلطة (2) مع الخلطة(4) ، وايضا" تم مقارنة القيم بين الخلطة(3) و الخلطة (5) وكما يلي:

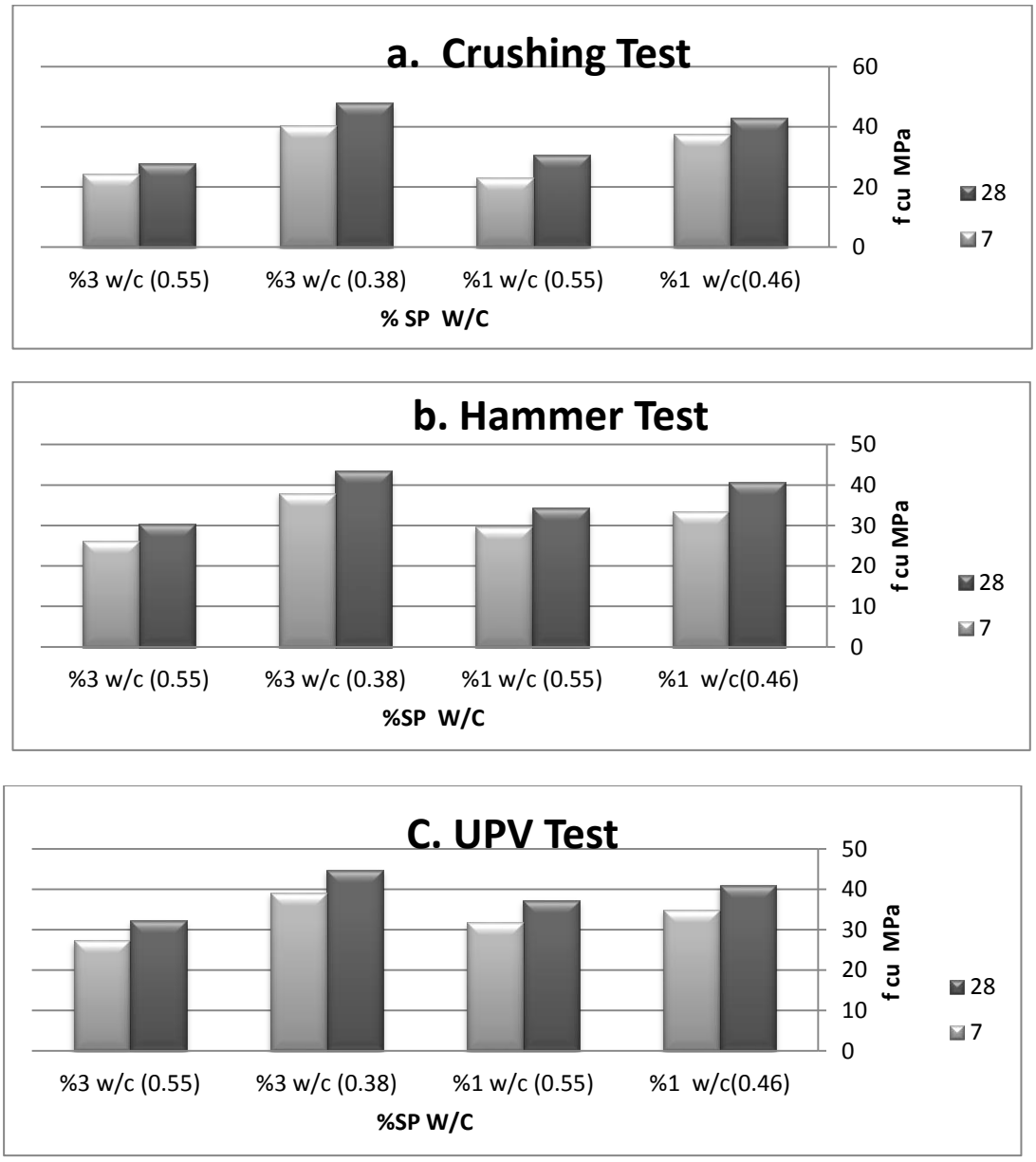
الجدول (4-20) مقارنة قيم مقاومة الانضغاط عند تثبيت نسبة المضاف الملدن SP(1%) وتغيير نسبة الماء للاسمنت للخلطة (2) والخلطة (4)

Test	Compressive strength f_{cu} MPa			
	Max (2)		Max (4)	
	w/c			
	0.55		0.46	
	Age at day			
	7	28	7	28
Crushing	23.1	30.6	37.64	43
Hammer	29.7	34.4	33.5	40.8
UPV	31.8	37.32	35	41.1

الجدول (4-21) مقارنة قيم مقاومة الانضغاط عند تثبيت نسبة المضاف الملدن SP(3%) وتغيير نسبة الماء للاسمنت للخلطة (4) و الخلطة (5)

Test	Compressive strength f_{cu} MPa			
	Max (3)		Max (5)	
	w/c			
	0.55		0.38	
	Age at day			
	7	28	7	28
Crushing	24.4	27.92	40.5	48
Hammer	26.26	30.53	38	43.67
UPV	27.26	32.32	39.2	44.86

من الجدول(4-20) و الخاص بتثبيت نسبة المضاف الملدن المتفوقSP عند (1%) وتغيير نسبة الماء للاسمنت W/C ، ومن الجدول(4-21) و الخاص بتثبيت نسبة المضاف الملدن المتفوقSP عند (3%) وتغيير نسبة الماء للاسمنت W/C اظهرت النتائج عند تخفيض نسبة الماء للاسمنت في نفس نسبة المضاف SP نحصل على زيادة في قيم مقاومة الانضغاط وظهر ذلك في اختبار الكسر(Crushing Test) واختبار مطرقة شميدت (Hummar Sh. Test) و اختبار قياس سرعة الموجات فوق الصوتية (UPV Test) ، واعطت الخلطة (5) ذات نسبة المضاف الملدن المتفوق SP (3%) ولنسبة ماء للاسمنت W/C (0.38) في عمر 28 يوم اعطت افضل قيم مقاومة الانضغاط وظهر هذا في الاختبارات الاتلافية وغير الاتلافية للخلطة كما موضحة ذلك في الاشكال (4-8),(4-9) ,(4-10).



الشكل (4-8) تأثير تثبيت نسبة المضاف وتغيير نسبة الماء للاسمنت على قيم مقاومة الانضغاط للخلطات في اختبار الكسر (a)،اختبار مطرقة شميدت(b)،اختبار الموجات فوق الصوتية(c).

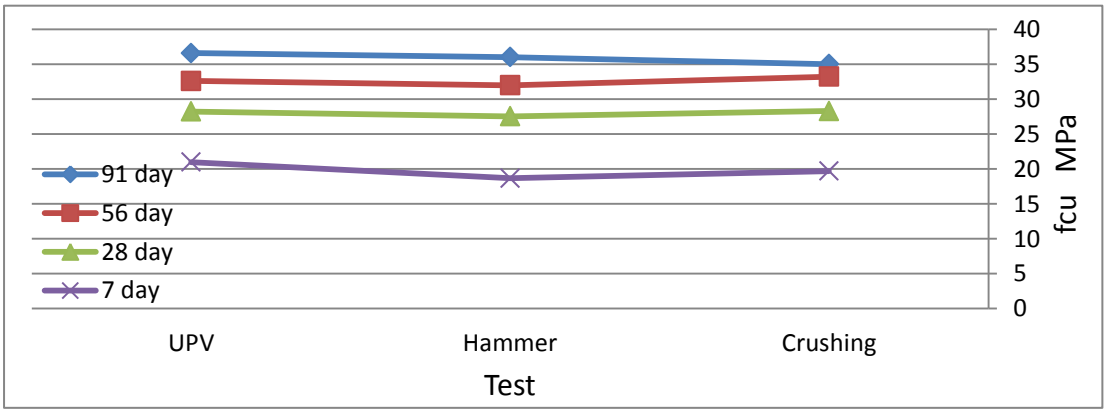
7.4 : مقارنة نتائج اختبار مقاومة الانضغاط بأجهزة الكسر ، مطرقة شميدت والموجات فوق الصوتية لجميع الخلطات

1.7.4 :الخلطة (1)

اظهرت نتائج الخلطة (1) وجود فروقات في قيم مقاومة الانضغاط المستخرجة من انواع الاختبارات الثلاث فهي لا تتجاوز(2.33،0.74،0.61 و1.58) MPa للاعمار 7،28،56 و91 يوم على التوالي بين اعلى واقل قيمة ، الجدول (4-22) والشكل (4-9) يوضحان ذلك.

جدول (4-22) مقارنة مقاومة الانضغاط للاختبارات الثلاث للخلطة(1)

Testing	Compressive strength f_{cu} Mpa			
	Age at day			
	7	28	56	91
Crushing	19.7	28.3	33.23	35.03
Hammer	18.67	27.56	32	36.03
UPV	21	28.24	32.61	36.61



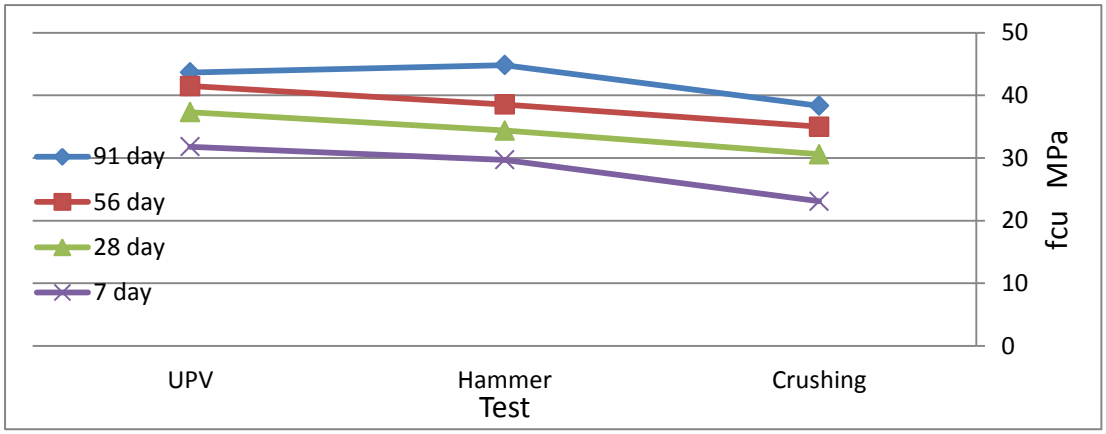
الشكل (4-9) مقارنة مقاومة الانضغاط بالاختبارات الثلاث للخلطة (1)

2.7.4 : الخلطة (2)

اظهرت نتائج الخلطة (2) ان هناك فروقات بين قيم مقاومة الانضغاط لثلاثة انواع من الاختبارات فكانت(8.7،6.72،6.5 و6.48) MPa للاعمار 7،28،56 و91 يوم على التوالي موضحة ذلك في الجدول (4-23) والشكل (4-10).

الجدول(4-23) مقارنة مقاومة الانضغاط للاختبارات الثلاث للخلطة(2)

Testing	Compressive strength f_{cu} Mpa			
	Age at day			
	7	28	56	91
Crushing	23.1	30.6	35	38.35
Hammer	29.7	34.4	38.56	44.83
UPV	31.8	37.32	41.5	43.67



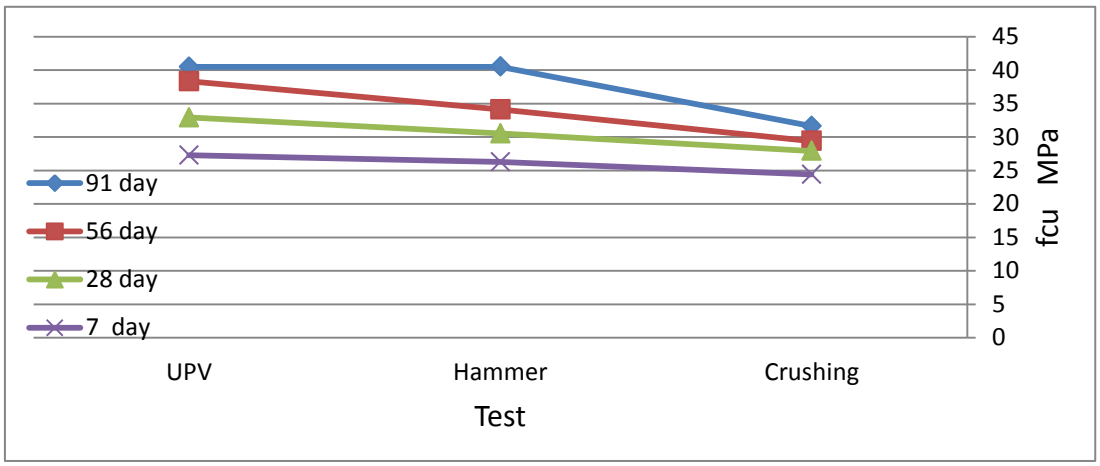
الشكل(4-10) مقارنة مقاومة الانضغاط بالطرق الثلاث للخلطة (2)

3.7.4 :الخلطة (3)

اظهرت نتائج الخلطة (3) هناك فروقات في قيم مقاومة الانضغاط بين الثلاث انواع من الاختبارات فكانت(2.86،5،8.9 و8.9) MPa للاعمار 7،28،56 و91 يوم على التوالي موضحة ذلك في الجدول (4-24) والشكل (4-11) .

الجدول(4-24) مقارنة مقاومة الانضغاط للاختبارات الثلاث للخلطة(3)

Testing	Compressive strength f_{cu} Mpa			
	Age at day			
	7	28	56	91
Crushing	24.4	27.92	29.4	31.63
Hammer	26.26	30.53	34.1	40.5
UPV	27.26	32.91	38.32	40.46



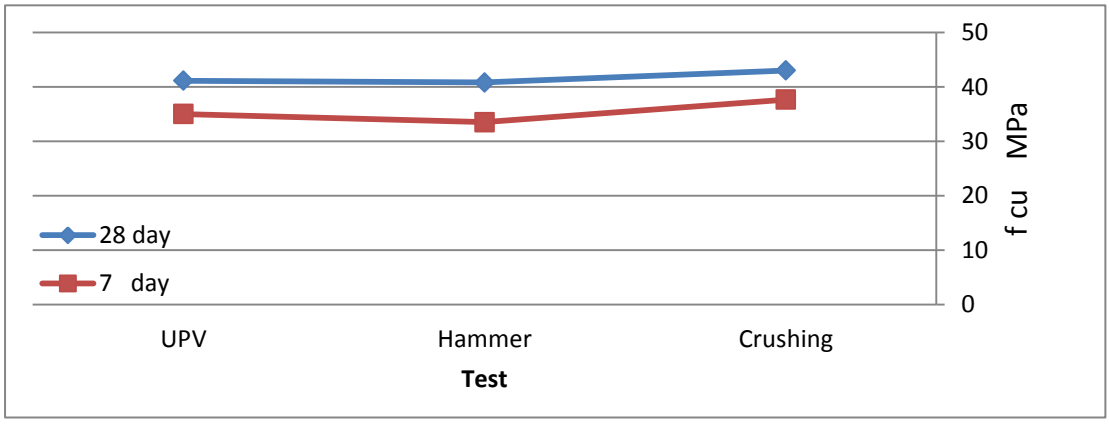
الشكل(4-11) مقارنة مقاومة الانضغاط بالطرق الثلاث للخلطة (3)

4.7.4 :الخلطة (4)

بينت نتائج الخلطة (4) وجود فروقات في قيم مقاومة الانضغاط بين الثلاث انواع من الاختبارات فكانت(4.14 و2.2) MPa للاعمار (7 و 28) يوم على التوالي موضحة ذلك في الجدول (4-25) والشكل (4-12) .

الجدول(4-25) مقارنة مقاومة الانضغاط للاختبارات الثلاث للخلطة(4)

Testing	Compressive strength f_{cu} Mpa	
	Age at day	
	7	28
Crushing	37.64	43
Hammer	33.5	40.8
UPV	35	41.1



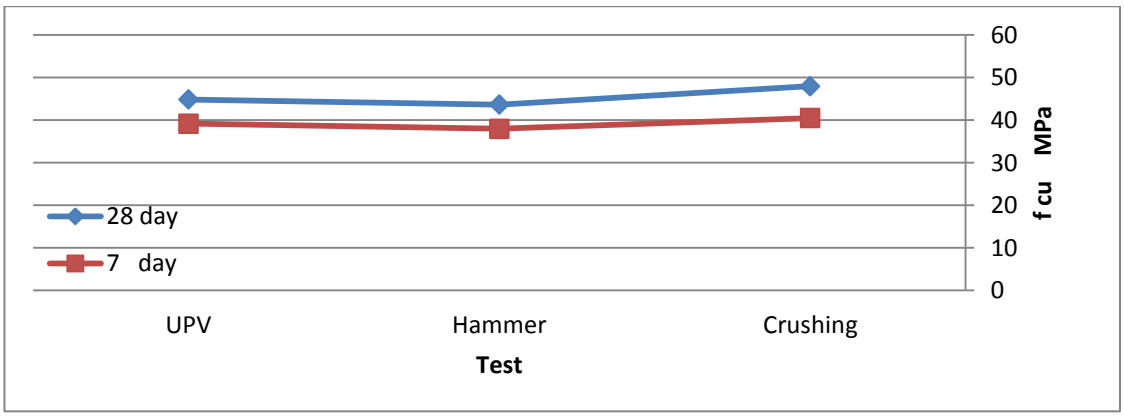
الشكل(4-12) مقارنة مقاومة الانضغاط بالطرق الثلاث للخلطة (4)

5.7.4 : الخلطة (5)

اوضحت نتائج الخلطة (5) وجود فروقات في قيم مقاومة الانضغاط للثلاث انواع من الاختبارات فكانت (2.5و4.33) MPa للاعمار (7و28) يوم على التوالي موضحة ذلك في الجدول (4-26) والشكل (4-13) .

الجدول(4-26) مقارنة مقاومة الانضغاط للاختبارات الثلاث للخلطة(5)

Testing	Compressive strength f_{cu} Mpa	
	Age at day	
	7	28
Crushing	40.5	48
Hammer	38	43.67
UPV	39.2	44.86



الشكل(4-13) مقارنة مقاومة الانضغاط بالطرق الثلاث للخلطة (5)