

지역별 골재 품질변화가 콘크리트 물성에 미치는 영향

Influence of Domestic Aggregates Quality on Concrete Properties

노재호* 조일호* 이선우* 정재동**

Noh, Jae Ho Cho, Il Ho Lee, Sun Woo Jaung, Jae Dong

Abstract

Recently inappropriate aggregates are used as a raw material for ready-mixed concretes, due to the shortage of natural aggregate resources and the prohibition of their extraction for the environmental protection. We, therefore, have conducted experiments to obtain some knowledge of properties of domestic aggregates and to investigate subsequent changes in the properties of the fresh and hardened concretes. To this end, aggregates currently used in 13 domestic ready-mixed concrete plants were collected. Most of aggregates used in this experiment satisfied the KS in density and unit weight. But some of the aggregates have the particle size distribution that can effect bad influence on concrete. In this experiment the aggregates are found to have a bad particle size distribution, resulting in high amount of a unit water content and a unit cement content in concrete.

1. 서 론

근래에 들어 국내에서도 골재자원 고갈과 환경보호를 위한 골재채취 금지 등에 따른 골재자원 부족으로 레미콘 용으로 품질이 불량한 골재사용이 불가피한 실정이다.

이에 본 연구에서는 전국 각 지역의 레미콘 공장에서 현재 사용하고 있는 조세골재를 사용한 콘크리트 물성실험을 실시하여 현재 국내 골재물성 현황을 파악하고 이에 따른 콘크리트 물성변화를 관찰하였다.

2. 실험방법 및 재료

2-1. 실험방법

본 실험은 국내 콘크리트용 골재의 품질현황 및 이에 따른 콘크리트 물성변화를 파악하기 위해 다음 순서에 따라 실시되었다.

- (1) 골재입수 : 전국 레미콘 공장에서 입수한 조골재 및 세골재 각 13종 (산지는 그림 1 참조)
- (2) 골재 물성실험 : 수집된 각 조세골재에 대하여 비중, 체가름 시험, 단위용적중량 측정
- (3) 콘크리트 배합실험 : 각 골재를 사용하여 각각 단위 시멘트량 250, 300, 350 kg/m³ 에 대하여 실험오차범위로 슬럼프 12±1.5 cm, 공기량 4±1%이고 감수제 0.3%를 사용한 양호한 작업성을 갖는 콘크리트를 각 2회 반복실험하여 단위수량 및 공기연행계 첨가량,

잔골재를 등을 파악하고 7일 및 28일 경화 콘크리트 물성 측정을 위한 공시체 제작

(4) 경화 콘크리트 물성 측정 : 7일 및 28일 재령 콘크리트의 압축강도, 동탄성계수 및 비중

(5) 실험결과 해석 : 골재에 따른 콘크리트 단위수량 및 세골재율, 혼화제 첨가량을 파악하고 세골재 미분량-혼화제 첨가량 관계 및 C/W- σ , W/C- σ , 압축강도-동탄성계수, σ_7 - σ_{28} 관계식 등을 작성

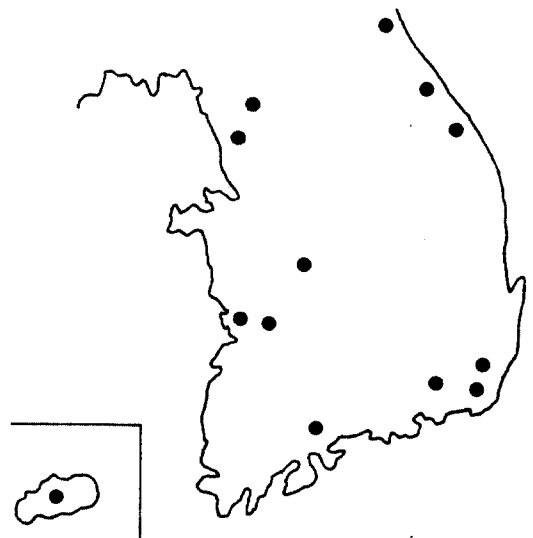


그림 1. 입수 골재 산지

* 단체회원 등 주임연구원

** 정회원 중앙연구소 2차계플연구실장 공박

2-2. 실험재료

(1) 시멘트 : 1종 보통 포틀랜드 시멘트

표 1. 시멘트 물리성능

블레인 (cm ² /g)	응결 (hr:min)		압축강도 (kgf/cm ²)			비중
	초결	종결	3일	7일	28일	
3,358	3:20	5:50	190	285	380	3.15

(2) 혼화제 : 리그닌계 표준형 감수제 및 공기연행제

표 2. 화학혼화제 물성

시료명	물성	비중	고형분 (%)	염분농도 (%)	pH
감수제		1.19	39.80	0.25	4.21
공기연행제		1.06	18.60	0.48	11.84

(3) 배합수 : 상수도수 이용

(4) 골재 : 표 3 에 나타난 바와 같이 본 실험에 사용한 골재 물성 범위는 세골재의 경우, 비중 2.5~2.7, 조립을 1.9~4.1, 실적율 55~65%, 조골재의 경우, 비중 2.5~2.8, 조립을 6.5~7.3, 실적율 55~62% 로 전국적으로 골재의 품질 변동이 크을 수 있으며 골재 입수난으로 인하여 세척사가 많이 사용되고 있음을 알 수 있다. 특히 조세골재의 실적율이 상당한 차이가 있고 세골재의 입도분포 차이가 매우 크므로 레미콘 품질에 큰 영향을 미칠 것으로 예상된다. (조세골재 입도분포 불량 의 일례 그림 2 참조)

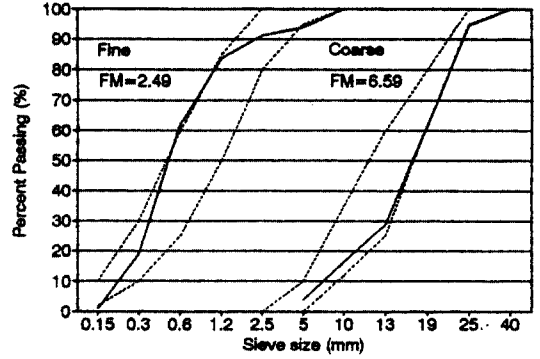


그림 2-1. No. 4 조세골재 입도분포

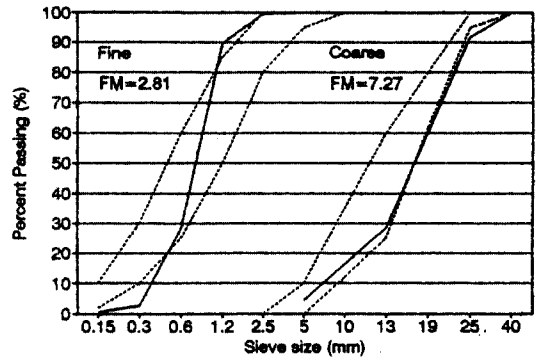


그림 2-2. NO. 6 세골재 입도분포

그림 2. 조세골재 입도분포표 일례

표 3. 조골재 및 세골재 물성

No.	25mm 채석 조골재				세골재				
	비중	조립율 (F.M.)	단위용량 (kg/m ³)	실적율 (%)	종류 및 혼합율	비중	조립율 (F.M.)	단위용량 (kg/m ³)	실적율 (%)
1	2.76	7.01	1,580	57.25	세척사 혼합사	2.57	2.19	1,470	57.20
2	2.61	6.50	1,530	58.62	세척사	2.58	2.84	1,600	62.02
3	2.67	7.09	1,633	61.16	하천사 (80%) 미립분 (20%)	2.58 2.61	3.45 2.13	1,620 1,607	62.79 61.57
4	2.70	6.59	1,491	55.22	세척사	2.56	2.49	1,462	57.11
5	2.63	6.86	1,570	59.70	세척사	2.55	3.68	1,653	64.82
6	2.53	7.27	1,498	59.21	세척사	2.55	2.81	1,392	54.59
7	2.62	6.56	1,510	57.63	세척사	2.56	2.44	1,476	57.66
8	2.66	6.54	1,561	58.68	세척사	2.58	2.75	1,486	57.60
9	2.61	6.80	1,610	61.69	세척사 혼합사	2.58	2.79	1,409	54.61
10	2.81	6.51	1,682	59.86	자연사	2.60	3.37	1,665	64.04
11	2.71	7.20	1,664	61.40	세척사 (70%) 쇄사 (30%)	2.58 2.84	3.03 4.13	1,601 1,780	62.05 62.68
12	2.71	6.68	1,647	60.77	세척사 (60%) 쇄사 (40%)	2.61 2.66	1.94 4.04	1,458 1,593	55.86 59.89
13	2.67	6.67	1,600	59.93	세척사	2.51	2.45	1,464	58.33
X max	2.81	7.27	1,682	61.69	-	2.84	4.13	1,780	64.82
X min	2.53	6.50	1,491	55.22	-	2.51	1.94	1,392	54.59
X mean	2.67	6.79	1,583	59.32	-	2.60	2.91	1,546	59.55

3. 실험결과 및 고찰

총 13개 국내 골재를 이용하여 슬럼프 12±1.5cm, 공

기량 4±1%인 콘크리트를 제조한 경우의 배합설계 자료

및 콘크리트 물성 측정결과를 다음 표 4 에 나타낸다.

표 4. 콘크리트 배합설계 자료 및 물성 측정 결과

표 4-1. 단위시멘트량 250 kg/m³ 의 경우

No.	W (kg/m ³)	W/C	S/A (%)	AEA (%)	Slump (cm)	공기량 (%)	압축강도 (kgf/cm ²)		동탄성계수 (kgf/cm ²)		비중	
							7일	28일	7일	28일	7일	28일
1	195	0.78	46	0.010	12.0	4.6	110	150	2.75	3.26	2.39	2.40
	198	0.79	45	0.008	11.0	4.9	91	135	2.43	2.94	2.31	2.33
2	180	0.72	48	0.023	11.0	4.7	112	159	2.84	3.28	2.31	2.31
	180	0.72	48	0.021	12.0	4.0	111	165	2.94	3.47	2.34	2.32
3	180	0.72	46	0.035	11.0	4.4	124	169	2.65	3.11	2.35	2.36
	180	0.72	47	0.035	12.0	4.0	119	165	2.54	3.03	2.34	2.35
4	200	0.80	46	0.010	11.0	4.2	81	135	2.31	2.86	2.30	2.30
	202	0.81	46	0.010	12.0	4.2	81	129	2.43	2.99	2.31	2.32
5	190	0.76	54	0.040	12.5	4.5	108	154	2.36	2.86	2.31	2.32
	190	0.76	54	0.040	11.0	5.0	102	151	2.39	2.81	2.30	2.30
6	215	0.86	46	0.012	11.0	3.9	75	104	2.22	2.63	2.26	2.26
	215	0.86	46	0.012	12.0	3.6	67	97	2.20	2.60	2.25	2.26
7	200	0.80	47	0.020	12.5	5.0	92	136	2.48	2.98	2.26	2.26
	200	0.80	47	0.016	12.0	4.5	102	146	2.49	3.02	2.26	2.27
8	195	0.78	47	0.015	11.0	5.0	94	141	2.46	2.87	2.31	2.32
	200	0.80	47	0.010	11.0	4.5	88	127	2.35	2.80	2.30	2.32
9	200	0.80	47	0.017	12.0	5.0	92	135	2.48	2.91	2.25	2.26
	200	0.80	47	0.013	12.0	4.5	91	134	2.52	3.00	2.28	2.28
10	175	0.70	50	0.035	12.0	4.0	112	142	3.09	3.49	2.42	2.41
	170	0.68	50	0.035	11.0	4.5	122	164	3.04	3.66	2.40	2.41
11	180	0.72	54	0.030	13.0	4.6	121	169	3.38	3.83	2.38	2.38
	180	0.72	55	0.027	12.0	3.5	133	168	3.32	3.86	2.39	2.40
12	185	0.74	55	0.015	11.5	4.5	114	155	3.17	3.47	2.31	2.31
	180	0.72	55	0.015	12.5	4.8	119	164	-	-	-	-
13	205	0.82	51	0.000	12.0	3.6	94	139	2.06	2.50	2.31	2.28
	205	0.82	51	0.000	12.0	4.1	89	132	2.04	2.43	2.30	2.31

표 4-2. 단위시멘트량 300 kg/m³ 의 경우

No.	W (kg/m ³)	W/C	S/A (%)	AEA (%)	Slump (cm)	공기량 (%)	압축강도 (kgf/cm ²)		동탄성계수 (kgf/cm ²)		비중	
							7일	28일	7일	28일	7일	28일
1	198	0.66	44	0.010	12.0	4.6	148	204	2.79	3.30	2.36	2.36
	198	0.66	44	0.010	12.0	4.9	140	201	2.79	3.15	2.33	2.33
2	175	0.58	46	0.025	11.3	4.6	187	256	3.34	3.65	2.33	2.32
	175	0.58	46	0.025	12.0	4.5	177	239	3.22	3.64	2.33	2.33
3	175	0.58	44	0.040	13.5	4.6	172	218	3.01	3.47	2.37	2.36
	175	0.58	44	0.040	11.5	4.1	191	245	2.78	3.31	2.38	2.36
4	195	0.65	44	0.010	11.0	4.2	142	208	2.92	3.35	2.33	2.35
	195	0.65	44	0.010	11.0	4.1	148	211	2.85	3.34	2.33	2.34
5	185	0.62	50	0.030	11.0	3.7	200	266	2.78	3.27	2.33	2.34
	190	0.63	51	0.040	12.0	4.5	183	237	2.73	3.15	2.34	2.33
6	195	0.65	44	0.020	11.5	5.0	143	179	2.64	2.98	2.24	2.27
	195	0.65	43	0.017	12.0	4.5	138	188	2.64	3.02	2.26	2.27
7	195	0.65	44	0.020	11.5	3.8	162	229	3.08	3.48	2.29	2.28
	195	0.65	44	0.022	12.0	4.0	161	230	2.81	3.46	2.30	2.31
8	175	0.58	44	0.018	10.0	4.4	171	228	2.93	3.28	2.33	2.33
	185	0.62	44	0.017	12.0	5.0	145	198	2.88	3.17	2.33	2.33
9	185	0.62	44	0.018	12.5	3.6	153	212	3.14	3.45	2.28	2.30
	185	0.62	44	0.018	12.0	4.0	152	207	3.06	3.42	2.28	2.30
10	165	0.55	48	0.047	13.0	5.0	172	229	3.47	3.86	2.40	2.41
	165	0.55	48	0.042	12.0	4.5	177	232	3.69	3.86	2.40	2.41
11	175	0.58	52	0.037	12.0	4.8	198	243	3.80	3.80	2.40	2.40
	175	0.58	52	0.027	12.5	3.9	181	252	3.69	4.14	2.39	2.39
12	175	0.58	52	0.020	12.5	4.2	191	242	3.73	4.12	2.37	2.37
	170	0.58	52	0.020	12.5	4.5	175	237	3.71	4.01	2.37	2.37
13	195	0.65	47	0.000	12.5	4.5	151	206	2.42	2.82	2.32	2.35
	195	0.65	48	0.000	12.0	4.1	160	223	2.34	2.75	2.34	2.34

표 4-3. 단위시멘트량 350 kg/m³ 의 경우

No.	W (kg/m ³)	W/C	S/A (%)	AEA (%)	Slump (cm)	공기량 (%)	압축강도 (kgf/cm ²)		동탄성계수 (kgf/cm ²)		비중	
							7일	28일	7일	28일	7일	28일
1	195	0.56	42	0.015	11.0	4.2	219	282	3.13	3.58	2.36	2.37
	195	0.56	42	0.014	12.0	4.1	204	283	3.37	3.76	2.43	2.42
2	175	0.50	44	0.026	12.0	4.2	221	296	3.45	3.71	2.35	2.35
	175	0.50	44	0.030	12.0	4.2	252	309	3.50	3.71	2.34	2.36
3	170	0.49	42	0.040	11.0	3.8	234	319	3.14	3.44	2.37	2.36
	175	0.50	42	0.042	11.0	3.7	258	331	3.09	3.50	2.37	2.37
4	200	0.57	42	0.020	14.0	3.2	206	293	3.08	3.50	2.34	2.35
	197	0.56	42	0.020	12.0	4.3	195	281	3.21	3.56	2.35	2.35
5	185	0.53	48	0.040	11.5	4.6	236	309	2.96	3.32	2.34	2.33
	185	0.53	48	0.040	11.5	4.5	246	306	2.90	3.40	2.32	2.34
6	195	0.56	41	0.020	12.0	4.2	219	265	2.95	3.25	2.28	2.30
	195	0.56	41	0.020	13.0	4.0	196	256	2.94	3.34	2.29	2.31
7	195	0.56	42	0.026	13.5	3.8	214	297	3.26	3.62	2.31	2.33
	195	0.56	42	0.024	13.0	3.7	205	276	3.30	3.34	2.31	2.31
8	180	0.51	42	0.018	12.0	4.6	240	326	3.17	3.43	2.36	2.35
	185	0.53	42	0.015	12.5	3.5	226	308	3.14	3.49	2.37	2.37
9	185	0.53	42	0.023	11.0	4.3	232	291	3.22	3.64	2.32	2.32
	185	0.53	42	0.023	13.5	4.0	210	267	3.35	3.59	2.30	2.31
10	175	0.50	47	0.042	12.0	4.5	224	296	3.64	3.82	2.42	2.39
	175	0.50	47	0.042	12.0	4.5	220	278	3.56	3.93	2.40	2.41
11	170	0.49	50	0.037	12.0	5.0	249	317	3.82	4.20	2.41	2.40
	175	0.50	50	0.032	12.0	3.7	257	312	3.82	4.18	2.40	2.40
12	170	0.49	50	0.022	11.5	4.0	269	333	4.11	4.25	2.39	2.38
	170	0.49	50	0.022	12.5	3.5	246	319	4.01	4.34	2.38	2.39
13	190	0.54	46	0.000	12.5	4.5	239	326	2.60	2.99	2.35	2.36
	190	0.54	46	0.000	12.0	4.1	245	335	2.58	2.98	2.35	2.37

3-1. 단위수량

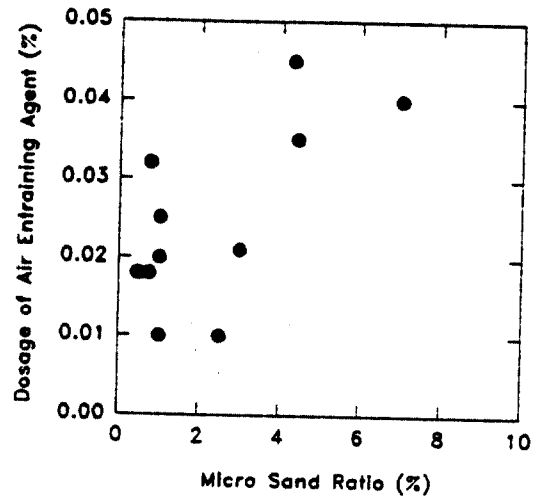
슬럼프 12 cm 의 콘크리트 제조에 필요한 단위수량의 범위는 170~215 kg/m³ 으로 조세골재 종류에 따른 콘크리트 작업성 유지를 위한 단위수량 차이가 매우 큼을 알 수 있다.

특히 표 3 및 그림 2 에서 보여지는 입도분포가 불량하고 조세골재의 실적율이 낮은 No. 1, 4, 6, 7 골재를 사용한 콘크리트의 단위수량은 표 4에서 처럼 모두 195 kg/m³ 이상으로 나타나 (No. 13 현무암 골재 제외) 골재 입도분포에 따른 차이가 매우 큼을 알 수 있다.

3-2. 공기연행계 첨가량

공기량 4% 유지를 위한 공기연행계 첨가량의 범위는 0.008~0.042% 로 골재에 따른 공기연행계 첨가량의 차이가 최대 5배 정도이며 그 원인은 골재 중의 미분량에 의한 것으로 추정되므로 (그림 3 참조) 조세골재 미분량에 따른 공기연행계 첨가량 조절은 레미콘 품질 유지와 공기량 과다에 의한 콘크리트 강도 저하를 막기 위하여 필수적이라 판단된다.

골재 자체가 다공질인 No. 13 현무암 골재의 경우 공기연행계 무첨가의 경우에도 공기량 측정결과는 4% 이상으로 나타났다.



3-3. σ_7 -C/W 및 σ_{28} -C/W

전체 골재에 대한 경화 콘크리트의 7일 및 28일 압축강도와 시멘트/골비 관계를 다음 그림 4 에 나타냈다.

각 골재에 대한 경화 콘크리트 압축강도와 시멘트/골비 관계는 다음 표 5 에 나타냈다.

3-4. W/C- σ_7 및 W/C- σ_{28}

그림 4 의 σ -C/W 식으로 부터 시멘트 28일 강도를

표 5. 경화 콘크리트 σ_7 -C/W 및 σ_{28} -C/W 관계식

No.	σ_7 -C/W 관계식	σ_{28} -C/W 관계식
1	$\sigma_7 = 216.4 \text{ C/W} - 178.8 \text{ (R}^2 = 0.98)$	$\sigma_{28} = 272.5 \text{ C/W} - 207.3 \text{ (R}^2 = 0.99)$
2	$\sigma_7 = 205.2 \text{ C/W} - 156.4 \text{ (R}^2 = 0.98)$	$\sigma_{28} = 231.0 \text{ C/W} - 154.6 \text{ (R}^2 = 0.99)$
3	$\sigma_7 = 195.8 \text{ C/W} - 151.7 \text{ (R}^2 = 0.98)$	$\sigma_{28} = 249.6 \text{ C/W} - 185.7 \text{ (R}^2 = 0.98)$
4	$\sigma_7 = 224.6 \text{ C/W} - 190.6 \text{ (R}^2 = 0.98)$	$\sigma_{28} = 284.4 \text{ C/W} - 221.8 \text{ (R}^2 = 0.99)$
5	$\sigma_7 = 233.3 \text{ C/W} - 195.9 \text{ (R}^2 = 0.98)$	$\sigma_{28} = 272.2 \text{ C/W} - 199.2 \text{ (R}^2 = 0.98)$
6	$\sigma_7 = 213.9 \text{ C/W} - 180.4 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 251.1 \text{ C/W} - 194.3 \text{ (R}^2 = 0.99)$
7	$\sigma_7 = 208.7 \text{ C/W} - 162.6 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 269.0 \text{ C/W} - 196.8 \text{ (R}^2 = 0.99)$
8	$\sigma_7 = 211.4 \text{ C/W} - 181.4 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 267.7 \text{ C/W} - 212.7 \text{ (R}^2 = 0.98)$
9	$\sigma_7 = 200.8 \text{ C/W} - 162.9 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 224.9 \text{ C/W} - 148.6 \text{ (R}^2 = 0.99)$
10	$\sigma_7 = 186.8 \text{ C/W} - 157.2 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 239.1 \text{ C/W} - 196.7 \text{ (R}^2 = 0.99)$
11	$\sigma_7 = 199.0 \text{ C/W} - 150.5 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 233.3 \text{ C/W} - 155.7 \text{ (R}^2 = 1.00)$
12	$\sigma_7 = 210.0 \text{ C/W} - 173.4 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 248.2 \text{ C/W} - 182.7 \text{ (R}^2 = 1.00)$
13	$\sigma_7 = 248.6 \text{ C/W} - 216.5 \text{ (R}^2 = 0.99)$	$\sigma_{28} = 320.8 \text{ C/W} - 262.9 \text{ (R}^2 = 0.98)$

표 6. 경화 콘크리트의 W/C- σ_7 및 W/C- σ_{28} 관계식

No.	W/C- σ_7 관계식	W/C- σ_{28} 관계식
1	W/C = 0.57 / ($\sigma_7/K + 0.47$)	W/C = 0.72 / ($\sigma_{28}/K + 0.55$)
2	W/C = 0.54 / ($\sigma_7/K + 0.41$)	W/C = 0.61 / ($\sigma_{28}/K + 0.41$)
3	W/C = 0.52 / ($\sigma_7/K + 0.40$)	W/C = 0.66 / ($\sigma_{28}/K + 0.49$)
4	W/C = 0.59 / ($\sigma_7/K + 0.50$)	W/C = 0.75 / ($\sigma_{28}/K + 0.58$)
5	W/C = 0.61 / ($\sigma_7/K + 0.52$)	W/C = 0.72 / ($\sigma_{28}/K + 0.52$)
6	W/C = 0.56 / ($\sigma_7/K + 0.47$)	W/C = 0.66 / ($\sigma_{28}/K + 0.51$)
7	W/C = 0.55 / ($\sigma_7/K + 0.43$)	W/C = 0.71 / ($\sigma_{28}/K + 0.52$)
8	W/C = 0.56 / ($\sigma_7/K + 0.48$)	W/C = 0.70 / ($\sigma_{28}/K + 0.56$)
9	W/C = 0.53 / ($\sigma_7/K + 0.43$)	W/C = 0.59 / ($\sigma_{28}/K + 0.39$)
10	W/C = 0.49 / ($\sigma_7/K + 0.41$)	W/C = 0.63 / ($\sigma_{28}/K + 0.52$)
11	W/C = 0.52 / ($\sigma_7/K + 0.40$)	W/C = 0.61 / ($\sigma_{28}/K + 0.41$)
12	W/C = 0.55 / ($\sigma_7/K + 0.46$)	W/C = 0.65 / ($\sigma_{28}/K + 0.48$)
13	W/C = 0.65 / ($\sigma_7/K + 0.57$)	W/C = 0.84 / ($\sigma_{28}/K + 0.69$)

* 여기서, K : 시멘트 28일 압축강도값 (kgf/cm²)

표 7. 경화 콘크리트 E_7 - σ_7 및 E_{28} - σ_{28} 관계식

No.	E_7 - σ_7 관계식	E_{28} - σ_{28} 관계식
1	$E_7 = 590 \sigma_7 + 198,037 \text{ (R}^2 = 0.91)$	$E_{28} = 429 \sigma_{28} + 243,452 \text{ (R}^2 = 0.92)$
2	$E_7 = 459 \sigma_7 + 240,427 \text{ (R}^2 = 0.96)$	$E_{28} = 303 \sigma_{28} + 288,645 \text{ (R}^2 = 0.95)$
3	$E_7 = 400 \sigma_7 + 210,070 \text{ (R}^2 = 0.89)$	$E_{28} = 238 \sigma_{28} + 271,914 \text{ (R}^2 = 0.85)$
4	$E_7 = 639 \sigma_7 + 188,551 \text{ (R}^2 = 0.95)$	$E_{28} = 382 \sigma_{28} + 246,589 \text{ (R}^2 = 0.94)$
5	$E_7 = 419 \sigma_7 + 193,877 \text{ (R}^2 = 0.97)$	$E_{28} = 342 \sigma_{28} + 232,286 \text{ (R}^2 = 0.94)$
6	$E_7 = 531 \sigma_7 + 185,502 \text{ (R}^2 = 0.97)$	$E_{28} = 421 \sigma_{28} + 220,566 \text{ (R}^2 = 0.97)$
7	$E_7 = 712 \sigma_7 + 182,638 \text{ (R}^2 = 0.96)$	$E_{28} = 418 \sigma_{28} + 247,434 \text{ (R}^2 = 0.92)$
8	$E_7 = 520 \sigma_7 + 198,770 \text{ (R}^2 = 0.97)$	$E_{28} = 334 \sigma_{28} + 243,855 \text{ (R}^2 = 0.95)$
9	$E_7 = 635 \sigma_7 + 194,928 \text{ (R}^2 = 0.97)$	$E_{28} = 452 \sigma_{28} + 239,790 \text{ (R}^2 = 0.95)$
10	$E_7 = 497 \sigma_7 + 253,058 \text{ (R}^2 = 0.88)$	$E_{28} = 247 \sigma_{28} + 322,372 \text{ (R}^2 = 0.87)$
11	$E_7 = 313 \sigma_7 + 303,900 \text{ (R}^2 = 0.90)$	$E_{28} = 229 \sigma_{28} + 345,782 \text{ (R}^2 = 0.88)$
12	$E_7 = 582 \sigma_7 + 258,958 \text{ (R}^2 = 0.96)$	$E_{28} = 439 \sigma_{28} + 290,824 \text{ (R}^2 = 0.92)$
13	$E_7 = 381 \sigma_7 + 174,363 \text{ (R}^2 = 0.95)$	$E_{28} = 256 \sigma_{28} + 216,410 \text{ (R}^2 = 0.94)$

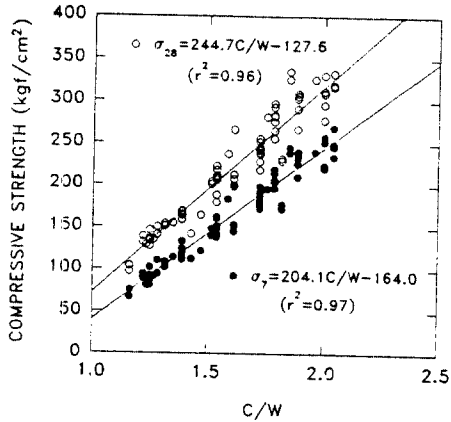


그림 4. 압축강도와 시멘트/물비

고려한 경화 콘크리트의 물/시멘트비와 7일 및 28일 압축 강도와와의 관계를 구하면 다음 (식 1), (식 2) 와 같다.

$$W/C = 0.54 / (\sigma_7 / K + 0.43) \text{ ----- (식 1)}$$

$$W/C = 0.64 / (\sigma_{28} / K + 0.34) \text{ ----- (식 2)}$$

각 골재에 대한 물/시멘트비와 콘크리트 압축강도 관계는 다음 페이지의 표 6 에 나타난 바와 같다.

3-5. $E_7 - \sigma_7$ 및 $E_{28} - \sigma_{28}$

동일한 시멘트 및 골재를 사용한 경우의 경화 콘크리트의 동탄성계수와 콘크리트의 압축강도는 매우 밀접한 관계를 나타내고 있으나 (다음 표 7 참조) 시멘트 품질이 동일한 경우에도 골재 종류가 다를 경우는 별다른 상관 관계를 갖지 못함을 알 수 있다. (그림 5 참조).

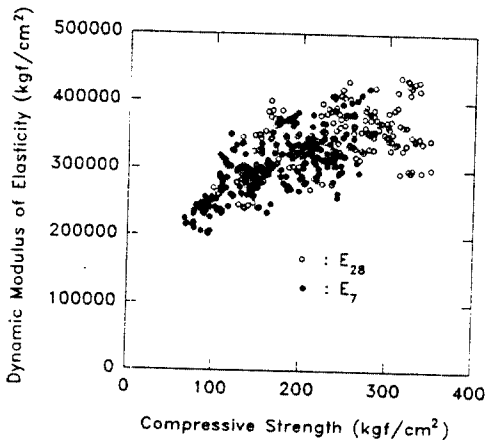


그림 5. 동탄성계수와 압축강도

3-6. $\sigma_7 - \sigma_{28}$

동일 시멘트 사용의 경우, 골재의 종류가 변화하여도 콘크리트 7일 및 28일 강도는 매우 밀접한 관계를 나타내고 있으나 (그림 6 참조), 이종(異種)의 시멘트를 사용할 경우 다른 경향을 나타낼 수 있다고 판단된다.

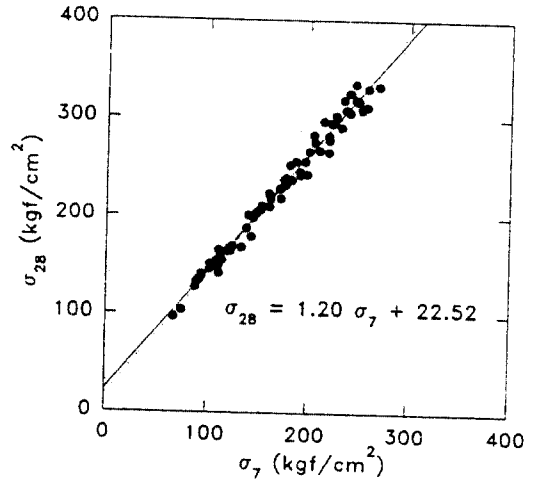


그림 6. 7일 압축강도와 28일 압축강도

5. 결 론

국내 13개 레미콘 공장에서 현재 사용 중인 골재들에 대한 물성 실험 및 이들 골재들이 콘크리트에 미치는 영향의 현황 파악 실험 결과, 골재의 종류 및 물성 변화에 따른 콘크리트의 물성 변화가 매우 큰 것으로 나타났다. 금번 실험에 사용된 전국 골재의 물성 중 입도분포 및 실적을 차이가 매우 심하여 이에 따른 레미콘 물성, 특히 단위수량 변화가 크게 나타났다. 따라서 국내 레미콘 품질관리를 위한 세골재 산지선정 및 품질관리, 특히 입도분포 등에 대한 검사가 매우 중요함을 알 수 있다.

쇄사 혼입사를 사용하는 No. 11 및 No. 12 골재 사용 콘크리트의 물성이 다른 시료에 비하여 불리하지 않았으며 쇄사 사용의 문제점은 발견되지 않았다.