

# 골재의 입도 및 입형이 제품용 시멘트 모르타르의 강도 및 흡수율에 미치는 영향

Influences of Grading and Grade Shape in Aggregates on the  
Strength and Absorption of Cement Mortar Products



한 천 구\*

Han, Cheon-Goo



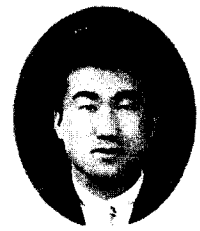
신 병 철\*\*

Shin, Byung-Chuel



김 기 철\*\*\*

Kim, Gi-Cheol



이 상 태\*\*\*\*

Lee, Sang-Tae

## ABSTRACT

The quality of cement mortar products largely depends on various work conditions, specially on the grading and grade shape of aggregates. However, the effect of grading and grade shape on the quality is not considered by both KS codes and production processes, resulting in the increase of the possibility of quality degradation. The objective of this study was to investigate the effect of grading and grade shape on the strength and absorption characteristics of cement mortar products. Flexural and compressive strength increased with the increase of fineness modulus and W/C. The strength increase was measured larger with river sand than with crushed sand. Absorption tended to decrease with the increase of fineness modulus and W/C, but did not affected by the source of sand.

**Keywords** : cement mortar product, grading, grade shape, fineness modulus

\* 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수

\*\* 정회원, 중부대학교 조경학과 전임강사

\*\*\* 정회원, 청주대학교 산업과학연구소 연구원

\*\*\*\* 정회원, 청주대학교 조경학과 대학원 박사과정

(주)선엔지니어링/종합건축사사무소 연구원

·본 논문에 대한 토의를 2000년 6월 30일까지 학회로 보내 주시면 2000년 8월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

## 1. 서 론

실무현장에서 콘크리트 벽돌, 콘크리트 블록, 보차도용 인터로킹 블록 등(이하 시멘트 모르타 제품이라 칭함)의 품질은 골재 등 원재료 재질, 배합비, 반죽질기, 제작 방법 및 양생 등 여러 요인에 의하여 달라질 수 있는데, 그 중 골재의 입도 및 입형 변화에 따라서도 크게 좌우되기도 한다.

그러나, 국내 건설공사 등 각종 용도에 사용되는 시멘트 모르타 제품에는 골재의 입도·입형 등과 관련하여 특별한 규정이 없는 것이 현실이다. 따라서, 시멘트 모르타 제품을 제작하는 실무현장에서는 골재의 입도 및 입형 변화에 따라 달라질 수 있는 제품의 품질에 대하여는 관심이 적고, 골재의 가격이나 수급의 편이성 등과 같은 판단요소에 의하여만 골재의 산지 및 종류가 주로 결정되고 있는 것이 현실이다.

그러므로, 본 연구에서는 강모래와 부순모래의 종류 변화에 따른 입형변화와 다양한 조립률 및 입도분포 변화에 따른 시멘트 모르타 제품의 제반 특성을 비교·분석하므로써 시멘트 모르타 제품 제작시 품질 향상 및 원가절감의 한 참고자료로 제시하고자 한다.

## 2. 실험계획 및 방법

### 2.1 실험계획

본 연구의 실험 계획과 배합에 관한 사항은 Table 1과 같다. 먼저, 모르타는 중량배합비로 1:4의 1개 수준에서 W/C를 40%, 45%, 50%로 계획하고, 골재는 강모래와 부순모래의 2종류로 한다.

또한, 각 골재별 입도분포는 KS F 2526(콘크리트용 골재)에서 규정하고 있는 콘크리트용 잔골재의 하·상한치와 중간치(입도곡선 1, 3, 2) 및 개정되기 이전의 속빈 시멘트 블록 제작용 골재의 하·상한치와 중간치(입도곡선 4, 6, 5)의 6가지로 하여 실험을 계획 한다.

실험항목으로 휨강도와 압축강도는 7 및 28일 재령, 흡수율은 28일 재령에서 측정하도록 계획

한다.

### 2.2 사용재료

본 실험에 사용하는 재료로 시멘트는 국내 S사의 보통 포틀랜드 시멘트로서, 그 물리적 성질은 Table 2와 같다.

골재는 충북 보은군의 강모래와 충북 청원군 환희의 부순모래를 사용하는데, 10mm 체를 통과한 것을 No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 체와 pan에 남는 골재로 체가름하여 각 체별로 일정량씩 계량 후, 재혼합하여 실험계획한 입도로 만든다. 골재의 물리적 성질은 Table 3과 같고, 입도곡선은 Fig. 1과 같다. 혼화제는 국내 D사의 AE감수제를 사용하며, 물리적 성질은 Table 4와 같다.

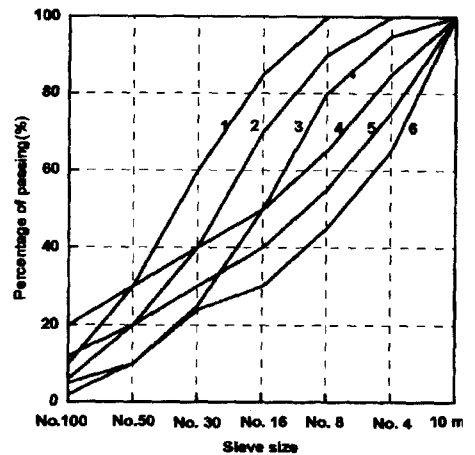


Fig. 1 Grading curves of aggregate

### 2.3 시험방법

본 연구의 시험방법으로 각 재료의 물리적 성질은 KS규격에 규정된 방법으로 실시하고, 모르타의 혼합은 KS L 5109의 방법으로 실시한다.

공시체는 주문 제작한 성형 몰드(4×4×16cm)를 이용하여 진동 및 가압하여 제작한 후, 20±3℃인 온도조건에서 수중양생한다. 경화상태에서

의 휨강도 및 압축강도 시험은 KS F 2407 및 ASTM C 349에 의해 실시하고, 흡수율은 KS

F 4419에 규정된 흡수율 시험방법에 의하여 실시한다.

Table 1 Experimental plan and mix design

Mix proportion (C:S)	W/C (%)	Aggregate	Grading curves	AE/C (%)	Unit water (kg/m <sup>3</sup> )	Unit volume (ℓ/m <sup>3</sup> )		Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	
						Cement	Sand	Cement	Sand
1:4	40	River sand	1	0.15	162	129	630	405	1,619
			2		162	128	630	404	1,618
			3		162	128	630	404	1,616
			4		162	128	630	404	1,617
			5		161	128	630	404	1,614
			6		161	128	631	403	1,612
		Crushed sand	1		167	133	621	417	1,670
			2		167	132	621	417	1,667
			3		166	132	622	416	1,663
			4		167	132	621	416	1,665
			5		166	132	622	415	1,660
			6		166	131	623	414	1,656
	45	River sand	1	0.15	178	126	616	397	1,584
			2		178	126	616	397	1,583
			3		178	125	617	394	1,582
			4		178	126	616	397	1,581
			5		178	125	617	394	1,580
			6		178	125	617	394	1,576
		Crushed sand	1		183	130	607	410	1,633
			2		183	130	607	410	1,629
			3		183	129	608	406	1,626
			4		183	129	608	406	1,629
			5		183	129	608	406	1,622
			6		182	129	609	406	1,619
50	River sand	1	0.15	194	123	603	388	1,551	
		2		194	123	603	387	1,550	
		3		193	123	604	387	1,548	
		4		194	123	603	387	1,549	
		5		193	123	604	387	1,546	
		6		193	123	604	386	1,544	
	Crushed sand	1		200	127	594	399	1,597	
		2		199	127	594	399	1,595	
		3		199	126	595	398	1,591	
		4		199	126	594	398	1,593	
		5		199	126	595	397	1,588	
		6		198	126	596	396	1,585	

\* The numbers of grading curves are shown in Fig 1

Table 2 Physical properties of cement

Specific gravity	Blaine (cm <sup>2</sup> /g)	Soundness (%)	Setting time (min.)		Compressive strength (kgf/cm <sup>2</sup> )		
			Ini.	Fin.	3d	7d	28d
3.15	3,564	0.06	241	460	226	303	396

Table 3 Physical properties of aggregates

Aggregate	Grading curves	F.M	Specific gravity	Absorption ratio(%)	Unit weight (kg/m <sup>3</sup> )	Solid volume percentage of shape variation(%)
River sand	1	2.15	2.572	1.52	1537	56.5
	2	2.74	2.569	1.58	1609	
	3	3.38	2.564	1.73	1645	
	4	3.10	2.567	1.68	1778	
	5	3.68	2.560	1.75	1818	
	6	4.20	2.555	1.83	1827	
Crushed sand	1	2.15	2.691	2.58	1519	51.7
	2	2.74	2.684	2.65	1592	
	3	3.38	2.674	2.75	1660	
	4	3.10	2.680	2.67	1733	
	5	3.68	2.668	2.89	1795	
	6	4.20	2.658	2.97	1796	

Table 4 Physical properties of AE water-reducing agent

Main ingredient	Appearance	Specific gravity (20°C)	Recommended dosage C×(%)
Lignin	Brown liquid	1.02	0.15

### 3.1 강도 특성

Fig. 2는 W/C별 조립률(입도) 변화에 따른 휨강도 및 압축강도를 골재 종류와 재령으로 구분하여 나타낸 것이다.

먼저, 전반적으로 휨강도 및 압축강도는 조립률이 커질수록 증가하는 것으로 나타났고, 골재 종류별로는 강모래가 부순모래보다 크게 나타났다.

### 3. 시험결과 및 분석

골재의 입도 및 입형변화에 따른 시멘트 모르타르 제품의 시험 결과는 Table 5와 같다.

Table 5 Test results of strength and absorption (Cont.)

Mix proportion (C:S)	W/C (%)	Aggregate	Grading curves	Flexural strength(kgf/cm <sup>2</sup> )		Compressive strength(kgf/cm <sup>2</sup> )		Absorption (%)
				7days	28days	7days	28days	
				1:4	40	River sand	1	
2	58	62	115				128	11.0
3	57	60	145				180	9.4
4	60	62	165				175	9.3
5	58	65	185				207	8.2
6	55	66	190				192	7.8
Crushed sand	1	42	54			96	120	10.7
	2	39	49			113	130	9.8
	3	46	59			138	171	9.0
	4	49	54			130	173	9.2
	5	52	58			157	193	8.7
	6	52	64			160	185	8.1

Table 5 Test results of strength and absorption

1:4	45	River sand	1	54	60	113	120	11.0
			2	54	65	130	143	9.6
			3	59	65	150	173	8.8
			4	61	68	180	190	8.7
			5	57	70	189	225	7.8
			6	58	72	200	205	7.2
	Crushed sand	1	42	57	116	117	10.5	
		2	45	50	122	142	9.8	
		3	48	62	150	157	8.9	
		4	45	57	135	175	9.0	
		5	51	63	160	200	8.4	
		6	45	65	154	190	7.5	
50	River sand	1	59	63	130	143	10.4	
		2	57	63	123	130	9.0	
		3	53	68	165	180	8.7	
		4	53	65	185	190	8.4	
		5	57	72	195	220	8.2	
		6	60	73	190	195	7.5	
	Crushed sand	1	46	61	115	147	10.0	
		2	50	58	119	160	9.3	
		3	49	61	131	180	7.9	
		4	44	61	140	190	9.1	
		5	53	63	162	210	8.2	
		6	50	68	175	195	7.5	

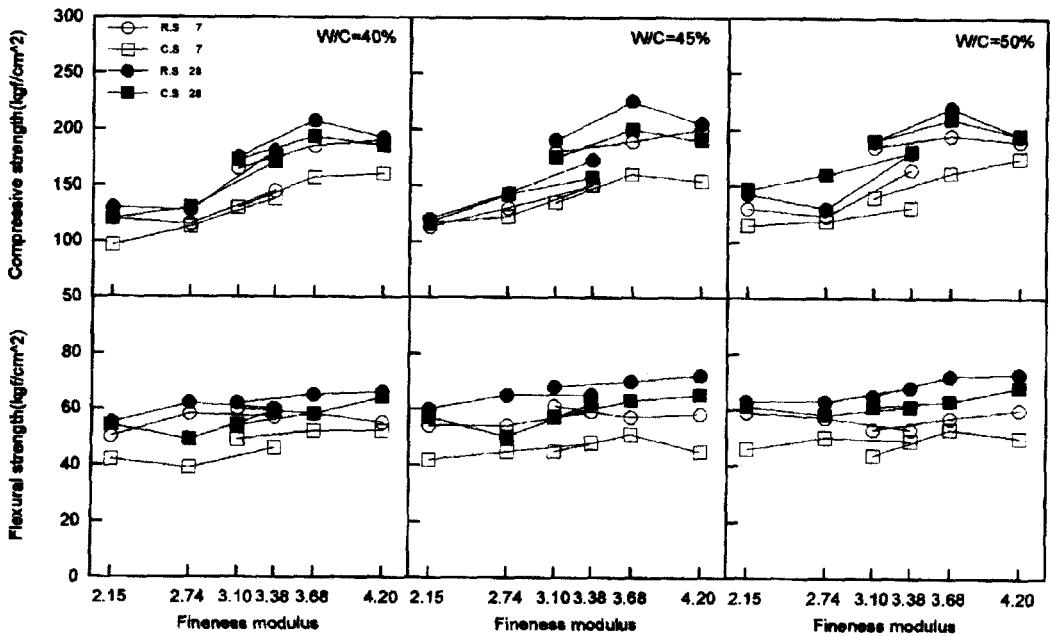


Fig. 2 Effects of fineness modulus on flexural and compressive strength

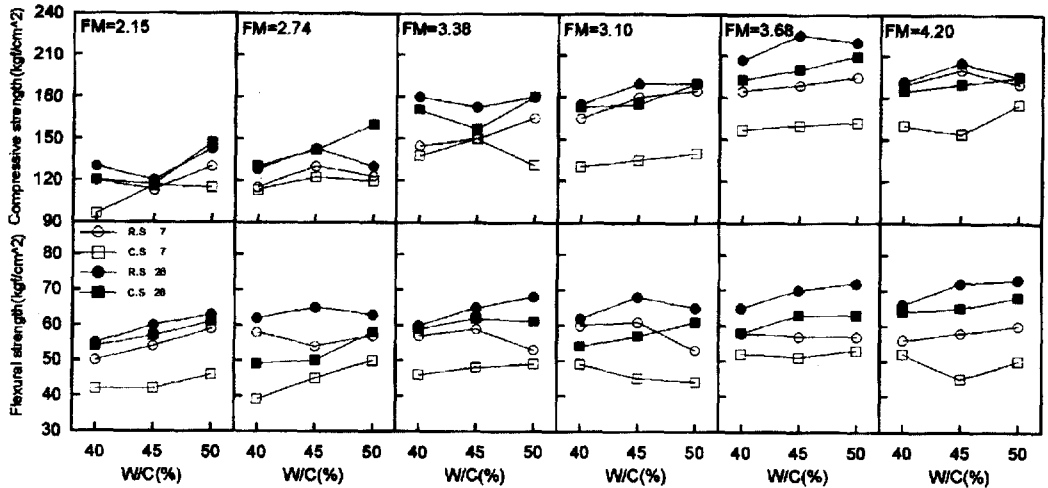


Fig. 3 Effects of water cement ratio on flexural and compressive strength

휨강도는 28일 재령의 경우 조립률이 증가함에 따라 일부 강도가 저하하는 결과가 나타나는 등 다소 불규칙한 면도 있으나, 전반적으로는 골재의 조립률이 증가할수록 강도가 커지는 경향으로 나타났는데, 실험계획한 입도중에서는 조립률 3.68이나 4.20에서 가장 크게 나타났다.

한편, 시멘트 모르타르 제품의 휨강도는 KS F 4419 인터로킹 블록의 규정에 보·차도용으로 구분하여 각각 50 및 60kgf/cm<sup>2</sup> 이상으로 규정하고 있는데, 강모래를 사용한 경우는 28일 각 W/C에서 대부분 둘다 만족하는 것으로 나타났고, 부순모래를 사용한 경우는 W/C 40% 및 45%에서는 보도용 인터로킹 블록에 규정된 입도 범위 모두에서 만족하나, 차도용은 조립률 3.38 이상일 때만 만족하는 것으로 나타났고, W/C 50%에서는 강모래와 마찬가지로 대부분 둘다 만족하는 것으로 나타났다.

압축강도도 휨강도와 유사한 경향으로 나타났는데, 휨강도 보다도 조립률이 커질수록 강도의 증가 폭은 더욱 크게 나타나, 입도중에서 개정되기 전의 속빈 시멘트 블록 중간치인 조립률 3.68에서 가장 큰 압축강도로 나타났고, 4.20에서는 압축강도가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 조립률 3.68까지는 미립분이 공극충전효과를 담당하여 압축강도가 증진되었으나, 그 이상 4.20에서

는 미립분이 너무 작게 되어 오히려 압축강도가 감소하는 것으로 분석된다.

따라서, 시멘트 모르타르 제품 제조시 사용되는 골재의 입도는 13mm 이하의 골재중 굵은 입자량이 많이 포함되고, 미립분량이 적당한 조립률이 큰 골재일수록 강도면에서 우수함을 알 수 있다.

Fig. 3은 W/C 변화에 따른 휨강도 및 압축강도를 골재 종류 및 재령별로 비교한 것이고, Fig. 4는 배합에 관계 없이 압축강도에 대한 휨강도를 산점도로 비교한 것이다.

전반적인 경향으로 휨강도 및 압축강도는 W/C

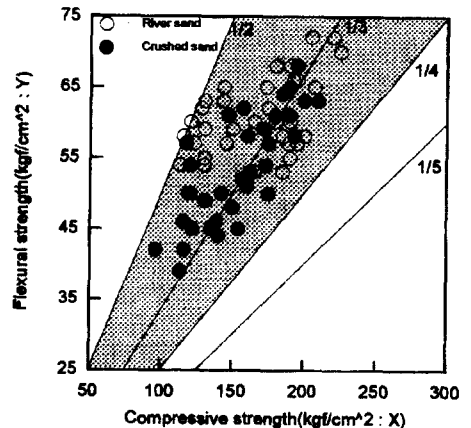


Fig. 4 Flexural strength versus compressive strength

가 커질수록 강도가 증진되는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트의 물시멘트비 이론과 달리 시멘트 모르타르 제품의 경우는 물시멘트비 변화에 따라 반죽질기가 달라지고, 이러한 다양한 반죽질기 중 제품 제조시 진동 및 가압에 의하여 강도가 달라지는 최적밀도가 존재하기 때문에 나타난 결과로 사료된다. 그러므로, 시멘트 모르타르 제품 중 물시멘트비가 규정된 KS F 4419의 인터로킹 블록의 경우는 배합사항에서 물시멘트비 25% 이하의 규정은 삭제하고, 휨강도만으로 품질을 규정하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

재령별로는 휨강도 및 압축강도의 경우 재령 7일보다는 재령 28일로 갈수록 골재 종류별 강도의 차는 작아지는 경향을 보였다. 또한, 압축강도에 대한 휨강도의 비는 Fig. 4와 같이 약 1/2~1/4 정도로 나타났다.

### 3.2 흡수특성

Fig. 5는 조립률 변화에 따른 흡수율을 W/C와 골재종류별로 나타낸 것이다.

전반적으로 흡수율은 조립률이 커질수록 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 조립률이 커질수록 양호한 다짐으로 조직의 치밀화 및 물이 접할 수 있는 비표면적이 작아진 것에 기인한 결과로 분석된다. 또한, 골재종류별로는 거의 차이가 없는 것으로 나타났으나, 미소하게는 강모래를 사용한 경우에서 부순모래보다 흡수율이 약간 크게 나타났다.

Fig. 6은 W/C 변화에 따른 재령 28일에서의 흡수율을 골재종류별로 비교한 것이다. 흡수율은 W/C가 커질수록 감소하는 것으로 나타났는데,

이는 반죽질기에 따른 최적밀도가 존재하기 때문에 나타난 결과로 사료된다.

Fig. 7은 재령 28일에서의 압축강도와 흡수율을 비교한 것으로, 전반적인 경향은 압축강도가 커질수록 흡수율은 감소하는 것으로 나타났다.

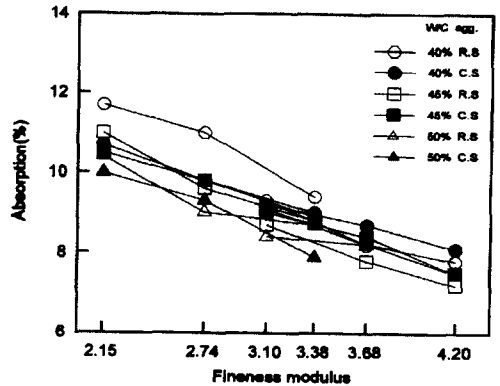


Fig. 5 Effect of fineness modulus on absorption

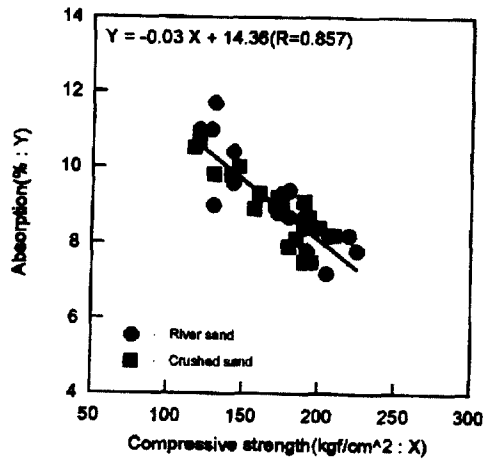


Fig. 7 Absorption versus compressive strength

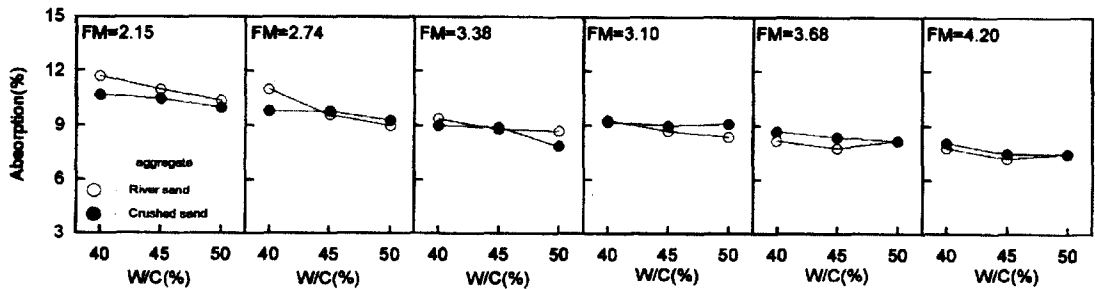


Fig. 6 Effect of water cement ratio on absorption

## 4. 결 론

골재 입형(종류)과 입도(조립률 및 입도분포) 및 W/C를 변화시켜 제작한 시멘트 모르타르 제품용 공시체의 강도 및 흡수 특성을 비교·분석한 결과는 다음과 같다.

- 1) 조립률에 따른 휨강도 및 압축강도는 조립률이 커질수록 증가하는 경향으로 나타났는데, 휨강도는 조립률 4.20, 압축강도는 조립률 3.68에서 가장 크게 나타났다.
- 2) 동일한 조립률 및 입도분포인 경우 골재종류에 따른 변화는 휨강도 및 압축강도 모두 강모래를 사용한 경우가 부순모래를 사용한 경우보다 크게 나타났다.
- 3) W/C별 휨강도 및 압축강도는 본 연구의 실험범위내에서는 W/C가 커질수록 반죽질의 영향으로 증진되는 것으로 나타나고 있어, KS F 4419의 W/C 25% 이하의 재고할 필요가 있다.

- 4) 흡수율은 조립률이 커질수록, W/C가 커질수록 감소하는 것으로 나타났고, 골재종류별로는 거의 차이가 없지만, 강모래를 사용한 경우에서 흡수율이 약간 크게 나타났다.

## 참고문헌

1. KS F 4419 : 보차도용 콘크리트 인터로킹 블록, 1995
2. 김홍열, 채창우, 이세현, 양관섭 : 재생골재를 사용한 보차도용 인터로킹 블록의 제조와 성능구명에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 제13권 3호, 1997, pp.335~341
3. 한천구, 권상준, 김진선, 신병철, 김기철, 이상태 : 플라이애쉬 치환율 변화에 따른 인터로킹 블록의 특성에 관한 연구, 한국콘크리트학회학술발표논문집, 제10권 제1호, 1998.5, pp.99~104
4. 한천구, 김진선, 신병철, 김기철, 이상태 : 인터로킹 블록의 품질에 미치는 물시멘트비와 화학혼화제의 영향, 한국콘크리트학회학술발표논문집, 제10권 제2호, 1998.11, pp.157~160

## 요 약

시멘트 모르타르 제품의 품질은 실무현장의 여러 요인에 의하여 달라질 수 있는데, 그 중 골재의 입도 및 입형 변화에 따라서도 크게 좌우될 수 있다. 그런데, 시멘트 모르타르 제품에 관한 KS규격에는 현재 특별한 규정이 없는 실정이고, 또한 실무에서도 입도 및 입형이 무시된채 제작되고 있으므로 품질 저하 및 비경제성 등이 문제시되고 있다. 따라서 본 연구에서는 골재의 종류(입형)와 입도(조립률) 변화에 따른 시멘트 모르타르 제품의 강도 및 흡수 특성을 비교·분석하였다. 연구결과 휨강도 및 압축강도는 조립률이 커질수록, W/C가 커질수록 증가하는 것으로 나타났고, 골재 종류별로는 강모래를 사용한 경우가 부순모래를 사용한 경우보다 크게 나타났다. 흡수율은 조립률이 커질수록, W/C가 커질수록 감소하는 경향을 보였고, 골재 종류별로는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

(접수일자 : 1999 .10 .9.)