

굳지않은 콘크리트의 단위수량 추정에 미치는 골재요인의 영향

Influence of Aggregate Factor on the Estimation of Water Content in Fresh Concrete

김영득* 황인성** 전충근*** 한천구**** 김광서*****
Young-Deuk Kim Yin-Seong Hwang Chung-Keun Jeon Cheon-Goo Han Kwang-Soe Kim

ABSTRACT

This study is performed to investigate the influence of aggregate factor on the estimation of water content in fresh concrete. According to the results, water content is estimated higher in the case of basalt and granite aggregate than in the case of limestone because absorption water ratio of basalt and granite is large. As the replacement ratio of recycled aggregate increases, water content is estimated higher. But, after correcting absorption water ratio of aggregate, estimated water content is similar to mixture water content. Therefore, it is important to know the absorption water ratio of aggregates accurately, to estimate water content.

1. 서론

콘크리트의 단위수량은 배합설계에 있어서 반죽질지에 크게 영향을 미치고, 경화 콘크리트에서는 건조수축이나 중성화, 염분침투 등 내구성과 관련하여 중요시되고 있다.

그러나, 실무 레미콘 공장에서의 단위수량은 콘크리트 제조시 사용하는 골재에 어느 정도 내부의 흡착수와 표면의 표면수가 포함되어 있고, 혼합시 투입하는 수량은 골재의 표면수량을 제한 양이어야만 하므로 그 관리를 어렵게 하고 있다. 특히, 골재의 표면수량은 변동하기 쉽고, 그 양을 정확하게 파악하는 것은 곤란하기 때문에 단위수량이 콘크리트의 품질에 중요한 영향을 주는 요인임에도 불구하고, 그 정확한 파악 및 관리는 상당히 곤란하여 현장에서 신속 용이하게 단위수량을 추정하는 수법의 확립이 요망되고 있다.

그러므로, 본 연구에서는 굳지않은 콘크리트의 단위수량 추정에 미치는 골재요인으로 화강암, 석회암, 현무암 및 재생 잔·굵은골재의 치환 등으로 골재요인의 영향을 검토하므로써, 향후 굳지않은 콘크리트의 가열건조법 단위수량 신속 추정에 관한 참고자료로 활용하고자 한다.

* 정회원, 원광대학교 건축공학과, 박사과정

** 정회원, 청주대학교 건축공학과, 박사과정

*** 정회원, 한국집지기술연구소 책임연구원, 공학박사

**** 정회원, 청주대학교 건축공학과 교수, 공학박사

***** 정회원, 원광대학교 건축공학과 교수, 공학박사

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같다. 즉, 실험요인으로 W/C는 50% 1수준에 대하여 단위수량을 140, 160, 180, 200, 220kg/m³의 5수준, 골재종류를 화강암, 석회암, 현무암의 3수준, 단위수량 160, 180, 200kg/m³에 대하여 재생 잔골재 및 굵은골재의 치환율을 0, 50, 100%의 3수준, 단위수량 180kg/m³에 대하여 잔골재율을 39~51%의 3%간격 5수준으로 변화시켜 총 32배치를 실험계획하였다. 이때, 굳지않은 콘크리트와 경화 콘크리트의 실험사항은 표 1과 같고, 배합사항은 표 2와 같다.

2.2 사용재료

본 실험에 사용한 시멘트는 국내산 보통 포틀랜드시멘트(비중 3.15)를 사용하였고, 골재로써 잔골재는 인천 중구 항동에서 채취한 세척사(비중 2.6, 흡수율 1.56%), 굵은골재는 충북 옥산산의 화강암(비중 2.59, 흡수율 0.05%), 제천산의 석회암(비중 2.69, 흡수율 0.21%), 제주산의 현무암(비중 2.7, 흡수율 1.2%)을 사용하였으며, 재생골재는 충북 청원군 A사에서 생산되는 재생 잔골재(비중 2.47, 흡수율 6.3%) 및 굵은골재(비중 2.41, 흡수율 3.5%)를 사용하였다. 또한, 혼화제는 AE감수제로 국내산 J사의 나프탈렌계를 사용하였다.

2.3 실험방법

본 연구의 실험방법으로 콘크리트의 혼합은 강제식 팬믹서를 사용하여 혼합하였고, 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험은 KS 및 기타 표준적인 방법으로 실시하였다. 단위수량은 가열건조법으로 콘크리트 시료를 0.5ℓ 용기에 균일하게 채워 넣고, 중량을 측정후 시중에서 판매되는 전자렌지(전압 220V, 고주파 출력 700W)를 사용하여 10분 가열후 증발수량을 구한 후 단위수량을 추정하였다.

3. 실험결과 및 분석

표 3은 골재종류별 단위수량 변화에 따른 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 28일 압축강도 실험결과를 나타낸 것이고, 표 4 및 5는 재생골재 치환율 및 잔골재율 변화에 따른 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험결과를 나타낸 것이다.

3.1 굳지않은 콘크리트의 특성

표 1 실험계획

실험요인						실험사항	
W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	골재종류	잔골재율 (%)	재생골재 치환(%)		굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
				RS	RG		
50	140 160 180 200 220	화강암 석회암 현무암	36	-	-	· 슬럼프 · 슬럼프플로우 · 공기량 · 단위용적중량 · 단위수량추정 (가열건조법)	· 압축강도 (28일)
			39				
			42				
			45				
			48				
	160 180 200	화강암	39	0	0		
			42	50	100		
			45	100	0		
				0	50		
				0	100		
50	180	화강암	39	0	0		
			42				
			45				
			48				
			51				

표 2 배합사항

W/C (%)	단위수량 (kg/m ³)	S/a (%)	AE 감수제 (%)	절대용적배합 (ℓ/m ³)		
				시멘트	잔골재	굵은골재
50	140	36	0.6	89	261	465
	160	39		102	270	423
	180	42		114	278	383
	200	45		127	283	345
	220	48		140	286	310
50	180	37	0.6	114	238	423
		40			258	403
		43			297	363
		46			317	344
		49			278	383

표 3 골재종류별 단위수량 변화에 따른 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험결과

W/C (%)	W (kg/m ³)	슬럼프(cm)			슬럼프플로우(cm)			공기량(%)			단위용적중량 (kg/m ³)			28일 압축강도 (kgf/cm ²)		
		화강암	석회암	현무암	화강암	석회암	현무암	화강암	석회암	현무암	화강암	석회암	현무암	화강암	석회암	현무암
50	140	1	1.5	0.5	20	20	20	4.4	3.9	5	2412	2403	2412	329	276	356
	160	9	10	9	20.5	21	21	4.5	3.9	4.9	2404	2408	2418	321	306	328
	180	19	21	20	31	36.5	37	4.5	4	4.6	2408	2418	2417	326	301	354
	200	22	23	23.5	41.5	40	43	3.7	2.9	4.2	2424	2428	2436	322	297	346
	220	26	26	26	49.5	56.5	59.5	2.7	2.4	4.5	2434	2457	2442	314	286	365

표 4 재생골재 치환에 따른 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 실험결과

W/C (%)	재생골재 치환율(%)	슬럼프(cm)			슬럼프플로우(cm)			공기량(%)			단위용적중량(kg/m ³)			28일 압축강도 (kgf/cm ²)			
		W160	W180	W200	W160	W180	W200	W160	W180	W200	W160	W180	W200	W160	W180	W200	
50	잔골재	0	9	19	22	20.5	31	41.5	4.5	4.5	3.7	2404	2408	2424	328	354	346
		50	7	15	22	20	22	32	4.3	4.7	4.6	2372	2335	2309	287	292	288
		100	1.5	9.5	20	20	21	28.5	4.4	5.1	5.4	2340	2315	2268	281	265	275
	굵은골재	0	9	19	22	20.5	31	41.5	4.5	4.5	3.7	2404	2408	2424	328	354	346
		50	6	20	23	20	34	47.5	4.8	4.7	4.1	2330	2323	2307	276	293	280
		100	7	22	26	20	35	48	5.7	5.6	4.7	2243	2237	2242	247	250	241

골재종류별 단위수량 변화에 따른 유동성은 단위수량이 증가할수록 증가하였고, 골재종류별로는 흡수율이 큰 현무암이 다소 크게 나타났으며, 공기량은 단위수량이 증가할수록 감소하였고, 단위용적중량은 현무암, 석회암, 화강암 순으로 크게 나타났다. 또한, 재생 잔골재의 치환 및 잔골재를 증가에 따른 유동성은 저하한 반면, 재생 굵은골재의 치환을 증가에 따른 유동성은 증가하였고, 공기량은 모두 증가하는 것으로 나타났다.

3.2 경화 콘크리트의 특성

골재종류별 단위수량 변화에 따른 압축강도는 다소 증감의 차이는 있으나, 큰 차이가 아닌 것으로 분석되고, 골재종류별로는 현무암, 화강암, 석회암 순으로 크게 나타났다. 또한, 단위수량별 재생골재의 치환을 증가에 따른 압축강도는 저하하는 것으로 나타났고, 잔골재를 변화에 따른 압축강도는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

표 5 잔골재를 변화에 따른 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트 실험결과

W/C (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	슬럼프 (cm)	슬럼프 플로우 (cm)	공기량 (%)	단위용적중량 (kg/m ³)	28일 압축강도 (kgf/cm ²)
50	180	37	20	39.5	2.8	2451	306
		40	20	39.0	3.2	2437	315
		43	16	30.5	3.9	2408	334
		46	16	28.0	4.6	2397	324
		49	15	24.0	5.2	2375	312

3.2 단위수량 추정

그림 1은 가열건조법에 의한 골재종류별 단위수량 변화에 따른 배합 단위수량과 추정 단위수량을 비교하여 나타낸 것이다.

먼저, 가열건조법에 의한 골재종류별 추정 단위수량으로 골재의 흡수율을 보정하기 전의 추정값은 실제 배합수량과 비교하여 전반적으로 크게 나타났고, 골재종류별로는 현무암의 경우 골재 공극 및 흡수율이 큰 것에 기인하여 석회암 및 화강암보다 다소 높게 단위수량이 추

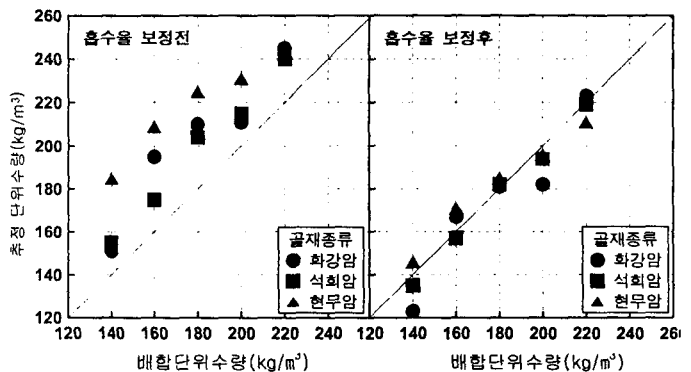


그림 1 골재종류별 배합 단위수량 추정 단위수량의 관계

정되었다. 한편, 골재의 흡수율을 보정한 후의 골재종류별 추정 단위수량은 실제 배합수량과 유사한 값으로 추정됨에 따라 골재의 정확한 흡수율을 파악하는 것이 단위수량 추정에 있어 매우 중요한 사항임을 알 수 있었다.

그림 2는 재생 잔골재 및 굵은골재의 치환율에 따른 배합 단위수량과 추정 단위수량을 비교하여 나타낸 것이다.

먼저, 골재의 흡수율을 보정하기 전 재생 잔골재 및 굵은골재의 치환율 증가에 따른 추정 단위수량은 재생골재를 치환하지 않은 플레인 및 배합 단위수량과 비교하여 크게 추정되었으나, 골재의 흡수율을 보정한 후의 추정 단위수량은 배합 단위수량과 비교하여 $\pm 5\text{kg/m}^3$ 이내의 범위에서 비교적 양호한 값으로 추정되었다.

그림 3은 W/C 50%의 단위수량 180kg/m^3 에 대하여 잔골재율 변화에 따른 추정 단위수량을 나타낸 것이다.

먼저, 골재의 흡수율 보정전의 잔골재율 증가에 따른 단위수량 추정값은 다소 크게 나타났으나, 잔골재의 흡수율을 보정한 후의 추정값은 180kg/m^3 에 근접한 값으로 양호하게 추정되었다. 단, 잔골재율 39%인 경우는 단위수량이 다소 작게 추정되었는데, 이는 재료분리의 영향으로 시료채취시 굵은골재의 다량 유입으로 인한 오차로 분석된다.

4. 결 론

굳지않은 콘크리트의 단위수량 추정에 미치는 골재요인의 영향을 검토한 실험결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 가열건조법에 의한 현무암, 화강암, 석회암 등 골재종류별 단위수량 추정값은 골재의 흡수율이 큰 현무암 골재에서 크게 추정되었으나, 골재의 흡수율을 보정한 경우 추정 단위수량은 배합 단위수량과 유사한 값으로 추정되었다.

2. 재생 잔골재 및 굵은골재의 치환율 증가에 따른 추정 단위수량은 재생골재의 흡수율의 영향으로 재생골재를 치환하지 않은 플레인 및 배합 단위수량과 비교하여 크게 추정되었으나, 골재의 흡수율을 보정한 후의 추정 단위수량은 배합 단위수량과 비교하여 $\pm 5\text{kg/m}^3$ 이내의 범위에서 비교적 양호한 값으로 추정되었다.

3. 잔골재율 변화에 따른 추정 단위수량은 잔골재율이 증가할수록 다소 크게 추정되었고, 잔골재의 흡수율을 보정한 후의 추정값은 배합 단위수량과 비교적 양호하게 추정되었으나, 단, 잔골재율이 작아 재료분리가 발생한 경우는 시료채취시 굵은골재의 다량 유입으로 인한 오차로 추정 단위수량이 다소 작게 나타났다.

이상을 종합하면 굳지않은 콘크리트의 단위수량은 골재의 흡수율을 보정한 경우 배합 단위수량과 유사하게 추정됨에 따라 골재의 흡수율을 정확히 파악하는 것이 단위수량 추정에 있어 매우 중요함을 알 수 있었다.

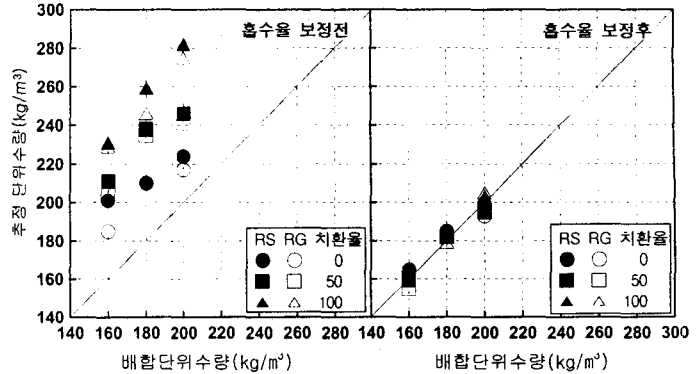


그림 2 재생골재 치환에 따른 배합 단위수량과 추정 단위수량의 관계

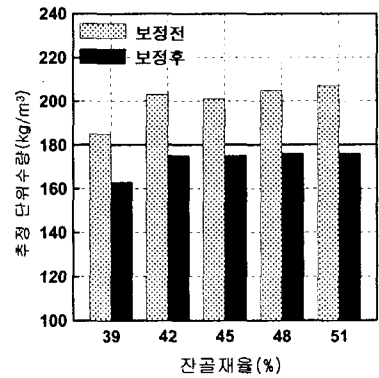


그림 3 잔골재율 변화에 따른 추정 단위수량

참 고 문 헌

1. 김영득, 황인성, 전충근, 한천구, 김광서 ; 가열건조법에 의한 굳지않은 콘크리트의 단위수량 추정에 관한 기초적 연구, 콘크리트학회춘계학술발표논문집, 제14권 1호, pp. 341~346, 2002. 5.