

# 잔골재 함수율 변화에 따른 콘크리트 내 단위수량 평가

## Evaluation of Unit Water Content in Concrete with the Moisture Content Variation of sand

김상준\*  
Kim, Sang Jun

박찬규\*\*  
Park, Chan Kyu

박주현\*  
Park, Joo Houn

이승훈\*\*  
Lee, Seung Hoon

### ABSTRACT

Recently, many methods to evaluate the water content in concrete were developed. In this study, using a commercially available equipment by the unit volume weight method, the water content in concrete was estimated when the moisture content in sand was changed.

In order to evaluate the accuracy and the usefulness of the method, the designed water content and the measured water content were compared. The compressive strength of concrete with the variation of moisture content in sand was measured as well. As a result, it appears that in order to predict the water content in concrete, the adjustment coefficient of aggregate should be exactly estimated. It is shown that the equipment tends to underestimate the water content in concrete.

### 1. 서론

현재 국내현장에서는 콘크리트의 품질을 확인하기 위하여 콘크리트 타설 전에 시공성 판단을 위한 슬럼프 시험과 동결융해작용에 대한 내구성 판단을 위한 공기량 시험을 수행하고 있다. 그러나 콘크리트의 품질 중에서 가장 중요한 압축강도는 기본적으로 타설 후 28일이 경과된 다음에야 측정 및 판정하게 된다. 이로 인하여 목표 슬럼프 값을 확인하고, 공기량 및 염화물 이온량의 이상이 없는 것을 확인한 후 건설현장에 타설한 레미콘에 있어서도 강도관리 재령에 있어서 목표로 하는 콘크리트 강도가 발현되지 않는 경우도 있다.

이에 최근 일본에서는 “보이지 않는 품질의 가시화 기술”의 일환으로서 굳지 않은 콘크리트 상태에서 조기에 품질을 평가하기 위한 여러 가지 기술을 개발하고 있으며, 콘크리트 내 단위수량 측정도 그 중 하나에 속한다.

본 연구에서는 단위용적질량법을 이용하여 표면수율의 변동 폭이 비교적 큰 잔골재의 함수율을 변화시켰을 때, 단위수량 측정치와 각 단위수량별 재령 28일 압축강도를 확인함으로써 콘크리트 내의 단위수량을 간접적으로 평가할 수 있는 기초 자료를 제시하고자 한다.

\* 정회원, 삼성건설 기술연구소 연구원

\*\* 정회원, 삼성건설 기술연구소 수석연구원

## 2. 시험 개요

본 연구에서는 콘크리트 구성물 중 잔골재의 함수율을 변화시키면서 단위수량을 측정하고, 재령 28일 압축강도를 측정 하였다. 이를 위한 실험변수로서 표 1과 같이 단위수량을 165, 170, 180, 190, 195kg/m<sup>3</sup>으로 설정하여, 각각의 잔골재 함수율을 -1~+3%로 강제적으로 변화시킨후 단위용적 질량법을 이용하여 콘크리트 내 단위수량을 측정하였다. 그리고, 각 단위수량별 콘크리트 공시체를 제작하여 재령 28일 압축강도를 측정하여 단위수량의 변화와 압축강도의 변화를 관찰하였다.

본 연구에서 사용한 재료의 물리적 성질은 표 1에 나타난 바와 같으며, 비중 3.15의 1종 보통포틀랜드 시멘트, 잔골재는 비중 2.62의 세척사, 굵은 골재는 비중 2.72의 부순자갈을 사용하였다.

콘크리트의 배합은 표 2에 나타난 바와 같이 현장에서 적용사례가 많은 일반 콘크리트 배합에서의 단위수량들을 선정하였으며, 결합재인 시멘트의 양을 고정시키고 단위수량을 변화시켜 콘크리트 배합비를 구성하였다.

본 연구에서 콘크리트 내 단위수량을 측정하기 위하여 사용한 장비는 단위용적 질량법을 채용한 일본 M사의 제품이다. 이 장비의 특성은 그림 1, 2에 나타난 바와 같다. 그림 1에서 알 수 있는 바와 같이 장비 입력 값에서 물, 세골재, 조골재 비중의 입력 값 잘못이나 측정값 변동에 따라 단위수량의 오차 값이 크게 나타난다. 반면, 시멘트의 오차 영향은 상대적으로 적은 것으로 나타났다. 그리고 그림 2에서 알 수 있는 바와 같이 측정하고자 하는 단위수량의 오차는 물의 계량 오차가 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이를 감안하여 측정에 사용된 골재의 비중시험을 정확히 실시하였으며, 배합재료 계량에는 0.1g의 감도를 가진 저울을 사용하였다. 또한 각 배합마다 단위수량 측정을 4회씩 실시하였다.

표 1 사용재료의 물리적 성질

사용재료	물리적 성질
시멘트	1종 보통 포틀랜드 시멘트 (비중:3.15g/cm <sup>3</sup> )
잔골재	세척사 (비중:2.62g/cm <sup>3</sup> , 흡수율:0.97%)
굵은골재	부순자갈 (비중:2.72g/cm <sup>3</sup> , 흡수율:0.73%)
혼화제	플리카르본계 고성능 AE감수제

표 2 콘크리트의 배합

배합구분	W/C (%)	S/a (%)	W (kg/m <sup>3</sup> )	단위중량(kg/m <sup>3</sup> )			
				C	S	G	SP
W165	45.8	46.0	165	360	818	1001	1.0%
W170	47.2		170		812	994	0.7%
W180	50.0		180		800	979	0.2%
W190	52.8		190		785	965	-
W195	54.2		195		782	957	-

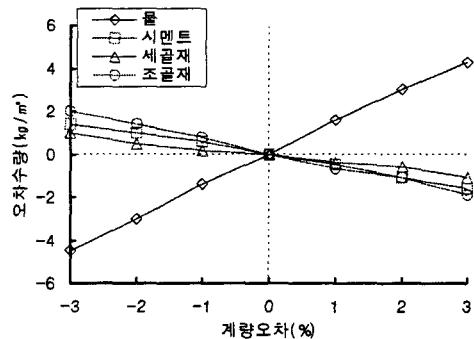
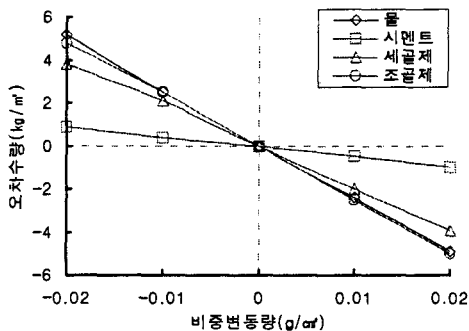


그림 1 비중 변동이 단위수량 산정결과에 미치는 영향<sup>1)</sup>      그림 2 계량 오차가 단위수량 산정결과에 미치는 영향<sup>1)</sup>

### 3. 실험결과 및 분석

#### 3.1 골재수정계수

그림 3, 4는 본 연구에서 사용한 장비의 입력 값 중 골재수정계수를 변화시키면서 측정된 단위수량을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 측정된 단위수량은 골재수정계수가 증가함에 따라 선형적으로 증가하는 것으로 나타났다. 따라서 본 연구의 사용 장비로 콘크리트 내 단위수량을 정확하게 평가하기 위해서는 각 배합별 골재수정계수를 정확히 산정하여야 하는 것으로 나타났다.

그림 5는 동일한 콘크리트에서 골재수정계수를 0, 0.67로 서로 다르게 입력하였을 때 잔골재 함수율 변동에 따른 콘크리트 내 단위수량의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 서로 다른 골재수정계수를 입력하였을 때 잔골재의 함수율 변화에 관계 없이 측정된 단위수량의 값은 거의 일정한 차이를 가지는 것으로 나타났다. 따라서 비록 잘못된 골재수정계수를 바탕으로 단위수량을 평가하더라도 이를 보정하는 것이 가능하다고 판단된다.

#### 3.2 콘크리트 내 단위 수량

앞에서도 언급한 바와 같이 각 변수에 대한 단위수량 측정회수는 4회이다. 그림 6은 이와 같이 4회 측정된 값과 그 평균과의 차이를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 잔골재 함수율 변동과 단위수량 수준에 따른 분산 정도는 차이가 없는 것으로 나타났으며, 평균값에서  $\pm 3\text{kg/m}^3$ 의 분산 정도를 가지는 것으로 나타났다. 그림 7은 이론 단위수량의 차이와 측정 단위수량의 차이를 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 본 연구에서 사용한 장비는 콘크리트 내 단위 수량을 과소평가하고 있는 것으로 나타났다.

#### 3.3 잔골재 함수율 변동에 따른 압축강도

그림 8은 잔골재 함수율 변동에 따른 재령 28일 압축강도를 나타낸 것이다. 잔골재의 함수율 변동이 1%를 넘어서면 강도의 저감이 점점 커지는 것을 알 수 있다. 그리고 그림 9는 각 단위수량별 잔골재 함수율 변동에 따른 압축강도 변화율을 나타내었다. 함수율 변화에 의한 콘크리트의 압축강도는 물-시멘트비가 낮은 배합이 높은 배합보다 압축강도 변화율이 작음을 알 수 있다. 또한, 잔골재 함수율 0%를 기준으로 하였을 때, 잔골재의 함수율이 1% 증가 시에는 2~3% 정도의 압축강도 저하율을 보이지만, 함수율 2%를 넘어서면서 부터는 8~23%로 압축강도가 크게 저하 한다는 것을 알 수 있다.

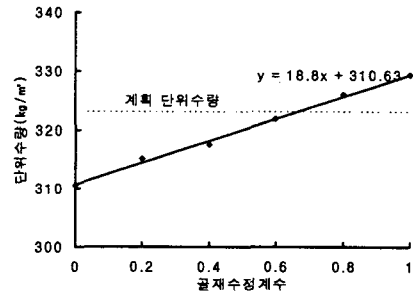


그림 3 골재수정계수에 따른 단위수량(물탈)

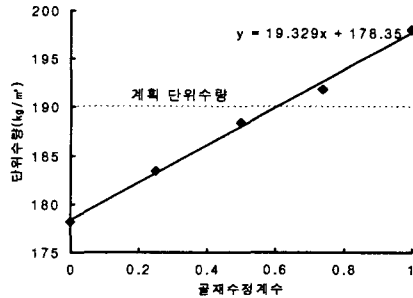


그림 4 골재수정계수에 따른 단위수량(콘크리트)

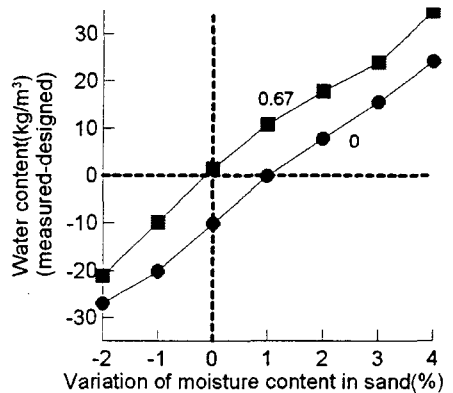


그림 5 골재수정계수와 잔골재 함수율 변동에 따른 단위수량 변화(콘크리트)

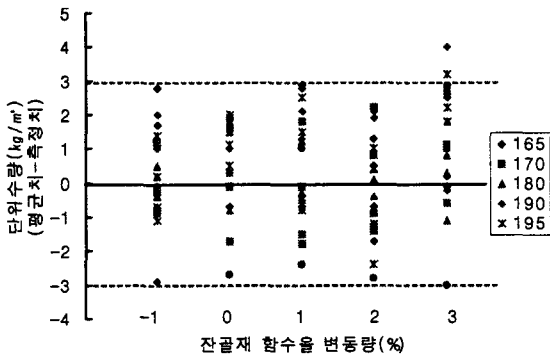


그림 6 측정값의 편산 정도

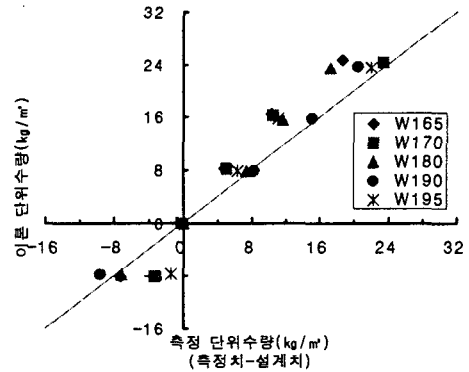


그림 7 실제 단위수량과 측정 단위수량의 관계

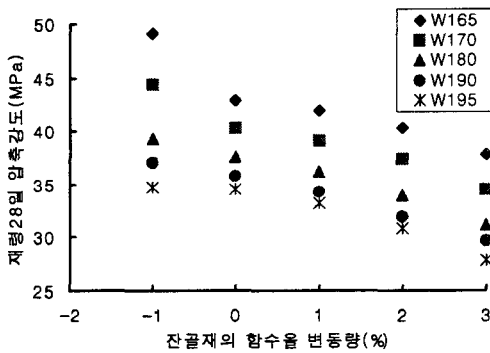


그림 8 잔골재 함수율 변동에 따른 재령 28일 압축강도

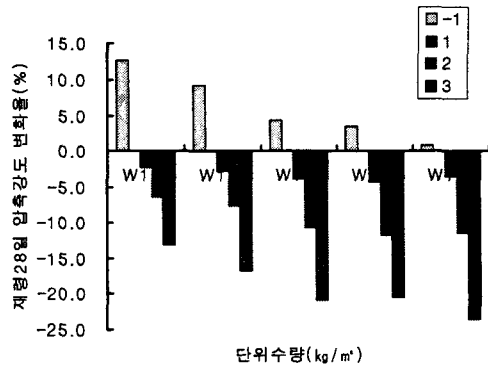


그림 9 잔골재 함수율 변동에 따른 압축강도 변화율

#### 4. 결론

본 연구에서는 잔골재의 함수율 변동에 따른 콘크리트 내 단위수량의 평가에 대해서 연구를 수행하였다. 단위용적질량법을 사용하여 콘크리트 내 단위수량을 평가하는 장비를 바탕으로 한 실험결과, 콘크리트 내 단위수량은 골재수정계수에 큰 영향을 받는 것으로 나타났다. 그리고 측정된 단위수량은 실제의 값보다 작게 나타나 콘크리트 내의 단위수량을 과소평가하고 있는 것으로 나타났다.

#### 참고문헌

1. 近松龍一, 中村博之, 花田貴史, 高橋敏樹, “エアメータを利用したフレッシュコンクリートの単位水量推定方法 (その2),” 大林組技術研究所報, No. 65, 2002, pp27-32,