

# 굳지 않은 콘크리트 단위수량 추정기법의 성능 검토에 관한 연구

## A Study on the Investigation of Performance for Evaluation Method of Unit Water Content of Fresh Concrete

김용로\*                      최일호\*                      정양희\*\*                      김효락\*\*\*                      이도범\*\*\*\*  
Kim, Yong Ro                      Choi, Il Ho                      Jung, Yang Hee                      Kim, Hyo Rak                      Lee, Do Bum

### ABSTRACT

In this study, air meter method and capacitance measurement method to apply economically at quality control of ready-mixed concrete among various unit water content measurement technique was selected.

Then, it was evaluated estimating performance of unit water content according to the change of water-binder ratio and unit water content. Also, it was examined influence about error occurrence of unit water content by change of properties of used materials.

Finally, based on this study, it was proposed fundamental data to utilize measurement technique of unit water content to quality control of ready-mixed concrete in construction field.

### 1. 서론

최근 국내에서는 불량 레미콘의 건설현장 반입에 따른 부실공사의 발생 우려가 각종 언론매체를 통하여 국가·사회적인 문제로 제기되고 있으며, 이에 대응하기 위해서는 현장에 타설되는 레미콘의 품질을 보증할 수 있는 콘크리트의 정량적인 품질관리 기법 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

한편, 지금까지 건설생산현장에서 타설되는 레미콘의 품질관리는 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 염화물이온량을 평가한 후, 시방서에 규정된 강도관리 재령에서 압축강도를 측정함으로써 품질관리가 이루어졌다. 그러나 이와 같은 평가항목으로는 굳지 않은 콘크리트의 시공성과 개략적인 내구성의 예측만이 가능할 뿐이며, 실제 콘크리트가 경화된 후 발현될 성능을 사전에 파악할 수 없다는 문제점이 제기되고 있다.<sup>1)</sup>

이러한 배경에서 선진외국에서는 레미콘의 품질을 보증하고, 콘크리트구조물의 고품질화 및 장수명화를 위하여 굳지 않은 콘크리트 상태에서 조기에 콘크리트 성능을 평가하기 위한 기술개발이 지속적

\* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 주임연구원

\*\* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 연구원

\*\*\* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 차장

\*\*\*\* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 부장

표 1. 실험 계획

시리즈	단위수량 추정기법	물결합재비 (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	사용재료 물성변화	측 정 항 목
I	• 에어미터법 • 정전용량법	35	150	고 정	• 슬럼프 (cm) • 공기량 (%) • 단위용적질량 (kg/m <sup>3</sup> ) • 단위수량 (kg/m <sup>3</sup> ) • 압축강도 (MPa) (재령 3, 7, 28일)
		45	170		
		55	190		
II		55	170	• 시멘트 밀도: ±0.5g/cm <sup>3</sup> • 골 재 밀도: ±0.5g/cm <sup>3</sup>	

으로 이루어지고 있으며, 특히 콘크리트의 시공성 및 경화성상에 커다란 영향을 미치는 단위수량을 조기에 추정할 수 있는 기법이 다양하게 개발되어 실용화가 도모되고 있다.<sup>1,2,3,4)</sup>

본 연구에서는 이와 같이 다양한 단위수량 측정기법 중 레미콘 입수 검사시 경제적으로 적용할 수 있을 것으로 판단되는 에어미터법 및 정전용량법을 대상으로 하여 물결합재비 및 단위수량 변화에 따른 단위수량 추정 성능을 비교·평가한 후, 사용재료의 물성변화에 따른 단위수량 오차 발생에 대한 영향을 검토함으로써 향후 건설생산현장에서 레미콘 품질관리 기법으로서 단위수량 추정기법을 활용하기 위한 기초자료를 제시하고자 하였다.

표 2. 콘크리트 배합

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1에서 보는 바와 같이 물결합재비 및 단위수량 변화에 따른 단위수량 추정기법의 정밀성을 검토하기 위한 I 시리즈와 사용재료의 물성변화에 따른 단위수량 오차 발생의 영향성을 검토하기 위한 II 시리즈로 구성하였다. I 시리즈의 경우 물결합재비를 35, 45, 55%의 3수준, 단위수량을 150, 170, 190kg/m<sup>3</sup>의 3수준으로 설정하였으며, II 시리즈의 경우 물결합재비를 55%, 단위수량을 170kg/m<sup>3</sup>로 고정한 후, 시멘트 및 골재의 밀도를 ±0.5g/cm<sup>3</sup>로 변화시켜 단위수량 오차 발생 정도를 검토하였다.

시리즈	W/B (%)	s/a (%)	단위수량 (kg/m <sup>3</sup> )	단위질량(kg/m <sup>3</sup> )		
				시멘트	잔골재	굵은골재
I	35	43.0	150	429	753	1018
			170	486	711	960
			190	543	668	903
	45	43.0	150	333	787	1064
			170	378	749	1012
			190	422	711	961
	55	43.0	150	273	809	1093
			170	309	774	1045
			190	345	738	997
II	45	43.0	170	378	749	1012

표 3. 사용재료의 물리적 성질

사용재료	물 리 적 성 질
시멘트	1종 보통포틀랜드시멘트 (밀도: 3.15g/cm <sup>3</sup> )
잔골재	바다모래 (밀도: 2.61g/cm <sup>3</sup> , 흡수율: 1.30%)
굵은골재	부순자갈 (밀도: 2.65g/cm <sup>3</sup> , 흡수율: 0.67%)
혼화제	나프탈렌계 고성능감수제



2.2 콘크리트 배합 및 사용재료

본 연구에서 적용한 콘크리트 배합은 표 2에 나타난 바와 같다. 또한, 사용재료의 물리적 성질은 표 3에서 보는 바와 같이 시멘트는 밀도 3.15g/cm<sup>3</sup>의 1종 보통포틀랜드시멘트, 골재로서 잔골재는 밀도 2.61g/cm<sup>3</sup>의 바다모래, 굵은 골재는 밀도 2.65g/cm<sup>3</sup>의 부순자갈을 사용하였으며, 목표 슬럼프 15±2.5cm를 만족시키기 위해 소정의 고성능감수제를 사용하였다.

2.3 시험방법

시험방법으로서 콘크리트의 슬럼프, 공기량, 단위용적질량 및 압축강도는 각각 KS 규준에 준하여

표 4. 단위수량 추정기법별 시험방법

시험방법	추정원리	측정장비	시험순서
에어미터법	<ul style="list-style-type: none"> <li>단위수량이 증가하면 콘크리트의 단위용적중량이 감소한다는 성질을 이용하여 단위용적중량의 차이에 의해 단위수량을 추정</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 에어미터 용기 질량 및 용적 측정</li> <li>2) 콘크리트 시료 채취 및 다짐</li> <li>3) 콘크리트 시료의 단위용적중량 측정</li> <li>4) 배합상 단위용적중량과 실측 단위용적중량의 차이에 의해 단위수량 추정</li> </ol>
정전용량법	<ul style="list-style-type: none"> <li>물질의 유전율이 수분량에 따라 변화하는 것을 응용하여, 모르타르 중의 정전용량과 수분율의 관계식에 의해 단위수량 추정</li> </ul>		<ol style="list-style-type: none"> <li>1) 콘크리트 시료를 웨트스크리닝하여 모르타르 시료 채취</li> <li>2) 콘크리트 배합 데이터 입력</li> <li>3) 단위수량 및 물결합재비 측정</li> </ol>

실시하였고, 본 연구에서 적용한 단위수량 시험방법으로서 에어미터법 및 정전용량법의 시험방법은 표 4에 나타난 바와 같다.<sup>3,4)</sup>

### 3. 실험결과 검토 및 분석

#### 3.1 물결합재비 및 단위수량 변화에 따른 단위수량 추정 성능 검토 (시리즈 I)

그림 1은 단위수량 추정 기법별 물결합재비 변화에 따른 단위수량 추정 결과를 나타낸 것으로서 에어미터법 및 정전용량법 모두 물결합재비에 관계없이 단위수량 변화 경향을 재현할 수 있는 것으로 나타났다.

또한, 그림 2는 단위수량 추정 기법별 물결합재비 변화에 따른 단위수량 추정 오차를 나타낸 것으로서 에어미터법의 경우 단위수량 추정 오차가 0.2 ~ 18.0%, 정전용량법의 경우 0.2 ~ 9.0%의 수준으로서 정전용량법의 단위수량 추정 오차가 다소 작게 나타났다.

한편, 정전용량법의 경우 물결합재비가 낮을수록 단위수량 추정 정밀도가 다소 저하되는 것으로 나타났으며, 이는 정전용량법의 대상 시료가 웨트스크리닝한 모르타르 시료이기 때문에 물결합재비가 낮을 경우 점성이 증가되어 모르타르와 굵은 골재의 분리가 상대적으로 어렵기 때문인 것으로 판단된다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 현장적용시 웨트스크리닝의 효율을 높이기 위한 진동기의 적용 등이 필요할 것으로 사료된다.

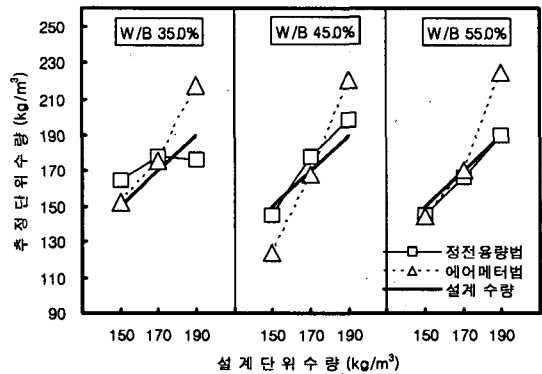


그림 1. 물결합재비에 따른 단위수량 추정 결과

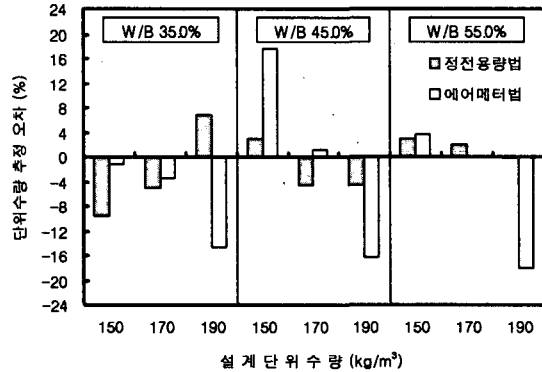


그림 2. 물결합재비에 따른 단위수량 추정 오차

### 3.2 사용재료 물성변화에 따른 단위수량 오차 발생의 영향성 검토 (시리즈II)

그림 3은 단위수량 추정기법별 잔골재 밀도 변화에 따른 단위수량 오차 발생 정도를 나타낸 것으로서 에어미터법의 경우 사용재료의 물성 변화에 따라 추정되는 단위수량의 오차가 크게 발생하는 것으로 나타났다.

이는 단위수량 추정의 원리에 있어서 에어미터법의 경우 콘크리트 단위용적중량의 차이에 의해 단위수량을 추정하기 때문에 사용재료의 밀도 변화에 따른 영향이 크게 발생하는 것으로 판단되며, 에어미터법의 현장적용시에는 사용재료의 물성 관리가 상당히 중요할 것으로 사료된다.

또한, 그림 4는 에어미터법에 있어서 사용재료 종류별 단위수량 오차 발생에 대한 영향 정도를 나타낸 것으로서 오차 발생에 대한 영향성은 굵은 골재>잔골재>시멘트의 순으로 콘크리트의 용적을 차지하는 비율이 큰 사용재료의 밀도 변화가 단위수량 추정에 영향을 크게 미치는 것으로 나타났다.

## 4. 결론

근지 않은 콘크리트 단위수량 추정기법의 성능 검토에 관한 연구의 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) 정전용량법 및 에어미터법 모두 단위수량의 변화 경향을 재현할 수 있는 것으로 나타났으며, 본 연구의 범위에서는 정전용량법의 단위수량 추정 정밀도가 상대적으로 높게 나타났다.

2) 정전용량법의 경우 물결합재비가 낮을수록 추정 정밀도가 다소 저하하는 것으로 나타나 현장적용시 왁스크리닝의 효율성을 높이기 위한 방안의 적용이 필요할 것으로 사료된다.

3) 에어미터법의 경우 정전용량법에 비해 사용재료 물성 변화에 따른 단위수량 오차 발생의 영향 정도가 크게 나타나고 있어 레미콘 품질관리 기법으로 적용하기 위해서는 철저한 사용재료의 물성 관리가 필요할 것으로 판단된다.

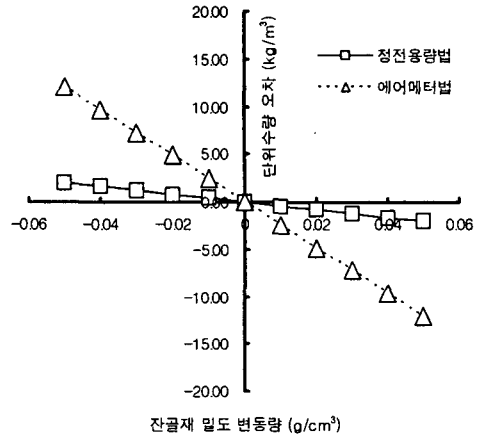


그림 3. 잔골재 밀도 변화에 따른 단위수량 오차

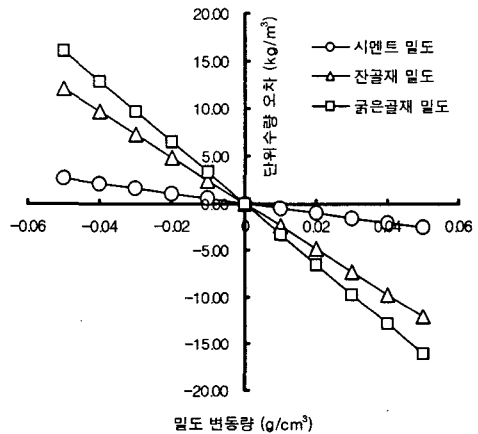


그림 4. 사용재료별 단위수량 오차 발생의 영향성

## 참 고 문 헌

1. 日本コンクリート工学協会,フレッシュコンクリートの単位水量迅速測定及び管理システム調査研究委員会報告書, 2004. 6
2. 日本建築学会 材料施工委員会 コンクリート試験法小委員会, 콘크리트의試驗方法に関するシンポジウム報告集, 2003. 11
3. 千歩 修, 浜 幸雄ほか: 静電容量式水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量管理方法の検討, 日本コンクリート工学協会年次論文集, 2001, pp.331~336
4. 片平 博ほか: エアメータ法による単位水量推定法の精度と現場測定結果, 第12回生コン技術大会研究発表論文集, 2003, pp.113~118