

고강도 콘크리트의 단위수량 신속 측정기법별 배합요인에 따른 성능 검토에 관한 연구

A Study on the Investigation of Performance about Quick Measurement Technology of Unit Water Content at Mixing Factor of High Strength Concrete

윤 섭*
Yoon, Seob

정영민*
Jung, Young-Min

정 용**
Jeong, Yong

ABSTRACT

On investigation about quick measurement technology of unit water at range of W/B=35% in high strength, the average error of the Di-electric constant moisture tester A has measured more than 23.0kg/m^3 unit water content of design and the average error of the method of unit volume weigh was less than -9.6kg/m^3 . The average error with mixing factor has influenced with a kind of sand, but had not influenced with unit water content of design. Therefore, it will be for introduce business decide require more than a study about cement, sand, superplasticizer, etc.

1. 서론

콘크리트의 단위수량 증가는 골재와 시멘트페이스트가 분리되어 재료분리가 발생하기 쉽고, 잉여수의 증가로 인해 건조수축이 크게 되어 구조체에 수축균열이 발생하며, 블리딩의 증가로 인해 철근, 골재 하면에 공극 발생으로 철근과 콘크리트의 부착력이 저하하며, 타설 후 침하균열 및 수분이동으로 마감상태가 불량하게 되는 등 콘크리트의 품질을 크게 저하시키는 요인으로 작용하고 있다.

이에 일본에서는 콘크리트의 강도 및 내구성 등을 초기에 보증하므로서 고품질 콘크리트 구조물을 구축하기 위해 콘크리트 성능을 조기 판정할 수 있는 굳지않은 콘크리트의 단위수량 측정 기법을 개발하고자 오랜 기간 지속적인 연구를 수행하여 다양한 단위수량 측정 기법이 연구 개발되어 보고되고 건설현장 및 레미콘 플랜트에서 일부 실용화되고 있는 실정이다.

또한, 국내에서도 레미콘의 품질관리를 위해 단위수량 관리에 대한 관심이 높아지고 있는 실정으로 다양한 발주처 및 제조업체에서 단위수량 관리로 인한 품질관리에 대한 노력이 시도되고 있다.

따라서 본 연구에서는 레미콘 품질관리를 위한 단위수량 신속 측정법 구축을 위하여 현재 가장 많은 연구가 진행되고 있는 단위용적질량법과 정전용량법에 대하여 고강도 범위에서 잔골재의 종류 및 단위수량 변화에 따른 단위수량 측정 신뢰성에 대하여 비교·분석하여, 고강도 범위에서 단위수량 신속 측정법의 적용가능성을 검토하고자 한다.

* 정희원, (주)삼표 기술연구소 선임연구원

** 정희원, (주)삼표 기술연구소 수석연구원

2. 실험계획 및 방법

2.1 실험계획

본 연구의 실험계획은 표 1과 같고, 그에 따른 콘크리트의 배합은 표 2와 같다.

먼저, 단위수량 신속 측정방법은 정전용량법과 단위용적질량법으로 단위수량을 측정하도록 하였다. 배합요인은 고강도 범위인 W/B 35%를 대상으로, 잔골재의 종류를 세척사 100%, 부순모래 100%, 세척사 50%+부순모래 50%로 3수준으로 정한 다음, 결합재는 시멘트에 대하여 플라이애쉬(이하 F/A)를 15%를 치환하고, 단위수량을 155, 165, 175, 185의 4수준으로 변화시켜 총 12배치 실험계획하였다. 이때 슬럼프는 단위수량에 따라 80, 120, 150, 180mm가 되도록 하였고, 목표 공기량은 $3.5 \pm 1.5\%$ 를 만족하도록 배합설계하였다. 실험사항으로 굳지않은 콘크리트는 슬럼프, 공기량 및 단위수량을 측정하도록 하였고, 경화 콘크리트는 계획된 재령에 따라 압축강도를 측정하였다.

표 1 실험계획

잔골재 종류	W/B (%)	F/A (%)	W (kg/m ³)	목표 슬럼프 (mm)	목표 공기량 (%)	실험사항	
						굳지않은 콘크리트	경화 콘크리트
· 세척사 · 부순모래 +세척사 · 부순모래	35	15	155 165 175 185	80 120 150 180	3.5±1.5	· 슬럼프 · 공기량 · 단위수량	· 압축강도

표 2 콘크리트의 배합사항

잔골재 종류	W/B (%)	F/A (%)	W (kg/m ³)	S/a (%)	SP제 (%/B)	단위량(kg/m ³)				
						C	F/A	세척사	부순모래	굵은골재
세척사	35	15	155	39	0.5	377	66	673	-	1,061
			165	40	0.5	400	71	670	-	1,013
			175	41	0.5	425	75	666	-	965
			185	42	0.5	450	79	660	-	919
부순+세척사	35	15	155	41	0.8	377	66	354	357	1026
			165	42	0.8	400	71	352	355	979
			175	43	0.8	425	75	349	352	933
			185	44	0.8	450	79	346	349	887
부순모래	35	15	155	43	1.5	377	66	-	748	991
			165	44	1.5	400	71	-	743	945
			175	45	1.5	425	75	-	736	900
			185	46	1.5	450	79	-	729	856

2.2 사용재료

본 연구에서 사용한 시멘트는 국내 A사의 보통 포틀랜드 시멘트(밀도 : 3.16g/cm^3 , 분말도 : $3.438\text{cm}^2/\text{g}$)를 사용하였고, 잔골재는 북인천산 세척사(밀도 : 2.61g/cm^3 , 조립율 : 2.77)와 남양산 부순모래(밀도 : 2.63g/cm^3 , 조립율 : 2.81)를 사용하였으며, 굵은 골재는 남양산(밀도 : 2.63g/cm^3 , 조립율 : 6.98)을 사용하였다. 혼화재료로 플라이애쉬는 분급 정제된 당진 화력산(밀도 : 2.25g/cm^3 , 분말도 : $4.478\text{cm}^2/\text{g}$)을 사용하였다. AE제는 빈줄계를 사용하였고, 고성능감수제는 국내산 D사의 나프탈렌계를 사용하였다.

2.3 실험방법

굳지 않은 콘크리트의 혼합은 강제식 팬타입 믹서를 사용하였다. 굳지 않은 콘크리트의 실험으로 슬럼프는 KS F 2402의 규정에 의거 측정하였고, 공기량은 KS F 2421의 공기실 압력법에 의해 측정하였다. 단위수량 측정은 각 방법별 제품 카달로그를 참고하여 측정하였으며, 경화 콘크리트의 실험으로 압축강도는 KS F 2405의 규정에 의거 측정하였다.

3. 실험결과 및 분석

3.1 슬럼프 및 공기량

단위수량 155, 165, 175, 185kg/m³에 대하여 목표 슬럼프를 80, 120, 150, 180mm와 목표 공기량

3.5±1.5%를 만족하도록 고성능감수제 및 AE제량을 변경시켜 배합설계하였으므로, 각 배합별 목표 슬럼프 및 목표 공기량은 모두 만족하는 것으로 나타났다.

3.2 단위수량 측정

그림 1은 각 배합요인별 단위수량 측정 결과를 나타낸 것이다. 본 연구에서 사용된 굳지않은 콘크리트의 단위수량 측정기법인 정전용량법과 단위용적질량법 모두 배합요인에 상관없이 설계단위수량이 변화함에 따라 같은 경향으로 단위수량이 측정되는 것으로 나타났고, 또한 전반적으로 정전용량법이 단위용적질량법에 비하여 단위수량이 높게 측정되는 경향이 나타났다.

그림 2는 전체 단위수량 측정 데이터의 설계값과의 오차를 단위수량 측정기법별로 나타낸 것이다. (측정오차의 부호 (+) = 측정값이 설계값보다 큰 경우, (-) = 측정값이 설계값보다 작은 경우를 나타낸다)

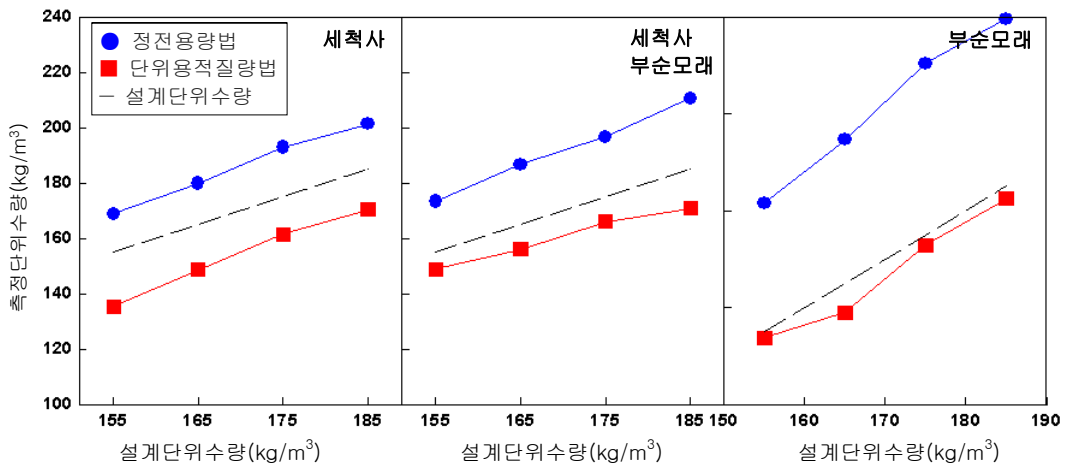


그림 1 잔골재 종류 및 단위수량 변화에 따른 측정 단위수량

정전용량법의 경우, 전반적으로 측정오차 평균이 설계수량보다 23.0kg/m³정도 크게 측정되는 경향으로 나타났다. 또한 측정오차 최대치가 35.4kg/m³이고 최소치가 13.8kg/m³으로 그 폭이 21.6kg/m³으로 매우 넓고, 표준편차도 7.4kg/m³으로 크게 발생되었다.

단위용적질량법은 측정오차 평균이 설계수량보다 -9.6kg/m³정도 적게 측정되는 경향으로 나타났다. 측정 오차의 최대치가 -19.8kg/m³이고, 최소치가 -1.3kg/m³으로 측정오차의 폭이 정전용량법에 비하여 비교적 좁고, 표준편차도 6.1kg/m³으로 작게 발생되었다. 따라서 고강도 범위에서는 정전용량법이나 단위용적질량법으로 측정된 값이 설계수량과 상당한 차이가 발생되어 측정된 값을 실무에서 그대로 사용하기에

\bar{x} = 평균, s = 표준편차, x_{max} = 최대값,
 x_{min} = 최소값, 단위 = kg/m³

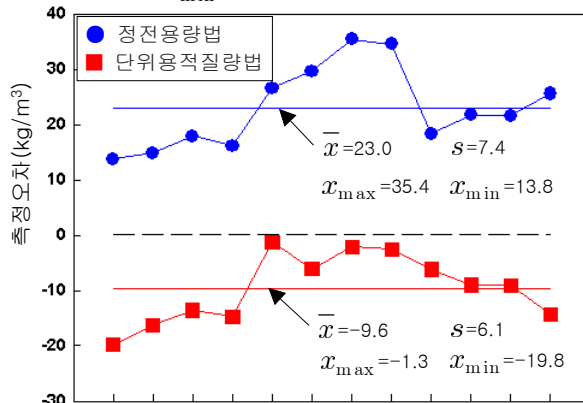


그림 2 단위수량 측정기법에 따른 단위수량 측정 오차

는 무리가 있을 것으로 판단된다.

그림 3과 4는 측정오차값을 잔골재 종류 및 설계수량에 따라 나타낸 것이다.

정전용량법과 단위용적질량법 모두 잔골재의 종류가 측정값에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 정전용량법의 경우, 그 측정원리가 각 재료의 유전율의 차이에 인한 것으로 세척사와 부순모래간의 염화물량 등의 차이에 의한 것으로 판단되고, 단위용적질량법의 경우는 그 측정원리가 재료의 밀도차이에 의해 측정하는 것으로 국내산 잔골재의 밀도, 흡수율 등의 기초물성이 일본 골재의 물성과 다르기 때문인 것으로 판단된다.

또한, 정전용량법과 단위용적질량법에 의한 측정값 모두 설계수량 변화에 따른 영향은 거의 없는 것으로 판단된다.

그림 5는 잔골재 종류별 설계단위수량에 따른 재령 28일 압축강도를 나타낸 것인데, 각 배합요인에 따라 약간의 차이는 있으나 60MPa 정도 발휘하는 것으로 나타났다.

4. 결론

본 연구에서는 단위수량 신속측정법인 단위용적질량법과 정전용량법에 대하여 고강도 범위에서 배합요인에 따른 단위수량 측정 신뢰성을 검토하였는데, 실험결과는 다음과 같다.

(1) 고강도 범위인 W/B=35%에서 단위수량 측정기법별 단위수량 측정 신뢰성을 검토한 결과, 정전용량법은 측정오차의 평균이 23.0 kg/m³으로 설계값보다 크게 측정되었고, 단위용적질량법은 측정오차 평균이 -9.6kg/m³으로 설계값보다 적게 측정되는 것으로 나타났다.

(2) 배합 요인별 측정오차는 정전용량법과 단위용적질량법 모두 잔골재 종류에 따라 측정값에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으나, 설계수량 변화에 따른 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

(3) 단위수량 신속측정법을 실무에 도입하기 위해서는 측정값과 설계값간의 차이가 많이 발생하였으므로, 시멘트, 골재, 고성능감수제등 재료요인에 대한 심도있는 연구가 필요한 것으로 판단된다.

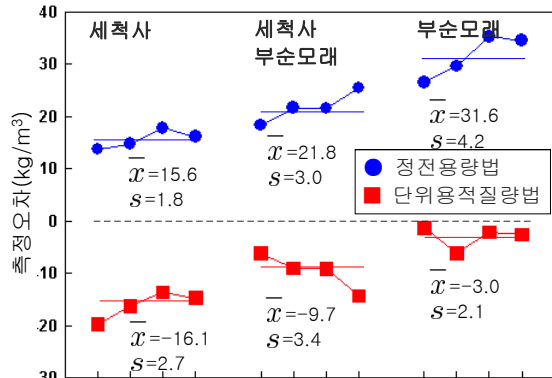


그림 3 단위수량 측정기법별 잔골재 종류에 따른 단위수량 측정 오차

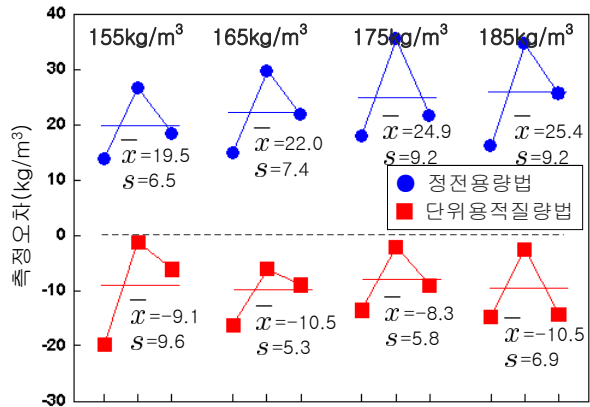


그림 4 단위수량 측정기법별 설계단위수량에 따른 단위수량 측정 오차

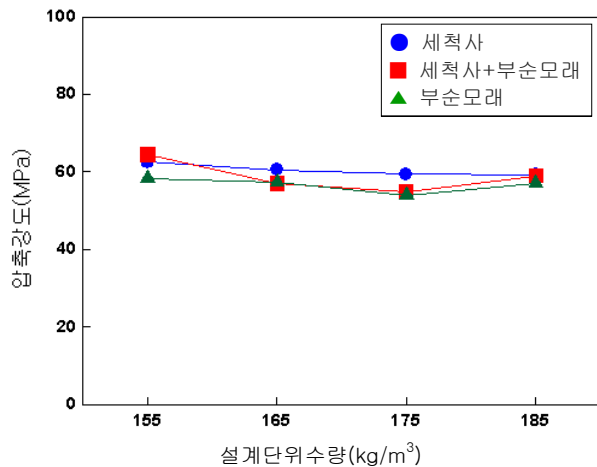


그림 5 잔골재 종류별 설계단위수량에 따른 재령 28일 압축강도