

## 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 기술 개발 및 활용 현황

Development of Measuring Method and Application Status for Unit Water Content of Fresh Concrete



김용로\*  
Yong-Ro Kim



정양희\*\*  
Yang-Hee Jung



최일호\*\*\*  
Il-Ho Choi



김효락\*\*\*\*  
Hyo-Rak Kim



이도범\*\*\*\*\*  
Do-Bum Lee

### 1. 서 론

최근 국내에서는 품질이 확보되지 않아 반포된 불량 레미콘의 타 건설현장 반입되는 등의 문제가 각종 언론매체를 통하여 보도되어 사회적으로 부실공사의 우려가 제기되고 있으며, 이에 따라 레미콘의 품질 확보 및 보증을 위한 콘크리트의 정량적인 품질관리 기법 개발이 시급히 요구되고 있는 실정이다.

한편, 지금까지 건설생산현장에서 타설되는 레미콘의 품질은 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프, 공기량 및 염화물이온량을 평가한 후, 시방서에 규정된 강도관리 재령에서 압축강도를 측정함으로써 품질관리가 이루어졌으나, 이와 같은 평가항목으로는 굳지 않은 콘크리트의 시공성과 개략적인 내구성의 예측만이 가능할 뿐이며, 콘크리트가 경화된 후 발현될 성능을 사전에 파악할 수 없다는 문제점이 있다.<sup>1~3)</sup>

예를 들면, 목표 슬럼프 값을 확인하고, 공기량 및 염화물 이온량의 이상이 없는 것을 확인한 후 건설현장에 타설한 레미콘에 있어서도 강도관리 재령에서 목표로 하는 콘크리트의 강도가 발현되지 않는 경우도 발생하고 있는 실정이다.

이러한 배경에서 최근의 국내 실정과 유사하게 양질의 골재 수급이 원활하지 않은 일본의 경우 체계적인 레미콘의 품질관리와 콘크리트의 강도 및 내구성을 확보하기 위하여 굳지 않은 콘크리트 상태에서 조기에 품질을 평가하기 위한 기술개발이 지속적으로 이루어지고 있으며, 최근 일본의 경우 산·학·연의 공동 연구위원회를 구성하여 굳지 않은 콘크리트의

단위수량을 평가할 수 있는 기법을 정립하고, 품질관리 지침을 제정함으로써 레미콘의 품질을 관리하는 방안이 제안되고 있다.<sup>1~3,23,27,30)</sup>

이에 본고에서는 현재 국내·외에서 연구 개발되어 활용되고 있는 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 신속 측정 기술에 관한 기술개발 동향과 이를 활용한 레미콘 품질관리 현황을 검토 및 분석함으로써 향후 국내에서 정량적인 레미콘 품질관리 기법을 확립하기 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

### 2. 단위수량 측정 기술 개발 목적

#### 2.1 단위수량이 콘크리트의 성능에 미치는 영향

단위수량이란 표면건조포화상태의 골재를 사용한 콘크리트 1m<sup>3</sup> 중에 포함된 물의 단위량으로서, 콘크리트 중의 전체 수량 중 잔골재 및 굵은골재의 흡수량을 제외한 물의 양을 의미한다. 이미 알려진 바와 같이 단위수량은 콘크리트의 성능에 커다란 영향을 미치는 중요한 요인이다. 일반적으로 콘크리트의 단위수량을 증가시키면 슬럼프가 커지고, 워커빌리티가 개선되며, 운반이나 타설, 다짐 등의 작업이 용이하게 된다. 그러나 콘크리트의 단위수량이 과도하게 증가되면 다음과 같이 콘크리트의 성능이 저하된다.<sup>1)</sup>

- 1) 재료 분리가 발생하여 콘크리트의 균일성이 손상되어 타설 결함이 발생한다.
- 2) 건조수축이 증대됨에 따라 수축균열이 발생한다.
- 3) 블리딩이 증가되어 철근이나 골재 저면에 공극이 발생함으로써 철근과 콘크리트의 부착력이 저하된다.
- 4) 타설 후의 침하균열 및 수분의 증발 등에 의해 콘크리트 표면 성상이 불량하게 된다.
- 5) 콘크리트 내부의 자유수가 증가하여 염분, 물, 기체 등에 대한 침투저항성이 떨어져 내구성이 저하된다.

\* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 주임연구원  
kyr8447@daelim.co.kr

\*\* 정회원, 대림산업(주) 기술연구소 건축연구지원팀 연구원

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

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

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

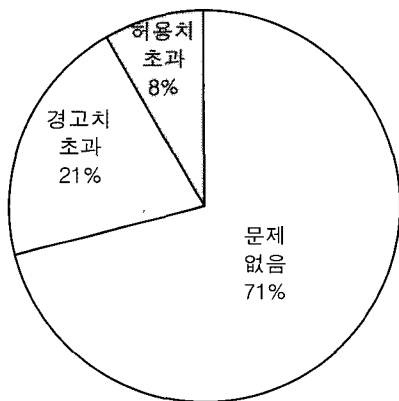
이에 따라 콘크리트의 배합설계에서는 워커빌리티나 강도, 내구성 등 소요의 성능을 만족하는 범위에서 단위수량을 가능한 작게 하도록 규정하고 있다.

### 2.2 단위수량의 변동 요인

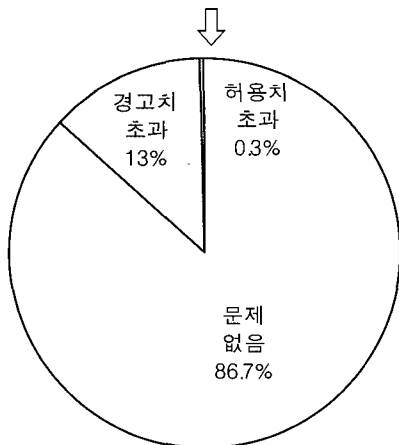
건설생산현장에 타설되는 콘크리트의 단위수량은 <표 1>에 나타난 바와 같이 다양한 변동요인에 의해 배합설계 시에 설정한 단위수량과 실제 단위수량의 차이가 발생하는 경우가

표 1. 건설현장에 타설되는 콘크리트 단위수량 변동의 영향 요인

공정	변동 영향 요인
골재 품질	입형, 입도분포, 잔골재율, 과대·과소립, 미립분량, 표면수율
콘크리트 제조	표면수를 측정오차, 사용재료 계량오차, 비빔시간, 재료온도, 슬럼프 및 공기량 조정 오차
콘크리트 운반	슬럼프 경시변화, 운반시간, 공기량 경시변화, 온도변화
콘크리트 타설	대기시간, 타설시간, 슬럼프 및 공기량 측정오차



a. 단위수량 관리 시행 전



b. 단위수량 관리 시행 후

그림 1. 단위수량 관리에 의한 콘크리트 품질향상 효과  
(자료 : 東日本旅客鐵道, 2001)

많다<sup>1,2,30)</sup>. 콘크리트 제조시의 경우를 예로 들면, 콘크리트 표면수율의 측정오차가 1% 발생하게 되면 단위수량은 약 10 kg/m<sup>3</sup> 정도의 차이가 발생하게 된다. 또한, 콘크리트 제조시 공기량의 조정 오차가 발생하는 경우 공기량 1%의 변화에 따라 단위수량도 약 1%의 변화가 일어나게 된다.

그러나 콘크리트의 제조시에 있어서 콘크리트의 유동성을 확보하기 위해 일반적으로는 비빔시에 슬럼프가 소정의 값으로 되도록 골재 표면수율의 변동을 보정한다는 명목으로 비빔수의 투입량을 조정함으로써 단위수량의 변동폭은 더욱 증가되고 있는 실정이다.

### 2.3 단위수량 관리의 기대효과

지금까지 경화 콘크리트의 품질은 주로 압축강도에 의한 관리가 이루어졌기 때문에 배합설계시 단위수량이 변동되더라도 강도가 소요의 설계기준강도를 하회하지 않도록 물시멘트비에 여유를 두어 설계하는 사례가 빈번하였다.

그러나 단위수량의 과대한 증가는 콘크리트의 강도뿐만 아니라 균열의 증대와 콘크리트 구조물의 내구성을 현저하게 저하시킬 우려가 있다. 실제로 건설생산현장에서는 콘크리트 공사시 콘크리트의 압축강도뿐만 아니라 균열억제 및 내구성이 품질관리상 중요한 항목으로 제기되고 있는 실정이다.

더욱이 최근 콘크리트 구조물의 내구성 문제가 대두되고, 콘크리트 구조물의 장수명화가 요구됨에 따라 레미콘의 정량적 품질관리 기법으로서 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 관리에 의해 콘크리트 구조물의 신뢰성 향상을 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 예로서, <그림 1>은 2001년 동일본여객철도(JR)에서 토목공사표준시방서에 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 및 품질관리를 의무화함에 따른 레미콘 품질 향상 효과를 나타낸 것으로서 단위수량 관리 전에 비해 단위수량 관리를 실시한 후 콘크리트 품질 불량률이 크게 감소된 것을 확인할 수 있다<sup>23,30)</sup>. 또한, 건설생산현장에서는 효율적 공정관리를 위하여 압축강도를 조기에 판정할 수 있는 방법에 관한 요구가 높아지고 있는 실정으로서 레미콘 입수검사시 실제 단위수량을 측정할 수 있게 되면 물시멘트비의 파악이 가능하게 되고, 이를 기초로 하여 압축강도의 추정이 신속하게 이루어질 수 있어 콘크리트의 단위수량 측정은 건설생산현장의 공정관리에 있어서 대단히 효과적일 것으로 사료된다.

한편, 레미콘 플랜트에 있어서도 콘크리트의 단위수량 측정 기술을 활용하게 되면 기존의 콘크리트 품질관리시 배합설계에 준한 콘크리트 제조가 가능하게 되어 레미콘 품질 보증을 위한 자료로서 제시가 가능할 것으로 기대된다.

### 3. 단위수량 측정기술 개발 동향

#### 3.1 국내·외 연구동향

국외에서의 굳지 않은 콘크리트 중의 단위수량을 측정하는 방법은 미국 등의 경우 단위시멘트량을 측정하는 방법과 함께 1930년대부터 웨트스크리닝에 기초한 방법이 개발되었으나, 정밀성이 낮고, 장시간이 소요되는 문제점이 있었다.

이후, Kelly R. T.와 Vail J. W. 에 의해 제안된 염분농도차에 의한 추정법이 검토되어 단위시멘트량과 단위수량의 측정방법으로 ASTM C 1078에 규정되었으며, 1978년에 북타고타주 교통국에서 개발한 전자레이저를 이용한 고주파유전 가열전조법이 AASHTO에서 단위수량 측정방법의 규격안으로 제정되어 있다.<sup>1,4)</sup>

또한, 1970년에는 텍사스 원자력회사에서 X선과  $\gamma$ 선을 이용하여 굳지 않은 콘크리트 중의 단위시멘트량을 측정하는 것을 목적으로 RI(Radioisotope)법을 개발하였으며, 이는 1994년 단위시멘트량을 측정하기 위한 기기로 개발되었고, 미국 도로 분야를 중심으로 이용되고 있다.

일본의 경우 1980년대의 「콘크리트 크라이시스」에 의해 콘크리트 내구성의 중요성이 부각됨에 따라 콘크리트의 품질관리 기술에 관한 연구개발이 지속적으로 이루어지고 있다. 특히, 일본의 경우 1970 ~ 1980년대에 콘크리트 품질의 조기 판정 방법에 관한 연구를 활발히 수행하였으며, 이러한 조기 판정 방법 중 경화 콘크리트의 성상에 큰 영향을 미치고, 재료량의 추정시 정밀도 및 용이성이 우수하다는 측면에서 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정에 관한 기술개발이 1980년대 후반부터 지속적으로 이루어지고 있다.

1988년 豊福 등은 레미콘 품질관리에서 현장타설시 품질평가의 필요성을 제기하고, 1989년 건조법, 1990년 RI 법에 의한 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 방법의 적용성을 검토하였다<sup>1,5,6)</sup>. 또한, 1990년 일본 토목연구소에서는 小林, 高橋 등에 의해 건조법에 의한 단위수량 측정 방법의 적용성을 검토하였다.<sup>7)</sup>

〈그림 2〉는 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 방법에 관련된 일본에서의 연구발표 논문수를 나타낸 것으로서 1997년 이후 관련 연구가 지속적으로 증가되고 있으며, 中村, 千歩, 浜, 豊田, 辻本 등 산·학·연의 연구자들이 다양한 단위수량 측정방법의 적용성, 현장적용성 등에 관한 비교·검토를 수행하였다<sup>8~22)</sup>. 또한, 일본건축학회에서는 2003년 11월 재료시공위원회 콘크리트시험법 소위원회에서 콘크리트의 시험 방법에 관한 심포지엄을 개최하고 단위수량 측정 방법에 관한 연구개발 결과를 보고하였으며, 일본콘크리트학회에서는 2004년 6월

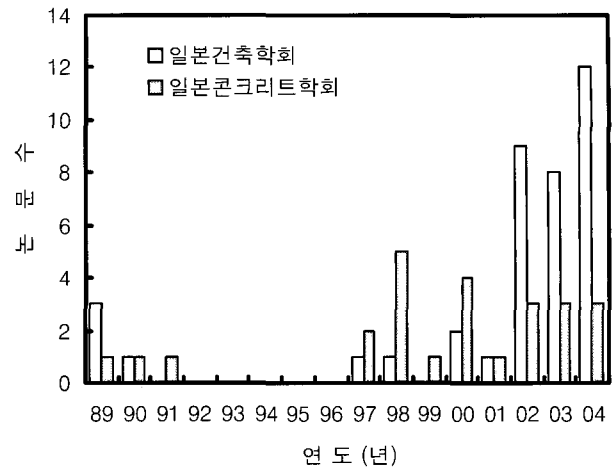


그림 2. 단위수량 측정기술 관련 논문발표 추세

「굳지 않은 콘크리트의 단위수량 신속측정 및 관리시스템 연구위원회 보고서」를 통하여 일본내 레미콘 공장의 단위수량 관리 실태 및 단위수량 측정 방법의 적용성에 관하여 제시하였다.<sup>1,2)</sup>

한편, 국내의 경우 콘크리트의 품질을 조기에 판정하기 위한 연구로서 주로 압축강도를 대상으로 하여 단위시멘트량 추정과 촉진 압축강도 시험을 중심으로 연구가 이루어졌으며, 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정기술에 관한 연구는 아직까지 미미한 실정이다.<sup>3)</sup>

국내에서의 연구는 2000년대 초반 한천구 교수 등에 의해 웨트스크리닝을 실시하지 않고 가열전조법에 의해 단위수량을 추정하는 방법에 관한 연구가 보고되었으며, 물-시멘트비, 단위수량 변화 및 골재 종류에 따른 단위수량의 측정 오차를 검토하였고, 단위수량 측정방법으로서의 적용성을 확인하였다.<sup>26)</sup>

그러나 국내의 경우 아직까지 건설생산현장에서 반입되는 레미콘의 현장 품질관리를 위한 기법으로서 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 방법을 적용하기 위한 연구는 미미한 실정이며, 더욱이 최근 원자재 품질저하에 따른 콘크리트 품질저하가 우려되고 있어 정량적인 콘크리트 품질관리 기법 구축을 위한 연구 개발이 시급히 요구되고 있다.

#### 3.2 각종 단위수량 측정 방법

단위수량의 측정 기술은 〈표 2〉에 나타난 바와 같이 다수의 연구자들에 의해 다양한 원리와 방법이 개발되어 보고되고 있으며, 2005년 일본콘크리트학회 「콘크리트 테크노 플라자」에서는 현장 적용을 보다 용이하게 하기 위하여 다양한 측정 원리를 기반으로 다수의 제품이 출품되어 관심이 대두되었다.

현재까지 개발되어 일반적으로 알려져 있는 단위수량 측정 기법의 특징을 간략히 정리하면 다음과 같다<sup>1,2,19,23,27,30)</sup>.

표 2. 굳지 않은 콘크리트의 각종 단위수량 측정 방법

시험 방법	측정 원리	측정 장비	개발자	시료	시료량	
가열 건조법	건조로법	· 전용 건조로에 의해 콘크리트를 가열 건조하고, 증발량으로부터 단위수량을 추정		豊福/ 土木研究所 등	콘크리트	2 kg
	감압건조로법	· 단위수량 추정원리는 건조로법과 동일하지만, 물은 감압건조시 약 50°C에서 증발하는 원리를 이용하여 저온에서 콘크리트 시료 건조		大林組	모르타르	400 g
	고주파가열법	· 건조로법과 원리는 동일하며, 전자레이저를 이용하여 콘크리트를 가열 건조시킴		竹中工務店/ 全生連 등	모르타르	400 g
단위용적 질량법	에어미터법 (간이법)	· 단위수량이 증가하면 콘크리트의 단위용적질량이 감소한다는 성질을 이용하여 단위용적질량의 차이에 의해 단위수량을 추정		土木研究所	콘크리트	7 l
	에어미터법 (고정밀법)	· 간이법과 원리는 동일하지만, 전용기계를 사용하여 공기량 및 중량 측정의 정밀도를 높임		MARUI	콘크리트	6 l
	수중질량법	· 콘크리트의 기중질량과 수중질량 및 재료의 밀도로부터 콘크리트 용적을 구하고 단위수량을 측정함		大成建設	콘크리트	2 kg
RI(Radioisotope)법	· 콘크리트 중의 수소원자와 조사되는 중성자의 충돌에 의해 감쇄하는 중성자의 비율로부터 단위수량을 추정		竹中工務店 등	콘크리트	제한없음	
정전용량법	· 물질의 유전율이 수분량에 따라 변화하는 것을 응용하여, 모르타르 중의 정전용량과 수분율의 관계식에 의해 단위수량 추정		KETT 科學	모르타르	330 cc	
염분농도법	· 굳지 않은 콘크리트에 식염수를 첨가·혼합하여 식염수 첨가전과 후의 염분농도를 측정함으로써 단위수량 추정		中研건설턴트	콘크리트	2 l	
마이크로파법	· 굳지 않은 콘크리트에 마이크로파를 투과시킨 후, 물분자에 의해 흡수되어 마이크로파가 감쇄되는 원리를 이용하여 단위수량을 추정		가와사키機工	콘크리트	7 l	

### 3.2.1 가열건조법

가열건조법은 모르타르 또는 콘크리트 시료를 가열 건조하여 증발된 수분량으로부터 콘크리트의 단위수량을 추정하는 방법이며, 원리가 단순하고 측정방법도 비교적 간단하기 때문에 가장 일반적으로 사용되고 있는 방법이다.

### 3.2.2 단위용적질량법

단위용적질량법은 콘크리트 중에서 물의 밀도는 1.0으로서 시멘트나 골재에 비해 작기 때문에 콘크리트 중의 수량변화에 따라 콘크리트의 단위용적질량은 크게 변화한다는 원리를 이

용하여 단위수량을 추정하는 방법이다.

### 3.2.3 RI(Radioisotope)법

RI법은 중성자는 수소원자에 충돌하면서 감쇄된다는 원리를 이용하여 콘크리트 시료 중에 중성자를 투과시킨 후, 감쇄되지 않고 투과된 중성자의 양을 산출함으로써 단위수량을 추정하는 방법이다.

### 3.2.4 정전용량법

정전용량법은 물질 고유의 정전용량이 수분량에 따라 변화

표 3. 단위수량 측정기술의 활용 사례 (일본)

기관/시공사	국토교통성	대성건설	다케나카 공무점	오사카시 주택국	동일본여객철도 주식회사	후쿠오카 고속철도공사
대상 공사	중앙합동청사 제3호관 내진개수공사	80 MPa 이상 콘크리트 공사	오사카 지역 건축공사	방재시설 SRC 구조물	토목구조물 전반	후쿠오카 고속 5호선 고가교
측정 방법	연속 RI 법	단위용적질량법	고주파기열법 (다케나카 방식)	에어메터법 (MARUI 방식)	정전용량법 (KETT 과학 방식)	에어메터법 (MARUI 방식)
측정 빈도	레미콘 전체 물량	레미콘 전체 물량	강도관리용 공시체 채취시	1회 / 50 m <sup>3</sup>	타설전 1회 후, 1시간당 1회씩	오전 1회, 오후 1회
품질 기준	경고	180 kg/m <sup>3</sup> 이하	-	± 15 kg/m <sup>3</sup>	± 10 kg/m <sup>3</sup>	-
	한계	185 kg/m <sup>3</sup> 이하	± 10 kg/m <sup>3</sup>	± 20 kg/m <sup>3</sup>	± 20 kg/m <sup>3</sup>	175 kg/m <sup>3</sup> 이하

하는 것을 이용하여 단위수량을 추정하는 방법으로서, 시료에 고주파 전압을 가했을 경우 물의 유전율이 다른 재료에 비해 상당히 높다는 원리를 이용한다.

### 3.2.5 염분농도법

염분농도법은 콘크리트 또는 모르타르 시료에 일정량의 식염수를 첨가하여 시료 중의 물에 의해 식염수의 농도가 변화하는 것을 응용하여 그 농도변화를 측정함으로써 단위수량을 추정하는 방법이다.

### 3.2.6 마이크로파법

마이크로파법은 발신기를 통과한 마이크로파는 굳지 않은 콘크리트 중의 물분자에 에너지가 흡수되어 감쇄되어 수신기에 도달하게 된다는 원리를 이용하여 단위수량과 마이크로파 감쇄량의 관계로부터 단위수량을 추정한다.

## 4. 단위수량 측정기술 활용 현황

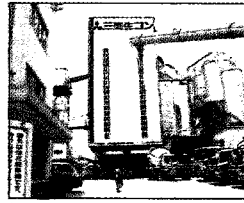
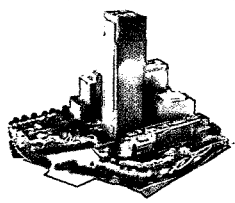
### 4.1 일본의 활용 사례

일본의 경우 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 기술을 실제로 레미콘 품질관리로서 실시하고 있는 기관이나 시공회사가 증가되고 있는 추세이며, 이 중 대표적인 사례를 소개하면 <표 3>과 같다.<sup>1,2,19,23,27,30)</sup>

한편, 당사에서는 2005년 6월 일본 동경소재 미쓰비시 레미콘 공장을 방문하여 단위수량 관리 현황을 검토하고, 현재 건설 중인 Tokyo Mid-Town Project 현장의 품질관리 자료를 검토하였으며, 그 결과를 <표 4> 및 <그림 3>에 나타냈다.

담당자들과의 질의응답을 통하여 단위수량 관리의 목적 및 효과에 대한 검토 결과 레미콘의 경우 단위수량 측정에 의해 레미콘 제조시 발생할 수 있는 물성 변화에 즉각적으로 대응할 수 있으며, 건설생산현장의 경우 단위수량 관리에 의해 콘크리트 압축강도 보증 등의 레미콘의 품질 확보뿐만 아니라

표 4. 단위수량 측정에 의한 레미콘 품질관리 현황 검토 결과

구분	미쓰비시 레미콘	Tokyo Mid-Town
현장 사진		
소재지	東京都港區港南5丁目	東京都港區赤坂9丁目
측정 방법	정전용량법	정전용량법
측정 빈도	배합당 오전 1회, 오후 1회	1회/150 m <sup>3</sup>
품질 기준	± 10 kg/m <sup>3</sup>	· 경고 : ± 15 kg/m <sup>3</sup> · 한계 : ± 20 kg/m <sup>3</sup> (초과시 반품 조치)
관리 목적	레미콘 물성 확보 및 시공사 품질관리 대응	콘크리트 강도 보증 및 내구성 향상(균열 저감)
기타	· 미쓰비시의 경우 2000년부터 단위수량 관리 실시 · 단위수량 측정 기법은 ± 2 kg/m <sup>3</sup> 의 정밀도 인정 · 사용재료 관리는 JIS 규준에 준하여 실시 · 레미콘 품질, 시멘트, 골재 품질관리는 시공사가 불시에 직접 관리	

균열 저감 등 콘크리트 구조물의 내구성 향상 효과가 있는 것으로 조사되었다<sup>30)</sup>.

### 4.2 국내 건설현장의 적용성 검토

본고에서는 현재 개발되어 보급되고 있는 다양한 단위수량 측정 기법에 관해 기존 기술정보자료 및 당사 기술연구소에서 수행중인 실내 실험과 현장실험을 통해 검토된 자료를 소개함으로써 향후 단위수량 측정기술의 현장적용성을 고찰하였다.

<그림 4>는 기존 단위수량 측정 기법의 문헌자료를 기초로 각 측정기법별 단위수량 측정 소요시간을 나타낸 것으로서 연속으로 측정이 가능한 RI법이 측정시간이 가장 짧고, 에어메터법 및 정전용량법의 경우 다른 기법에 비해 상대적으로 측정 소요시간이 짧은 것으로 나타났다.<sup>1,2,19,23,27,30)</sup>

한편, 건설생산현장에서의 레미콘 입수 검사를 위해서는 정



그림 3. 미쓰비시 레미콘의 단위수량 측정 사례

밀성뿐만 아니라 신속성과 휴대성이 품질시험방법의 중요한 요구성능이므로 <그림 4>의 테이터를 기초로 하여 단위수량 측정기법으로서 가장 일반적으로 알려진 가열건조법과 측정시간 및 휴대성이 양호한 에어메터법 및 정전용량법의 적용성을 검토하였다. <그림 5>은 측정 기법별 단위수량 추정 오차를 나타낸 것으로서 에어메터법의 경우 단위수량 추정 오차가 다른 기법에 비해 상대적으로 크게 나타났다. 이는 에어메터법의 단위수량 측정 원리상 사용재료의 비중과 공기량 변화에 영향을 크게 받기 때문인 것으로 판단되며, 건설생산현장에서의 적용시 시멘트, 혼화재 및 골재의 엄격한 품질관리가 필요할 것으로 사료된다. 한편, 가열건조법(전자레인지법) 및 정전용량법의 경우 다소 편차는 있지만 시방배합상의 단위수량을 추정할 수 있는 것으로 나타나 향후 지속적인 연구를 통해 레미콘 플랜트 및 건설생산현장에서의 단위수량 측정 기법의 실용성을 검토한 후, 단위수량 변동 추이와 압축강도 및 내구성의 관계 등을 검토함으로써 콘크리트 구조물의 신뢰성을 높이고 장수명화를 도모하기 위한 레미콘 품질 자주 관리 시스템으로서의 적용이 가능할 것으로 기대된다.

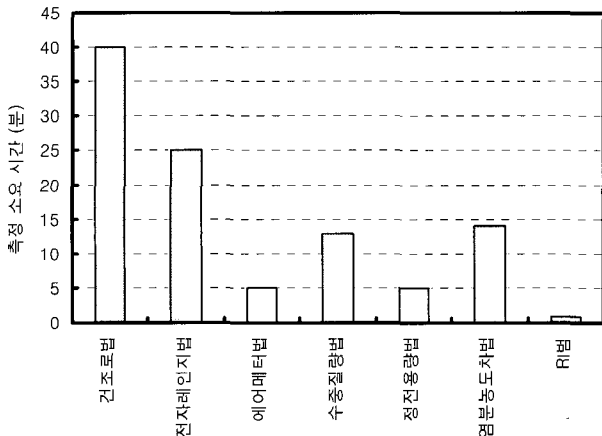


그림 4. 단위수량 측정기법별 측정 소요시간

### 5. 결 론

본고는 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 신속 측정 기술에 관한 기술개발 동향과 이를 활용한 레미콘 품질관리 현황을 검토 및 분석함으로써 향후 정량적인 레미콘 품질관리 기법을 확립하기 위한 자료를 제시하고자 하였다.

일본 및 선진외국의 경우 콘크리트의 고품질화를 통한 콘크리트 구조물의 내구성 향상 및 장수명화에 관한 관심이 대두됨에 따라 콘크리트의 성능을 조기에 판단할 수 있는 단위수량 측정기술에 관한 장기간에 걸친 연구를 통해 다양한 측정 기술이 개발·실용화되고 있다.

한편, 국내의 경우 최근 건설산업 분야에서 심각한 문제로 제기되고 있는 골재 수급불균형, 원자재 가격 상승 등에 기인하여 레미콘의 품질 저하가 우려되고 있으며, 이에 대응하기 위한 레미콘 품질관리 기법 구축의 필요성이 크게 대두되고 있는 실정으로서, 이에 본고에서 검토한 굳지 않은 콘크리트의 단위수량 측정 기술의 적용성 검토에 의해 보다 정량적이고 신속한 콘크리트 품질관리 기법으로의 활용이 가능할 것으로 기대된다. □

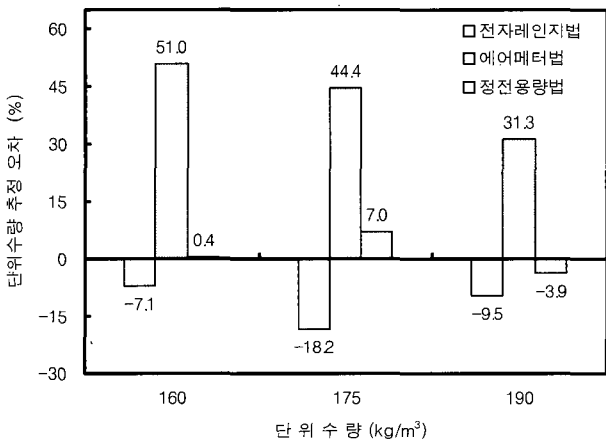


그림 5. 측정기법별 단위수량 추정 오차

### 참고문헌

1. 日本コンクリート工學協會, “フレッシュコン크리트의 단위수량 迅速測定及び管理システム調査研究委員會報告書”, 2004. 6.

2. 日本建築學會 材料施工委員會 コンクリート試験法小委員會, “コンクリートの試験方法に関するシンポジウム報告集”, 2003. 11.
3. 이도현, “콘크리트 품질 조기관정 방법의 동향”, 콘크리트학회지, 10권 3호, 1998. 6, pp. 5~12.
4. ASTM C 1079-87, “Standard Test Methods for Determining the Water Content of Freshly Mixed Concrete”.
5. 友澤 史紀 ほか, “高周波加熱装置を用いたフレッシュコンクリートの単位水量簡易迅速試験法の開発”, 日本建築學會構造系論文報告集, 第400号, 1989. 6, pp.1~7.
6. 豊福俊泰, “フレッシュコンクリートの単位水量の早期迅速試験法に関する研究”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.11, No.1, 1989.
7. 小林 茂敏, “フレッシュコンクリートの単位水量迅速判定法に関する實驗的検討”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.12, No.1, 1990.
8. 丸嶋紀夫 ほか, “水中質量法によるフレッシュコンクリートの単位水量試験方法の研究”, 日本建築學會學術講演梗概集, 1997. 9, pp. 619~620.
9. 江守 秀次, “フレッシュコンクリートの単位水量迅速推定法に関する研究”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.19, No.1, 1997.
10. 田村 博 ほか, “RI水分計を用いたポンプ配管中のコンクリートの水量連続モニタリング”, コンクリート工學年次論文報告集, Vol.20, No.1, 1998, pp.125~130.
11. 丸嶋 紀夫, “水中質量法によるフレッシュコンクリートの単位水量試験方法”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.20, No.2, 1998.
12. 鬼頭 昌之, “マイクロ波式オフライン水分計のフレッシュコンクリート単位水量管理への適用”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.20, No.2, 1998.
13. 片平 博, “フレッシュコンクリートの単位水量迅速推定法の提案”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.22, No.1, 2000.
14. 中村 博之, “減壓乾燥法を用いたフレッシュコンクリートの単位水量・水セメント比の推定について”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.22, No.2, 2000.
15. 辻本 一志 ほか, “フレッシュコンクリートの高周波乾燥法による単位水量の迅速測定に関する基礎實驗”, 日本建築學會學術講演梗概集, 2000. 9, pp. 141~142.
16. コンクリート単位水量測定器・普及促進委員會, コンクリート単位水量測定器(W/Cミータ)によるコンクリート水セメント比管理要領(案), 2001. 3.
17. 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學協會年次論文集, 2001, pp.331~336.
18. 荒井 正直 ほか, “RIコンクリート水分計による単位水量管理手法の現場適用例”, 日本建築學會學術講演梗概集, 2001. 9, pp. 361~362.
19. 全國生コンクリート工業組合連合會, フレッシュコンクリートの単位水量迅速推定方法(高周波加熱法) ZKT-210, 2002.
20. 片平 博 ほか, “国土交通省モデル工事における単位水量測定結果”, 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に関するシンポジウム論文集, 2002. 12, pp.87~90.
21. 瀬古 繁喜 ほか, “建設現場におけるラジオアイソトープ水分計による生コンの単位水量連続測定”, 日本建築學會年次大會梗概集, 2002. 9, pp.965~966.
22. 辻本 一志, “高周波加熱による単位水量迅速推定の信頼性について”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.25, No.2, 2003.
23. 株式会社マルイ, 迅速生コンの単位水量計 W-Checker 技術資料, 2003. 11.
24. 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回生コン技術大會研究發表論文集, 2003, pp. 113~118.
25. 長井 義徳 ほか, “濃度差法によるフレッシュコンクリート中の単位水量測定に関する實驗”, 日本建築學會年次大會梗概集, 2003. 9, pp.613~614.
26. 김영득, 전충근, 한천구, 김광서, “고주파 가열 건조법에 의한 굳지않은 콘크리트의 단위수량 추정에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, Vol.22, No.1, 2004. 1, pp.115~122.
27. 日本国土交通省, レディミクストコンクリート単位水量測定要領(案), 2004. 3.
28. 杉山雅 ほか, フレッシュコンクリートの単位水量の各種測定方法に関する比較實驗, 日本建築學會年次大會梗概集, 2004. 9, pp. 591~592.
29. 後藤 年芳, “電量滴定式塩分計を用いた塩分濃度差法による単位水量測定方法と測定例”, 日本コンクリート工學年次論文集, Vol.26, No.1, 2004.
30. ケット科學, 生コン単位水量測定器 HI-300 技術資料, 2005. 6.