

콘크리트 품질 조기판정 방법의 동향

An Outlook for Early Evaluation Method of Concrete Quality



이도현*

〈편집자 주〉

콘크리트의 설계기준강도는 구조물의 안정성을 좌우하는 가장 기본적인 척도이며, 일반적으로 타설한지 28일이 경과된 시점에서 강도확보 여부를 확인하게 된다. 그러나, 현장에서는 배합이나 사용 재료 및 시공 불량에 의하여 강도가 발현되지 않아서 건설사고가 발생하거나 사후조치 문제로 매우 곤란에 처하는 경우가 있다. 따라서 콘크리트를 구조체에 타설하기 이전 또는 직후에 28일 압축강도를 예측하기 위한 조기판정 방법은 현장 콘크리트 품질관리를 위하여 매우 중요한 것이다. 최근 국내에서도 각종 조기판정 방법의 연구개발에 박차를 가하고 있는 상황에서, 본 특집이 현장 실무자들에게 많은 도움이 되기를 기대하며, 원고작성에 수고해 주신 편집진 여러분께 감사를 드린다.

(편집주간: 대한주택공사 주택연구소 책임연구원 이도현)

1. 머리말

고대 이집트 시대에도 콘크리트를 사용하였다고 알려져 있으나, 현대의 콘크리트가 탄생한 것은 1824년 영국의 조셉 아스프딘에 의해 포틀랜드시멘트가 개발되어 일반화되기 시작한 19세기 중반이후라고 할 수 있다. 그 후 불과 백여년이 경과한 지금 세계가 완전히 콘크리트 구조물로 이루어져 있다는 것은 그만큼 콘크리트가 건설재료로서 매우 적합하다는 반증이기도 하다.

이것은 콘크리트의 사용재료를 언제 어디서나 싼 가격으로 손쉽게 구할 수 있다는 등의 여러 가지 장점이 있음은 물론 압축강도 등의 품질특성이 매우 우수하기 때문일 것이다.

그러나, 최근 들어 연례행사처럼 발생되었던 대형 건설사고 및 신도시아파트 하자발생 문제 등은 콘크리트의 우수성을 의심케 하고 있다. 이러한 건설사고

* 정회원, 대한주택공사 주택연구소 책임연구원

의 기술적 원인은 설계 잘못에서부터 불량 시멘트 및 염분 미세척 해사의 사용 등의 불량재료 사용과 시공 불량에 의한 원인 등 다양하지만, 결국은 콘크리트를 타설하기 이전 혹은 그 이후 사고발생 이전에 품질을 제대로 확인·평가하지 못했기 때문이라고 할 수 있다.

현재 국내현장에서는 콘크리트의 품질을 확인하기 위하여 타설전에 콘크리트의 시공성 판단을 위한 슬럼프 시험과 내구성 차원에서 동결융해작용에 대한 저항성 판단을 위한 공기량 시험을 수행하는 정도에 불과하며, 콘크리트의 품질특성 중에서 가장 중요한 압축강도는 기본적으로 타설후 28일(부가적으로 3일, 7일강도 시험 수행)이 경과된 다음에야 측정 판정하게 된다.

콘크리트의 품질은 일반적으로 경화후의 품질이 중요하지만, 현장에서 콘크리트 타설후에 강도부족 등의 품질의 문제가 발생할 경우에는 이미 시공한 부분을 철거하기 곤란한 경우가 많으며, 철거한다고 하더라도 공사기간 지연 및 막대한 철거비용과 재공사비의 증가를 피할 수 없게 된다. 이러한 사례는 단지 콘크리트의 강도부족 문제만이 아니라, 해사를 사용하는 경우의 염분함유량에 의한 철근부식 문제나 혼화제의 품질불량 및 사용방법 잘못에 의한 경화불량 문제 등에 의해서도 발생된다. 따라서, 콘크리트의 품질을 타설전에 측정하거나 수일 이내에 측정하는 등 가능한 한 빠른 시간내에 확인할 수 있다면, 그만큼 공사기간 지연 및 공사비 증가나 건설사고를 미연에 방지할 수 있게 된다.

콘크리트의 품질 조기판정방법은 바로 경화후의 콘크리트의 품질을 사전에 예측하여 공사에 반영함으로써, 품질향상에 기여함은 물론 부실시공을 방지하여 공사의 진행을 원활하게 하고 막대한 철거비용 지출을 방지하기 위한 것이며, 나아가서는 콘크리트의 품질시험 결과를 신속하게 제조관리에 반영시킴으로써 품질변동을 최소화하기 위한 것이다.

콘크리트 품질의 조기판정방법에 대해서는 지금까지 국내외의 많은 연구자들에 의하여 제안되어 있지만, 여기에서는 가장 중요한 성질인 압축강도의 조기판정방법에 초점을 맞추어 그 동향을 기술하고자 한다.

2. 콘크리트 강도 조기판정에 관한 국내외 동향

2.1 해외의 연구동향 및 관련규정

콘크리트의 품질관리를 위하여 경화콘크리트의 압축강도를 조기에 판정하고자 하는 노력은 매우 오래 전부터 시도되었다.

1931년에 W.M. Dunagan은 굳지않은 콘크리트의 각 구성재료의 양을 구하는 씻기분석법을 발표하였다. 이 방법은 ASTM 규격으로 제정되었었지만 시험이 복잡하고 추정오차가 크므로 현재는 폐지되었다. 그러나, 일본에서는 이 방법을 시험오차가 적도록 개량하여 JIS 규격으로 채택하여 현재도 이용하고 있다. 한편 영국에서는 굳지 않은 콘크리트의 자동세척시험기(RAM : Rapid Analysis Machine)가 개발되어 단위시멘트량 측정방법으로 영국과 일본 등에서 이용되고 있다.

1948년에는 L.J. Murdock이 단위시멘트량을 측정하기 위한 비중계법을 발표하였으며, 일본에서는 1959년과 1968년에 발표된 水野, 常山の 연구 및 柳田, 増田, 中森, 衫本 등의 연구를 거쳐 1985년에 [JCI-SE 13]으로 표준화되었다.

원심분리기를 이용하여 물시멘트비를 측정하는 방법은 1955년 W.G. Hime에 의해 발표되었는데, 일본에서는 1977년에 이 원리를 기본으로 하여 측정기가 시판되고, 1985년에 [JCI-SE 6,7]로 표준화되기에 이르렀다.

이 밖에도 1962년 D.O. Covault는 중성자활성화 분석에 의한 Ca량을 측정하여 단위시멘트량을 측정하는 방법을 제안하였고, 1971년 R.T. Kelly는 염광도계에 의한 단위시멘트량 측정방법을 제안하였으며, 가열건조법, 색차법, 염분농도차법 등 수많은 분석방법이 제안되어 있다.

다른 한편으로는 촉진양생에 의하여 조기에 강도를 판정하는 방법도 많이 제안되었다. 이 방법의 시초는 1927년에 미국 Hoover Dam 공사에 수행된 O.G. Patch의 "비중수법(제령 48hr동안 증기양생 후 강도시험 결과로 28일 강도를 추정하는 방법)"이며, 그 후 많은 연구검토를 통하여 미국, 캐나다, 영국, 일본 등에서 규격화가 진행되어 왔다. 현재 콘크리트의 조기판정방법에 대한 각국의 규격은 표 1과

같다.

ACI 214 위원회에서는 1976년 콘크리트 촉진강도에 대한 국제심포지엄을 개최하여 총 19편의 논문을 수록한 ACI SP-56을 발간하였다.

일본토목학회에서는 1974년에 [콘크리트의 품질관리 시험방법]을 발간하고, 일본건축학회에서는

표 1 콘크리트 강도 조기판정 규격

규격번호	규격명
ASTM C 684-96	Standard Test Method for Making, Accelerated Curing, and Testing of Concrete Compression Test Specimens
ASTM C 1078-87	Standard Test Methods for Determining the Cement Content of Freshly Mixed Concrete
ASTM C 1079-87	Standard Test Methods for Determining the Water Content of Freshly Mixed Concrete
ASTM C 1074-87	Standard Practice for Estimating Concrete Strength by the Maturity Method
CSA A23.2-10-94	Accelerating the Cure of Concrete Cylinders and Determining Their Compressive Strength
BS 1881 : Part 1 : 2	Methods of Accelerated Curing of Test Cubes
JIS A 1805-94	コンクリート生産工程管理用試験方法 - コンクリート強度の早期判定試験方法 - 温水養生法
JIS A 1112-89	まだ固まらないコンクリートの洗い分析試験方法
KS F 2411-90	굳지 않은 콘크리트의 씻기분석 시험방법
KS F 2827-96	콘크리트 생산공정관리용 시험방법 - 콘크리트 압축강도 조기판정 시험방법 (온수양생법)

표 2 콘크리트 압축강도 조기판정방법 기준
(日本建築學會, "コンクリートの早期迅速試験方法集")

시험항목	시험방법	JCI-R2 ¹⁾
단위시멘트량 시험방법	· 비중계법	-
	· 역적정법	JCI-SE10
	· 간이 역적정법	JCI-SE11
	· 자동세척기에 의한 방법	JCI-SE8
단위수량 시험방법	· 가열건조법	-
	· 알콜 비중계에 의한 방법	-
물시멘트비 시험방법	· 염산용해열법	JCI-SE1
	· 비중계법	JCI-SE13
	· 모르타르를 이용한 원심탈수기 씻기시험 조합법	JCI-SE7
	· 원심탈수기 씻기시험 조합법	JCI-SE6
촉진강도 시험방법	· 모르타르 시료의 시멘트공극비 시험방법	JCI-SE2
	· 온수법 (55℃)	JCI-SE14
	· 온수법 (70℃)	JCI-SE4
	· 급속경화법 (80℃)	JCI-SE3

¹⁾ 日本コンクリート工學協會, (コンクリート品質の早期判定指針)

1978년에 [콘크리트의 간이시험방법에 관한 보고서 (안)]과 1985년에 [콘크리트의 조기신속 시험방법집]을 발간하였다. 또한 일본콘크리트공학협회에서도 1977년에 "콘크리트 품질의 조기판정에 관한 연구위원회"를 설치하여 연구활동을 계속한 결과, 1985년에 [콘크리트 품질 조기판정 지침](JCI-R2)을 발간하였다. 일본건축학회와 JCI에서 제시한 시험방법은 표 2와 같다. 또한, 콘크리트 구조물의 내구성이 중요하게 인식되면서 단위수량을 규제하게 되었으며, 이러한 연유로 인하여 1993년 7월에 발간된 일본토목학회 [고성능AE감수제를 사용한 콘크리트의 시공지침(안)]에도 단위수량 시험방법을 추가하여 규정하였으며, 이러한 방법으로서 염수농도차법, 알콜비중계법, 가열건조법, 고주파 유전 가열건조법 및 RI수분계법 등 5종을 소개하고 있다.

한편, JASS 5T-602에 [공사현장혼합 콘크리트의 배합강도의 관리시험방법]이 제시되어 있으며, 일본건축학회에서 발간된 [콘크리트의 품질관리 지침·동해설]에는 레미콘의 현장반입검사방법으로서 단위수량, 단위시멘트량, 물시멘트비 측정에 관한 각각의 시험방법을 제시하고 있다.

2.2 국내의 연구동향 및 관련규정

국내에서 콘크리트 강도의 조기판정방법이 연구되기 시작한 것은 1980년대부터라고 보여진다. 한천구 반호용은 1983년에 "pH-Meter에 의한 콘크리트 강도 조기판정에 관한 연구"를 발표하였다. 이후 한천구를 중심으로 하여 산중화방법 및 염산용해열법 등의 관련연구를 계속 수행하여 많은 연구실적을 거두어 왔다.

신현목·전찬기도 거의 동일한 시기에 토목학회에서 "24시간 양생 cycle의 비등수법"을 발표한 이래, 각종 촉진강도 시험방법(55℃ 온수법, 70℃ 열수법, 100℃ 비등수법 등)을 비롯한 많은 연구실적을 거두어 왔으며, 이 중의 일부는 수자원공사 및 농어촌진흥공사에서 현장적용이 이루어지기도 하였다.

또한, 연세대학교에서도 분석법 및 촉진강도법에 관한 지속적인 연구를 수행하였으며, 1993년에는 국립건설시험소에서 김규춘 등에 의해 촉진강도 시험방법에 관한 실험연구가 수행되기도 하였다.

1994년 오병환·변근주는 일부의 실험과 국내의

관련자료를 정리하여 [콘크리트의 조기강도추정]이라는 레미콘 협회의 연구보고서를 발간하였다.

그 밖에도 김화중·박정민·윤상천·이도현 등은 1994년부터 콘크리트학회에 전기저항법 및 초음파법과 두가지의 복합법에 의한 콘크리트 강도추정에 관한 연구를 통하여 측정기기를 개발하기도 하였으며, 1996년에는 조일호·신무섭 등에 의하여 발표된 냉동양생에 의한 레미콘 강도 조기측정법이 관심을 모으고 있다.

콘크리트 강도조기판정에 관한 국내의 규격은 표 1에서와 같이 KS F 2411 "굳지 않은 콘크리트의 셋기분석 시험방법"이 1965년에 제정되어 1990년에 개정되었으며, 1996년에는 KS F 2827 "콘크리트 생산공정관리용 시험방법 - 콘크리트 압축강도 조기판정 시험방법 (온수양생법)"이 제정되었다.

또한, 건축공사표준시방서에는 특별한 규정이 없지만, 1996년판 콘크리트 표준시방서의 시공편 2.2와 13.3 [콘크리트의 관리]에는 조기재령의 압축강도 및 물시멘트비 분석에 의하여 28일 압축강도를 관리토록 규정하고 있다.

다른 한편으로는 적산온도(Maturity)를 이용하여 압축강도를 예측하고자 하는 연구도 국내외에서 활발히 진행되고 있으나, 다소 판정시기가 다른 방법에 비하여 늦어지므로 여기에서는 생략하기로 한다.

3. 강도발현과 조기판정방법

3.1 콘크리트의 강도발현

굵은골재, 잔골재, 시멘트, 물 그리고 현재 많이 사용되고 있는 혼화재료 등의 구성성분이 혼합되어 성형되는 콘크리트는 시멘트와 물의 수화반응이 진행됨에 따라서 강도가 발현된다. 즉, 골재사이에서 채워진 시멘트 페이스트가 경화되면서 골재들을 연결하여 일체화시키기 때문이다. 그러나 경화는 오랜 시간에 걸쳐서 점진적으로 진행되므로 콘크리트의 강도는 일정기간이 지나야 소요의 성능을 만족할 수 있는 상태가 되며, 일반적으로는 28일 경과후의 압축강도를 기준으로 삼는다.

이렇게 경화된 콘크리트는 시멘트 페이스트와 골재의 2상재료로 간주될 수 있으므로, 콘크리트의 강도는 시멘트 페이스트의 강도와 골재의 강도 중에 약

한 쪽의 강도에 의해 결정된다. 그러나, 시멘트 페이스트와 골재의 접착면(계면)에는 그림 1과 같이 두께 약 20 μ m의 얇은 천이대(Transition Zone)가 형성되는데, 이 계면은 물시멘트비가 크고 수산화칼슘의 큰 결정을 많이 포함하여 다른 시멘트 페이스트 부분보다도 매우 다공질이기 때문에 강도가 약한 영역이다. 따라서, 시멘트 페이스트와 골재의 계면 부착력은 콘크리트 강도의 주요 지배요인으로 작용하므로, 콘크리트는 이 계면도 하나의 상으로 생각하여 2상재료가 아니라 3상재료로 취급하는 경향이 강하다.

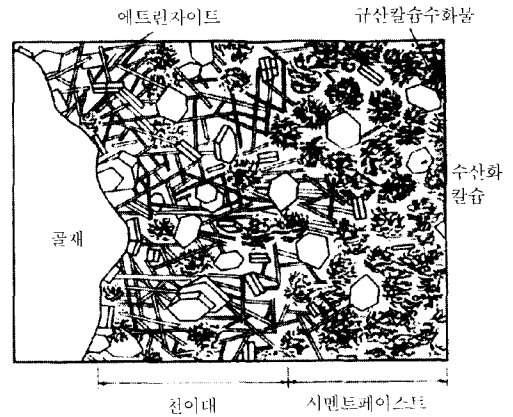


그림 1 계면의 미세구조 모델 (Mehta)

콘크리트의 강도발현은 수화반응에 의해 생성되는 이러한 각 상의 성질에 따라 결정됨은 물론이지만, 시간의 함수인 수화반응 정도(수화율)에 따라서 각 상의 조직구조가 전혀 달라지므로, 예를 들어 28일 경과후의 성질을 그 이전에 예측한다는 것은 매우 어려운 문제이며, 이것이 콘크리트 강도 조기판정방법의 난점이다.

3.2 콘크리트의 강도에 미치는 영향요인

콘크리트는 다른 어느 재료보다도 복잡한 내부구조를 가진 다공성의 복합재료이므로, 그 성질은 수없이 많은 요인의 영향을 받는다. 따라서, 강도 등 각 특성에 대한 변동폭이 크며, 사용재료, 배합 등의 모든 조건을 동일하게 하여 제작하더라도 동일한 강도를 얻기는 불가능하다. 표 3은 콘크리트 제조과정에서 발생하는 요인에 의하여 강도가 변화될 수 있는 정도를 나타낸 것으로서, 사용재료의 종류가 동일하더라도 강도차이가 크게 발생할 수 있음을 알 수 있

표 3 콘크리트 제조과정이 강도에 미치는 영향

영향요인		영향정도 (예상최대값)	비고 (영향정도)
사용재료의 품질	시멘트 ¹⁾	◎	△ : ±0~3% ○ : ±3~8% ◎ : ±8~15% ● : ±15%이상
	굵은골재 ²⁾	△	
	잔골재 ³⁾	◎	
	혼화제 ⁴⁾	△	
	회수수 ⁵⁾	○	
표면수율 보정요자		◎	
계량요자	시멘트, 골재, 물	△	±8~15%
	혼화제	○	
믹싱		○	
연행공기량의 변동		●	
혼합콘크리트 온도의 변동 ⁶⁾		○	
트럭 애지데이터 최소화상태 ⁷⁾		●	

- 1) 복수공장에서 출하된 것을 같은 배합에 사용한 경우
- 2) 입도변화에 의한 배합보정을 하지 않을 경우
- 3) 회수수 사용에 의한 배합보정을 하지 않을 경우
- 4) 온도변화에 의한 배합보정을 하지 않을 경우
- 5) 잔리상태가 매우 불량할 경우

다.

이러한 차이는 결국 앞에서 언급한 3상의 성질에 관계되는 것으로서, 강도에 미치는 영향요인을 간략하게 분류하면 다음과 같다.

① 사용재료(종류, 품질 등)

② 배합특성(단위수량, 단위시멘트량, 혼화제량, W/C, 공기량, 골재 체적비 등)

③ 시공방법(혼합·운반·타설·다짐·양생방법 및 기상조건-온도·습도- 등)

④ 시험방법(재령, 함수상태, 샘플링 방법, 성형방법, 시험방법 등)

콘크리트의 강도 조기판정시험은 일반적으로 콘크리트의 현장반입시에 수행하게 되지만, 측정결과와 올바른 판정을 위해서는 그 전후의 제반 조건을 적절히 고려해야 할 것이다.

3.3 압축강도 조기판정방법의 수단 및 종류

콘크리트의 강도 조기판정의 목적은 대상 콘크리트가 요구하는 시기에 소요의 강도를 확보할 수 있는가를 측정시점에서 판단하기 위한 것이며, 이를 위해서는 콘크리트의 배합비를 분석하여 간접적으로 강도를 추정하는 방법과 공시체를 제작하여 강도발현을 촉진시켜 압축강도시험을 하는 직접적인 방법이 있다. (그림 2)

기본적으로 콘크리트의 강도에 대한 대표적인 개념은 1919년에 D.A. Abrams에 의해 제창된 "물시

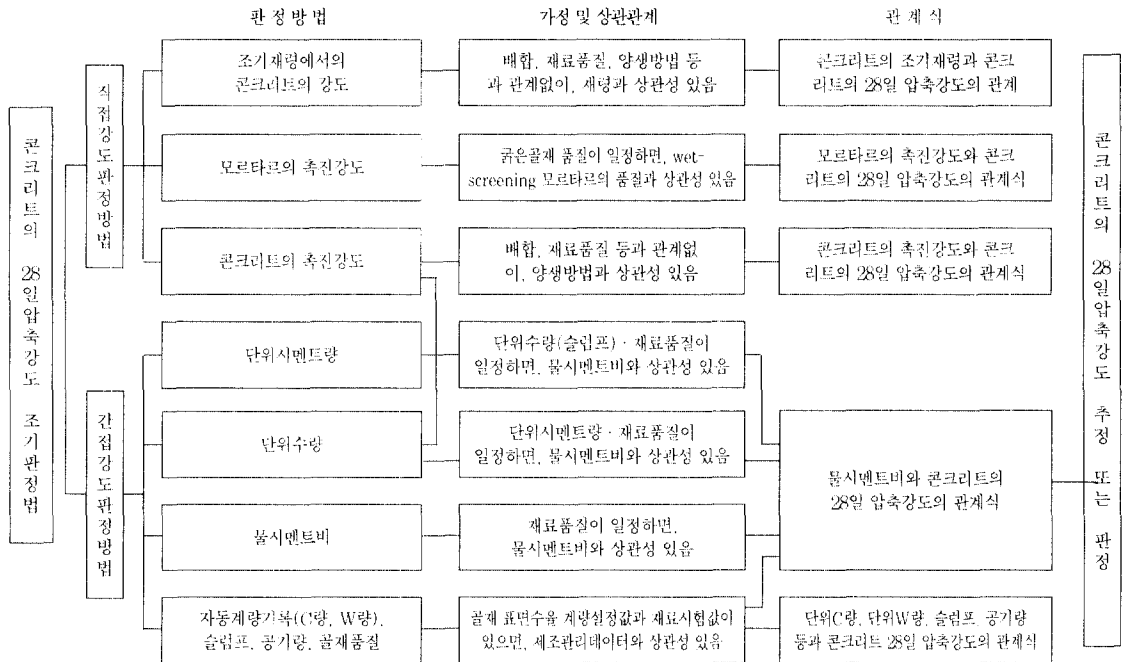


그림 2 콘크리트의 28일 압축강도의 조기판정법과 추정 또는 판정의 관계

멘트비설”과 1932에 I.Ly세에 의해 제창된 “시멘트 물비설” 및 1921년 A.N.Tablot에 의해 제창된 “공극설” 등이며, 초고강도로 갈수록 물시멘트비에 대한 한계성으로 인하여 공극에 대한 개념이 더욱 중요시 된다.

이와 같이 콘크리트의 강도는 내부조직의 치밀성, 공극율, 계면 결합력 등에 의해서 결정되므로 물시멘트비를 비롯한 각 구성재료의 양이 결정적인 영향을 미치게 된다. 즉, 콘크리트의 강도는 단위시멘트량이나 물시멘트비와 매우 밀접한 상관성이 있으므로, 몇 가지 가정조건하에서 사전에 콘크리트의 강도와외 관계식을 파악하고 있다면 이들 요인의 측정결과로 콘크리트의 28일 압축강도를 추정할 수 있게 된다.

참고로, 이러한 경화콘크리트의 배합비 추정방법 (생콘크리트의 경우와 경화콘크리트의 배합비 분석 시험방법은 다름)은 구조물의 내구성 진단이나 안전 진단에 콘크리트 강도를 추정하는 상세조사 방법으로도 제시되어 이용되고 있다.

이와 같이 배합비 분석에 의한 콘크리트의 압축강도를 추정하는 간접강도판정방법은 현장에 레미콘이 도착한 시점에서 약 10~30분 이내에 매우 신속하게 결과를 획득할 수 있다는 장점이 있으나, 시험에 숙련된 기술이 요구될 뿐만 아니라 측정결과의 신뢰도가 다소 낮다는 단점도 있다.

반면에 직접강도판정방법은 현장에 도착한 레미콘에 대하여 공시체를 제작하여 시멘트의 수화반응을 촉진시켜 직접 강도시험을 실시하여 판정하는 방법이므로 당연히 간접강도판정방법보다 결과에 대한 신뢰성이 높다. 그러나, 온수법은 양생온도가 낮을수록 신뢰성이 높지만, 결과획득을 위해서는 보통 28시간 이상이 소요된다. 따라서, 현장에서는 콘크리트의 품질확보 및 품질불량시의 피해를 최소한으로 줄이기 위하여 가능한 한 빠른 시간내에 결과를 획득하는 것이 바람직하므로, 급결제를 혼입하거나 고온고압 양생을 하는 등의 각종 급속경화법이 개발되어 30분 정도로도 결과를 획득할 수 있는 방법이 개발되어 있다. 표 4는 일본건축학회에서 제시한 각종 시험방법의 특징을 상대비교한 것이다.

한편, 레미콘 공장에는 적절한 품질관리를 위하여 콘크리트의 배합을 기록·보존할 수 있도록 Super printer가 설치되어 있으며, 또한 잔골재의 표면수

율을 측정하기 위한 수분계나 콘크리트의 슬럼프메타 등의 장비를 갖춘 공장들도 증대하고 있다. 따라서 이러한 자동계량 및 자동측정 기록값을 이용하여 단위수량, 단위시멘트량, 물시멘트비 등을 산출함으로써 콘크리트의 강도를 추정할 수 있는 방법도 개발되고 있다.

표 4 각종 시험방법의 장단점 비교
(日本建築學會, “콘크리트의早期迅速試驗方法集”)

시험항목	시험방법	시험평가항목				
		장비가격	소요시간	난이도	정밀도	
시멘트량 시험방법	비중계법	◎	◎	◎	○	
	역적정법	○	◎	◎	◎	
	간이역적정법	○	◎	◎	◎	
	자동세척기 방법	△	◎	◎	◎	
단위수량 시험방법	가열건조법	◎	◎	◎	○	
	알콜과 비중계 방법	◎	◎	○	○	
물시멘트비 시험방법	염산용해열법	○	◎	◎	◎	
	비중계법	◎	◎	◎	○	
	원심탈수법	△	◎	◎	◎	
	Kelley - Vail 법	△	◎	○	◎	
측정강도 시험방법	온수법	55℃ 양생	○	○	○	○
		70℃ 양생	○	△	○	○
		35℃ 양생	○	○	○	○
	자분법	당일시험	◎	◎	○	△
		익일시험	◎	○	○	○
	자기수 화열법	24hr 시험	◎	○	○	△
		48hr 시험	◎	◎	○	△
급결법	○	◎	○	△		

기호	장비가격	소요시간	난이도	정밀도
◎	低	短	容易	高
○	中	中	中	中
△	高	長	難易	低

4. 조기품질 시험방법의 적용성

레미콘은 일반 제품과는 달리 완제품이 아니므로 장기간이 소요된 이후에 그 품질을 확인할 수 있게 된다. 따라서, 이미 타설한 콘크리트의 품질에 이상이 생겼을 경우에는 안전성이나 경제적으로 미치는 영향이 크다. 이러한 폐해를 최소화시키거나 사전에 방지하기 위하여 조기품질 시험방법의 개발, 적용이 요구되어 왔다. 또한 조기품질 시험방법은 조기에 시험결과를 획득함으로써 공정의 원활화를 이룩할 수 있으며, 시험결과를 레미콘 공장의 품질관리에 적시에 이

용하여 품질편차를 줄일 수 있다는 장점도 있다.

조기신속시험방법은 당연히 현장에서 시험이 가능하고 실용적이어야 하며, 이를 위해서는 다음과 같은 조건들을 만족해야 한다.

- 1) 시험장치 및 시험기구가 간단할 것
- 2) 시험방법이 간단하여 특별한 기술이 필요 없이도 가능할 것
- 3) 측정시간이 짧고, 근무시간외에 미치지 않을 것
- 4) 극히 초기에 시험결과와 획득이 가능할 것
- 5) 시험방법이 명확할 것
- 6) 시험결과가 소요의 정밀도를 만족할 것
- 7) 시험결과와 재현성이 있을 것
- 8) 소요비용이 저렴할 것

이와 같은 조건을 갖춘 조기품질시험방법을 현장에 적용하기 위해서는 시험방법의 특징을 파악하여 적용성을 명확하게 실시해야 한다. 콘크리트의 압축강도에 대해서는 사전에 사용재료의 특성과 품질변화 여부를 파악하고, 조기시험방법에 의한 측정값과 28일 압축강도와의 상관관계를 구하여 타당성 있는 관계식을 산출하며, 결과의 평가방법에 대해서도 사전에 설정해 두어야 한다.

단, 이렇게 하여 측정된 콘크리트 강도 조기판정시험의 결과값으로 구조체콘크리트의 완벽한 품질판정기준으로 사용하기는 곤란하다. 이것은 조기판정에 의한 시험결과는 소요의 재령이 경과한 후의 콘크리트의 품질을 완전하게 표현한다고 말할 수 없으며, 양생기간 동안에 그 품질이 변화되기 때문이다. 따라서 조기시험결과는 참고값으로 사용하고 최종적인 판정은 28일 경과후의 직접적인 압축강도 시험결과에 따라야 한다.

본래, 콘크리트란 전술한 바와 같이 내부 조직구조가 매우 복잡한 다공재료이며, 사용재료는 물론 시공방법 및 양생에 이르기까지 수많은 요인의 영향을 받으므로 초기에 그 품질을 판정하기란 어려운 일이 아닐 수 없다. 더구나, 최근에는 사회적, 기술적 발전과 함께 각종 콘크리트가 개발, 적용되고 있으며, 여기에는 특수용도의 시멘트, 혼화제, 혼화제, 골재, 기타 재료 등의 특수한 재료들이 사용되고, 또한, 제조 및 시공방법도 다양하므로, 이러한 경우의 콘크리트 강도 조기추정은 더욱 어렵게 된다.

그럼에도 불구하고 조기품질판정에 대한 필요성

증대와 함께 정밀도가 높은 각종 측정방법이 개발되어 실용화되고 있으므로, 그 방법들을 올바르게 적용하여 효과를 극대화할 필요가 있다.

5. 맺음말

콘크리트 품질의 조기판정방법은 최근의 건설공사의 대형화, 기계화 및 신속화 경향에 따라 그 필요성이 더욱 증대하고 있다.

공사현장에서는 가능한 한 빠른 시간내에 신뢰도가 높은 측정결과를 획득하여 적용하기를 요구하고 있다. 이러한 상황에서 레미콘이 현장에 도착하여 타설되기 이전에 강도를 예측하고자 하는 노력까지도 다각도로 시도되고 있으므로 멀지않은 장래에 개발되어 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

참고 문헌

1. W.M. Dunagan, "A Study of the Analysis of Fresh Concrete", Proc. ASTM, Vol.32, 1931.
2. L.J. Murdock, "The Determination of the Proportions of Concrete", Cement and Lime Manufacture, Vol.21, No.5, 1948.
3. D.O. Covault · C.E. Poovey, "Use of Neutron Activation to Determine Cement Content of Portland Cement Concrete", Bulletin, No.340, Highway Research Board, 1962.8.
4. W.G. Hime · R.A. Willis, "A Method for the Determination on the Cement Content of Plastic Concrete", ASTM Bulletin, No.209, 1955.
5. R.T. Kelley · J.W. Vail, "Rapid Analysis of Freshed Concrete", Concrete(Part 1, II), Vol.2, No.4, 1968.4.5
6. Mehta, P.K., "Concrete, Structure, Properties and Materials", Englewood Cliffs, New Jersey, 1982.
7. 日本建築學會, "コンクリートの早期迅速試験方法集", 1985.5.
8. 日本コンクリート工學協會, "コンクリート品質の早期判定指針(JCI-R2)", 1985.3.
9. 笠井芳夫 · 田村 博 · 富士 岳 · 笠井哲郎, "わかりやすいコンクリート構造物の非破壊検査", オーム社, 1996.4.
10. 笠井芳夫 · 池田尚治, "コンクリートの試験方法(上)", 技術書院, 1993.5.

11. 笠井芳夫, "早期迅速判定試験方法の総合的な動向", 月刊生コンクリート, Vol.7, No.11, 1988.11.
12. 豊福俊泰, "早期品質判定法", コンクリート工學, Vol.33, No.3, 1995.3.
13. 中根 淳・高橋久雄, "構造體 コンクリート強度のバラツキに影響を及ぼす要因の分類", コンクリート工學年次講演會論文集, 1979.
14. 神田 衛, "まだ固まらないコンクリートの水セメント比の測定方法", セメントコンクリート, No.330, 1972.2.
15. 日本土木學會, "高性能AE減水劑を用いたコンクリートの施工指針(案)", コンクリート ライブラリー, No.74, 1993.7.
16. 변근주·오병환, "콘크리트의 조기강도추정", 한국레미콘공업협회, 1994.12.
17. 국립건설시험소, "콘크리트 강도 조기판정방법 조사", 1993.12.
18. 전찬기, "콘크리트 강도의 조기판정에 관한 연구 (Ⅰ),(Ⅱ),(Ⅲ)", 레미콘지, 17,18,19호, 1988.9, 12, 1989.3.
19. 전찬기, "콘크리트 품질의 조기판정에 관한 연구", 성균관대학교 대학원 박사학위논문, 성균관대학교 대학원, 1988.2.
20. 한천구, "콘크리트 강도의 조기판정에 관한 연구", 충남대학교 대학원 박사학위논문, 충남대학교 대학원, 1988.12.
21. 한천구·반효용, "pH-Meter에 의한 콘크리트 강도 조기판정에 관한 기초실험연구", 청주대학교 산업과학연구, Vol.1, No.1, 1983.
22. 임병호, "방사선 동위원소를 이용한 콘크리트 품질의 조기 정에 관한 연구", 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 1992.12.
23. 최영식, "금결체를 이용한 콘크리트 강도의 조기판정에 관한 연구", 연세대학교 산업대학원 석사학위논문, 1993.12.
24. 김화중·박정민·윤상천·이도현, "콘크리트 강도 조기판정기의 개발에 관한 연구 (Ⅰ),(Ⅱ)", 한국콘크리트학회 학술발표회 논문집, 6권 2호, '94. 11.
25. 한천구·윤기원, "염산용해열법의 콘크리트 강도 조기판정에 의한 레미콘 품질관리의 적용성 연구-Fc=180kg/cm² 중심으로", 콘크리트학회 학술발표회논문집, Vol.2, No.2, 1990..11
26. 신현목·전찬기·이수철, "콘크리트 품질의 조기판정에 관한 연구 (Ⅰ),(Ⅱ)", 대한토목학회 학술발표회 개요집, 대한토목학회, 1983, 1984
27. 김수만·유종희, "온수양생법을 이용한 콘크리트 강도의 조기판정에 관한 연구", 콘크리트학회 학술발표회논문집, Vol.7, No.2, 1995.11. 