

콘크리트 품질 확보

Quality Assurance of Concrete



신영수*
Yeong-Soo Shin



최은규**
Eun-Gyu Choi

1. 머리말

우리나라 건설 공사는 공사를 시작하면 매우 적극적으로 빠른 속도로 진행된다. 그동안 우리나라의 건설 산업은 이와 같은 속도와 함께 경제 발전의 견인차 역할을 해왔다. 최근 들어 경제 성장을 바탕으로 초고층 건물, 장대 교량, 장스팬 구조물 등에 대한 필요성이 대두 되면서 보다 정밀하고 안전한 품질확보가 요구되고 있다. 특히 콘크리트는 구조물에 가장 많이 적용되는 구조 재료로 자리 매김하였으나 그동안 건설된 건물, 교량, 터널 등 많은 구조물에서 재료적, 구조적, 사용적 문제들이 발생하고 있다. 이러한 문제점들의 발생은 콘크리트 구조물에 대한 신뢰성을 저하시키고, 나아가 콘크리트 건설 기술 자체에 대한 신뢰성의 저하로 이어질 수 있다. 또한 저에너지 녹색 성장 정책 기조는 콘크리트 구조물의 장수명화에 대한 요구로 이어질 것이므로 기존 콘크리트 구조물의 문제점 보완은 물론 구조물의 장수명화에 대처하기 위해서도 기본적으로 콘크리트의 품질 확보가 우선되어야 할 것이다. 얼마 전 불량 레디믹스트 콘크리트 사건 이후, 콘크리트의 품질 확보에 대한 정부의 강한 요구도 있어 이번 개정된 콘크리트표준시방서에는 이러한 국가적, 사회적, 정책적 필요성을 반영하여 보다 확실하게 콘크리트의 품질을 확보할 필요가 있다. 이에 기존의 표준시방서의 각 장에서 기술하고 있던 품질관리에 대한 조항을 제 1장에 '품질 확보'라는 별도의 조항으로 신설하여 우선적으로 적용 가능하도록 하였다.

건설기술관리법 제 24조에도 건설공사의 발주자, 건설업자, 주택건설등록업자가 건설공사를 수행할 때에는 소정의 품질을 확보하여야 하며, 또한 건설공사의 품질 확보를 위하여 품질관리계획과 품질시험계획을 수립하고, 이에 따라 품질시험 및 검사를 실시하도록 규정하고 있다. 이번 표준시방서 개정을 통해

콘크리트 품질에 대한 규정강화의 필요성을 반영하고, 콘크리트 품질의 단계별 평가로 콘크리트 구조물의 품질 향상과 단계별 품질에 대한 명확한 책임 한계를 규정하고자 하였다. 또한 표준시방서의 각 장에서 규정하고 있는 조항을 모아 전체적인 품질 확보에 대해 규정하여 그 중요성 강조하고자 하였다. 선진국에서도 품질 확보를 위해 이러한 절차를 규정하고 있는데, 특히 미국에서는 ACI 311.4(guide for concrete inspection), ACI 311.5(guide for concrete plant inspection and testing of ready-mixed concrete) 등에서 품질 확보 책임자의 자격, 임무, 책임 등에 대해 규정하고 있다. 이번 콘크리트 공사 표준시방서의 개정과 규정의 신설로 우리나라 콘크리트의 품질 향상에 기여할 수 있었으면 하는 바람이다.

2. 콘크리트 품질 확보

2.1 품질 확보의 개념

콘크리트의 품질 확보(quality assurance)의 정의는 '콘크리트 구조물에 사용하는 콘크리트의 품질이 책임기술자가 의도한 시공 및 구조 성능을 확보하기 위한 효과적인 계획과 체계적인 기술 활동'이다. 이를 위해 콘크리트 성능 실험 및 적합성 실험을 실시하고 그 결과로부터 품질 확보 여부를 판단해야 한다.

콘크리트의 품질 확보를 위해서는 콘크리트 제조 시설(레디믹스트 콘크리트 공장, 혹은 현장 배치 플랜트)의 재료, 배합, 제조 등 제반 과정에서 콘크리트 각 재료의 품질 확보는 물론 현장에 도착 후 콘크리트를 타설하고 공사하는 과정에서도 품질 검사를 위한 실험이 이루어져야 품질 확보 여부를 판단할 수 있다. 콘크리트의 공사 단계별 품질에 대한 책임을 그림으로 나타내면 <그림 1>과 같다. <그림 1>에서와 같이 콘크리트 타설 시점을 중심으로 인수검사 전까지는 콘크리트 제조사에 품질에 관한 책임이 있으며, 타설 이후 콘크리트 품질에 발생하는 문제는 이를 시공한 건설사에 책임이 있음을 보여준다. 즉, 콘크리트 제조

* 정회원, 이화여대 건축학부 교수
shinys@ewha.ac.kr

** 정회원, 이화여대 건축학부 연구교수

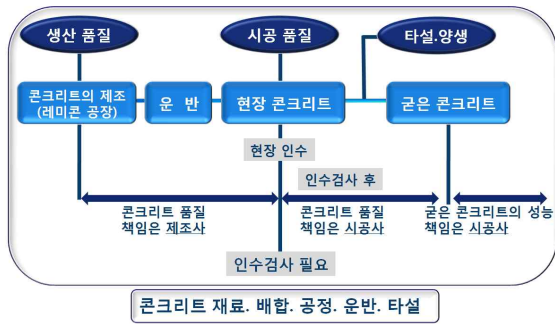


그림 1. 콘크리트 공사 단계별 품질에 대한 책임

사에서 검사한 콘크리트 품질은 그 콘크리트를 타설할 건설회사의 인수검사를 통하여 책임이 건설회사로 넘어간다는 의미로 그동안 관행적으로 콘크리트 품질 검사를 제조사에 일임하던 시스템을 적어도 제조사에서 받은 콘크리트 자체에는 문제가 없는 것을 건설회사가 검증하는 시스템으로 전환되길 기대한다. 이를 위해서는 공사비를 확정하는 과정에도 콘크리트의 품질확보에 대한 비용이 포함되도록 건설회사에서도 다각적으로 노력하여야 하며 정책 당국에서는 정책적으로 이러한 품질 확보에 필요한 비용을 확보할 수 있도록 정책입안을 위한 노력이 필요하다.

2.2 콘크리트 품질 담당기술자

개정된 표준시방서에서는 콘크리트 품질이 콘크리트의 제조 및 공사 과정에서 규정된 조건의 만족 여부를 확인하는 과정을 통해 기본적인 품질을 확보하도록 하였다. 그동안 콘크리트 제조사에서 품질 확인을 위해서는 필요한 시험을 실시하고 그 결과를 평가하여 품질 확보 여부를 결정해왔다. 콘크리트의 품질 확보에 대한 평가는 레디믹스트 콘크리트 공장에서 재료, 배합, 제조, 운반 등 전 과정뿐만 아니라 현장에 도착하여 콘크리트 타설 및 양생 과정에서도 필요하다. 즉, 레디믹스트 콘크리트 공장에서 적합한 콘크리트를 제조하기 위해서는 먼저 공장 자체적으로 품질을 관리하고 이를 운반하여 현장에서 인수 검사를 통해 운반된 콘크리트의 현장에서의 적합성에 대한 시험을 실시해야 한다. 이를 위해 레디믹스트 콘크리트 공장에서는 레디믹스트 콘크리트 제조를 위한 재료 및 제반 과정에 대한 관리가 필요하고 현장에서는 생산된 콘크리트의 품질이 현장에서의 요구사항에 적합한지를 관리하여야 콘크리트의 품질에 의해 발생할 수 있는 문제를 최소화할 수 있다. 개정된 표준시방서에서는 콘크리트의 품질 확보를 위해 콘크리트 품질을 담당하는 콘크리트 품질담당 기술자를 레디믹스트 콘크리트 공장과 현장에 두도록 하였는데, 이를 각각 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자, 콘크리트 현장 품질담당 기술자로 명명하도록 규정하였다.

레디믹스트 콘크리트 공장과 현장에 콘크리트 품질을 관리하는 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자와 콘크리트 현장 품질담당 기술자의 자격(qualification)에 대한 구체적인 내용을 시방서에서 규정할 수는 없으나, 품질담당 기술자는 콘크리트의 성질과 실험에 대해 충분히 이해하고 시험 결과를 분석하고 판정할 수 있어야 하므로 전문기관으로부터 콘크리트의 재료 및 제조과정, 운반, 타설, 시험, 양생 등에 대한 교육을 받아 전문 지식을 가지고 있어야 할 뿐만 아니라 다년간의 경험이 있어야 할 것으로 판단한다. 콘크리트 품질 담당 기술자의 자격에 관한 정확한 사항은 학회와 정부 여러 관계 부처와 협의하여 결정되어야 할 것으로 판단된다.

<그림 2>에서와 같이 굳은 콘크리트의 성능을 확보하기 위해서는 제조된 콘크리트의 품질 및 제조시설 검사, 운반 후 현장에서는 인수 검사, 굳은 콘크리트의 성능 검사가 적절하게 이루어져야 콘크리트의 품질을 확보할 수 있다.

3. 품질확보를 위한 기술자의 역할 및 일반 콘크리트의 품질 검사

3.1 품질 담당 기술자의 역할

3.1.1 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자

레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자는 콘크리트 생산 시설을 점검하고 품질 확인에 필요한 시험을 수행하여야 한다. 관련규격에 따라 실험을 수행하여야 하며 필요한 시험은 해당 내용에 기술하였다. 필요한 점검 사항 및 실험 결과를 발주자, 기술자, 설계자, 시공자 등이 요구할 때에는 보고서로 이를 제출하여야 하며 시험실이 없는 공장에서는 공인기관에 의뢰하여 그 결과를 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자가 분석하고 생산된 콘크리트의 품질을 평가하도록 하였다. 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자가 수행하는 시험에 관한 내용을 정리하면 다음과 같다.

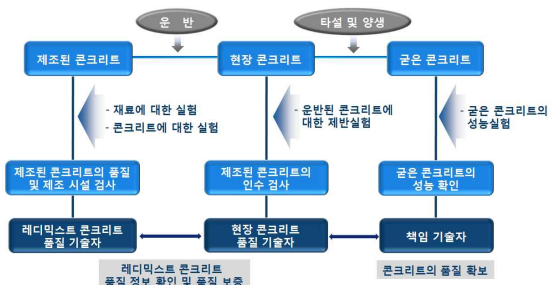


그림 2. 품질 확보 절차

- 1) 골재에 관한 시험
- 2) 시멘트에 관한 시험
- 3) 화학 혼화제 및 혼화재료에 관한 시험
- 4) 굳지 않은 콘크리트 관련 시험
- 5) 굳은 콘크리트 관련 시험
- 6) 기타

또한 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자는 정기적으로 배치플랜트 및 트럭믹서의 상태를 조사하여야 하며, 공제 보관 상태, 시멘트 사일로 보관 상태, 배치 점검 사항 등을 보고서로 기록하여야 한다. 이 보고서는 완공 후 2년까지 보관하여야 하며 발주자, 책임기술자, 설계자, 시공자, 콘크리트 현장 품질담당 기술자가 요구할 때에는 사본을 제출하도록 규정하였다.

3.1.2 현장 콘크리트 품질담당 기술자

먼저 현장 콘크리트 품질담당 기술자는 공장으로부터 운반해 온 콘크리트의 품질 확보를 확인하기 위해 콘크리트의 생산과정, 시험 방법, 품질관리 요령 등을 이해하여야 한다. 현장 콘크리트 품질담당 기술자는 콘크리트 공사가 시작되기 전 혹은 배치나 골재가 바뀔 때마다 레디믹스트 콘크리트 공장으로부터 레디믹스트 콘크리트 공장 품질담당 기술자가 작성한 품질 확보 보고서를 받아 검토하고, 레디믹스트 콘크리트의 품질에 대해 알고 있어야 한다. 현장에 레디믹스트 콘크리트 트럭이 도착하면 레디믹스트 콘크리트 공장 이름, 일자, 트럭 차량번호, 콘크리트 설계 강도 및 배합강도, 배치에서 생산된 콘크리트의 양, 배치에서 생산된 시간, 배합표(재료, 배합 등이 변경될 때 마다 받는 다)를 받아 보관하여야 한다.

콘크리트 현장 품질담당 기술자는 KS F2401에 의해 콘크리트 시료를 채취하고 콘크리트의 각 배합에 대하여 최소 1회의 품질관리를 위해 표준시방서에 규정된 굳지 않은 콘크리트 관련 시험을 실시하고, 굳은 콘크리트에 대해서도 표준시방서에 규정된 굳은 콘크리트와 관련된 시험을 하여 그 결과를 분석하도록 한다. 필요한 경우 레디믹스트 공장 품질담당 기술자가 작성한

보고서의 내용을 확인하는 시험도 수행할 수 있다. 이를 통해 현장에서 타설하는 콘크리트의 품질을 확인하여 일일 보고서를 작성하여야 한다. 이 보고서를 발주자, 책임기술자, 설계자, 시공자가 요구할 때 제출하도록 규정하였다.

시험실이 있는 현장에서는 현장 시험실에서 시험을 수행하고 시험실이 없는 현장에서는 발주자 혹은 책임기술자와 협의하여 대책을 수립하여 필요한 시험을 수행하도록 하였다.

3.2 일반 콘크리트의 압축강도에 의한 품질 검사

콘크리트 공사 현장에서는 콘크리트의 품질이 소요조건을 만족하는지의 여부, 변동계수가 예상한 값과 크게 다르지 않은지 여부를 가능한 한 빨리 알아내고, 필요하면 배합을 수정하거나 계량, 혼합, 운반, 다지기 등의 방법을 개선하여야 한다. 이 때문에 공사 초기에 콘크리트 시험을 가능하면 많이 하고 콘크리트 작업이 순조롭게 진행되도록 하여 시험횟수를 줄이는 것이 좋다. 그러나 시험을 위한 시료를 채취하는 횟수가 너무 적으면 그 시험 값이 콘크리트의 품질을 대표한다고 볼 수 없으므로 시험의 시기와 횟수를 <표 1>과 같이 정하였다.

콘크리트의 품질 확보를 위해 <표 1>에서는 기존의 150³ 마다 1회 시험하는 것을 강화하여 100³마다 1회 시험하도록 규정하였다. 이는 현장에서 사용하는 콘크리트의 품질을 보다 정밀하게 관리하고 그 변화를 파악하기 위한 것으로 현장에서 타설하는 콘크리트를 대상으로 규정한 것이다. 그러나 이 규정은 현장의 규모, 구조물의 품질, 시공 상태 등에 따라 책임기술자와 논의하여 조정하고 이를 적용할 수 있다. 압축강도 판정은 1회 및 연속 3회 시험값을 모두 만족하는 것으로 품질규정으로 정하고 있으며 1검사 로트의 크기는 300³이 된다. 그러나 실제적으로 콘크리트 시공량은 무수히 많은 경우의 수가 있으므로 인수·인도 당사자 간의 협정에 따르지만 일반적인 경우는 다음 <표 2>를 참조한다.

콘크리트 압축강도 시험 값에는 콘크리트의 품질변동 외에 시험할 때의 제 조건 즉, 공시체의 제작, 양생, 시험 등에 있어서의

표 1. 압축강도에 의한 콘크리트의 품질 검사(표준시방서 표2.32)

종류	항목	시험·검사 방법	시기 및 횟수 ¹⁾	판정기준	
				$f_{ck} \leq 35 \text{ MPa}$	$f_{ck} > 35 \text{ MPa}$
설계기준압축강도로부터 배합을 정한 경우	압축강도 (일반적인 경우 계량 28일)	KS F 2405의 방법 ¹⁾	1회/일, 또는 구조물의 중요도와 공사의 규모에 따라 100 ³ 마다 1회, 배합이 변경될 때마다	① 연속 3회 시험값의 평균이 설계기준압축강도 이상	① 연속 3회 시험값의 평균이 설계기준압축강도 이상
그 밖의 경우				② 1회 시험값이 설계기준압축강도 - 3.5MPa 이상	② 1회 시험값이 설계기준압축강도의 90% 이상
				압축강도의 평균치가 소요의 물-결합제비에 대응하는 압축강도 이상일 것.	


주¹⁾ 1회의 시험값은 공시체 3개의 압축강도 시험값의 평균값임.

표 2. 검사 로트 및 시험횟수(해설 표 2.22)

원칙적인 검사로트 (300 m ³ 의 배수)	원칙적인 검사로트 (±100 m ³)	우리학회 안 (m ³)	검사 로트수	시험횟수
300	200 ~ 400	0 ~ 450	1	1 × 3 = 3
600	500 ~ 700	450 ~ 750	2	2 × 3 = 6
900	800 ~ 1000	750 ~ 1050	3	3 × 3 = 9
1200	1100 ~ 1300	1050 ~ 1350	4	4 × 3 = 12
1500	1400 ~ 1600	1350 ~ 1650	5	5 × 3 = 15
1800	1700 ~ 1900	1650 ~ 1950	6	6 × 3 = 18

각 작업조건이 동일하지 않기 때문에 일어나는 오차가 포함된다. 콘크리트 강도 판정 시에는 공시체 3개의 평균값을 1회의 시험 값으로 보며, 임의 연속한 3회 압축강도의 시험 값의 평균이 설계기준강도 이상이어야 하고, 동시에 설계기준강도가 35 MPa 이하인 경우에는 각각의 시험 값이 '설계기준강도 -3.5 MPa' 이상이어야 하며, 설계기준강도가 35 MPa 이상인 경우에는 각각의 시험 값이 설계기준강도의 90% 이상이어야 한다.

4. 결론

이상 새로 개정된 포준시방서의 품질확보에 대해 살펴보았다. 앞으로 콘크리트의 품질 확보가 구조물 장수명화의 기본 과제 이므로 기술자들에 의한 기술개발, 기술 실현 및 공사비 확보와 정책 당국에 의한 공사비 인센티브 정책이나 이와 유사한 정책 도입이 품질 확보의 성공여부를 결정할 중요한 과제이다. 이번 개정에서 여러 가지 제약으로 정확하게 정의하지 못한 품질 담당 기술자의 자격, 임무, 책임에 대해 규정을 다음 개정에서는 보다 전향적인 방향으로 변화되길 기대한다. 또한 콘크리트 품질 검사를 제조사에서 주로 하던 관행이 이번 시방서 개정으로 제조사로부터 인수한 콘크리트가 문제가 없는 것을 시공사가 검증하는 시스템으로 전환되었으면 하는 바람이다. 

담당 편집위원 : 권기주(한국전력공사) kyeunkjoo@kepco.co.kr

2009년도 개정 콘크리트표준시방서

| 한국콘크리트학회 편 | 360쪽 | ISBN 978-89-6225-178-4 93540 |
| 비회원 20,000원, 회원 16,000원 | 출판사 기문당 | 2009. 10 발행 |

■ 소 개

본서는 최근 콘크리트가 이산화탄소 다량 배출 등 환경오염에서 가지는 부정적인 인식으로 인하여 신재료 및 신공법 등에 대한 연구개발을 활성화하는 노력과 함께 지속적인 발전이 요구되는 실정이다.

콘크리트 분야에 있어서 친환경재료의 활용 범위를 확대하고 품질에 대한 신뢰성을 회복할 수 있도록 순환공제의 재활용 등 친환경 관련 기술과 현장 콘크리트 품질확보 등 품질강화 방안을 신설하고 보완하였다.

BOOK NOTICE

