

콘크리트 품질향상을 위한 표준시방서 개정 방안

Revision Guideline of Standard Specification for improving Concrete Quality



김은겸 교수
서울산업대학교

1. 서론

콘크리트표준시방서가 콘크리트학회로 이관된 이래 2002년 개정을 포함하여 2차의 개정 작업이 진행되어 왔다. 첫 번째의 개정은 토목학회의 콘크리트표준시방서 시공편과 건축공사표준시방서의 합본으로부터 출발하였으며, 최근에 개정이 완료된 2차 개정시방서는 합본에 의한 문제점과 내구성에 관련된 내용을 보완하는 선에서 소규모의 개정에 초점을 맞추었다. 그러나, 각 기관 및 관련학·협회로부터의 요구 등에 의해 상당한 부분이 보완되어 개정 범위가 집필 당초의 목적보다 다소 광범위하게 진행되었다.

콘크리트구조물은 최근 여러 가지 원인에 의해 내구성 저하 문제가 대두되고 있으며, 이러한 문제점을 개선시키고자 하는 노력

이 지속되어 오고 있으나 설계나 시공에 반영할 수 있는 완전한 수준에 이르렀다고는 생각할 수 없다. 그러나, 우리 나라와 거의 유사한 환경을 가지고 있는 일본의 경우, 콘크리트의 내구성을 고려한 설계 방법이 설계적인 측면 및 시공 측면에서 어느 정도 체계적으로 확립되어 가고 있는 추세에 있다. 콘크리트의 품질을 향상시키는데 있어서 가장 중요한 사안은 콘크리트 구조물의 내구성 확보를 위한 체계적인 대책을 수립하는 것이다.

본 고에서는 이러한 관점에서 2002년도 개정 시방서의 주된 내용과 향후 개정시 콘크리트의 품질향상을 위한 하나의 참고 모델로서 일본의 콘크리트표준시방서에서 구체화되고 있는 내구성 설계 방법의 주된 내용을 소개하는데 초점을 두었다.

2. 주요 개정 내용(2002년 개정)

제2장 일반콘크리트

현 행	개 정(안)	사유
규정없음	2.1.4 내구성 (3) 콘크리트는 강재 보호 성능을 가져야 함 (4) 물-시멘트비는 원칙적으로 60%이하 (5) 콘크리트는 원칙적으로 AE콘크리트로 함 (6) 콘크리트는 침하균열, 플라스틱 수축균열, 건조수축균열, 자기수축균열 혹은 온도균열 등의 발생 억제	콘크리트의 내구성에 대한 중요성 강조
규정없음	2.1.5 콘크리트 중의 염화물 함유량의 한도 (5) 경화콘크리트의 염화물이온 함유량 신설	

현행	개정(안)	사유
규정없음	표 2.1 균은 콘크리트의 최대 수용성 염화물이온량	
	부재의 종류	수용성염화물량한도 (시멘트질량비 (%))
	프리스트레스트콘크리트	0.06
	염화물에 노출된 철근콘크리트	0.15
	건조한 상태이거나 습기로부터 차단된 철근콘크리트 ¹⁾ 그 밖의 철근콘크리트 구조	1.0 0.30
경화콘크리트에 대한 염화물이온 함유량에 대한 기준을 ACI규정에 따라 신설함.		
규정없음	2.2.3 물 (2) 혼합수는 KS F 4009 부속서2의 기준에 적합한 것을 표준으로 한다.	혼합수에 대한 수질기준신설.
규정없음	2.2.4 잔골재 2.2.4.2 물리적 품질 (1) 절건비중 2.5 이상 (2) 흡수율 3.0% 이하	잔골재 품질향상
규정없음	2.2.5 굵은골재 2.2.5.2 물리적 품질 (1) 절건비중 2.5이상 (2) 흡수율 3.0% 이하	잔골재 품질향상

현행	개정(안)	개정사유								
2.8 배합 2.8.2 배합강도 배합강도의 결정은 다음의 두 식에 의한 값 중 큰 값을 적용한다. $f_{cr} \geq f_{ck} + 1.64s$ (kgf/cm ²) $f_{cr} \geq 0.85f_{ck} + 3s$ (kgf/cm ²)	2.2.8 배합 2.2.8.2 배합강도 (2) 콘크리트 배합강도는 다음의 두 식에 의한 값 중 큰 값으로 정한다. $f_{cr} = f_{ck} + 1.34s$ (MPa) $f_{cr} = f_{ck} + 2.33s - 3.5$ (MPa)	· 강도의 변동계수가 10%를 초과할 때 기존의 식으로 계산된 배합강도는 매우 높게 되는 경향이 있으므로 이를 고쳐 배합강도를 적절한 수준으로 정하고자 함. · 참고로 설계기준강도가 240kgf/cm ² 인 경우의 배합강도는, 변동계수가 10%일 때 개정 전후에 각각 291kgf/cm ² 및 277kgf/cm ² 이 되며, 변동계수가 15%일 때는 개정 전후에 각각 371kgf/cm ² 및 315kgf/cm ² 가 됨								
콘크리트 압축강도의 표준편차는, 공사 초기에 그 값을 추정하기가 불가능하거나 중요하지 않은 소규모의 공사에서는 0.15f _{ck} 를 적용한다.	(4) 콘크리트 압축강도의 표준편차를 모를 때, 또는 압축강도의 시험횟수가 15회 미만인 경우 콘크리트의 배합강도는 표 2.13과 같이 정한다. 표 2.13 압축강도의 시험횟수가 15회 미만인 경우의 배합강도	콘크리트 압축강도의 표준편차를 모를 경우에 적용하는 표준편차로서 0.15f _{ck} 는 설계기준강도가 작을 경우 불안정한 값이 되는 등 불합리한 점이 있어 이를 ACI에서 정한 수준으로 변경하고자 함.								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>설계기준강도 f_{ck} (MPa)</th> <th>배합강도 f_{cr} (MPa)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>21 미만</td> <td>f_{ck} + 7</td> </tr> <tr> <td>21 이상 35 이하</td> <td>f_{ck} + 8.5</td> </tr> <tr> <td>35 초과</td> <td>f_{ck} + 10</td> </tr> </tbody> </table>	설계기준강도 f _{ck} (MPa)	배합강도 f _{cr} (MPa)	21 미만	f _{ck} + 7	21 이상 35 이하	f _{ck} + 8.5	35 초과	f _{ck} + 10	
설계기준강도 f _{ck} (MPa)	배합강도 f _{cr} (MPa)									
21 미만	f _{ck} + 7									
21 이상 35 이하	f _{ck} + 8.5									
35 초과	f _{ck} + 10									
2.8.3 물-시멘트비 (3)항에서 콘크리트의 내동해성을 기준으로 하는 물-시멘트비는 표 2.8에서 50~60% 정도임	2.2.8.3 물-시멘트비 (3) 항에서 콘크리트의 내동해성을 기준으로 하는 물-시멘트비를 대부분 5% 정도씩 감소시킴	· 콘크리트의 내동해성을 증진시키기 위해 각 조건에 따라 물-시멘트비를 5%정도씩 감소시킴								
2.8.3 물-시멘트비 (4) ①항에서 황산으로 0.2% 이상의 황산염을 함유하는 흙이나 물에 접하는 콘크리트에 대해서는 제15장의 표15.1 중 (a)에 지시하는 값이므로 한다.	2.2.8.3 물-시멘트비 (4) 콘크리트의 황산염에 대한 내구성을 기준으로 물-시멘트비를 정할 경우 그 값은 표2.15의 값을 초과해서는 안된다.	· 개정안에서는 황산염에 대한 내구성을 보다 명확히 하기 위해 대폭적인 수정을 실시하여 표2.15와 같이 물-시멘트비 등을 제시하였음								

현 행	개 정(안)	사유																				
2.8.9 AE콘크리트의 공기량 (1) 콘크리트 용적의 4~7%를 표준으로 함	2.2.8.9 AE콘크리트의 공기량 표 2.18 AE콘크리트 공기량의 표준값 <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">굵은골재의 최대치수(mm)</th> <th colspan="2">공기량(%)</th> </tr> <tr> <th>심한 노출</th> <th>보통 노출</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>7.5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>7</td> <td>5.5</td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>6</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>6</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>5.5</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table>	굵은골재의 최대치수(mm)	공기량(%)		심한 노출	보통 노출	10	7.5	6	15	7	5.5	20	6	5	25	6	4.5	40	5.5	4.5	· 굵은 골재 최대 치수별로 적정한 공기량을 제시함
굵은골재의 최대치수(mm)	공기량(%)																					
	심한 노출	보통 노출																				
10	7.5	6																				
15	7	5.5																				
20	6	5																				
25	6	4.5																				
40	5.5	4.5																				
2.8.9 AE콘크리트의 공기량 (1) 콘크리트 용적의 4~7%를 표준으로 함	2.2.810 혼화재료의 단위량 (3)항에 표2.19를 신설함. 표 2.19 제빙화학제에 노출된 콘크리트에서의 최대 혼화재 비율 <table border="1"> <thead> <tr> <th>혼화재료의 종류</th> <th>시멘트와 혼화재 전체에 대한 혼화재의 질량백분율(%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>플라이애쉬</td> <td>25</td> </tr> <tr> <td>실리카폼</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td>플라이애쉬, 고로슬래그 및 실리카폼의 합계</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>플라이애쉬와 실리카폼의 합계</td> <td>50</td> </tr> <tr> <td></td> <td>35</td> </tr> </tbody> </table>	혼화재료의 종류	시멘트와 혼화재 전체에 대한 혼화재의 질량백분율(%)	플라이애쉬	25	실리카폼	50	플라이애쉬, 고로슬래그 및 실리카폼의 합계	10	플라이애쉬와 실리카폼의 합계	50		35	· 콘크리트의 내구성 증진을 위해 혼화재 사용량을 구체적으로 명시함								
혼화재료의 종류	시멘트와 혼화재 전체에 대한 혼화재의 질량백분율(%)																					
플라이애쉬	25																					
실리카폼	50																					
플라이애쉬, 고로슬래그 및 실리카폼의 합계	10																					
플라이애쉬와 실리카폼의 합계	50																					
	35																					
3.8 품질관리 및 검사 3.8.1 일반사항 3.8.2 시험 3.8.3 품질관리 3.8.4 품질검사	2.4 품질관리 및 검사 2.4.1 일반사항 2.4.2 검사계획 2.4.3 재료의 품질검사 2.4.4 콘크리트 제조의 품질검사 2.4.5 콘크리트의 품질관리 및 검사 2.4.6 콘크리트 시공검사 2.4.7 콘크리트 구조물의 검사	· 품질관리 및 검사 내용을 대분류 하여 표로서 제시하고, 그 표의 내용을 검사의 종류, 항목, 시험·검사 방법, 시기 및 횟수, 판정기준 등으로 분류하여 품질관리 검사 방법 등을 강화시킴																				

제5장 거푸집 및 동바리

현 행	개 정(안)	사유
2.5 설계 2.5.3 거푸집 및 동바리 구조계산 ① 연직방향 설계하중은 고정하중, 충격하중(고정하중의 50%), 작업하중(150kgf/m ²) 등으로 다음의 식을 적용한다. $w = \gamma \cdot t + 0.5 \gamma \cdot t + 150\text{kgf/m}^2$	5.2.5 설계 5.2.5.3 거푸집 및 동바리 구조계산 (2) 연직방향하중은 고정하중 및 공사 중 발생하는 활하중으로 다음의 값을 적용한다. ① 고정하중은 철근 콘크리트와 거푸집의 중량을 고려하여 합한 하중임 ② 활하중은 구조물의 수평투영면적당 최소 2.5kN/m ² 이상 고려하여 설계함 ③상기의 고정하중과 활하중을 합한 수직하중은 슬래브두께에 관계없이 최소 5.0kN/m ² 이상 고려하여 설계함	· 연직방향하중 과다로 거푸집 및 동바리 설계가 비합리적으로 이루어짐 · 개정안에서는 ACI 347R -94 Guide to Formwork for Concrete를 참고하여 내용을 수정 보완함
규정 없음	5.2.5 설계 5.2.5.3 거푸집 및 동바리 구조계산 (4) 거푸집 설계에서는 굳지 않은 콘크리트의 축압을 고려한다. ① 기동의 경우 $p = 7.8 \times 10^{-3} + \frac{0.78R}{T + 20} \leq 0.15(\text{MPa}) \quad (5-1)$ 또는 $2.4 \times 10^{-2} H(\text{MPa})$	1996년도 콘크리트표준시방서(대한토목학회)를 참고로 축압 규정을 추가함

현행	개정(안)	사유
규정 없음	㉠ 벽체로서 $R \leq 2m/h$ 인 경우 $\rho = 7.8 \times 10^{-3} + \frac{0.78R}{T + 20} \leq 0.1(MPa) \quad (5-2)$ 또는 $2.4 \times 10^{-2} H(MPa)$ ㉡ 벽체로서 $R > 2m/h$ 인 경우 $\rho = 7.8 \times 10^{-3} + \frac{1.18 + 0.245R}{T + 20} \leq 0.1(MPa) \quad (5-3)$ 또는 $2.4 \times 10^{-2} H(MPa)$	

제13장 수중콘크리트

현행	개정(안)	사유
13-1 일반적인 수중콘크리트	13-1 일반적인 수중콘크리트	체제의 번잡성을 피하기 위해 3개 영역으로 분류된 것을 하나의 체계로 통합함
13-2 수중불분리성 콘크리트	13-2 수중불분리성 콘크리트	
13-3 현장치기말뚝 및 지하연속벽에 사용하는 수중콘크리트	13-3 현장치기말뚝 및 지하연속벽에 사용하는 수중콘크리트를 통합함	

제14장 프리캐스트콘크리트

현행	개정(안)	사유
14-1 일반 프리캐스트콘크리트	14-1 일반 프리캐스트콘크리트	체제의 번잡성을 피하기 위해 3개 영역으로 분류된 것을 하나의 체계로 통합함
14-2 대규모 프리캐스트콘크리트	14-2 대규모 프리캐스트콘크리트	
14-3 고강도 프리캐스트콘크리트	14-3 고강도 프리캐스트콘크리트를 하나의 체계로 통합함	

제17장 숏크리트

현행	개정(안)	사유
1.1 적용범위 이 장은 숏크리트공법에 의한 가설 및 구조물의 구축(構築), 구조물의 보수·보강 및 피복, 법면보호 등의 시공에서 특히 필요한 사항에 대하여 일반적인 표준을 규정하는 것이다.	17.1.1 적용범위 이 장은 숏크리트와 록볼트 및 강제지보공에 의해 굴착터널면을 보호하는 산악터널공법공법에 있어서의 주요 지보부재인 숏크리트에 대하여 공사의 요건 및 구조물의 요구성능을 만족하기 위해, 특히 필요한 성능을 설정하여 검사하는 방법을 나타낸다.	숏크리트와 록볼트 및 강제지보공을 사용하는 산악터널공법에서의 숏크리트에 대한 공사요건 및 요구성능, 검사 방법 등에 대한 사항 추가함

제20장 강콘크리트 합성구조

현행	개정(안)	사유
제 20 장 철골철근콘크리트	제 20 장 강콘크리트 합성구조	· 철골철근콘크리트 외에 콘크리트 충전 기동 및 샌드위치 부재를 포함시키기 위함
1.1 적용범위 철골철근콘크리트의 시공에 대해 규정함	20.1.1 적용범위 「철골철근콘크리트부재」, 「콘크리트 충전 기동」, 「샌드위치 부재」 시공에 대하여 규정함	· 「1.1 적용범위」를 확대하여 강콘크리트 합성구조로 함

제22장 프리스트레스트 콘크리트

현행	개정(안)	사유
2.5 그라우트 팽창률은 10% 이하, 불리딩율은 3% 이하 압축강도는 200kgf/cm ² 이상으로 규정하고 있음	22.2.6.2 PSC 그라우트의 품질검사 표 22.2에서 불리딩률을 0%, 팽창율을 팽창성 파임인 경우 0~10%, 비팽창성 타임인 경우 시험을 생략하며, 압축강도는 팽창성 파임인 경우 20MPa 이상, 비팽창성 타임인 경우 30MPa 이상으로 개정함	· PSC 그라우트의 품질을 강화시켜 PSC강제의 부식 등으로 인한 콘크리트 구조물의 내구성을 증진시킬 목적임

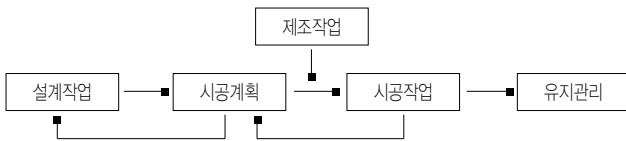
3. 향후 개정 방향

3.1 콘크리트표준시방서 구성 체계

3.1.1 전반적인 구성체계

콘크리트표준시방서는 콘크리트의 시공에 관련된 기본원칙을 나타낸 것이며, 개개의 공사에 대해서는 이 시방서에 기초를 두어 각각의 시방서 또는 전문시방서 등을 작성할 필요가 있다.

콘크리트 구조물에서는 그림 3.1에 제시한 바와 같이 ① 설계작업, ② 시공계획, ③ 제조작업, ④ 시공작업, ⑤ 유지관리 순서로 작업이 진행된다.



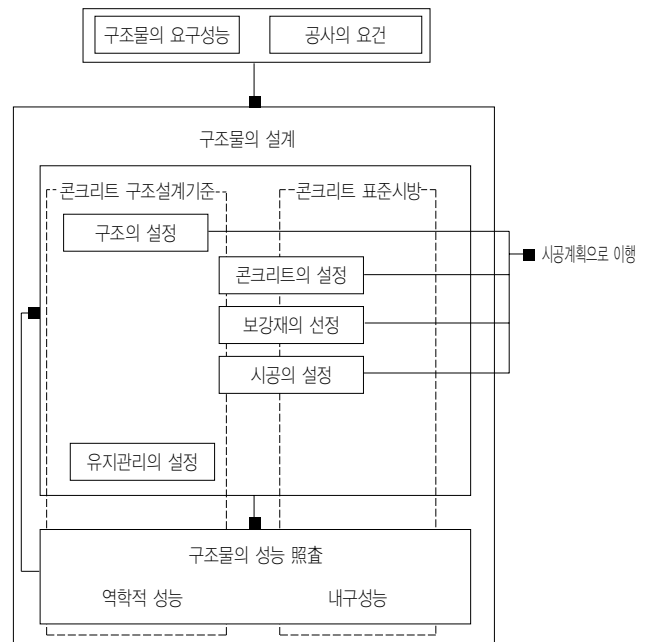
〈그림 3.1〉 작업의 흐름

3.1.2 설계 작업 단계

- 구조물의 역학적 성능에 관한 照査방법은 「콘크리트구조설계기준」에 제시되어 있다. 구조물이 보유하고 있는 성능은 환경조건 등에 의해 재령에 따라 변화한다. 이 변화를 허용할 수 있는지의 여부에 대한 검토를 실시하기 위해서는 독립된 장을 신설하는 것이 바람직하다.
- 그림 3.1은 설계작업단계에서 설정해야 할 내용의 유기적 관계에 대한 예시를 나타낸 것이다. 강제 부식에 대한 저항성은 구조세목에 의해 지배되는 균열폭, 피복 콘크리트의 품질에 의존하므로 「콘크리트구조설계기준」과 「콘크리트표준시방서」 내구성 검토를 각각 종합적으로 고려하여 검토할 수 있는 체계를 수립할 필요가 있다.
- 구조설계기준에서 규정하고 있는 「사용성, 안전성」은 구조물의 형상, 치수, 배근 등의 구조상세 설정과 재료의 역학적 특성에 의해 큰 영향을 받으므로 이들 제원의 대부분이 여기서 결정되지만, 형상, 치수, 배근 등의 구조상세는 콘크리트 표준시방서에서 제시하고 있는 「시공성, 내구성 검토」 등과도 깊은 관련이 있으므로 시공성이나 내구성 검토에서 불합격되지 않도록 사전에 고려하는 것이 설계작업 전체를 합리적인 것으로 하는데 중요하다.
- 구조물의 내구성은 철근의 피복 등의 구조상세, 콘크리트의 성능, 시공방법에 의해 결정된다. 구조물의 성능 검토를 실시할 때에 상정할 표준적인 시공방법으로서 표 3.1~표

3.4의 방법에 대한 설정이 필요하다. 이렇게 함으로써 공시체 수준에서의 콘크리트 성능을 사용하여 구조물의 내구성 照査가 가능하게 된다.

- 照査를 요하는 성능이란 기본적으로 실물의 검사에 의해 성능 확인을 직접 실시하는 것이 적절하지 않은 항목이며, 여기에 속하는 것이 내구성과 균열발생의 유무이다. 따라서, 구조물의 내구성이나 시공단계에서의 균열에 대해서는 설계, 시공계획단계에서 그의 성능 검토를 실시하여 그 사양을 시공시에 확인하는 것으로 구조물의 성능을 보증하는 방법이 바람직하다.



〈그림 3.2〉 설계작업단계

〈표 3.1〉 콘크리트 현장 내에서의 운반방법

항 목	표 준
운 반 방 법	콘크리트 펌프

〈표 3.2〉 콘크리트 타설 방법

항 목	표 준	
토출구로부터 타설면까지의 낙하고	1.5m	
타설 1층 높이	0.4m ~0.5m	
허용 이어지기 간격	외기온 25℃ 이하인 경우	2.5시간
	외기온 25℃를 초과하는 경우	2.0시간

〈표 3.3〉 콘크리트 다짐방법

항 목	표 준
다짐방법	내부 진동기
삽입간격	0.5m
삽입깊이	향층 콘크리트 속으로 0.1m 정도
1개소 당 진동시간	5~15초

〈표 3.4〉 콘크리트 다짐방법

항 목	표 준
양생방법	습윤양생(습포, 살수, 거푸집 존치)
양생기간 (하루평균기온 15℃ 이상)	보통포틀랜드시멘트 : 4일간
	조강포틀랜드시멘트 : 3일간
	혼합시멘트 : 7일간

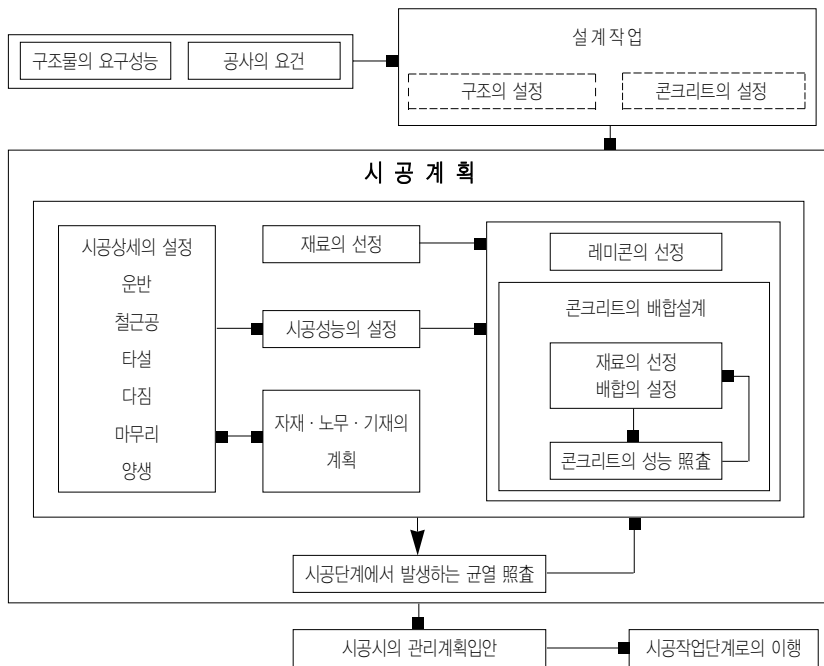
3.1.3 시공계획 단계

- (1) 구조물의 성능照査에서 합격하도록 설계가 실시된 후, 그림 3.2에 제시된 바와 같은 시공계획 수립이 필요하다. 콘크리트 구조물의 시공에 있어서는 여러 가지 요인 및 그의 관련을 고려하여 전체 계획을 입안하는 것이 중요하기 때문에 시공계획의 수립이 요구된다.
- (2) 특히, 구조물 내에서 실현되는 콘크리트의 성능에 미치는 영향이 큰 현장에서의 운반, 타설, 다짐, 양생 등의 시공방법에 대해서는 설계단계에서 상정한 방법과 구조물 중의 콘크리트의 성능이 동등 이상이 되는 방법을 설정하는 것이 중요하다. (표 3.1~표 3.4) 다음에 시공상세의 설정 및 구조의 설정에 기초하여 콘크리트 시공에 관한 성능, 즉 「① 워커빌리티, ② 펌퍼빌리티, ③ 응결특성, ④ 시공시의 강도」 등을 설정한다.
- (3) 콘크리트의 경화에 수반되는 발열이나 수축 등에 의해 시공 단계에서 발생하는 균열은 부재의 단면형상 및 치수, 배근, 변형에 대한 구속조건 등의 「① 구조특성, 온도상승, 수축,

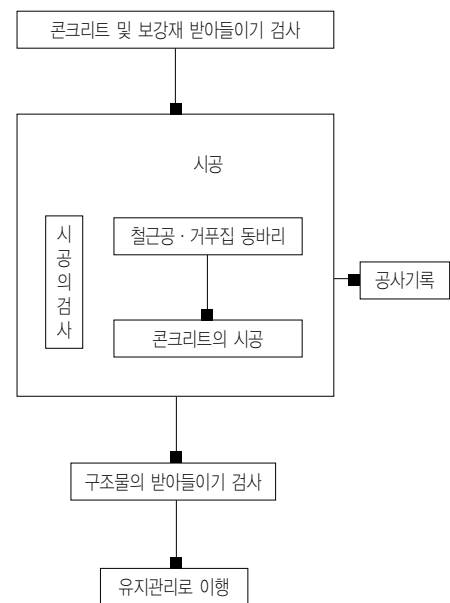
강도, 크리프 등의 「② 재료특성, 콘크리트의 타설시기, 타설순서, 타설량, 양생, 마무리 등의 「③ 시공방법, 기온, 습도, 바람, 일사 등의 「④ 환경조건」 등 많은 요인의 영향을 받을 뿐만 아니라, 콘크리트 구조물의 사용성이나 내구성에 미치는 영향도 복잡하다. 그래서, 이러한 균열이 콘크리트 구조물의 내구성이나 미관상 문제가 되는 경우에는 시공계획에서 별도의 장을 두어 「시공단계에서의 균열照査」를 상세히 실시할 필요가 있다.

3.1.4 시공작업 단계

- (1) 구조물의 성능照査 결과, 그 요구성능을 만족하는 것이 확인되고, 공사의 요건을 만족하는 것이 확인되면, 그림 3.3에 제시한 바와 같은 순서에 따라 시공의 실제 작업단계로 들어가도록 한다. 시공작업단계에서는 콘크리트 및 보강재의 받아들이기 검사를 실시하고, 철근공, 거푸집 동바리공, 특히 콘크리트의 시공을 실시한다. 시공계획단계에서 결정된 순서 및 방법에 의해 시공이 실시되고 있는지의 여부에 대한 검사를 실시하며, 시공 완료시에는 구조물의 받아들이기 검사를 한다.
- (2) 구조물의 사용 개시 후에는 설계단계에서의 설정에 기초하여 유지관리를 실시하며, 구조물에 필요한 성능을 설계내용 기간에 걸쳐 확보하는 것으로 된다. 공사기록에는 구조물의



〈그림 3.3〉 시공계획단계



〈그림 3.4〉 시공작업단계

유지관리단계에서의 중요한 자료가 된다. 준공 직후부터 구조물의 유지관리에 대해서는 콘크리트표준시방서에 「유지관리편」을 구체화하여 이에 따르도록 한다.

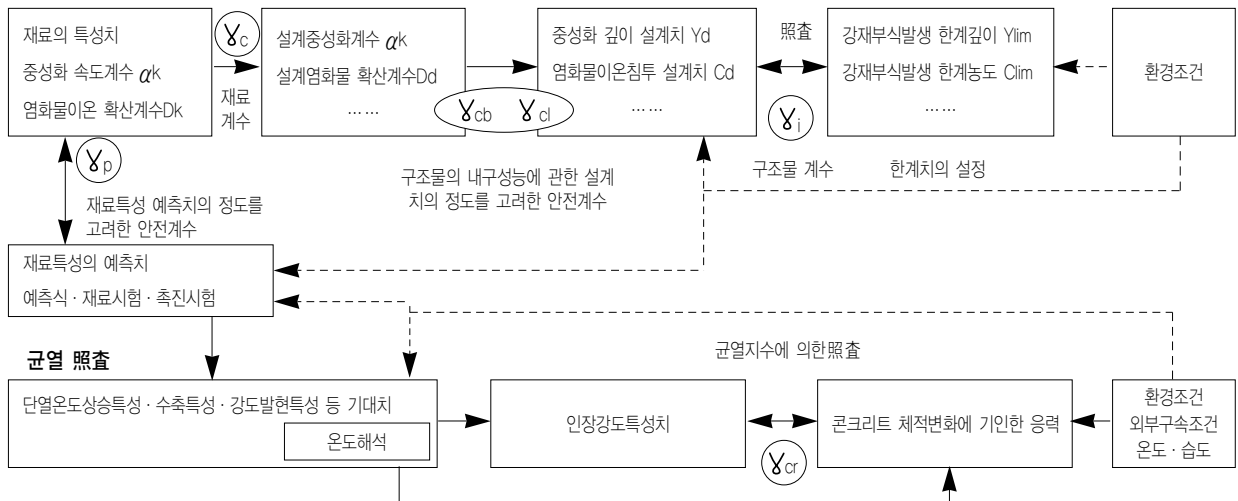
3.2 내구성 照査

3.2.1 내구성 照査의 개요

- (1) 구조물 설계를 할 경우, 설계되는 구조물의 설계내용기간을 설정할 필요가 있다. 설계내용기간은 구조물의 사용목적 및 경제성으로부터 정해지는 구조물의 공용기간, 구조물이 설치되는 환경조건 및 구조물의 내구성을 고려하여 정하는 것으로 한다.

- (4) 구조물의 콘크리트 성능은 제조 후의 콘크리트 자신이 본래 가지고 있는 성능과는 다르며, 시공의 영향을 크게 받는다. 공시체의 콘크리트와 구조물 콘크리트 품질의 차이 가운데 시공에 관련하여 재료특성의 변동폭에 특히 큰 영향을 주는 요인으로서 부재 상면의 블리딩과 철근과 거푸집 사이의 다짐 불량 감소의 재료분리 현상이다. 부재 상면의 블리딩의 영향에 대해서는 시멘트페이스트 매트릭스의 품질 변동으로 간주하여 콘크리트의 재료계수로 다루면 된다. 또, 재료분리의 영향에 대해서는 照査式의 전제가 되는 콘크리트 균일성이 손상되는 것에 의한 영향이 크므로 구조물의 내구성에 관한 설계치의 정밀도를 고려하는 안전계수의 설정에서 고려하면 된다.

내구성 照査



- (2) 내구성 照査에 있어서 환경조건에 대응하여 강제 부식발생 한계깊이나 강제 부식발생 한계농도 등의 한계치를 설정한다. 내구성 照査에서 재료가 공시체 수준에서 가지고 있는 중성화 속도계수나 확산계수 등의 성능을 배합에서 결정되는 예측식 혹은 표준적인 시험에 의해 평가한다. 이 때, 소요의 재료성능을 확보하기 위해 재료특성의 예측치의 정밀도를 고려하여 적절한 안전계수를 설정할 필요가 있다.
- (3) 실제 구조물 조사결과로부터 얻어진 데이터는 일반적으로 여러 가지 요인의 영향을 받아 크게 변동한다. 따라서, 이들은 내구성 照査에서 데이터 변동을 고려하여 각 안전계수의 설정에 적절히 반영시킬 수 있다. 실제 구조물의 조사결과에 기초하여 검토를 실시할 경우, 공시체와 구조물간의 양생조건이나 다짐조건의 차이가 재료특성의 기대치에 주는 영향에 대해서는 평가식에 이를 반영시킬 수 있을 것이다.

3.2.2 내구성 照査방법

- (1) 중성화

$$\gamma_i \frac{Y_d}{Y_{lim}} \leq 1.0$$

여기서, γ_i : 구조물계수($\gamma_i=1.0$, 주요 구조물 $\gamma_i=1.1$)
 Y_d : 중성화 깊이의 설계치
 Y_{lim} : 강제부식발생 한계깊이
 (철근피복-10mm(염분환경10~25mm))

- (2) 염화물이온 침투에 의한 강제부식

$$\gamma_i \frac{C_d}{C_{lim}} \leq 1.0$$

여기서, C_d : 강제 위치의 염화물이온농도 설계치
 C_{lim} : 강제 위치의 염화물이온 한계농도
 (1.2kg/m³)

(3) 동해

$$\gamma_i \frac{E_{\min}}{E_d} \leq 1.0$$

여기서, E_d : 상대동탄성계수의 설계치
 E_{\lim} : 동해에 관한 성능을 만족하기 위한 상대 동탄성계수의 최소 한계치(60~85%)

(4) 수밀성

$$\gamma_i \frac{Q_d}{Q_{\lim}} \leq 1.0$$

여기서, Q_d : 단위시간당 투수량의 설계치
 Q_{\lim} : 단위시간당 허용 투수량

(5) 화학적 침식

(6) 알칼리골재반응

3.3 시공단계에서의 균열 검토

3.3.1 시멘트의 수화에 기인하는 균열照査

(1) 시멘트의 수화에 기인하는 균열에 관한 照査는 온도해석에 의해 산정되는 온도분포에 기초한 체적변화와 자기수축에 의한 체적변화를 구해, 이것을 응력해석에 도입하여 산정한 콘크리트의 응력에 의해 유해한 균열이 발생하지 않는 것을 확인함으로써 수행할 수 있다.

(2) 다음 식을 만족하면 일반적으로 균열照査에 만족하는 것으로 본다.

$$I_{cr}(t) \geq \gamma_{cr}$$

여기서, $I_{cr}(t) = \frac{f_{tk}(t)}{f_t(t)}$ (균열지수)

γ_{cr} : 균열발생 확률에 관한 안전계수
($\gamma_{cr} = 1.0 \sim 1.8$)

(3) 자기수축의 영향을 고려할 필요가 없는 경우, 균열지수는 다음 식으로 산정해도 좋다.

① 내부구속 응력이 탁월한 경우

$$I_{cr}(t) = \frac{15}{\Delta T_i}$$

② 외부구속 응력이 탁월한 경우

$$I_{cr}(t) = \frac{10}{R \cdot \Delta T_0}$$

여기서, ΔT_i : 내부온도가 최고일 때의 내부와 표면과의 온도차

ΔT_0 : 부재평균 최고온도와 외기온 평형시 온도와의 차

R : 외부구속에 의한 구속도로서 피구속체의 상태에 따라 다음과 같이 보아도 좋다

- 연한 암반 : R = 0.5
- 중간 정도의 단단한 암반 : R = 0.65
- 단단한 암반 : R = 0.8
- 이미 타설된 콘크리트 : R = 0.6

(4) 안전계수를 1.0 이하로 할 경우에는 유해한 균열이 되지 않도록 적절한 양의 철근을 배치하여야 한다.

3.3.2 건조에 수반하는 균열照査

(1) 건조에 수반하는 균열은 습윤상태가 되면 패색되며, 또 건조에 의해 다시 균열이 열리게 되지만 내부의 철근까지는 쉽게 수분이 공급되지 않는다. 건조수축이 주된 원인이 되는 균열은 구조물의 미관, 기밀성 등을 손상시킬 우려가 있는 경우에는 그 영향에 대하여 照査하여야 한다. 일반적으로 구조물의 조건, 시공조건, 환경조건에 대응하여 건조에 수반되는 콘크리트의 길이변화율(수축변형율)의 한계치를 구해, 콘크리트가 소요의 건조수축 특성을 만족하면 건조에 의한 균열에 의해 구조물의 소요의 성능은 유지되는 것으로 본다.

(2) 일반적으로 건조수축균열의 한계치는 500~700 μ 정도로 본다.

3.4 검사체계의 일원화

(1) 현행 콘크리트표준시방서는 콘크리트와 관련된 품질검사에 있어서, ① 검사항목, ② 시험 및 검사 방법, ③ 시기 및 횟수, ④ 판정기준 등이 명확하게 제시되어 있지 않은 부분이 상당수 존재함으로써 콘크리트의 품질을 향상시키는데 문제점으로서 지적되고 있다.

(2) 이와 같은 문제점을 해소시키기 위한 대책으로서는 검사체계의 일원화가 필요하며, 이에 대한 모델을 다음 표와 같이 제시한다.

검사 대상의 종류	콘크리트 재료 받아 들이기 검사	제조의 검사	콘크리트의 받아들이기 검사	보강재의 받아들이기 검사	시공의 검사			콘크리트 구조물의 검사				
					콘크리트 공	철근 공	거푸집 및 동바리 공	표면 상태	콘크리트부 재 위치 및 형상 치수	구조물의 콘크리트	피복	
제조	콘크리트 재료	○										
	콘크리트 제조설비 및 공정		○									
	현장까지 운반		○									
레이콘			○							○		
보강재				○								
시공	현장내의 운반				○			○		○		
	타설				○			○		○		
	다짐				○			○		○		
	표면마무리							○				
	양생				○					○		
	이음				○			○				
	철근공					○						○
	거푸집·동바리						○		○			○

4. 결론

본 고에서는 2002년도 개정 콘크리트표준시방서의 주된 내용과 일본 콘크리트 표준시방서에서 추구하고 있는 콘크리트 품질향상을 위한 내구성 향상을 위한 설계 체계와 일원화된 검사체계에 대하여 살펴보았다. 특히 콘크리트의 중성화, 염화물이온의 침투, 동결융해작용, 구조물의 수밀성에 관한 照査방법에 대해 설명의 주안점을 두었다.

콘크리트의 품질향상을 위해서는 콘크리트의 내구성 照査 체계에 대한 구체적인 대책이 수립되어야 하며, 콘크리트 구조물의 내구성 증진에 의한 품질향상을 도모하기 위해서는 향후 복합 열화에 대한 照査기술 확립이 필요할 것으로 본다.