

# 寒中콘크리트

문 한 영

한양대학교 토목공학과 교수

## 1. 개 설

콘크리트 시공시의 기온이 영하 이하로 되는 조건을 포함한 低溫時에 시공하는 콘크리트를 일반적으로 寒中콘크리트라 한다. 콘크리트 표준시방서에 의하면 한중콘크리트의 적용 범위는 1일 평균기온이 4°C 이하로 되는 기상 조건하에서 凝結硬化反應이 몹시 지연되어 콘크리트가 凍結할 염려가 있는 경우에 한중콘크리트로 시공해야 한다고 규정하고 있다. ACI의 경우 50 °F이하, 유럽각국은 5°C 이하의 기온에서 打設(치기)하는 콘크리트에 대하여, 일본공업규격에서도 콘크리트 타설이후 28 일간의 평균기온이 3.2°C 이하가 되면 표준양생한 콘크리트와 비교해서 약 25%정도 강도가 저하된다고 한다.

Barker의 콘크리트사전 에서도 콘크리트를 믹싱 또는 타설할 때의 온도가 4.5°C 이하일 때는 예방 조치를 취해야 한다고 한다.

이상에서와 같이 대체로 평균기온이 3~5°C 이하 일때 실시하는 콘크리트 공사를 한중콘크리트로 정의하고 시공기준을 규정하고 있으며, -3°C이하의 기온에서는 물과 골재를 가열하여 콘크리트의 온도를 높이기 위하여 필요에 따라 적절한 保溫, 給熱에 의하여 쳐넣은 콘크리트를 소요의 온도로 유지하는 등 본격적인 한중콘크리트로 시공하는 조치가 필요하다. 그 이유는 경화전의 콘크리트가 빙점하에 노출되면 凍結膨脹하여 初期凍害를 받게 되며,

초기동해를 받은 콘크리트는 그후 적절한 양생을 하여도 강도를 회복하기 어려울 뿐만 아니라 耐久性, 水密性 등이 몹시 저하되기 때문이다.

그러나 근년에 와서 초조강시멘트의 개발, 각종 保溫材 및 保溫工法의 改良, 開發 등과 같은 기술적 진보에 의해 寒冷地에 있어서 콘크리트 공사량의 증가와 寒中時期의 作業人員의 有効活用 등 사회적 요청이 많아지고 있어 콘크리트공사를 계절에 구애받지 않고 시공해야 할 필요성이 더욱 요망되고 있다.

본 원고에서는 한냉지역을 포함한 저온시에 콘크리트 시공을 실시해야 할 경우 알아야 할 기초지식에 관하여 약술하고자 한다.

## 2. 材料의 選擇

(1) 시멘트: 포틀랜드시멘트를 사용하는 것을 표준으로 한다. 다만 氣象作用이 苛酷한 경우 등 보통포틀랜드시멘트로서는 소요의 養生溫度나 初期強度의 확보가 곤란한 경우에는 水和熱이 높은 조강포틀랜드시멘트의 사용이 요망된다. 이외에도 긴급공사용 특수시멘트로서 超速硬시멘트(regulated set cement), 알루미늄시멘트(aluminous cement)등을 사용할 경우에는 이들 시멘트의 특성을 정확하게 파악해야 할 필요가 있다.

(2) 골재: 골재가 凍結되어 있거나 氷雪이 혼입되어 있는 상태로 사용하게 되면 콘크리트를 제조했을 경우 콘크리트의 온도가 낮아

져서 콘크리트가 동결할 우려가 클 뿐만 아니라 콘크리트의 단위수량을 일정하게 유지하기 어렵기 때문에 골재는 시트 등으로 덮어서 저장하는 것이 좋겠으며, 저장, 운반중에 빙설의 혼입 또는 동결을 방지하도록 주의해야 할 필요가 있다.

(3) **혼화제** : 한중콘크리트에서는 AE제 또는 AE감수제를 사용하는 것을 표준으로 하며, 이들 혼화제는 KS F 2560 콘크리트용 화학혼화제의 규격을 만족하는 것을 사용함이 바람직하다. 만약 促進劑를 사용할 경우 그 주성분이 염화물일 경우 철근 防鏽에 중대한 영향을 미치게 되므로 가능한 사용을 피해야 한다. 이외에도 防凍劑, 寒冷地用混和劑등을 사용할 경우 그 성분, 작용효과 및 사용실적 등을 충분히 검토한 후에 사용해야 한다.

### 3. 配合(調合)

한중콘크리트의 배합시 AE콘크리트를 사용하는 것을 표준으로 한다. 그 이유는 AE제나 AE감수제가 소요의 워커빌리티를 얻는데 필요한 단위수량을 감소시키는 이외에 콘크리트 속의 물의 凍結로 인한 피해를 적게 할 수 있는 耐凍害性을 개선하기 때문이다. 그리고 콘크리트의 단위수량을 감소시키므로써 동결 가능한 물의 양을 감소시킬 뿐만 아니라 저온하에서 과다해지는 블리딩을 감소시켜 콘크리트 온도의 저하를 방지하는 효과도 기대할 수 있기 때문에 소요의 워커빌리티를 유지할 수 있는 범위내에서 될 수 있는대로 단위수량을 적게 되므로 배합을 정함이 바람직하다고 하겠다.

### 4. 製造, 運搬 및 치기

한중콘크리트의 제조는 비비기 직후의 기상 조건, 운반시간 등을 고려하여 타설시 소요의 콘크리트 온도가 되도록 해야하며 또한 운반,

타설시의 熱損失 때문에 믹서로 비뚤 때의 콘크리트온도보다 저하한다. 그래서 사용수와 골재를 적당한 온도로 가열하되 시멘트가 급결하지 않는 정도의 온도로 유지함이 중요한 요소가 될 뿐만 아니라 가열한 재료를 믹서에 투입하는 순서도 시멘트가 급결하지 않도록 순서를 정하며, 재료의 가열장치와 방법은 재료가 균일하게 가열되어 항상 소요온도의 재료가 얻어지도록 하여 콘크리트의 비비직후의 온도는 각 배치마다 변동이 적게 되도록 관리해야 한다. 재료를 가열했을 때 만들어지는 콘크리트의 대체적인 온도 T는 다음식으로 계산할 수 있다.

$$T = \frac{C_s(T_a W_a + T_c W_c) + T_m W_m}{C_s(W_a + W_c) + W_m}$$

여기서

$W_a$  및  $T_a$  : 골재의 중량 및 온도(kg, °C)  
 $W_c$  및  $T_c$  : 시멘트의 중량 및 온도(kg, °C)  
 $W_m$  및  $T_m$  : 비비기에 사용한 물의 중량 및 온도(kg, °C)  
 $C_s$  : 시멘트 및 골재의 비열이며, 0.2로 가정해도 좋다.

그래서 콘크리트 타설시의 소요온도에 운반, 치기중의 열손실을 더한 온도를 비비때 얻도록 해야 하며, 레디믹스트 콘크리트의 경우에는 공장 선정시 운반중의 온도저하, 운반시간 및 공장의 가열설비의 능력 등을 고려할 필요가 있다.

그리고 제조된 콘크리트의 운반, 치기시간 1시간에 대하여 콘크리트의 온도와 주위의 기온과의 차이는 15%정도라 하며, 타설이 끝났을 때의 콘크리트의 온도를 추정하기 위하여 다음과 같은 식을 사용한다.

$$T_2 = T_1 - 0.15(T_1 - T_0) \cdot t$$

여기서

$T_2$ : 타설이 끝났을 때의 콘크리트의 온도( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_1$ : 비뚤을 때의 콘크리트의 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$T_0$ : 주위의 온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )

$t$ : 비뚤후부터 타설이 끝날때 까지의 시간(h)

또한 콘크리트를 처넣을 때의 온도는 구조물의 단면최소치수, 기상조건 등을 고려하여 5~20 $^{\circ}\text{C}$ 의 범위에서 정하도록 하고 있으며, 일반적인 경우 콘크리트 온도의 권장값은 표1과 같다.

표1. 한중콘크리트 시공에 있어서의 콘크리트 온도의 권장값

단 면		얇은 경우	보통의 경우	두꺼운 경우
처넣을 때의 콘크리트의 최저온도( $^{\circ}\text{C}$ )		13	7~10	5
비뚤을 때의 콘크리트의 최저온도	기온 $-1^{\circ}\text{C}$ 이상	16	10~13	7
	기온 $-1^{\circ}\text{C}$ ~ $-18^{\circ}\text{C}$	19	13~16	10
기온 $-18^{\circ}\text{C}$ 이하		21	16~19	13

### 5. 養生時の 유의사항

한중콘크리트 시공시 양생방법이나 外氣溫度, 配合, 구조물의 종류 및 크기 등에 따라 계획을 수립해야 하며, 양생중에는 타설한 콘크리트가 초기에 동결하지 않도록 잘 보호하고 양생중에는 콘크리트 온도를 5 $^{\circ}\text{C}$  이상으로 유지함이 바람직하다. 그 이유는 그림 1에서와 같이 콘크리트가 초기에 기온이 낮으면 그 후에 양생을 계속하더라도 강도의 증진이 적기 때문이다.

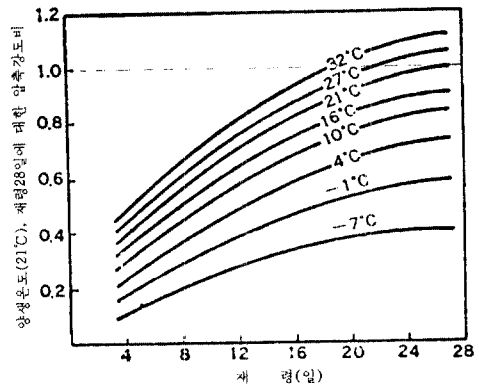


그림 1. 콘크리트의 양생온도와 압축강도와와의 관계

표 2. 심한 기상작용을 받는 콘크리트의 양생종료시의 소요압축강도의 표준(kg/cm<sup>2</sup>)

구조물의 노출상태	단 면		
	얇은 경우	보통의 경우	두꺼운 경우
(1) 계속해서 또는 자주 물로 포화되는 부분	150	120	100
(2) 보통의 노출상태에 있고 (1)에 속하지 않는 부분	50	50	50

그래서 콘크리트 양생을 위하여 열을 가할 경우가 있으나 콘크리트가 급히 건조되거나 국부적으로 가열되지 않도록 주의해야 한다. 또한 콘크리트 시공중에 예상되는 하중에 대하여 충분한 강도가 얻어질때 까지 양생해야 한다.

그후 2일간 콘크리트온도를 0 $^{\circ}\text{C}$  이상으로

유지해야 한다. 만약 심한 기상작용을 받는 콘크리트의 양생기간은 표 2의 압축강도가 얻어질때 까지를 표준으로 정하고 있다.

이때 표 2의 압축강도를 얻기위한 필요 양생일수는 시멘트의 종류, 배합, 양생온도 등에 따라 다르지만 5 $^{\circ}\text{C}$  및 10 $^{\circ}\text{C}$ 에서 양생할 경우의 대체적인 표준양생 일수는 표3과 같다.

표 3.

5℃ 및 10℃에서의 양생일수의 표준

구조물의 노출상태	단면 시멘트의 종류	보통의 경우		
		보통포틀랜드 시멘트	조강포틀랜드 보통포틀랜드 + 축진제	혼합시멘트 B종
(1) 연속해서 또는 자주 물로 포화되 는 부분	5℃	9일	5일	12일
	10℃	7일	4일	9일
(2) 보통의 노출상태에 있고 (1)에 속 하지 않는 부분	5℃	4일	3일	5일
	10℃	3일	2일	4일

### 6. 맺 는 말

한중콘크리트 시공시 콘크리트가 凍結하지 않도록 또한 寒冷下에 있어서 소요의 품질이 얻어지도록 재료, 배합, 비비기, 운반, 타설, 양생, 거푸집 및 동바리등에 대하여 적절한 조치를 취해야하며 아울러 시공시 아래 사항에 대하여 미리 점검하여 대책을 강구함이 바람직하다고 생각된다.

(1) 콘크리트의 응결경화 초기에 동결되지

않도록 보온조치를 취할 것.

(2) 양생종료시부터 解凍時까지 받는 凍結 融解作用에 대하여 충분한 저항성을 가지게 할 것.

(3) 工事中의 각단계에서 예상되는 하중에 대하여 충분한 강도를 가지게 할 것.

(4) 완성된 구조물로서 최종적으로 필요로 하는 강도, 내구성 및 수밀성을 가지게 할 것.