

기상자료를 이용한 콘크리트의 단계별 기온보정강도 적용기간 산정

Period of the Strength Correction of the Concrete with the Temperature Level Based on Meteorological Data

한민철*

Han, Min-Cheol

Abstract

According to Korean Architectural Standard Specification (KASS), at the design stage of the specified concrete strength, strength correction with each temperature level should be considered to secure required strength at 28 days even in low temperature condition. In this paper, the period for the strength correction at the stage of mixture design of the concrete using ordinary Portland cement(OPC) specified in KASS was determined with each region of south Korea based on the meteorological data of KMA(Korea meteorological administration) by applying KASS-5 regulation. In case of 28 days of strength control age, the period for strength correction with 6MPa was calculated to 50~60 days and, with 3 MPa, to around 80 days. The period for the strength correction was shown to be decreased with the rise of altitude. The period to consider the delay of the strength development due to low temperature including the period of cold weather concrete was nearly 7 months around 1 year. References for determining the strength correction factors with each region of south Korea was provided in this paper. Further investigation of strength correction of the concrete containing blended cement is to studied.

키워드 : 기온보정강도, 건축공사표준시방서, 한국 기상청, 배합강도

Keywords : Strength correction, KASS, Korea meteorological administration, Target strength

1. 서론

우리나라는 4계절의 변화가 뚜렷한 기후조건을 갖고 있고, 이로 인하여 국내 건설공사 현장에서는 계절변화에 따른 기온의 변동에 대응하는 콘크리트의 설계 및 시공이 필수적이다.

그런데 이러한 외 기온 변동 중 특히, 저온 환경 하에서의 콘크리트, 특히 표준양생온도 조건(20±3℃)보다 낮지만 4℃ 보다는 높은 범위에 대응되는 콘크리트 공사의 경우(본 연구에서는 한랭기라 칭함) 건축공사 표준시방서(이하 KASS)¹⁾상에서는 외 기온에 의한 단계별 강도보정을 실시하여 이를 배합강도 결정에 도입하는 방법으로 저온에 의한 구조체 콘크리트의 강도증진 저하에 대처하고 있는 상황이다.

한편, 실무 건설공사 현장에서는 이러한 기온보정 강도 적용에 대하여 인식이 부족할 뿐만 아니라, 기온보정강도 적용에 따른 강도 상향 조정 등으로 인한 공사비 상승에 기인하여 적용을 꺼리는 것이 현실이고, 각 지역의 기상청 자료로부터 기온보정 강도의 적용을 받는 기간을 산정하는 데에는 많은 노력이 요구된다.

이러한 기온보정 강도와 연관하여 한 등은 적산온도 개념을 이용하여 우리나라 실정에 적합한 기온보정강도를 산정한 후

KASS의 관련 규정과 비교를 통하여 일부 오류를 지적하고 이를 국내 규격으로 제안한 바 있고,²⁾ 그 외의 연구는 거의 보고된바 없는 실정이다. 그러나 일본의 경우 일본 건축공사 표준 사양서(JASS-5)³⁾에 우리나라와 같은 기온보정 강도 규정을 제시하고 있으며 대부분의 콘크리트 공사현장에서 이규정을 충실히 적용하고 있는 상황이다.

그러므로 본 연구에서는 우리나라 건축공사 실무 조건에 적합한 기온보정 강도를 설정하기 위한 연구의 일환으로 최근의 기상청 기상 통계 자료를 토대로 한랭기 우리나라 남한 내 각 지역별 KASS의 기온보정강도 적용규정에 의한 보통 포틀랜드 시멘트 사용 콘크리트의 기온보정 강도 적용기간을 산정하여 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 한랭기 콘크리트 및 배합강도결정 방법

2.1.1 한랭기 콘크리트의 정의

한랭기란 콘크리트를 부어넣은 후 4주까지의 평균기온이 4~17℃정도에 해당되는 기간을 말한다. 이 기간에는 한중환경은 아니지만 표준양생온도 조건(20±3℃)보다는 낮은 기간

* 청주대학교 건축공학부 전임강사, 공학박사, 정회원

표 1. KASS의 기온보정 강도 관련 규정 변천 과정

구분	내용	비고
1966년 제정	$F=F_0+\sigma$	○ 기온을 고려하지 않음
1978년 개정	(1) 콘크리트의 품질이 "고급"일 때 $F \geq F_c + T + 1.64\sigma$ $F \geq 0.8(F_c + T) + 3\sigma$ (2) 콘크리트의 품질이 "보통"일 때 $F \geq F_c + T + \sigma$ $F \geq 0.8(F_c + T) + 3\sigma$	○ 관리재령 28일에서의 기온 보정을 최초로 도입 ○ T란 「콘크리트 타설 후 28일 동안의 예상평균기온에 의한 콘크리트 강도의 보정값」을 의미함 ○ 0, 1.5, 3.0, 4.5 및 6N/mm ² 중 표에서 찾아 결정
1986년 개정	상 동	상 동
1994년 개정	(1) 구조체 콘크리트의 강도관리재령이 28일인 경우 $F \geq F_c + T + 1.73\sigma$ $F \geq 0.8(F_c + T) + 3\sigma$ (2) 구조체 콘크리트의 강도관리 재령이 28일을 넘고 91일 이내인 경우 $F \geq 0.7F_c + T_{28} + 1.73\sigma$ $F \geq F_c + T_n + 1.73\sigma$ $F \geq 0.8(F_c + T_n) + 3\sigma$	○ 고급, 보통인 품질을 하나로 통일 하고, 고급 품질의 경우 고내구성 콘크리트 절로 독립하여 규정 ○ 28일 관리재령에서 뿐만 아니라, 91일 이내에서 관리재령을 연장하여 기온보정을 고려하는 규정을 도입 ○ T, T ₂₈ , T _n 은 표에서 시멘트 종류 및 평균기온정도에 따라 결정
1999년 개정	상 동	상 동
2006년 개정	상 동	○ T, T _n 의 경우 강도보정 단위가 3MPa단위로 수정되고, 강도보정의 온도단계 바뀜

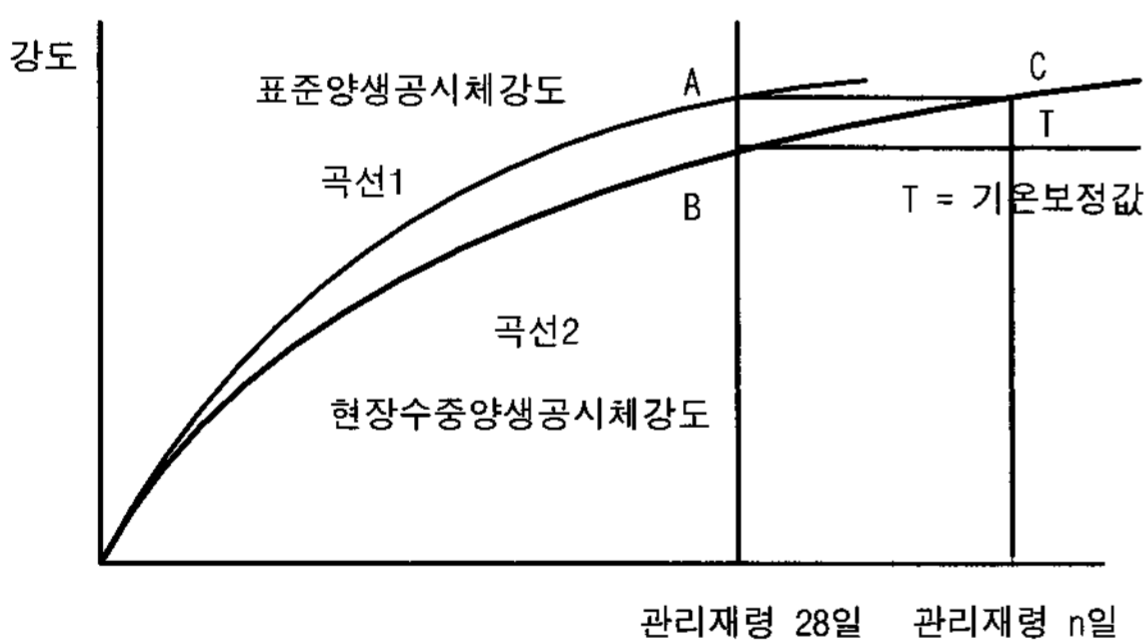


그림 1. 콘크리트 강도와 양생온도 및 관리재령간의 관계모식도

으로, 이 기간에 타설되는 콘크리트의 경우 콘크리트보다 상당 부분 저조하게 된다. 이렇게 저조한 강도발현 상황에서 소요강도를 얻기 위해서는 배합 설계 시 그 차이만큼을 보정해 주거나, 관리 재령을 연장해줌으로써 콘크리트의 강도저하를 해결해 주어야 한다.

즉, 그림 1에서 곡선 ②는 곡선 ①에 비해 저온 환경에서 양생된 경우로서, 이때 곡선 ②의 B점 강도는 목표하는 배합 강도 A점에 미치지 못한다. 여기서 일정 재령 내에 소요 강도를 확보할 수 있도록 하기 위해서는 배합 강도 결정시 그 차이(T)만큼 상향 보정이 필요한데, 이것이 바로 기온보정 강도이

다. 또한 곡선 ②의 B점 강도를 곡선 ①의 A점 강도만큼 발휘되도록 C점만큼 기간을 연장하는 방법이 있는데 이를 관리재령 연장방법이라 한다.

이러한 기온보정 강도 규정은 표 1과 같이 지난 1978년 KASS의 1차 개정 시 처음으로 도입된 이래, 지난 2006년 KASS의 전면개정시 기온보정 강도 산정 규격이 상당 부분 개정되었는데, 특히 이번 개정에서는 기존의 1.5 MPa 단위였던 단계별 기온보정 강도 규정이 3 MPa단위로 바뀌었고, 최대 기온 보정강도 값도 6 MPa로 조정되었다.

2.1.2 한랭기 콘크리트 배합강도 결정방법

콘크리트가 동결되지 않더라도 일평균기온 4℃이상 17℃이하인 저온에 노출되면 응결 및 경화반응이 상당히 지연되어 조기에 하중을 받는 구조물에서는 균열이나 잔류변형 등의 문제가 생긴다. 이와 같은 한랭기 환경에서의 콘크리트 시공과 관련하여 KASS에서는 소정의 재령에서 소요 강도를 얻기 위해 배합강도 결정시 기온보정 강도를 고려하도록 규정하고 있다.

현행 KASS의 규정에 의하면 배합강도는 표준양생에 의한 재령 28일 공시체의 압축강도로 표시하고, 구조체 콘크리트의 강도관리 재령에 따라 일반 콘크리트와 고강도 콘크리트의 영역으로 구분하여 다음의 ① 및 ②에 나타낸 각각의 식을 만족하도록 규정하고 있다.

1) 일반 콘크리트에 대한 배합강도 결정 방법

- ① 구조체 콘크리트의 강도관리재령이 28일인 경우
 - $F \geq F_c + T + 1.73\sigma$ (1)
 - $F \geq 0.85(F_c + T) + 3\sigma$ (2)
- ② 구조체 콘크리트의 강도관리재령이 28일을 넘고 91일 이내인 경우
 - $F \geq F_c + T_n + 1.73\sigma$ (4)
 - $F \geq 0.8(F_c + T_n) + 3\sigma$ (5)

2) 고강도 콘크리트에 대한 배합강도 결정 방법

- ① 구조체 콘크리트의 강도관리재령이 28일인 경우
 - $F_{28} \geq F_c + T + 2\sigma$ (6)
 - $F_{28} \geq 0.9(F_c + T) + 3\sigma$ (7)
- ② 구조체 콘크리트 강도관리재령이 28일을 넘고 91일 이내인 경우
 - $F_{28} \geq 0.7F_c + T_{28} + 2\sigma$ (8)
 - $F_n \geq F_c + T_n + 2\sigma$ (9)
 - $F_n \geq 0.9(F_c + T_n) + 3\sigma$ (10)

여기서,

- F : 콘크리트의 배합강도 (N/mm²)
- F_c : 콘크리트의 설계기준 강도 (N/mm²)
- T : 구조체 콘크리트의 강도관리를 위하여 공시체의 양생 방법을 현장수중양생으로 한 경우 콘크리트를 부어넣은 날로부터 28일간의 예상평균기온에 따른 콘크리

트의 강도보정값 (N/mm^2)

T_{28} : 구조체 콘크리트의 강도관리를 위하여 공시체의 양생방법을 현장봉함양생으로 한 경우, 콘크리트를 부어넣은 날로부터 28일간의 예상평균기온에 따른 콘크리트 강도보정값 (N/mm^2)

T_n : 구조체 콘크리트의 강도관리를 위하여 공시체의 양생방법을 현장봉함양생으로 한 경우, 콘크리트를 부어넣은 날로부터 n일간의 예상평균기온에 따른 콘크리트의 강도 보정값 (N/mm^2), 단 $28 < n \leq 91$

σ : 콘크리트 강도의 표준 편차(N/mm^2)

2.2 KASS의 기온보정강도 적용규정

2.2.1 KASS-5의 적용규정

KASS-5에서는 한랭기 환경에서 배합강도 산정시 예상평균기온에 따른 콘크리트 강도의 보정치 T_n 은 표 2와 같이 제시 되어 있다. 이 경우 예상 일평균기온에 따른 콘크리트의 강도 보정치 T_n 은 표 1을 따르고 예상 평균기온의 범위에 알맞게 정한다.

표 2. 콘크리트 강도의 기온에 따른 보정값 T_n 표준값

시멘트의 종류	재령 n(일)	콘크리트를 부어 넣은 날로부터 28일간의 예상 평균기온의 범위 (°C)		
		2 이상	-	-
보통포틀랜드 시멘트, 플라이애시 시멘트 A종, 고로슬래그 시멘트 특급	91	2 이상	-	-
	56	7 이상	2이상 7미만	-
	42	12이상	4이상 12미만	2이상 4미만
	28	16이상	8이상 16미만	3이상 8미만
플라이애시 시멘트 B종	91	2이상	-	-
	56	8이상	3이상 6미만	-
	42	13이상	5이상 13미만	3이상 5미만
	28	16이상	10이상 16미만	5이상 10미만
고로슬래그 시멘트 1급	91	2이상	-	-
	56	10이상	5이상 10미만	2이상 5미만
	42	14이상	10이상 14미만	6이상 10미만
	28	17이상	13이상 17미만	10이상 13미만
콘크리트 강도의 기온에 따른 보정값 T_n (N/mm^2)		0	3	6

3. 우리나라 각 지역 및 단계별 기온보정 강도 적용기간에 대한 분석

3.1 기온보정강도 산정 방법

본 연구에서 수행한 기온보정 강도 산정방법은 먼저 우리나라

라 기상청의⁴⁾ 1970~2000년까지의 30년간 일평균 기온자료를 이용하여 관리재령 28일, 42일 및 56일간 각각의 평균기온을 산정한 후, 표 1의 규정에 의거하여 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 경우에 한하여 단계별 기온보정강도 적용기간을 지역별로 산정하였다.

3.2 기온보정 강도 규정의 검토

그림 2는 OPC를 사용한 콘크리트의 KASS 규정에(표1 참조) 의한 관리재령 및 단계별 기온 보정 강도 값과 필자에 의하여 종전에 제안된 기온보정강도 값을²⁾ 상호 비교한 것이다.

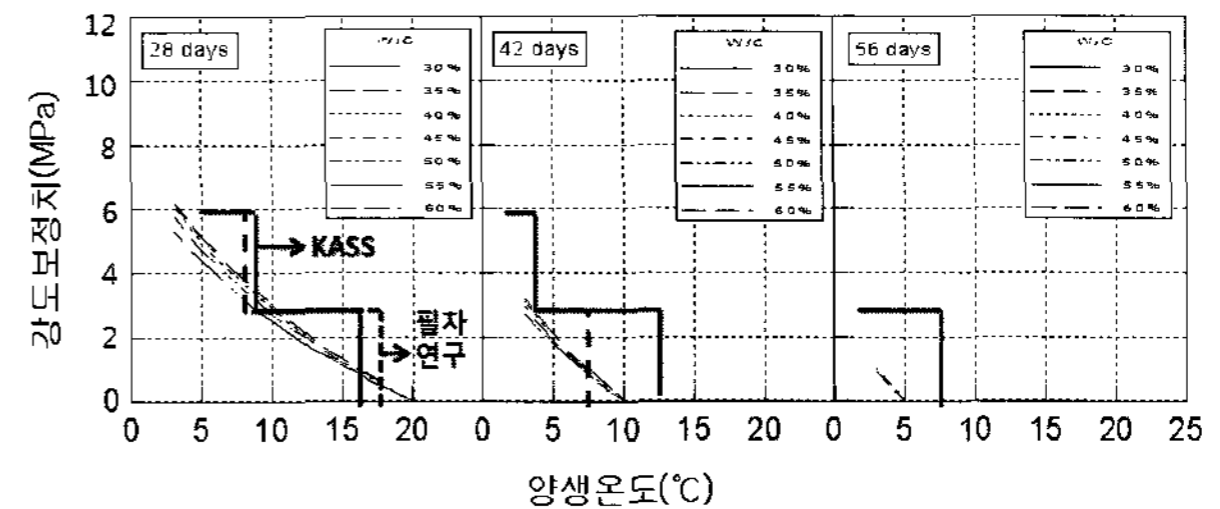


그림 2. 단계별 기온보정 강도의 비교

필자의 종전 연구에서 기온보정 강도 값을 산정한 방법은 콘크리트의 압축강도 실험 결과를 토대로 재령 28일, 재령 42일 및 91일에서의 압축강도를 산정한 후, 이를 표준양생온도(20°C)의 28일 재령 즉, 적산온도 840 DD에서 산정한 강도와 차이를 구하여 그 차이를 강도보정 값으로 산정하였다. 즉, 관리재령 28일의 경우 양생온도 7~17°C미만은 3MPa, 4~7°C미만은 6MPa를 보정하는 것으로 제안하였고, 관리재령 42일의 경우 4~7°C까지 3MPa를 보정하는 것으로 제안하였으며 56일과 91일은 강도보정이 필요 없음을 제안하였다.

전반적으로 관리재령 28일의 경우 KASS와 필자의 종전연구가 큰 차이를 보이지 않으나, 관리재령 42일의 경우 현행 KASS는 2~4°C구간에서 6 MPa를 보정해 주어야 하는 것으로 규정하고 있고, 필자의 연구결과에서는 3 MPa만 보정하는 것으로 제안하였으며, 관리재령 56일의 경우 KASS는 3 MPa를 보정하도록 하고 있으나, 필자의 연구에서는 보정이 필요 없음을 제안한 바 있다.²⁾

기온보정 강도는 적산온도 840 DD이하가 되는 온도부터 적용되어야 하는데, 이 경우 관리재령 42일에서는 평균양생온도 10°C, 56일에서는 5°C에 해당된다. 여기에 관리재령별 안전율을(3%) 감안할 경우 42일에서는 7°C, 56일에서는 2°C부터 기온보정강도가 적용되어야 한다.

따라서 관리재령 42일의 경우 7°C부터 한중 콘크리트 적용기간의 시작온도인 4°C까지 3MPa, 관리재령 56일의 경우는 기온보정 강도 적용 온도가 한중 콘크리트 적용기간의 온도에 해당됨으로 한중 콘크리트 관련규정을 따라야 한다.

그러나, 현행 KASS의 규정은 관리재령 28일의 경우 큰 차이는 없지만, 관리재령 42일과 56일의 경우 기온보정 강도 적용시 일부 오류로 인해 여전히 부정확한 기온보정 강도 값을

표 3. 관리 재령 별 우리나라 각 지역의 기온보정 강도 적용기간 (보통 포틀랜드 시멘트)

지역구분		관리재령 28일				관리재령 42일				관리재령 56일		
		6MPa	3MPa	3MPa	6MPa	6MPa	3MPa	3MPa	6MPa	3MPa	3MPa	
경기도	서울	3/ 4-4/ 2	4/ 3-5/ 8	10/11-11/13	11/14-11/27	3/1-3/11	3/12-4/17	10/25-11/26	11/27-12/10	3/2-3/26	11/17-12/8	
	인천	3/ 7-4/ 3	4/ 4-5/18	10/11-11/13	11/14-11/27	3/2-3/12	3/13-4/19	10/29-11/26	11/27-12/10	3/3-3/27	11/17-12/10	
	수원	3/ 7-4/ 3	4/ 4-5/ 8	10/5-11/9	11/10-11/26	3/3-3/12	3/13-4/18	10/22-11/22	11/23-11/30	3/3-4/2	11/14-11/27	
	강화	3/12-4/ 3	4/ 4-5/19	10/6-11/9	11/10-11/24	3/3-3/12	3/13-4/19	10/21-11/20	11/11-11/26	3/4-4/2	11/11-11/26	
	양평	3/11-4/ 3	4/ 4-5/ 8	9/30-10/30	10/31-11/20	3/5-3/13	3/14-4/18	10/16-11/17	11/18-11/26	3/5-3/27	11/10-11/26	
	이천	3/11-4/ 2	4/ 3-5/ 8	10/4-11/7	11/8-11/23	3/2-3/12	3/13-4/18	10/20-11/17	11/18-11/26	3/3-3/26	11/10-11/26	
강원도	강릉	3/ 2-3/26	3/27-5/ 5	10/11-11/17	11/18-12/14	2/12-3/2	3/3-4/12	10/31-11/10	12/11-12/30	2/26-3/25	11/10-12/27	
	속초	3/ 3-4/ 2	4/ 3-5/17	10/11-11/17	11/18-12/13	2/26-3/7	3/8-4/17	10/31-12/10	12/11-12/24	3/1-3/26	11/21-12/22	
	대관령	4/ 4-4/21	4/22-6/14	9/7-10/17	10/18-11/9	3/28-4/3	3/4-5/20	9/26-11/7	11/8-11/15	3/28-4/17	11/1-11/14	
	태백	3/27-4/12	4/13-5/30	9/13-10/25	10/26-11/16	3/13-3/28	3/29-4/26	10/5-11/15	11/16-11/25	3/13-4/7	11/1-11/25	
	춘천	3/12-4/ 3	4/ 4-5/ 8	10/2-11/7	11/8-11/20	3/4-3/16	3/17-4/18	10/18-11/17	11/18-11/26	3/5-3/27	11/10-11/26	
	원주	3/12-4/ 3	4/ 4-5/ 8	9/27-10/30	10/31-11/20	3/5-3/13	3/14-4/18	10/18-11/17	11/18-11/26	3/5-3/28	11/10-11/26	
	철원	3/12-4/ 4	4/ 5-5/14	9/26-10/29	10/30-11/19	3/10-3/19	3/20-4/19	10/15-11/17	11/18-11/23	3/10-4/2	10/31-11/22	
	인제	3/13-4/ 4	4/ 5-5/20	9/26-10/31	11/1-11/18	3/8-3/18	3/19-4/21	10/14-11/16	11/17-11/23	3/8-4/3	11/8-11/23	
홍천	3/13-4/ 4	4/ 5-5/18	9/26-10/29	10/30-11/17	3/7-3/18	3/19-4/19	10/14-11/16	11/17-11/22	3/7-4/3	11/8-11/20		
충청북도	청주	3/ 7-4/ 2	4/ 3-5/ 5	10/5-11/9	11/10-11/26	3/2-3/11	3/12-4/16	10/22-11/23	11/14-11/30	3/2-3/26	11/15-11/30	
	충주	3/ 7-4/ 2	4/ 3-5/ 8	10/2-11/7	11/8-11/23	3/2-3/12	3/13-4/18	10/19-11/17	11/18-11/27	3/4-3/27	11/10-11/26	
	추풍령	3/ 5-3/27	3/28-5/ 6	10/4-11/9	11/10-11/27	3/2-3/12	3/13-4/16	10/21-11/26	11/27-12/8	3/3-3/26	11/15-12-8	
	제천	3/13-4/ 5	4/ 6-5/18	5/26-10/29	10/30-11/17	3/7-3/18	3/19-4/20	10/15-11/16	11/17-11/23	3/8-4/3	11/1-11/23	
	보은	3/12-4/ 3	4/ 4-5/18	9/26-10/30	11/1-11/23	3/7-3/17	3/18-4/19	10/16-11/17	11/18-11/27	3/7-4/2	11/10-11/26	
충청남도	대전	3/ 4-3/27	3/28-5/ 4	10/5-11/13	11/14-11/27	2/28-3/6	3/7-4/13	10/23-11/26	11/27-12/10	3/1-3/25	11/16-12/10	
	서산	3/ 7-4/ 3	4/ 4-5/17	10/5-11/13	11/14-11/31	3/3-3/12	3/13-4/19	10/23-11/26	11/27-12/10	3/3-4/2	11/16-12/10	
	천안	3/ 7-4/ 3	4/ 4-5/ 8	10/5-11/9	11/10-11/26	3/3-3/12	3/13-4/18	10/21-11/23	11/24-11/30	3/3-4/2	11/14-11/30	
	보령	3/ 6-4/ 3	4/ 4-5/17	10/9-11/14	11/15-12/10	2/28-3/11	3/12-4/19	10/25-11/27	11/28-12/14	3/3-4/1	11/17-12/14	
	부여	3/ 6-4/ 2	4/ 3-5/ 8	10/5-11/9	11/10-11/28	2/28-3/11	3/12-4/18	10/21-11/26	11/27-12/10	3/1-3/26	11/15-12/10	
	금산	3/ 7-4/ 2	4/ 3-5/ 9	10/2-11/7	11/8-11/26	3/3-3/12	3/13-4/18	10/18-11/20	11/21-11/30	3/3-3/27	11/14-11/30	
전라북도	전주	3/ 3-3/26	3/27-5/ 4	10/12-11/16	11/17-12/10	2/27-3/5	3/6-4/14	10/30-11/27	11/28-12/16	2/27-3/25	11/18-12/16	
	군산	3/ 3-4/ 2	4/ 3-5/17	10/13-11/16	11/17-12/11	2/27-3/10	3/11-4/18	10/31-12/2	12/3-12/21	2/27-3/26	11/21-12/17	
	정읍	3/ 3-4/ 1	4/ 2-5/ 5	10/8-11/15	11/16-12/10	2/27-3/5	3/6-4/16	10/29-11/27	11/28-12/16	2/28-3/26	11/17-12/16	
	남원	3/ 4-3/27	3/28-5/ 8	10/5-11/10	11/11-11/28	2/28-3/7	3/8-4/17	10/22-11/26	11/27-12/10	2/28-3/26	11/15-12/10	
	임실	3/ 9-4/ 3	4/ 4-5/19	9/26-11/14	11/15-12/10	3/5-3/17	3/18-4/20	10/16-11/20	11/21-11/27	3/5-4/2	11/10-11/27	
	장수	3/11-4/ 4	4/ 5-5/17	9/26-10/29	10/30-11/20	3/3-3/18	3/19-4/19	10/15-11/20	11/21-11/30	3/10-4/1	11/8-11/30	
전라남도	광주	2/27-3/26	3/27-5/ 4	10/14-11/17	11/18-12/11	2/11-3/2	3/3-4/11	11/1-12/10	12/11-12/24	2/12-3/18	11/21-12/23	
	목포	2/12-3/26	3/27-5/ 6	10/21-11/26	11/27-12/25	2/6-3/1	3/2-4/15	11/10-12/21	12/22/1/12	2/9-3/17	11/27-1/12	
	완도	2/ 9-3/19	3/20-5/ 6	10/22-11/27	11/28-1/10	1/1-2/11	2/12-4/13	11/13-12/24	12/25-12/31	1/1-3/12	12/3-12/31	
	여수	2/10-3/18	3/19-5/ 5	10/22-11/26	11/27-1/9	1/1-2/11	2/12-4/9	11/10-12/22	12/23-12/31	2/4-3/12	12/2-1/17	
	순천	2/28-3/27	3/28-5/ 8	10/6-11/13	11/14-12/2	2/14-3/4	3/4-4/16	10/25-11/28	11/29-12/11	2/23-3/25	11/17-12/11	
	장흥	2/28-3/27	3/28-5/ 8	10/7-11/16	11/17-12/10	2/12-3/3	3/4-4/16	10/30-12/2	12/3-12/21	2/12-3/25	11/18-12/21	
	해남	2/27-3/27	3/28-5/ 8	10/7-11/16	11/17-12/10	2/10-3/2	3/3/4/16	11/1-12/10	12/11-1/9	2/10-3/19	11/27-1/9	
	고흥	2/12-3/25	3/26-5/ 6	10/16-11/17	11/18-12/21	2/10-2/27	2/28-4/10	11/1-12/10	12/11-1/10	2/10-3/18	11/27-1/10	
경상북도	대구	2/25-3/25	3/26-4/22	10/16-11/17	11/18-12/11	2/11-3/1	3/2-4/9	10/31-12/3	12/4/12/21	2/11-3/16	11/21-12/21	
	포항	2/11-3/18	3/19-5/ 1	10/18-11/20	11/21-12/24	2/5-2/26	2/27-4/9	11/9-12/11	12/12-1/15	2/5-3/12	11/28-1/8	
	울진	2/27-3/ 2	3/28-5/17	10/12-11/17	11/18-12/22	2/11-3/2	3/3-4/16	10/31-12/11	12/12-1/9	2/11-3/26	11/24-1/8	
	안동	3/ 3-3/28	3/29-5/ 4	10/4-11/9	11/10-11/26	2/28-3/10	3/11-4/14	10/19-11/25	11/26-11/30	2/28-3/26	11/15-11/30	
	봉화	3/12-4/ 4	4/ 5-5/17	9/22-10/26	10/27-11/20	3/10-3/24	3/25-4/21	10/15-11/16	11/17-11/25	3/10-4/2	11/1-11/25	
	영주	3/ 8-4/ 1	4/ 2-5/ 7	10/1-11/8	11/9-11/25	3/2-3/11	3/12-4/18	10/19-11/20	11/21-11/27	3/3-3/27	11/13-11/27	
	문경	3/ 3-3/27	3/28-5/ 6	10/4-11/9	11/10-11/27	2/28-3/7	3/8-4/13	10/21-11/25	11/26-12/8	3/1-3/26	11/14-12/2	
	영덕	2/27-3/27	3/28-5/ 6	10/8-11/16	11/17-12/14	2/11-3/11	3/12-4/18	10/31-12/10	12/11-12/24	2/12-3/26	11/21-12/24	
	의성	3/ 8-4/ 2	4/ 3-5/ 7	10/2-11/7	11/8-11/23	3/5-3/12	3/13-4/18	10/18-11/17	11/18-11/26	3/5-3/27	11/10-11/26	
	구미	3/ 2-3/27	3/28-5/ 6	10/5-11/10	11/11-11/27	2/28-3/6	3/7-4/13	10/21-11/26	11/27-12/9	2/28-3/26	11/15-12/8	
	영천	3/ 2-3/27	3/28-5/ 6	10/5-11/12	11/13-12/1	2/19-3/6	3/7-4/14	10/23-11/26	11/27-12/10	2/27-3/26	11/16-12/9	
	울릉도	3/ 2-4/ 2	4/ 3-5/18	10/12-11/21	11/22-12/31	2/11-3/7	3/8-4/21	10/31-12/21	12/22-1/9	2/26-3/26	11/28-1/9	
	경상남도	마산	2/ 5-3/10	3/11-4/26	10/25-11/26	11/27-1/18	12/30-2/9	2/10-4/4	11/10-12/29	-	2/4-3/2	12/2-1/23
		통영	2/ 5-3/17	3/18-5/ 5	10/22-11/27	11/28-1/12	12/26-2/11	2/12-4/6	11/13-12/25	-	2/4-3/7	12/3-1/26
부산		2/ 5-3/12	3/13-5/ 4	10/23-11/27	11/28-1/17	1/9-2/10	2/11-4/4	11/15-1/8	-	1/1-3/3	12/11-12/31	
진주		2/19-3/26	3/27-5/ 4	10/10-11/16	11/17-12/10	2/11-3/2	3/3-4/9	10/29-11/30	11/31-12/17	2/12-3/18	11/18-12/11	
울산		2/11-3/19	3/20-5/ 3	10/18-11/20	11/21-12/25	2/5-2/25	2/26-4/11	11/8-12/11	12/12-1/15	2/5-3/12	11/27-1/10	
거창		3/ 5-3/28	3/29-5/ 7	10/1-11/9	11/10-11/27	2/28-3/11	3/12-4/18	10/19-11/20	11/21-12/8	3/2-3/26	11/14-12/2	
합천		2/28-3/26	3/27-5/ 1	10/5-11/13	11/14-12/2	2/13-3/2	3/3-4/9	10/25-11/27	11/28-12/11	2/19-3/19	11/11-12/11	
밀양		3/ 1-3/25	3/26-5/ 3	10/13-11/16	11/17-12/9	2/12-3/1	3/2-4/9	10/29-11/30	11/31-12/16	2/12-3/18	11/18-12/14	
산청		2/10-3/26	3/27-5/ 6	10/5-11/14	11/15-12/10	2/12-3/2	3/3-4/10	10/25-12/2	12/3-12/17	2/12-3/19	11/18-12/17	
거제		2/10-3/18	3/19-5/ 4	10/17-11/26	11/27-12/25	2/4-2/22	2/23-4/6	11/10-12/16	12/17-1/16	2/4-3/12	11/28-1/10	
남해		2/10-3/18	3/19-5/ 2	10/18-11/23	11/24-12/25	2/5-2/22	2/23-4/6	11/8-12/17	12/18-1/12	2/5-3/11	11/28-1/10	
제주도	제주	-	3/ 6-5/ 2	10/26-12/17	12/18-3/5	-	11/18-4/4	-	-	1/1-3/2	12/26-12/31	
	고산	-	2/27-5/ 1	10/30-12/25	12/26-2/26	-	11/21-4/4	-	-	1/13-1/24	-	
	서귀포	-	3/ 2-4/24	11/8-12/25	12/26-3/1	-	11/21-4/3	-	-	1/11-2/10	-	
	성산포	-	3/ 6-5/ 4	10/25-12/10	12/11-3/5	-	11/18-4/4	-	-	1/1-3/2	12/18-12/31	

표 4. 우리나라 각 지역별 기온보정강도 적용기간(보통 포틀랜드 시멘트;28일)

지점	월	1월			2월			3월			4월			5월			6월			8월			9월			10월			11월			12월		
		상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하	상	중	하			
경기도	서울																																	
	인천																																	
	수원																																	
	강화																																	
	양평																																	
	이천																																	
강원도	강릉																																	
	속초																																	
	대관령																																	
	태백																																	
	춘천																																	
	원주																																	
충청북도	청주																																	
	충주																																	
	청양																																	
	보은																																	
	제천																																	
	은진																																	
충청남도	대전																																	
	서산																																	
	천안																																	
	보령																																	
	부여																																	
	금산																																	
전라북도	전주																																	
	군산																																	
	정읍																																	
	남원																																	
	임실																																	
	장수																																	
전라남도	광주																																	
	목포																																	
	완도																																	
	여수																																	
	순천																																	
	장흥																																	
경상북도	대구																																	
	포항																																	
	진주																																	
	안동																																	
	봉화																																	
	영주																																	
	문경																																	
	영덕																																	
	의성																																	
	구미																																	
영천																																		
경상남도	울릉도																																	
	마산																																	
	통영																																	
	부산																																	
	진주																																	
	울산																																	
	거창																																	
	합천																																	
	밀양																																	
	산청																																	
거제																																		
제주도	남해																																	
	제주																																	
	고산																																	
	서귀포																																	
성산포																																		

비고) 기온보정강도(N/mm²) ■ 6 ■ 3

적용해야 하고, 또한 과다하게 기온보정 강도 값을 적용해야 하는 문제점을 갖고 있는 것으로 사료된다.

따라서 추후 KASS 기온보정 강도 관련 규정개정시 관리재령 42일과 56일의 규정은 수정이 필요할 것으로 판단된다.

3.3 한랭기 콘크리트의 기온보정강도 산정결과 비교

표 3과 4는 우리나라 남한 내 각 지역의 KASS 규정에 따른 보통 포틀랜드 시멘트를 사용한 콘크리트의 각 관리재령별 기온보정강도 적용기간을 나타낸 것이다.

각 지역별 기온보정강도 적용기간으로 관리재령 28일의 경우 6 MPa를 보정해야 하는 기간은 지역별로 차이는 있지만, 봄철은 대략 3월부터 4월까지와 가을철의 경우 11월초부터 12월 초까지로 조사되었는데, 남부지역으로 내려갈수록 적용기간의 시작일은 빨라지는 것으로 나타났고, 대략적으로 충청도 이후의 북부지방은 30~40일 전후로 나타난 반면, 남부지방의 경우는 50~60일 정도로 산정되었다. 이는 북부지방의 경우 위도가 높아짐에 따라 일평균 기온 4°C이하의 비교적 온도가 낮은 한중 콘크리트 적용기간에 편입되는 날 수가 많은 반면, 남부지방으로 갈수록 일평균 기온 4°C이하의 한중콘크리트 적용기간이 되는 날 수가 적고, 4~17°C에 해당되는 한랭기가 빨리 시작되며 그 기간이 상대적으로 길기 때문으로 분석된다.

또한, 3 MPa를 보정해야 하는 기간은 지역별로 차이는 있지만, 봄철의 경우 4월 상순부터 5월 상순까지로 산정되었으며, 가을철의 경우 10월 상순부터 11월 초순까지로 조사되었는데, 대략 80일 전후로 산정되었다.

특히, 강원도 대관령 및 태백 지방의 경우 기온보정이 필요한 기간이 4월 상순부터 6월 중순 그리고 9월 중순부터 11월 하순까지로 한중 콘크리트 적용기간을 포함하면 1년 중 대략 7월 및 8월의 2개월을 제외하고는 저온에 의한 강도증진 지연에 대한 대응을 고려해야 하는 것으로 나타났다. 또한, 중부지방의 경우 3 MPa를 보정해야하는 기간이 길고 6 MPa를 적용해야 하는 기간이 짧은 반면 남부지방으로 갈수록 6 MPa를 적용해야 하는 기간이 증가하는 것으로 나타났다.

한편, 관리재령 42일 및 56일의 경우도 봄철과 가을철에 대략 90일 전후와 40일 전후의 기온보정 강도 적용 기간이 산정되는 것으로 나타났다.

종합적으로 우리나라의 경우 이른 봄과 늦은 가을철에는 기온이 비교적 낮아 강도 발현 지연이 예상되므로 배합 계획 시 관리 재령 별 예상 평균 기온을 산정하여 단계별 기온보정 강도를 적용해야 하는데, 실무에서 예상 평균 기온을 예측하기가 용이하지 않기 때문에 기상청 자료에 의한 기상 데이터를 이용한 기온보정 강도 산정을 고려할 수 밖에 없는 실정으로 본 연구에서 제시된 지역별 자료가 이러한 기온보정강도 산정에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 사료되며, 아울러 향후 KASS 규격 개정 시 관리재령 42일과 56일의 기온보정강도 관련 규정은 재검토 되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 KASS의 기온보정 강도 규정에 의하여 배합 강도 결정시 단계별 기온보정강도를 우리나라 각 지역별로 산정하였는데, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 단계별 기온보정 강도 적용기간 중 관리재령 28일의 경우 6MPa를 보정해야하는 기간은 3월부터 4월 그리고 11월부터 12월까지 대략 30~60일 정도로 나타났는데, 중북부 지역의 경우는 적용 기간이 짧고 남부 지방의 경우가 오히려 길게 나타났는데, 이는 중북부 지방의 경우 한중 콘크리트 적용기간이 길기 때문으로 분석된다.
- 2) 현행 KASS의 기온보정 강도 관련 규정과 관련하여 관리재령 42일에서는 각각 3 MPa와 6MPa의 두 단계, 그리고 56일의 경우 3MPa를 적용하도록 규정하고 있는데, 이는 필자의 연구결과에 따르면 과다한 값으로 사료되며, 향후 KASS 개정 시 충분한 고려를 통해 올바른 기온보정 강도 값을 적용해야 할 것으로 판단된다.
- 3) 본 연구의 범위에서는 기상청의 과거 30년간 통계자료를 토대로 기온보정 강도를 산정하였으나, 최근의 지구 온난화 등으로 인한 기온의 상승에 의하여 통계자료의 변동이 예상될 수 있으므로 가능한 오차를 줄일 수 있는 적절한 통계기간의 결정 및 혼합 시멘트를 사용한 경우에 대한 기온보정강도 산정에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, pp.100~200, 1994
2. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, pp.123~126, 2006
3. 한국기상청, www.kma.go.kr
4. 한민철, 한천구, 적산온도방식에 의한 콘크리트강도증진 해석에 의한 기온보정강도의 검토, 대한건축학회논문집 구조계, 5권 11호, pp.71~78, 1999. 11
5. Nicolas. J. Carino ; The maturity method, Cement, concrete and aggregates, 1984
6. 鎌田英治, 洪悦郎, 林直樹, 寒中コンクリートを対象としたコンクリート強度増進曲線の検討, セメント技術年報, 1990
7. 金武漢, 洪悦郎, 鎌田英治 : モルタルおよびコンクリートの積算溫度と壓縮強度發現に關する實驗的研究 日本建築學會構造系論文報告集, No 355.
8. 日本建築學會, 建築工事標準仕様書, pp.110~140, 2003
9. 韓千求, 洪悦郎, 鎌田英治, 吉野利幸, 桂修, 高強度コンクリートの壓縮強度増進性狀に關する研究,(平均養生溫度による寒中コンクリートの強度補正值の提案, 日本建築學會大會學術講演論文集, 1992