

경년변화에 따른 우리나라 한중 콘크리트 적용기간의 변천

Variation of the Period of Cold Weather Concrete in Korea with the Elapse of Age



한민철*
Min-Cheol Han



윤기원**
Gi-Won Yoon

1. 서 론

최근 초고층 건물과 같은 현대적인 건설 구조물은 건설공기의 중요성이 매우 중요하게 대두됨에 따라 연중시공이 필수적으로 온도의 영향을 고려한 한중 콘크리트의 필요성은 어느때보다도 강조되고 있다.

한중 콘크리트는 저온의 동결환경에 대응하는 콘크리트 시공법을 의미하는데, 이러한 한중 콘크리트의 적용기간은 한중 콘크리트 시공에 기초가 되는 자료로서, 타설된 콘크리트가 정상적인 강도발현 및 초기동해를 받지 않도록 특별한 배려가 필요한 기간을 말한다.

즉, 건설공사 현장에서 한중 콘크리트의 적용기간을 공사계획단계에서부터 입안함으로써 당해 지역의 한중 콘크리트 적용기간이 임박하면 한중 콘크리트 시공에 요구되는 배합계획, 한중 콘크리트용 가설재의 이용 방안 및 양생계획 등을 조기에 수립하여 겨울철 건설공사 현장에서 미처 예상치 못했던 저온에 의한 콘크리트의 피해를 보다 신속하고 유연하게 대처해 나갈 수 있도록 하는 것이다. 그러나 실무현장에서는 한중 콘크리트 적용기간에 대한 인식이 부족할 뿐만 아니라 각 지역의 기상청 자료로부터 한중 콘크리트의 적용을 받는 기간을 산정하는 데에는 많은 노력이 요구된다.

한편, 이러한 한중 콘크리트 적용기간의 경우 지구의 기상조건과 밀접한 관계를 갖는데, 즉 최근 수십년 사이에 전 세계적으로 이루어지고 있는 눈부신 산업화는 지구온난화로 이어져 평균기온이 상승되고 있는데, 우리나라의 경우도 예외일 수 없을 것으로 이에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변화도 예상해 볼 수 있다.

그러므로 본 고에서는 최근의 기상청 기온자료를 이용하여 우리나라 남한내 각 지역에 대한 한중 콘크리트 적용기간을 각 규정에 따라 산정하고, 또한 종전의 연구자료와 비교·검토함으로써 경년변화에 따른 적용기간의 변화를 제시하여 실무 한중 콘크리트 시공에 참고자료로 제공하고자한다.

단, 본 고의 조사대상으로 대상지역은 기상청 자료를 토대로 남한 내 76개 지역을 선정하였고, 분석대상기간은 1971년부터 2000년까지 30년간의 기상청 일평균 자료를 기본으로 하였다. 참고로 종전의 연구는 1961년부터 1990년까지의 자료¹⁾ 및 1931년부터 1980년까지의 기상자료를²⁾ 이용하였다.

2. 한중 콘크리트 적용기간에 관한 규정 및 고찰

2.1 한국콘크리트학회(KCI)의 규정

KCI의 콘크리트 표준시방서에서 한중 콘크리트 적용기간은 “하루의 평균기온이 4℃ 이하로 예상되는 기상조건하에서는 응결경화반응이 몹시 지연되어 밤중이나 새벽뿐만 아니라 낮에도 콘크리트가 동결할 염려가 있으므로 한중 콘크리트로서 시공해야 한다”라고 규정되어 있다.

또한, “한중 콘크리트의 적용을 받는 기간은 공사시방서에 따른다. 다만, 공사시방서가 없는 경우에는 상기의 기온조건을 만족하는 기간을 기상청 자료 등을 이용하여 정한 후 책임기술자의 승인을 얻어 적용할 수 있다”라고 기술하고 있다.

2.2 대한건축학회(AIK)의 규정

한중 콘크리트의 적용기간에 대한 규정으로 건축공사표준시방서(KASS)에서는 “한중 콘크리트의 적용기간은 전문시방서에 따른다. 전문시방서가 없는 경우는 콘크리트를 부어넣은 후 28일까지 적산온도 M이 370°D·D 이하인 기간에 실시한 철근콘

* 정희원, 청주대학교 건축공학부 전임강사
twhan@cju.ac.kr

** 정희원, 주성대학 건축과 교수

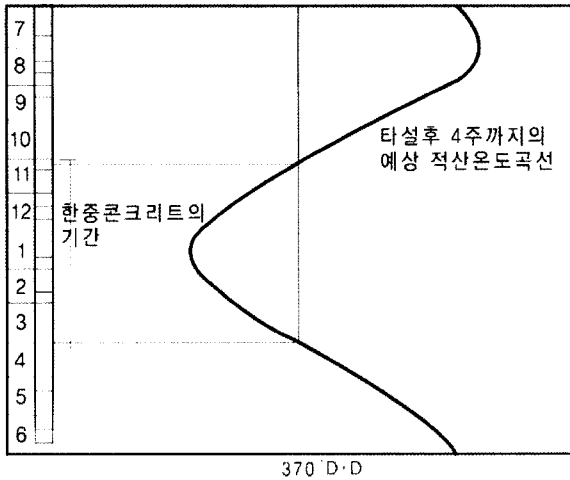


그림 1. 한중 콘크리트의 적용기간 설정방법(AIJ방법)⁵⁾

크리트 공사에 적용하는 것으로 하고, 담당원의 승인을 받는다" 라고 되어있다.

2.3 ACI의 규정

ACI 규정은 한중 콘크리트의 적용기간을 "① 일평균 기온이 40°F(5°C) 이하로 예상되는 기간이 3일 이상 연속되는 경우와 ② 대기온도가 10°C 이하로 연속적으로 12시간 이상 지속되는 경우"로 규정하고 있다. 또한, 한중 시공기간은 일반적으로 가을에 시작해서 봄까지 계속되는 것으로 규정하고 있다.

2.4 일본건축학회(AIJ)의 규정

AIJ의 건축공사 표준사양서(JASS)에서 규정하고 있는 한중 콘크리트 적용기간은 KASS의 경우와 같이 특기시방에 따르도록 정하고 있으나, 단, AIJ의 「한중 콘크리트 시공지침·동해설」에 기록된 한중 콘크리트의 적용기간은 "기상청에 의해서 일별 평균기온을 평활평년치로 한 재령 28일까지의 적산온도 M이 370°D·D 이하로 되는 날을 포함한 순(旬: 10일 단위)의 초일과 종일까지를 적용기간의 시작일과 종료일로 한다"라고 설명하고 있다.

또한, "이 기간 이외에서도 일별 최저기온 평활평년치가 -2°C 이하가 되는 기간에는 가능한 본 지침을 준용하고 초기동해방지를 위해 적절한 시설을 설치하는 것이 요망된다"라고 규정되어 있다.

여기서, 한중 콘크리트 적용기간을 개념은 약간 차이가 있을 지라도 적산온도 370°D·D를 평균기온으로 환산하면 3.2°C에 해당되는데, 이와 같은 기간은 물시멘트비 60%정도의 AE 콘크

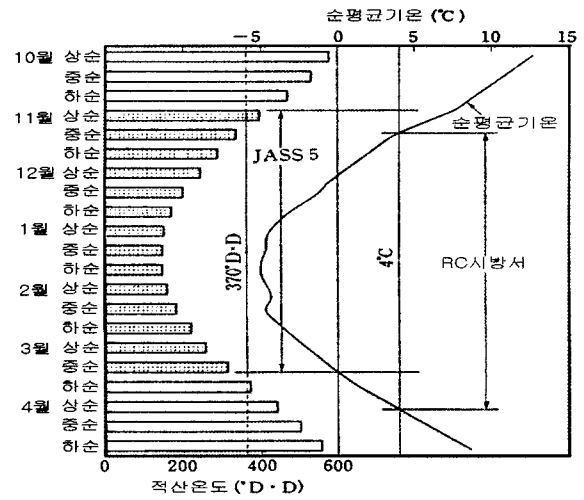


그림 2. 건축분야 및 토목분야의 한중 콘크리트 적용기간⁶⁾

리트에서 표준양생한 경우와 비교할 때 강도부족이 대략 25% 이상이 되는 온도범위에 해당된다.

또한, 한중 콘크리트의 적용기간을 경미한 동결기와 동결작용기로 구분하여 최저기온이 -3°C를 상회하는 경우를 경미한 동결기, 보다 낮은 온도로 되는 경우를 동결작용기로 규정하고 있다.

먼저 경미한 동결기에 해당되는 최저기온 -3°C 이상에서는 단순히 시트양생 정도로도 초기동해 방지가 가능한 한계온도로 설정하고 있다. 이때 한중 콘크리트에서는 초기동해문제가 가장 중요하게 대두되는데, 실제 공사현장에서는 기상청의 기상통계 자료 및 콘크리트 부어넣기 후 당일 저녁부터 다음날 오전까지의 최저기온자료를 기상예보나 현장의 실측을 통하여 검토하는 것이 반드시 필요하다.

또한, 최저기온이 -3°C 이하로 되는 동결 작용기에는 대부분의 한중 콘크리트 적용기간을 포함하고 있으므로 이에 따른 규정을 준수하면 되지만, 한파가 예상되는 경우에는 한중 콘크리트 적용기간이 지난 후에도 콘크리트의 동결이 발생할 가능성이 존재하므로 초기동해방지에 대한 사항을 시공계획서에 명시하게 된다.

〈그림 1〉은 시공일로부터 28일간의 적산온도 평년치 곡선을 모식도로 나타낸 것이다. 그림 중의 수직선은 적산온도(M) = 370°D·D의 선을 의미하는데, 이 수직선보다 좌측에 있는 부분이 적산온도가 370°D·D 이하이며 이 부분이 한중 콘크리트 시공의 적용기간이 됨을 의미한다. 단, 이 그림에서 기간의 시작일은 그 순(1개월을 10일단위로 나눈 것: 상순, 중순, 하순)의 초일, 기간의 종료일은 그 순의 종일로 정하는 것을 원칙으로 한다.

〈그림 2〉는 일본건축학회의 한중 콘크리트 시공지침 및 일본

토목학회의 콘크리트 표준시방서 규정에 의한 한중 콘크리트의 적용기간을 나타낸 것으로 적용기간의 시작일과 종료일에서 부분적인 차이가 있음을 알 수 있다.

3. 한중 콘크리트 적용기간 규정에 관한 고찰

한중 콘크리트의 최대 고려사항인 초기동해 방지와 강도발현 지연에 대한 문제를 시공계획단계에서 미리 대응하기 위해 설정되는 것으로서, ACI 및 KCI의 규정은 일평균기온 개념을 고려하여 적용기간을 산정한다. 이들 규정은 주로 단면이 큰 토목용 콘크리트 구조물을 대상으로 적용된 것인데, 토목 구조물의 경우 한중 환경에서는 타설 초기의 초기동해 문제만 해결되면 그 이후의 강도발현 지연문제는 단면이 두껍기 때문에 이후 지속적인 강도발현을 통해 해결이 가능하다. 즉, ACI 및 KCI에서 규정하고 있는 일평균기온 40°F 및 4°C에서는 일최저 기온이 지역별로 차이는 있지만, 대부분 0.5 ~ -3.5°C 정도로 나타나고 있는데, 일반적으로 콘크리트의 동결온도가 W/C 및 혼화재료의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만 -0.5 ~ -2.0°C로 알려져 있어 결국 이 기간에는 타설 후 콘크리트의 동결에 의한 초기동해의 피해가 발생할 우려가 있다는 점을 고려한 것이다.

반면, AIJ 규정은 강도발현 지연에 대한 문제를 우선적으로 고려한 것으로 이는 단면이 비교적 작은 건축구조물의 경우 초기에 소요 강도발현의 확보가 중요한 사항으로 이를 목적으로 산정된다. 즉, AIJ에 따르면 해당 규정은 1959년에 일반적으로 사용되는 콘크리트를 대상으로 일련의 실험을 한 결과를 토대로 정해졌는데, 물-시멘트비 65%의 콘크리트가 20°C의 표준양생조건의 경우에 비하여 온도에 의한 콘크리트의 강도가 약 25% 저하하는 수준으로 이를 고려하여 규정을 정한 것으로 설명하고 있다.

필자는 종전 연구에서¹⁾ 각 규정이 갖는 의미와 적용의 편리성 및 안전성을 고려하여 우리나라 실정에 적합한 한중 콘크리트의 적용기간은 현행 KCI 규정을 따를 것을 제안하였는데, 그 근거로는 다음과 같다.

(1) 한중 콘크리트의 시공에서 적산온도개념의 저온에 의한 강도저하는 W/C 혹은 기온보정강도 등으로 보정하도록 규정하고 있으므로 한중 콘크리트 적용기간 설정은 초기동해방지가 더욱 중요함에 일평균기온에 따라 적용하는 것이 더욱 타당하며, 일평균기온 4°C 이하의 규정은 적산온도 370°D·D(약 3.2°C : AIJ 규정)보다 적용기간이 길어 적산온도방식의 기간을 대부분 포함하므로 보다 안전 측의 규정이다(그림 3).

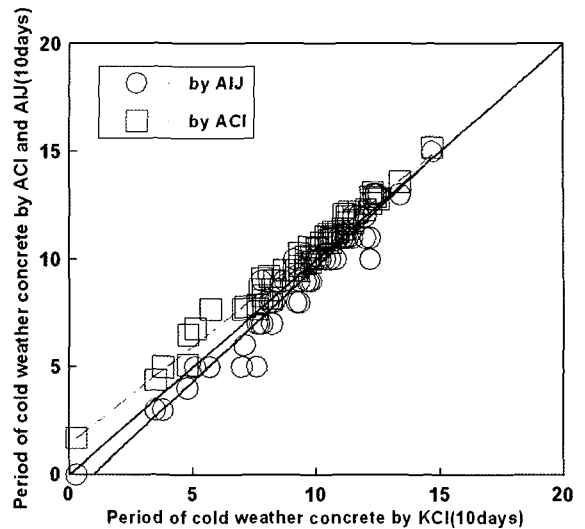


그림 3. 각 규정에 의한 한중 콘크리트 적용기간의 비교

(2) 우리나라의 경우 기상청 자료에 의하면 일평균기온이 4°C 이하에서는 일최저 기온이 지역별로 차이는 있지만, 대부분 0.5 ~ -3.5°C 정도로 나타나고 있는데, 일반적으로 콘크리트의 동결온도가 W/C 및 혼화재료의 종류에 따라 약간의 차이는 있지만 -0.5 ~ -2.0°C로 알려져 있어 결국 이 기간에는 타설 후 콘크리트의 동결에 의한 초기동해의 피해가 발생할 우려가 있다.

(3) 일평균 기온 4°C 이하의 규정은 적산온도를 산정할 필요없이 기상청의 지역별 일평균 기온자료를 그대로 적용하면 간단히 기간을 산정할 수 있어 특별한 지식을 가진 사람이 아니더라도 접근 및 관리가 용이하다.

4. 우리나라 각 지역별 한중 콘크리트 적용 기간의 변천

4.1 각 지역별 한중 콘크리트 적용기간의 산정결과

<표 1>은 우리나라 남한내 각 지역의 KCI, ACI 및 AIJ의 규정에 따른 한중 콘크리트 적용기간을 시간변화에 따라 구분하여 나타낸 것이다. 먼저, KCI 규정에 의하여 1971 ~ 2000년까지의 기상자료를 토대로 한 각 지역별 한중 콘크리트 적용기간은 지역별로 정도의 차이는 있으나, 약 9.5순(旬 : 10일 단위) 정도로 조사되었다. 지역별로 살펴보면 서울은 10.5순, 인천은 10.6순, 대전은 10.1순, 부산은 3.8순, 대구는 8.1순, 울산은 7.6순 그리고 광주 8.3순 정도였다. 즉, 중부지방의 경우 적용기간은 11월 중하순부터 시작하여 3월 중순경에 끝나는 것으로 나타난 반면, 남부지방의 경우는 12월 초순 정도에 시작되어 2월 하순이나 3월 초순에 끝나는 것으로 조사되었다.

표 1. 지방서 규정에 의한 우리나라 각 지역별 한중 콘크리트 적용기간의 변천

지역	KCI 규정				ACI 규정				AIK 및 AIJ 규정					
	1961 ~ 1990		1971 ~ 2000		1961 ~ 1990		1971 ~ 2000		1931 ~ 1980		1961 ~ 1990		1971 ~ 2000	
	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)
속초	12/11 ~ 3/ 7	10.2	12/11 ~ 3/ 7	10.2	11/28 ~ 3/13	10.6	12/ 4 ~ 3/ 8	11.4	12/ 1 ~ 2/20	8	12/ 1 ~ 2/29	9	11/21 ~ 2/20	9
대관령	11/ 8 ~ 4/ 4	14.8	11/ 8 ~ 4/ 3	14.7	11/ 8 ~ 4/ 4	14.8	11/ 8 ~ 4/ 8	15.2	-	-	11/ 1 ~ 3/20	14	10/21 ~ 3/20	15
춘천	11/17 ~ 3/17	12.3	11/18 ~ 3/16	12	11/16 ~ 3/18	12.3	11/17 ~ 3/18	12.3	-	-	11/11 ~ 2/29	11	11/ 1 ~ 2/29	12
강릉	12/12 ~ 3/ 7	8.6	12/11 ~ 3/ 2	8.2	11/30 ~ 3/10	10.1	12/11 ~ 3/ 2	8.2	11/21 ~ 2/20	10	12/ 1 ~ 2/20	8	12/ 1 ~ 2/20	8
원주	11/16 ~ 3/17	12.2	11/17 ~ 3/14	12.2	11/14 ~ 3/18	12.5	11/17 ~ 3/18	12.6	11/ 1 ~ 2/29	12	11/11 ~ 2/29	11	11/ 1 ~ 2/20	11
울진	12/12 ~ 3/ 6	8.5	12/12 ~ 2/28	8.5	12/12 ~ 3/ 7	8.6	12/11 ~ 3/ 3	8.9	-	-	12/11 ~ 2/20	7	12/ 1 ~ 2/20	8
인제	11/16 ~ 3/18	12.5	11/17 ~ 3/19	12.4	11/13 ~ 3/20	12.9	11/13 ~ 3/20	12.9	-	-	11/11 ~ 3/10	11	11/ 1 ~ 3/10	12
홍천	11/14 ~ 3/19	12.6	11/16 ~ 3/19	12.5	11/13 ~ 3/20	12.9	11/14 ~ 3/20	12.8	-	-	11/11 ~ 3/10	11	11/ 1 ~ 3/10	12
삼척	12/10 ~ 3/ 7	8.8	12/10 ~ 3/ 7	8.8	12/ 7 ~ 3/ 7	9.1	12/ 7 ~ 3/ 7	9.1	-	-	12/ 1 ~ 2/20	8	12/ 1 ~ 2/20	8
태백	-*	-	11/16 ~ 3/28	13.4	-	-	11/15 ~ 3/29	13.6	-	-	-	-	11/ 1 ~ 3/10	13
서울	11/24 ~ 3/12	10.9	11/27 ~ 3/11	10.5	11/21 ~ 3/12	11.2	11/21 ~ 3/12	11.2	11/11 ~ 2/29	11	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/29	11
인천	11/28 ~ 3/17	11.2	11/27 ~ 3/12	10.6	11/24 ~ 3/18	11.5	11/25 ~ 3/14	11	11/11 ~ 3/10	12	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/29	11
수원	11/21 ~ 3/18	11.9	11/23 ~ 3/13	11.1	11/17 ~ 3/19	12.3	11/21 ~ 3/14	11.4	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11
강화	11/23 ~ 3/17	11.8	11/23 ~ 3/13	11.1	11/17 ~ 3/18	12.2	11/18 ~ 3/18	12.1	-	-	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11
양평	11/17 ~ 3/16	12	11/17 ~ 3/13	11.7	11/14 ~ 3/18	12.5	11/17 ~ 3/18	12.2	11/ 1 ~ 2/29	12	11/11 ~ 2/29	11	11/ 1 ~ 2/29	12
이천	11/17 ~ 3/16	12	11/18 ~ 3/12	11.5	11/17 ~ 3/17	12.1	11/17 ~ 3/14	11.8	-	-	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11
제천	11/17 ~ 3/18	12.2	11/17 ~ 3/19	12.3	11/13 ~ 3/19	12.7	11/15 ~ 3/25	13.1	11/ 1 ~ 3/10	13	11/11 ~ 3/10	12	11/ 1 ~ 3/10	13
충주	11/18 ~ 3/13	11.6	11/18 ~ 3/12	11.5	11/16 ~ 3/13	12.8	11/17 ~ 3/13	11.7	-	-	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11
보은	11/17 ~ 3/19	12.1	11/18 ~ 3/17	12.0	11/17 ~ 3/19	12.3	11/17 ~ 3/19	12.3	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11
청주	11/21 ~ 3/13	11.3	11/24 ~ 3/11	10.1	11/17 ~ 3/17	12.1	11/21 ~ 3/13	10.6	-	-	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/20	10
서산	11/28 ~ 3/16	10.9	11/27 ~ 3/12	10.6	11/27 ~ 3/18	11.2	11/27 ~ 3/17	11.1	11/21 ~ 2/29	10	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/29	11
대전	11/24 ~ 3/13	11	11/27 ~ 3/ 7	10.1	11/21 ~ 3/13	11.3	11/27 ~ 3/12	10.6	11/11 ~ 2/29	11	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/20	10
운양	11/24 ~ 3/13	11	11/24 ~ 3/13	11	11/21 ~ 3/18	11.8	11/21 ~ 3/18	11.8	11/11 ~ 2/29	11	11/21 ~ 2/29	10	11/21 ~ 2/29	10
유성	11/22 ~ 3/ 6	10.5	11/27 ~ 3/ 7	10.1	11/22 ~ 3/ 7	10.6	11/27 ~ 3/12	10.6	11/11 ~ 2/29	11	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/20	10
대천	11/28 ~ 3/15	10.8	12/ 1 ~ 3/11	10.2	11/27 ~ 3/18	11.2	11/27 ~ 3/13	10.8	11/21 ~ 2/29	10	12/ 1 ~ 2/29	9	11/21 ~ 2/29	10
부여	11/27 ~ 3/12	10.6	11/27 ~ 3/11	10.5	11/23 ~ 3/12	11	11/24 ~ 3/12	10.9	-	-	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/29	11
금산	11/21 ~ 3/12	11.2	11/21 ~ 3/12	11.2	11/18 ~ 3/13	11.6	11/21 ~ 3/17	11.7	11/11 ~ 2/29	11	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/29	11
천안	-	-	11/24 ~ 3/12	10.9	-	-	11/21 ~ 3/13	11.3	-	-	-	-	11/11 ~ 2/29	11
울릉도	12/13 ~ 3/11	8.9	12/18 ~ 3/ 4	7.7	12/11 ~ 3/13	9.3	12/14 ~ 3/ 9	8.6	11/21 ~ 2/20	10	12/11 ~ 2/29	8	12/11 ~ 2/20	7
대구	11/30 ~ 3/ 1	9.2	12/ 8 ~ 2/27	8.1	11/29 ~ 3/ 3	9.5	12/ 1 ~ 3/ 2	9.2	12/ 1 ~ 2/10	7	12/ 1 ~ 2/20	8	11/21 ~ 2/10	8
포항	12/12 ~ 2/29	7.9	12/12 ~ 2/26	7.6	12/12 ~ 3/ 1	8	12/12 ~ 2/27	7.7	-	-	12/11 ~ 2/10	6	12/ 1 ~ 2/10	7
칠곡	11/27 ~ 3/ 6	10	11/27 ~ 3/ 6	10	11/23 ~ 3/ 6	10.4	11/23 ~ 3/ 6	10.5	11/11 ~ 2/29	11	11/21 ~ 2/20	9	11/21 ~ 2/20	9
영주	11/18 ~ 3/13	11.6	11/21 ~ 3/12	11.3	11/18 ~ 3/13	11.6	11/18 ~ 3/13	11.7	-	-	11/11 ~ 2/29	11	11/11 ~ 2/29	11
영덕	12/11 ~ 3/ 6	8.7	12/11 ~ 2/27	7.8	12/ 1 ~ 3/ 7	9.8	12/ 3 ~ 3/ 3	9.1	-	-	12/ 1 ~ 2/20	8	12/ 1 ~ 2/10	9
의성	11/18 ~ 3/12	11.6	11/18 ~ 3/12	11.5	11/18 ~ 3/13	11.6	11/18 ~ 3/17	12	-	-	11/11 ~ 2/29	11	11/ 1 ~ 2/29	12
산상	11/25 ~ 3/ 7	10.3	11/25 ~ 3/ 7	10.3	11/21 ~ 3/ 8	10.8	11/21 ~ 3/ 8	10.8	-	-	11/21 ~ 2/29	10	11/21 ~ 2/29	10
영천	11/27 ~ 3/ 7	10.1	11/27 ~ 3/ 4	9.8	11/25 ~ 3/ 8	10.4	11/26 ~ 3/ 7	10.2	11/21 ~ 2/10	8	11/21 ~ 2/20	9	11/11 ~ 2/20	10
점촌	11/26 ~ 3/ 7	10.2	11/26 ~ 3/ 7	10.2	11/21 ~ 3/ 9	10.9	11/21 ~ 3/ 9	10.9	-	-	11/21 ~ 2/20	9	11/21 ~ 2/20	9
추풍	11/23 ~ 3/12	11	11/26 ~ 3/12	10.7	11/21 ~ 3/13	11.3	11/21 ~ 3/12	11.3	-	-	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/29	11
봉화	-	-	11/17 ~ 3/18	12.2	-	-	11/16 ~ 3/24	12.9	-	-	-	-	11/11 ~ 2/20	10
문경	-	-	11/24 ~ 3/ 7	10.4	-	-	11/21 ~ 3/11	11.1	-	-	-	-	11/11 ~ 2/20	10
구미	-	-	11/27 ~ 3/ 6	10	-	-	11/23 ~ 3/ 7	10.5	-	-	-	-	11/11 ~ 2/20	10
울산	12/12 ~ 2/29	7.9	12/12 ~ 2/26	7.6	12/12 ~ 3/ 1	8	12/11 ~ 2/28	7.9	12/ 1 ~ 2/10	7	12/ 1 ~ 2/20	8	12/11 ~ 1/31	5
부산	12/25 ~ 2/16	5.3	1/ 3 ~ 2/10	3.8	12/22 ~ 2/16	5.6	12/23 ~ 2/11	5	12/11 ~ 1/31	5	12/21 ~ 1/31	4	12/21 ~ 1/20	3
충무	12/23 ~ 2/29	6.8	12/23 ~ 2/29	6.8	12/19 ~ 3/ 1	7.3	12/19 ~ 3/ 1	7.3	12/21 ~ 1/31	4	12/21 ~ 1/31	4	12/21 ~ 1/31	4
진주	11/29 ~ 3/ 2	9.4	12/ 1 ~ 3/ 2	9.3	11/28 ~ 3/ 6	9.9	11/29 ~ 3/ 4	9.7	12/ 1 ~ 2/10	7	12/ 1 ~ 2/20	8	11/21 ~ 2/10	8
합천	11/28 ~ 3/ 4	9.7	11/28 ~ 3/ 3	9.6	11/27 ~ 3/ 6	10	11/27 ~ 3/ 4	9.8	-	-	11/21 ~ 2/20	9	11/21 ~ 2/20	9
거창	11/23 ~ 3/11	10.9	11/21 ~ 3/ 8	10.8	11/20 ~ 3/12	11.3	11/21 ~ 3/12	11.2	11/11 ~ 2/20	10	11/21 ~ 2/29	10	11/11 ~ 2/20	10
밀양	11/29 ~ 3/ 3	9.5	12/ 1 ~ 3/ 2	9.3	11/28 ~ 3/ 7	10	11/28 ~ 3/ 3	9.5	12/ 1 ~ 2/20	8	12/ 1 ~ 2/20	8	11/21 ~ 2/10	8
산청	12/ 1 ~ 3/ 2	9.2	12/ 1 ~ 3/ 2	9.3	11/28 ~ 3/ 7	10	11/28 ~ 3/ 4	9.7	-	-	12/ 1 ~ 2/20	8	11/21 ~ 2/20	9
함안	11/23 ~ 3/ 5	10.3	11/23 ~ 3/ 5	10.3	11/23 ~ 3/ 6	10.4	11/23 ~ 3/ 6	10.4	-	-	11/21 ~ 2/20	9	11/21 ~ 2/20	9
남해	12/15 ~ 2/27	7.4	12/17 ~ 2/25	7	12/12 ~ 2/27	7.7	12/12 ~ 2/27	7.7	-	-	12/11 ~ 2/10	6	12/11 ~ 1/31	5
거제	12/12 ~ 2/21	6.8	12/17 ~ 2/12	5.7	12/12 ~ 2/22	7.2	12/12 ~ 2/27	7.7	-	-	12/11 ~ 2/10	6	12/11 ~ 1/31	5
안동	-	-	11/25 ~ 3/10	10.6	-	-	11/24 ~ 3/11	10.8	-	-	-	-	11/11 ~ 2/20	10
마산	-	-	1/ 1 ~ 2/ 4	3.5	-	-	12/29 ~ 2/10	4.4	-	-	-	-	12/21 ~ 1/20	3
통영	-	-	12/25 ~ 2/11	4.8	-	-	12/22 ~ 2/11	5.1	-	-	-	-	12/21 ~ 1/30	4

표 1. 지방서 규정에 의한 우리나라 각 지역별 한중 콘크리트 적용기간의 변천(앞장으로부터 계속)

지역	KCI 규정				ACI 규정				AIK 및 AIJ 규정						
	1961~1990		1971~2000		1961~1990		1971~2000		1931~1980		1961~1990		1971~2000		
	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	기간	순(旬)	
임실	11/18~3/18	12.1	11/21~3/13	11.3	11/18~3/19	12.2	11/18~3/19	12.2	-	-	11/11~2/29	11	11/11~2/29	11	
남원	11/27~3/7	10.1	11/27~3/7	10.1	11/27~3/12	10.6	11/26~3/10	10.5	11/21~2/20	9	11/21~2/29	10	11/11~2/20	10	
익산	11/28~3/11	10	11/28~3/11	10	11/27~3/13	10.7	11/27~3/13	10.7	11/21~2/20	9	11/21~2/29	10	11/21~2/29	10	
부안	11/28~3/10	10.3	12/1~3/6	9.7	11/27~3/12	10.6	11/27~3/12	10.6	-	-	12/1~2/29	9	11/21~2/20	9	
군산	12/7~3/13	9.7	12/6~3/7	9.3	11/28~3/18	11.1	12/1~3/12	10.3	11/21~2/20	9	12/1~2/29	9	11/21~2/20	9	
전주	11/29~3/10	10.2	11/28~3/5	9.8	11/29~3/11	10.3	11/28~3/6	9.9	11/21~2/20	9	12/1~2/29	9	12/21~2/20	6	
정주	11/28~3/7	10	11/28~3/7	10	11/27~3/7	10.1	11/27~3/7	10.1	-	-	12/1~2/20	8	12/1~2/20	8	
정읍	-	-	12/1~3/5	9.6	-	-	11/27~3/7	10.1	-	-	-	-	-	11/21~2/20	9
장수	-	-	11/21~3/12	11.2	-	-	11/20~3/19	12	-	-	-	-	-	11/11~2/29	11
남원	11/27~3/7	10.1	11/27~3/7	10.1	11/27~3/12	10.6	-	10.5	-	9	-	10	-	10	
익산	11/28~3/11	10	11/28~3/11	10	11/27~3/13	10.7	-	10.7	-	9	-	10	-	10	
부안	11/28~3/10	10.3	12/1~3/6	9.7	11/27~3/12	10.6	-	10.6	-	-	-	9	-	9	
군산	12/7~3/13	0.7	12/6~3/7	9.3	11/28~3/18	11.1	-	10.3	-	9	-	9	-	9	
전주	11/29~3/10	10.2	11/28~3/5	9.8	11/29~3/11	10.3	-	9.9	-	9	-	9	-	6	
정주	11/28~3/7	10	11/28~3/7	10	11/27~3/7	10.1	-	10.1	-	-	-	8	-	8	
정읍	-	-	12/1~3/5	9.6	-	-	-	10.1	-	-	-	-	-	9	
장수	-	-	11/21~3/12	11.2	-	-	-	12	-	-	-	-	-	11	
목포	12/21~3/1	7	12/19~3/1	7.3	12/13~3/7	8.4	12/15~3/2	7.8	12/1~2/20	8	12/11~2/20	7	12/11~2/10	6	
여수	12/21~2/29	7	12/22~2/11	5.1	12/13~3/1	7.9	12/21~2/27	6.8	12/11~2/10	6	12/11~2/10	6	12/11~1/31	5	
완도	12/23~2/21	6	12/25~2/11	4.8	12/22~2/21	6.1	12/23~2/26	6.5	12/11~2/10	6	1/1~1/31	3	12/21~1/31	4	
전라북도	12/5~3/7	9.3	12/5~3/6	9.2	11/28~3/8	10.1	11/28~3/8	10.1	-	-	12/1~2/20	8	12/1~2/20	8	
장흥	12/5~3/6	9.2	12/3~3/7	9.1	11/29~3/7	9.9	12/2~3/6	9.5	-	-	12/1~2/20	8	11/21~2/10	8	
해남	12/11~3/4	8.4	12/11~3/2	8.2	12/11~3/7	8.7	12/11~3/6	8.6	-	-	12/11~2/20	7	12/1~2/10	7	
고흥	12/11~3/1	8.1	12/11~3/5	8.5	12/11~3/1	8.1	12/10~3/2	8.3	-	-	12/11~2/10	6	12/1~2/10	6	
승주	11/28~3/7	9.8	11/28~3/7	9.8	11/27~3/7	10.1	11/27~3/7	10.1	-	-	11/21~2/20	9	11/21~2/20	9	
광주	12/6~3/7	9.2	12/11~3/5	8.3	11/29~3/8	10	12/5~3/4	9	11/21~2/20	9	12/1~2/20	8	11/21~2/10	8	
순천	-	-	11/28~3/12	9.7	-	-	11/27~3/7	10.1	-	-	-	-	11/21~2/20	-	
제천시	-	-	1/30~2/2	0.3	-	-	1/17~2/3	1.7	-	-	-	-	-	-	

* 상기표 가운데 빈칸은 해당기간 중 기상데이터가 없는 지역임

ACI 규정에 의한 한중 콘크리트 적용기간의 경우는 본 연구의 경우 평균 약 10.1순 정도로 나타났는데, 각 지역별로는 서울의 경우 11.2순, 인천 11.0순, 대전 10.6순, 부산 5순, 대구 9.2순, 울산 7.9순 및 광주 9순으로 조사되었다.

AIJ의 규정에 의한 한중 콘크리트 적용기간의 경우는 본 연구의 경우 약 9.2순 정도로 나타났는데, 서울은 11순, 인천 11순, 대전 10순, 부산 3순, 대구 8순, 울산 5순 및 광주 8순 정도로 조사되었다. 한편, 제주도 지역은 KCI나 ACI 규정에 따르면 성산포만 각각 0.3순 및 1.7순 정도로 산정됐을 뿐, 기타지역 및 AIJ 규정에 따르면 적용기간은 존재하지 않는 것으로 나타났다.

〈그림 3〉은 KCI의 본 연구와 ACI, AIJ의 각 규정별 한중 콘크리트 적용기간을 상호 비교하기 위하여 산점도로 나타낸 것이다.

전반적으로 KCI에 의한 적용기간은 평균 9.5순으로 조사되었고, ACI 규정에 의한 적용기간은 10.1순 그리고 AIJ에 의한 적용기간은 9.2순으로 조사되었다. 따라서, ACI 규정은 가장 엄하게 긴 기간으로, KCI에 비하여 약 6일, AIJ 규정에 비하여 약 9일 정도 긴 것을 알 수 있었다.

4.2 시간경과에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변천

〈그림 4〉는 시간경과에 따른 우리나라 각 지역의 한중 콘크리트 적용기간의 시작일과 종료일을 KCI 방법으로 지도상에 나타낸 것이다.

전반적으로 같은 위도에서는 산악이나 내륙지역이 해안지역보다 적용기간의 시작일은 빨라지고 종료일을 늦어지는 것을 확인할 수 있었고, 위도가 높아질수록 역시 적용기간의 시작일은 빨라지고 종료일은 늦어짐을 보였다.

한편, 시간경과에 따른 적용기간의 변화와 연관하여는 중부지방의 경우 종전의 연구자료와 본 연구의 결과가 커다란 차이를 나타내지는 않았으나, 남부지방의 경우 전반적으로 적용기간의 시작일은 늦어지고 종료일은 빨라지는 것으로 나타나 적용기간이 짧아짐을 알 수 있었다.

〈그림 5〉는 KCI 방법으로 본 연구에 의한 한중 콘크리트 적용기간과 종전의 연구자료¹⁾에 의한 한중 콘크리트 적용기간을 비교하기 위하여 산점도로 나타낸 것이다.

본 연구에 의한 적용기간은 평균 9.5순 정도로 산정되었고 종전의 연구에 의한 적용기간은 평균 10.1순으로 산정되어 본 연구에 의한 적용기간이 약 6일 정도 짧아지는 것으로 나타났다. 이는 산업화 및 도시화에 따른 지구의 온난화 현상에 기인된

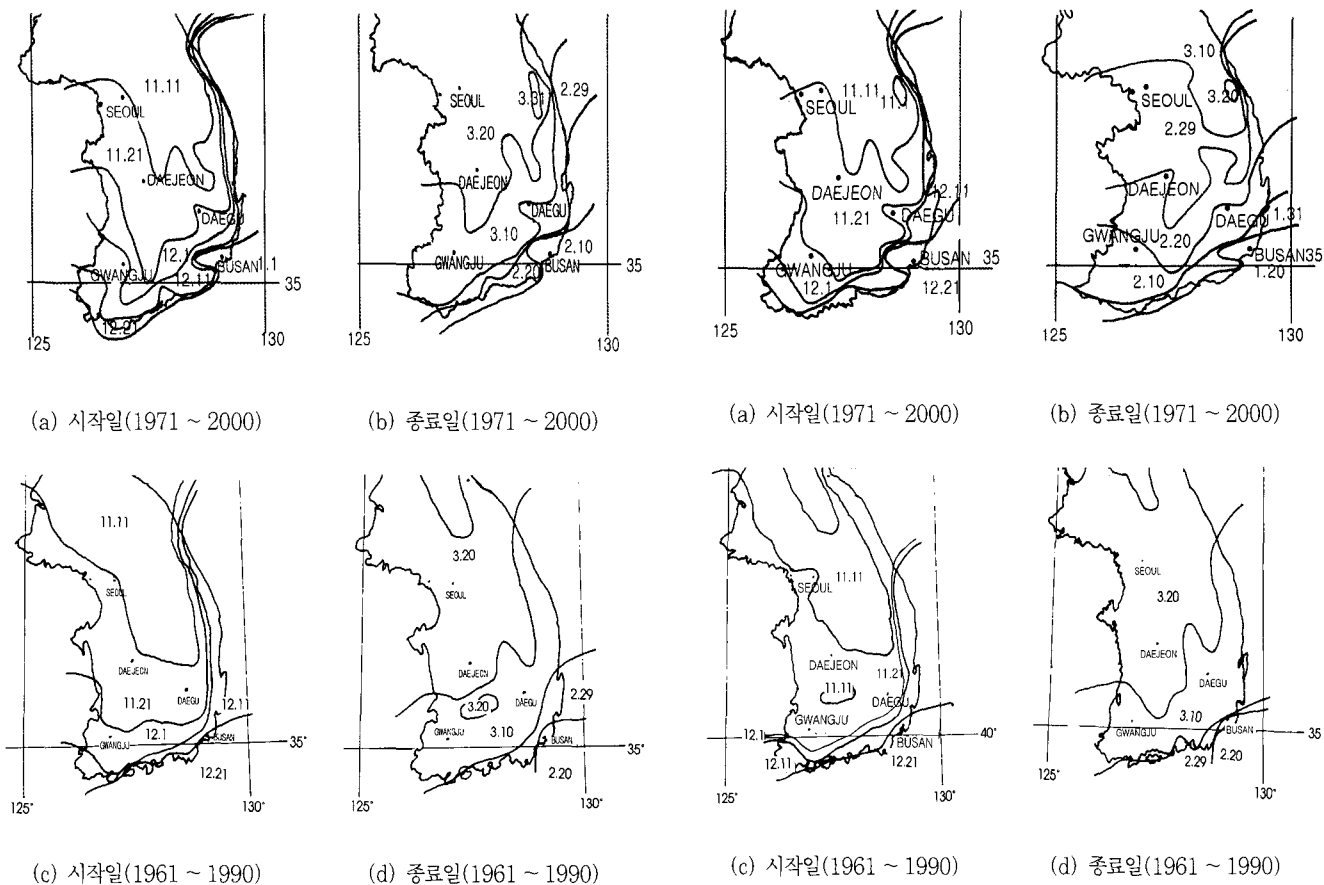


그림 4. 경년변화에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 시작일과 종료일(KCI 규정)

그림 6. 경년변화에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 시작일과 종료일(ACI 규정)

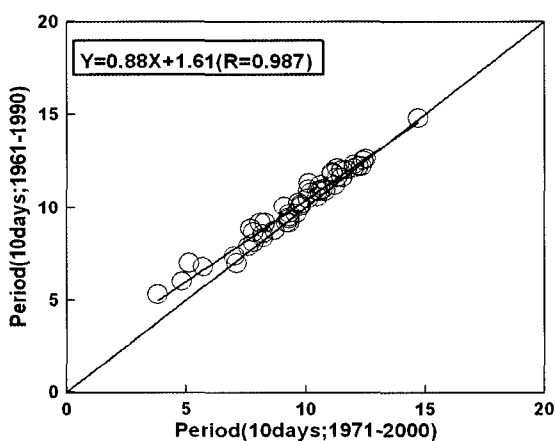


그림 5. 경년변화에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변천(KCI 규정)

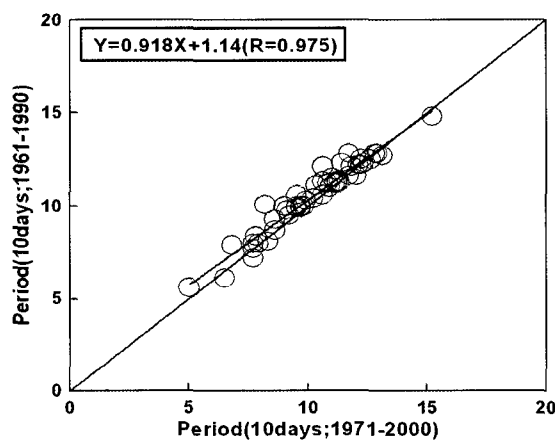
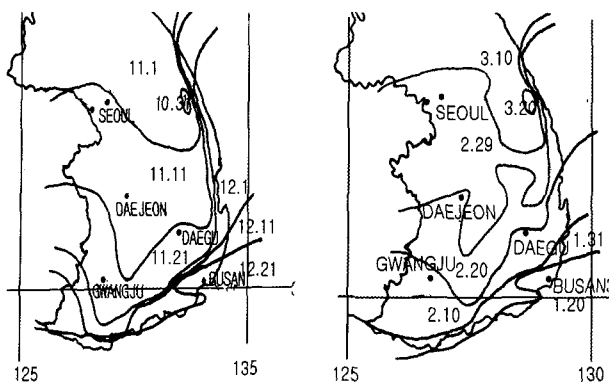


그림 7. 경년변화 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변천(ACI 규정)

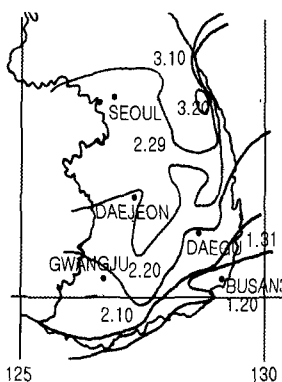
결과로 사료된다. 특히, 적용기간이 10순 미만인 남부지방의 경우 적용기간이 10일 이상 짧아진 것으로 조사되었는데, 부산의 경우 15일, 여수는 19일, 완도는 12일 정도가 짧아진 것으로 나타났다. 이는 남부 해안지역의 경우 온난화 현상에 의한 온도상

승이 보다 두드러지기 때문으로 분석된다.

〈그림 6〉은 〈그림 4〉와 동일한 요령으로 ACI 규정에 의한 한중 콘크리트의 적용기간을 지도상에 나타낸 것으로 종전의 연구자료와 비교하여 전반적으로 적용기간의 시작일은 늦어지



(a) 시작일(1971 ~ 2000)



(b) 종료일(1971 ~ 2000)

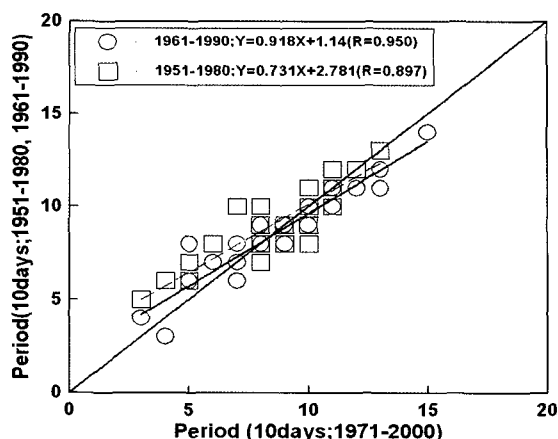
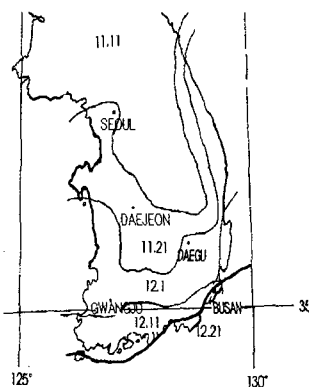
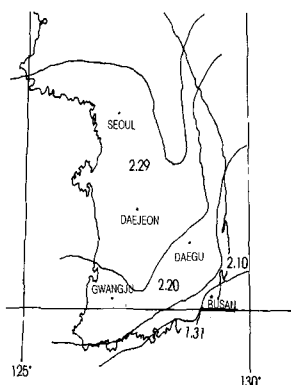


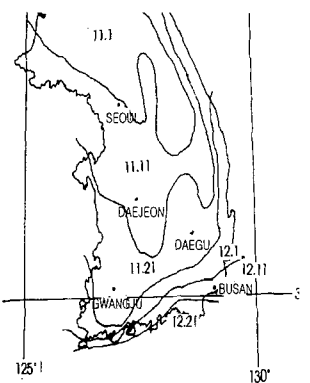
그림 9. 경년변화 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변천(AIJ 규정)



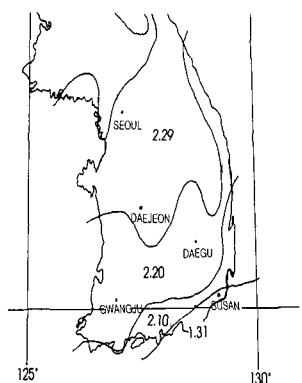
(c) 시작일(1961 ~ 1980)



(d) 종료일(1961 ~ 1980)



(e) 시작일(1931 ~ 1980)



(f) 종료일(1931 ~ 1980)

그림 8. 경년변화에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 시작일과 종료일(AIJ 규정)

고 종료일을 빨라지는 경향을 보이고 있었다.

또한, <그림 7>은 ACI 규정에 근거하여 시간변화에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변화를 확인하기 위하여 본 연구와 종전 연구자료의 적용기간을 상호 비교한 것이다. 본 연구에 의한 적용기간은 평균 10.1순으로 나타났고, 종전연구의 경우 10.6순

이었음에 본 연구에 의한 적용기간이 약 5일 정도 짧아진 것을 확인할 수 있었다.

<그림 8>은 AIJ 규정에 의한 한중 콘크리트 적용기간의 시작 및 종료일을 지도상에 나타낸 것으로 조사기간별로 구분하여 본 연구에 의한 적용기간, 종전연구에 의한 적용기간 및 김의 종전 연구 결과를²⁾ 제시한 것이다.

전반적으로 중부지방의 경우 본 연구에 의한 적용기간에서 시작일은 종전연구에 비하여 약간 빠른 것으로 나타났고, 종료일은 큰 차이가 없는 것으로 나타난 반면, 남부지방의 경우 종전연구에 비하여 시작일은 늦어지고 종료일은 큰 차이가 없는 경향으로 나타났다.

<그림 9>는 AIJ 방법에 의하여 조사기간에 따른 한중 콘크리트 적용기간의 변화를 산점도로 비교하여 나타낸 것이다.

본 연구에 의한 적용기간은 평균 9.1순인데 비하여, 종전의 연구 자료도 9.1순이었으나, 김의 연구 결과²⁾는 평균 9.4순으로 3일이 짧아졌다.

즉, 본 연구에 의한 적용기간의 경우 남부 지방은 종전의 연구자료에 비하여 단축이 되었으나, 중부지방의 경우는 오히려 약간 증가하는 경향도 나타나 전반적으로 종전연구에 비하여 적용기간의 단축은 없었으나, 김의 연구 결과와 비교하면 남부 지방의 적용기간은 종전연구보다 더욱 단축되었으나, 중부지방은 그다지 증가하지 않아, 약 3일 정도 짧아지는 것을 확인할 수 있었다.

5. 맺음말

본 고에서는 우리나라 기상청 기상자료를 이용하여 시간변화에 따른 각 지역의 한중 콘크리트 적용기간을 시간경과에 따라 검토하였는데, 그 적용기간의 범위가 비교적 넓고, 기간도 다양

하게 나타남을 알 수 있었다.

또한, 시간변화에 따른 한중 콘크리트 적용기간은 전반적으로 짧아지는 것으로 조사되었는데, 이는 산업화 등으로 인한 지구의 온난화에 의해 평균기온의 상승 때문으로 사료되며 특히 이러한 경향은 남부지방이 큰 것을 알 수 있었다

궁극적으로 실무현장에서는 이러한 한중 콘크리트 적용기간을 공사계획 단계에서부터 미리 입안하여 제반 계획을 미리 수립할 경우 경제적이면서도 합리적인 공사관리를 수행할 수 있다는 점에서 한중 콘크리트의 적용기간 설정과 공사계획단계에서의 입안은 그 중요성이 새삼 강조된다 하겠다. □

참고문헌

1. 한천구, 한민철, 김무한, 우리나라 건축공사의 한중 콘크리트 적용기간 설정에 관한 연구, 대한건축학회논문집 구조계, Vol.14, No.11, November, 1998, pp. 71 ~ 78.
2. 김무한, 한중콘크리트 시공에 대한 한국의 지역조건에 관한 연구, 대한건축학회지, Vol.23, No.89, August, 1979, pp. 34 ~ 42.
3. 대한건축학회, 건축공사표준시방서, 대한건축학회, 2006, pp. 263 ~ 268.
4. 한국콘크리트학회, 콘크리트표준시방서, 한국콘크리트학회, 2003, pp. 158 ~ 159.
5. 日本建築學會, “寒中コンクリート施工指針・同解説”, 日本建築學會, 1989, pp. 1 ~ 55.
6. ACI, *Cold Weather Concreting*, American Concrete Institute, 1990, pp. 1 ~ 13.
7. 대한주택공사, 건축공사 견적기준, 대한주택공사, 2003. pp. 1 ~ 10.
8. 기상청, 한국기후표, 기상청, 2000, pp. 1 ~ 410.
9. 한민철, 한천구, 기온과 콘크리트, 기문당, 2002, pp. 39 ~ 63.
11. 洪悅郎, 鎌田英治, 長道弘, “寒中コンクリート”, 技術書院, 2003, pp. 42 ~ 53.
12. 한민철, 우리나라 한중 콘크리트 적용기간의 변화, 콘크리트학회논문집, 2005, Vol.17, No.2, pp. 237 ~ 245.

특집제목 예고 및 원고 모집안내

학회지 편집위원회에서는 학회지 특집의 제목을 회원들에게 미리 알림으로써 필진의 다양성과 전문성을 확보하고, 더 많은 회원이 직접 참여할 수 있는 장으로 만들고자 합니다. 아래와 같이 2007년 1, 3, 5월호 특집제목을 알려드리오니 회원 여러분의 적극적인 참여를 부탁드립니다.

월 호	특집주제	특집주간	원고마감
2007년 01월호	콘크리트 구조물의 최신유지관리 기법	최창식 교수(한양대학교 건축공학과 교수)	10월 15일
2007년 03월호	환경과 콘크리트	최동욱(한경대학교 건축학부 교수)	12월 15일
2007년 05월호	콘크리트 구조물의 기계화시공기술	김성욱(한국건설기술연구원 구조연구부 그룹장)	02월 15일