

## 서중 및 한중콘크리트 적용기간 설정

### The Determination of Application Period for Hot and Cold Weather Concreting



한 천 구\*

〈편집자 주〉

콘크리트의 시공에 있어서 굳지 않은 콘크리트의 시공성, 경화후 콘크리트의 강도 및 내구성은 모두 중요하지만 특히 내구성이 중요시되는 것이 근래의 경향이라고 판단됩니다. 콘크리트의 시공시 주위의 온도와 콘크리트의 온도간에 많은 차이가 있을 경우 열응력으로 인한 균열이 발생할 수 있으며, 균열의 발생은 수분 및 염화물의 침투를 가속시키므로 내구성을 감소시키게 됩니다. 또한 콘크리트를 적절히 양생하지 않을 경우 강도 및 내구성이 감소됩니다. 그러므로 현장에서 콘크리트를 배합, 운반, 타설 및 양생하는 전 시공과정에서 주위의 온도와 콘크리트의 온도차를 최소화하고 강도 발현에 적절한 온도를 유지시키는 조치를 취하는 것은 매우 중요한 일임에도 현실적으로 비교적 간과되어온 느낌이 있습니다. 이러한 점에서 '온도조건하의 콘크리트'라는 주제를 선택하게 되었습

니다. 금번 특집에서는 또한 콘크리트가 화재 등의 고온 또는 극저온 등에 노출 될 경우의 사용성의 문제를 다루었고 앞으로 많은 발전이 기대되고 있는 비파괴 검사 방법의 하나인 적산온도법을 포함하였습니다. 현장에서 철근콘크리트의 시공에 종사하는 분들에게 도움이 되고자 하였으나 결과적으로 미흡한 점이 많을 것으로 생각합니다. 제한된 시간에도 불구하고 특집원고를 집필하여 주신 필자 여러분들에게 감사드리며, 참고로 금번 특집의 주제는 원래 온도, 상대습도, 풍속 및 열 등을 포함하는 '환경조건하의 콘크리트'로 계획하고자 하였으나 너무 광범위하므로 범위를 축소하였으며 '매스콘크리트의 온도균열'은 지난 호의 특집에 포함되었으므로 제외되었음을 천언합니다.

특집주간 : 최동욱(안성산업대 건축공학과 전임강사)

\* 성포원, 청주대학교 이공대학 건축공학과 교수

## 1. 서 론

콘크리트는 잔·굵은골재 등 구성입자(Particle)를 시멘트, 물 등의 결합물질(Matrix)로 고착시킨 2상물질(二相物質)로서, 균지않은 상태의 시공성 등 제반요구조건과 경화시의 충실한 시멘트 수화작용에 의한 압축강도, 내구성 등 여러 요구성능을 만족시키므로써 성립된다.

그러나 콘크리트 구성물질중 강도를 발휘하게하는 결합물질인 시멘트의 수화작용은 발열반응을 나타내는 일종의 화학변화로서, 고온시에는 지나친 속진에 따른 품질변화 및 저온시에는 반응지연 또한, 극저온에서는 반응정지 등 온도의 영향이 크게 나타나고 있다. 특히 우리나라의 경우는 1년 4계절의 변화가 뚜렷한 대륙성 기후지역에 속하는 국가로서 다양한 기온변화에 따라 콘크리트 제조 및 시공은 표준적인 양생조건( $20\pm 3^{\circ}\text{C}$ )과 많은 부분에서 달라져야 함에도 불구하고, 그동안은 특별한 대응책없이 잘못된 관행을 많은 부분에서 답습해온 것이 사실이었다.

그러므로 본 고에서는 1961년부터 1990년까지 기상청의 「한국 기후표」에 기록되어 있는 남한내 68개 지역의 기상데이터를 이용하여 서중 및 한중콘크리트 시공에 가장 기초가 되는 적용기간에 대하여 각 규정에 따라 필요한 자료를 도출한 후 분석·정리하여 우리나라 실정에 맞는 서중 및 한중콘크리트 적용기간을 제안하여 보고자 한다.

## 2. 서중콘크리트의 적용기간 설정

### 2.1 서중콘크리트의 정의

높은 기온, 낮은 상대습도 및 빠른 풍속의 조합은 균지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 품질을 해치거나 혹은 악영향을 줄 수 있다.

우리나라 건축공사표준시방서에서는 서중콘크리트를 「고온으로 콘크리트의 슬럼프 저하나 수분의 급격한 증발 등의 염려가 있을 경우에 시공되어지는 콘크리트」라고 정의하고 있고, 콘크리트표준시방서의 서중콘크리트에 대한 정의에서는 특별한 규정은 없으나, 「시공에 있어서는 고온에 의해 콘크리트의 품질이 저하되지 않도록 재료, 배합, 비비기, 운반, 치기 및 양생 등에 대하여 적절한 조치를 취해야 한다」

라고 서술하고 있다.

따라서, 콘크리트의 비빔, 운반, 부어넣기의 각 공정 및 부어넣기 후의 콘크리트가 소요의 품질에 달할 때까지의 기간중, 고온에 의한 악영향이 예상되어지는 기간에 시공되는 콘크리트는 슬럼프 저하, 발열 및 이에 따른 균열과 강도저하 등에 대하여 특별한 배려가 필요하게 된다.

### 2.2 서중콘크리트 적용기간에 관한 규정

#### (1) 한국건축학회

서중콘크리트의 적용기간에 대한 규정으로 건축공사표준시방서에서는 「서중콘크리트의 적용을 받는 기간은 특기시방서에 따른다」라고 되어있다. 그러나 우리나라 건축공사의 경우 특기시방서에서 이 기간을 정하고 있는 경우는 많지 않은 실정이다.

#### (2) 일본건축학회

일본건축학회의 건축공사표준시방서에서 정한 서중콘크리트 적용기간은 한국의 경우와 같으나 단, 일본건축학회의 「서중콘크리트 시공지침·동해설」에 의하면 「서중콘크리트란 비빔, 운반 및 부어넣기의 각 공정 또한, 부어넣기 후 콘크리트가 소요의 품질에 달할때까지의 기간중 고온에 의한 악영향이 예상되어지는 기간에 시공되는 콘크리트라고 하고, 그 기간은 평균기온이  $25^{\circ}\text{C}$ 를 넘는 기간으로 한다」라고 규정하고 있다. 여기서 평균온도는 일별 평할 평년치를 이용하는데, 일별 평할 평년치는 기온의 일별 평년치를 15일 단위로 단순 이동 평균으로 구한 값으로, 예로 8월 1일~15일간의 매일의 평균값을 합쳐하여 15로 나눈값을 그 기간의 중앙에 해당하는 8월 8일의 값으로 하도록 하고 있다.

#### (3) 한국 및 일본토목학회

한국 및 일본토목학회에서는 규정상에 특별히 적용기간을 정한바는 없고 해설에 「서중콘크리트로서 시공해야할 시기를 정하기는 곤란하나, 콘크리트를 타설할 때의 기온이  $30^{\circ}\text{C}$ 를 넘으면 서중콘크리트로서의 여러 가지 성상이 현저하게 변화되므로 하루 평균기온이  $25^{\circ}\text{C}$ 를 넘는 시기에 시공할 경우에는 일반적으로 서중콘크리트로서 시공할 수 있도록 준비해두는 것이 바람직하다」라고 설명하고 있다.

#### (4) ACI

미국 ACI규정에서는 서중콘크리트를 「균지않은

표 1 측후소의 지리적 위치 및 각 기준에 의하여 산정된 세종콘크리트 적용기간

지구	역분	북위 (N)	동경 (E)	해발 높이 (m)	일평균온도 25℃를 기준		일최고온도 30℃를 기준		두 기준을 동시에 고려할 경우	
					기간 (月/日 ~ 月/日)		기간 (月/日 ~ 月/日)		기간 (月/日 ~ 月/日)	
					일	일	일	일	일	일
강원도	속초권	38°15'	128°34'	17.6	8/1 ~ 8/4	4		0	8/1 ~ 8/4	4
		37°41'	128°45'	842.0	7/29 ~ 8/4	7		0	7/29 ~ 8/4	7
		37°54'	127°44'	74.0	7/20 ~ 8/14	26	7/21 ~ 8/14	25	7/20 ~ 8/14	26
		37°45'	128°54'	26.0	7/21 ~ 8/15	26	7/29 ~ 8/12	15	7/21 ~ 8/15	26
		32°20'	127°57'	149.8	7/20 ~ 8/10	22	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
		36°59'	129°25'	49.5	7/30 ~ 8/9	11		0	7/30 ~ 8/9	11
		38°03'	128°10'	199.7	7/30 ~ 8/1	3	7/30 ~ 8/13	15	7/30 ~ 8/13	15
		37°41'	127°53'	141.0	7/26 ~ 8/9	15	7/18 ~ 8/22	36	7/18 ~ 8/22	36
		37°22'	129°13'	3.9	7/29 ~ 8/12	15	7/31 ~ 8/5	6	7/29 ~ 8/12	15
		경기도	서인수공업단지	37°34'	126°58'	85.5	7/18 ~ 8/22	36	7/26 ~ 8/14	20
37°29'	128°38'			68.9	7/24 ~ 8/18	26	7/24 ~ 8/18	20	7/24 ~ 8/18	26
37°16'	126°59'			36.9	7/19 ~ 8/19	32	7/26 ~ 8/14	20	7/19 ~ 8/19	32
37°42'	126°27'			46.4	7/26 ~ 8/9	15	7/30 ~ 8/11	13	7/26 ~ 8/11	17
37°29'	127°29'			45.0	7/26 ~ 8/14	19	7/18 ~ 8/19	33	7/18 ~ 8/19	33
37°17'	127°26'			75.0	7/20 ~ 8/15	26	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
충청남도	서대내유내부남산	36°46'	126°28'	19.7	7/20 ~ 8/19	31	7/28 ~ 8/18	22	7/20 ~ 8/19	31
		36°18'	127°24'	77.1	7/19 ~ 8/21	34	7/20 ~ 8/20	32	7/19 ~ 8/21	34
		36°47'	126°59'	24.5	7/19 ~ 8/20	33	7/20 ~ 8/19	31	7/19 ~ 8/20	33
		36°21'	127°20'	70.0	7/19 ~ 8/20	33	7/20 ~ 8/19	31	7/19 ~ 8/20	33
		36°20'	126°36'	33.0	7/20 ~ 8/20	32	7/28 ~ 8/19	24	7/20 ~ 8/20	32
		36°16'	126°55'	16.0	7/19 ~ 8/20	33	7/19 ~ 8/26	39	7/19 ~ 8/26	39
충청북도	세주보정	37°08'	128°12'	220.0	7/26 ~ 8/3	9	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
		36°58'	127°55'	50.0	7/19 ~ 8/19	32	7/19 ~ 8/19	32	7/19 ~ 8/19	32
		36°29'	127°41'	170.0	7/26 ~ 8/4	9	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
경상남도	울릉부충진항서민산항내개	36°38'	127°26'	59.0	7/18 ~ 8/20	34	7/18 ~ 8/19	33	7/18 ~ 8/20	34
		35°33'	129°19'	31.5	7/16 ~ 8/23	39	7/20 ~ 8/23	34	7/16 ~ 8/23	39
		35°06'	129°02'	69.2	7/20 ~ 8/30	42	8/1 ~ 8/3	3	7/20 ~ 8/30	42
		34°50'	128°26'	32.2	7/21 ~ 8/30	41	7/30 ~ 8/13	15	7/21 ~ 8/30	41
		35°12'	128°06'	21.5	7/17 ~ 8/22	39	7/20 ~ 8/20	32	7/17 ~ 8/22	39
		35°34'	128°10'	30.9	7/19 ~ 8/22	35	7/8 ~ 8/22	46	7/8 ~ 8/22	46
		35°40'	127°55'	224.9	7/26 ~ 8/8	14	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
		35°29'	124°45'	12.5	7/15 ~ 8/22	39	7/8 ~ 8/31	55	7/8 ~ 8/31	55
		35°25'	127°53'	141.8	7/20 ~ 8/22	34	7/8 ~ 8/23	47	7/8 ~ 8/23	47
		35°17'	128°25'	9.2	7/15 ~ 8/22	39	7/8 ~ 8/31	55	7/8 ~ 8/31	55
경상북도	울릉도구항곡주낙성산진주영선순종영	34°50'	127°54'	15.0	7/19 ~ 9/1	45	7/21 ~ 8/23	34	7/19 ~ 9/1	45
		34°53'	128°37'	12.0	7/19 ~ 8/23	36	7/28 ~ 8/13	17	7/19 ~ 8/23	36
		37°29'	130°54'	221.1	7/29 ~ 7/31	3		0	7/29 ~ 7/31	3
		35°53'	128°37'	57.8	7/13 ~ 8/28	47	7/15 ~ 8/27	44	7/13 ~ 8/28	47
		36°02'	129°23'	5.6	7/16 ~ 8/21	37	7/21 ~ 8/15	26	7/16 ~ 8/21	37
		35°57'	128°34'	54.6	7/15 ~ 8/20	37	7/8 ~ 8/22	46	7/8 ~ 8/22	46
		36°50'	128°37'	170.0	7/20 ~ 8/13	25	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
		36°32'	129°25'	55.0	7/26 ~ 8/15	21	7/27 ~ 8/12	17	7/26 ~ 8/15	21
		36°21'	128°41'	73.0	7/19 ~ 8/20	33	7/8 ~ 8/22	46	7/8 ~ 8/22	46
		36°14'	128°18'	40.0	7/9 ~ 8/14	37	7/20 ~ 8/16	28	7/9 ~ 8/16	39
전라남도	보여항함해고송광	35°58'	128°57'	91.3	7/19 ~ 8/22	35	7/8 ~ 8/22	46	7/8 ~ 8/22	46
		36°37'	128°09'	172.1	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/22	34	7/20 ~ 8/22	34
		36°13'	128°00'	245.9	7/24 ~ 8/15	23	7/27 ~ 8/14	19	7/24 ~ 8/15	23
		34°47'	126°23'	53.4	7/19 ~ 8/31	44	7/19 ~ 8/31	44	7/19 ~ 8/31	44
		34°44'	127°44'	67.0	7/21 ~ 8/31	42	8/3	1	7/21 ~ 8/31	42
		34°18'	126°45'	14.7	7/26 ~ 8/28	34		0	7/26 ~ 8/28	34
		35°04'	126°31'	9.0	7/19 ~ 8/22	35	7/20 ~ 8/20	32	7/19 ~ 8/22	35
		34°41'	126°55'	40.0	7/19 ~ 8/22	35	7/20 ~ 8/22	34	7/19 ~ 8/22	35
		34°33'	126°55'	37.5	7/19 ~ 8/27	40	7/20 ~ 8/20	32	7/19 ~ 8/27	40
		34°36'	127°58'	32.4	7/19 ~ 8/21	34	7/20 ~ 8/31	43	7/19 ~ 8/31	44
전라북도	임남이부곡진성	35°04'	127°15'	74.0	7/14 ~ 8/28	46	7/20 ~ 8/26	38	7/14 ~ 8/28	46
		35°18'	126°55'	70.9	7/19 ~ 8/28	41	7/19 ~ 8/28	41	7/19 ~ 8/28	41
		35°37'	127°17'	244.0	7/26 ~ 8/9	15	7/20 ~ 8/19	31	7/20 ~ 8/19	31
		35°25'	127°25'	115.0	7/19 ~ 8/21	34	7/19 ~ 8/27	40	7/19 ~ 8/27	40
		35°55'	126°57'	8.0	7/19 ~ 8/27	40	7/20 ~ 8/22	34	7/19 ~ 8/27	40
		35°43'	126°42'	7.0	7/19 ~ 8/22	35	7/20 ~ 8/20	31	7/19 ~ 8/22	35
		35°59'	126°42'	26.3	7/19 ~ 8/27	40	7/21 ~ 8/19	27	7/19 ~ 8/27	40
		35°49'	127°09'	51.2	7/14 ~ 8/28	46	7/18 ~ 8/28	42	7/14 ~ 8/28	46
		35°31'	126°53'	40.5	7/15 ~ 8/22	38	7/15 ~ 8/26	43	7/15 ~ 8/26	43
		제주도	세서귀산대	33°31'	126°32'	22.0	7/11 ~ 9/2	54	7/20 ~ 8/20	32
33°14'	128°31'			51.9	7/14 ~ 9/7	56	7/30 ~ 8/21	24	7/14 ~ 9/7	56
33°27'	126°55'			10.7	7/11 ~ 9/2	54	7/27 ~ 8/14	19	7/11 ~ 9/2	54
33°13'	126°15'			20.0	7/13 ~ 9/2	52	7/27 ~ 8/20	25	7/13 ~ 9/2	52

콘크리트 및 경화 콘크리트의 품질에 악영향을 끼치거나, 혹은 콘크리트에 나쁜 특성을 초래할 수 있는 고온, 낮은 상대습도, 빠른 풍속 등의 조합」으로서, 이러한 환경에서 시공되어지는 콘크리트로 정의하고 있으나 적용기간과 관련된 기온에 관한 규정은 없다.

### 2.3 서중콘크리트 적용기간의 분석 및 제안

(1) 각 규정에 따른 적용기간 전 절에서 서술한 바와 같이 한국건축학회 및 ACI에서는 서중콘크리트의 적용기간을 수치적으로 규정하고 있지 않다. 그러므로 고온의 영향을 받는 서중콘크리트 적용기간은 일본건축학회 및 한국과 일본토목학회에서 규정하고 있는 일평균기온(혹은 일별 평할 평년치) 및 일최고기온을 고려할 수 있는데, 본 연구에서는 일평균온도를 이용하여 25℃를 넘는 기간과 일

최고온도가 30℃를 넘는 기간을 대상으로하여 우리나라의 서중콘크리트 적용기간을 분석하고자 한다.

표 1은 지역별 일평균기온을 측정한 측후소의 지리적 위치 및 각 기준에 따른 서중콘크리트 적용기간을 지역별로 나타낸 것이다. 먼저, 일본건축학회의 규정 및 토목학회의 해설, 즉 일평균기온 25℃를 넘는 기간을 기준으로 서중콘크리트 적용기간을 조사하였다. 그 결과 주요 대도시별 기간으로 서울은 36일, 부산 42일, 대구 47일, 인천 26일, 광주 41일, 대전 34일 등으로 나타났다. 또한, 일최고기온도 30℃를 넘는 기간을 기준으로 할 경우는 서울은 20일, 부산 3일, 대구 44일, 인천 0일, 광주 41일, 대전 32일 등으로 일부 지역에서는 매우 다르게 나타났다. 물론, 전국적으로도 두 기준으로 산정된 서중콘크리트 적용기간을 비교하면 일부 지역에서는 일평균온도 25℃를 기준으로 산정된 적용기간이 일최고기온도 30℃

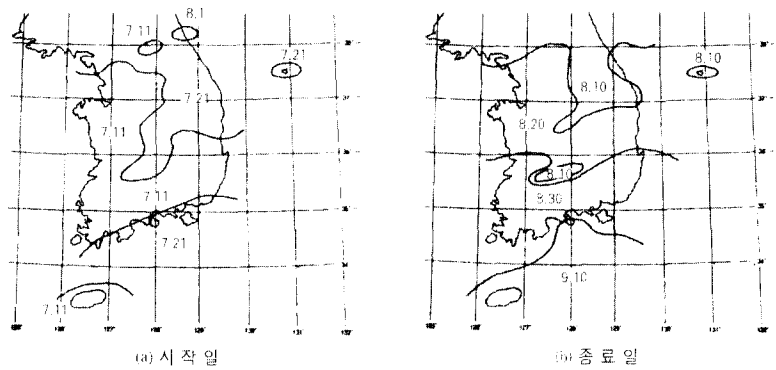


그림 1 서중콘크리트 적용기간의 시작일 및 종료일(일평균온도 25℃를 기준)

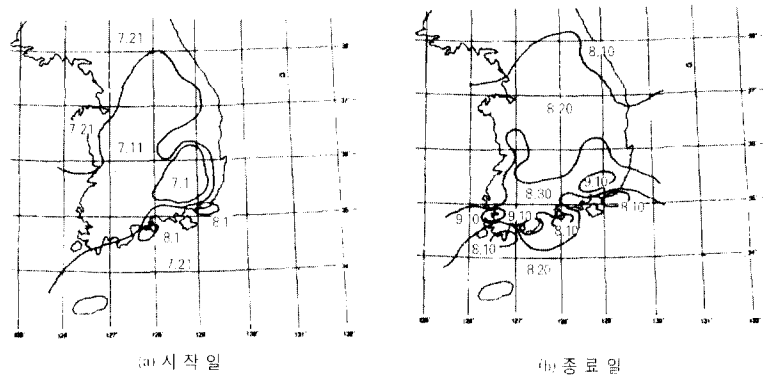


그림 2 서중콘크리트 적용기간의 시작일 및 종료일(일최고기온도 30℃를 기준)

를 기준으로 산정된 적용기간보다 매우 길게 나타나기도 하고 또한, 반대로 일부 지역에서는 일최고기온도 30℃를 기준으로 산정된 적용기간이 더욱 길게 나타나기도 한다.

#### (2) 우리나라 지역별 특성

그림 1 및 그림 2는 표 1의 결과를 다른 측면에서 적용기간의 시작일과 종료일이 속하여 있는 순의 초일과 종일을 지도상에서 등고선 형식으로 나타낸 것이다. 전반적으로 서중콘크리트 적용기간의 시작일은 영동지방 및 남부해안지역에서는 비교적 늦은 것으로 나타났는데, 춘천(25℃를 기준으로한 경우) 및 대구(30℃를 기준으로한 경우) 주위지역에서는 동위도의 다른 지역보다 비교적 빨리 시작되는 것으로 나타났다. 서중콘크리트의 종료일은 낮은 위도로 갈수록 늦어지는 것으로 나타났는데, 특별한 경향으로, 25℃를 기준한 경우 지리산 주위지역에서는 북부지

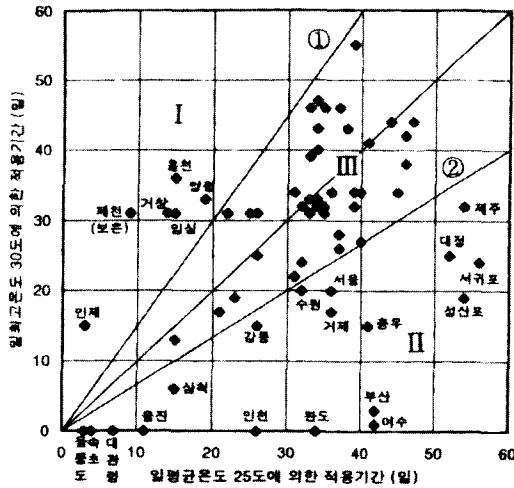


그림 3 일평균온도 25°C와 일최고온도 30°C에 의한 적용기간의 비교

표 2 구역별 서중콘크리트 적용기간 산정기준

구분	지역	산정기준
구역 I	인제, 홍천, 양평, 제천, 보은, 거창, 임실	일최고온도 30°C 산 기준
구역 II	속초, 대관령, 울진, 삼척, 강릉, 울릉도, 인천, 수원, 서울, 부산, 거제, 충무, 여수, 완도, 제주도	일평균온도 25°C 산 기준
구역 III	구역 I 및 구역 II에 속하지 않은 기타 지역	두 기준에 의한 적용기간중 긴 것

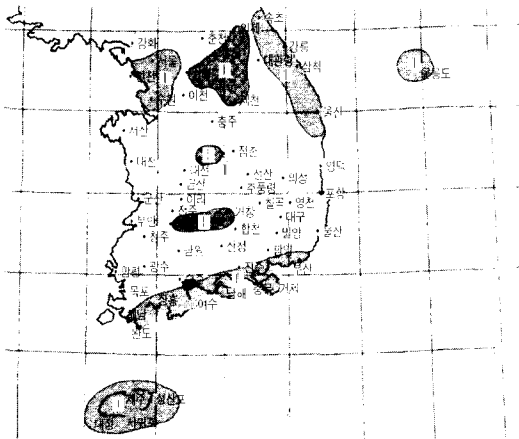


그림 4 설정기준별로 구분한 서중콘크리트 적용기간 구역

방과 거의 같은 시기에 끝나는 것으로 나타났고, 30°C를 기준한 경우 해양의 영향을 받은 남부해안지역의 종료일은 비교적 빨리 도달하는 것으로 나타났다.

그림 3은 일평균온도 25°C와 일최고온도 30°C에 의한 적용기간의 적용일수간을 산점도로 상호간 비교하여 나타낸 것이다. 먼저 45° 선 이하의 점이 비교적 많으므로 일평균온도 25°C에 의한 적용기간이 전반적으로 긴 것을 알 수 있다. 또한, 선①(일최고온도가 30°C 이상되는 기간이 일평균온도 25°C 이상되는 기간의 1.5배인 구간선) 및 선②(일평균온도가 25°C 이상되는 기간이 일최고온도 30°C 이상되는 기간의 1.5배인 구간선)에 의하여 전국을 세 개의 구역으로 구분하여 분석하면, 구역 I은 일최고온도 30°C를 기준으로한 적용기간이 비교적 긴 지역이고, 구역 II는 일평균온도 25°C를 기준으로한 적용기간이 더욱 긴 지역이며, 구역 III은 두 기준에 의한 적용기간이 비슷한 지역이다. 이러한 구역구분을 표 및 지도로 나타내면 표 2 및 그림 4와 같다.

지도에서 나타난 것과 같이 구역 I에 속하는 지역은 제천, 보은과 영서지방인 인제, 홍천, 양평 등 산악 지역 및 지리산 인접지역인 임실, 거창 등이므로 해발 높이가 높아 주야온도차가 크기 때문에 일최고온도는 높지만 일평균온도는 그다지 높지 않아 일최고온도에 의한 적용기간이 더욱 길게 나타난 것으로 분석된다.

구역 II는 일평균온도 25°C에 의한 적용기간이 비교적 길게 나타난 지역으로 중부서안형 기후구에 속한 한강의 하류지역인 서울, 인천, 수원 등과 남부동안형 기후구에 속한 영동지방인 속초, 대관령, 강릉, 삼척, 울진 등 지역은 난류의 영향을 받아 평균기온이 보편적으로 높지만 결국 북부지방이므로 일최고온도는 그다지 높지 않은 것으로 분석되고 또한, 울릉도 및 남해안형 기후구에 속하는 부산, 거제, 충무, 여수, 완도 등 남해안지역, 그리고 제주도는 해양의 영향을 많이 받는 해양성기후이므로 일평균기온이 25°C를 넘는 기간이 일최고온도 30°C를 넘는 기간보다 길게 나타났다.

기타 지방은 구역 III에 속하여 일평균온도가 높음에 따라 일최고온도도 높은 것으로 두 기준에 의한 적용기간이 비슷하게 나타났다.

표 3 우리나라 서중콘크리트 적용기간의 제안

제안
서중콘크리트의 적용을 받는 기간은 일평균온도 25°C 및 일최고온도 30°C를 넘는 기간중 긴 기간으로 한다.

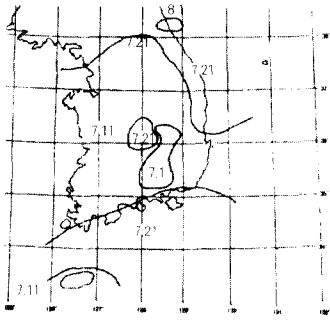


그림 5 제안에 의한 서중콘크리트 적용기간의 시작일

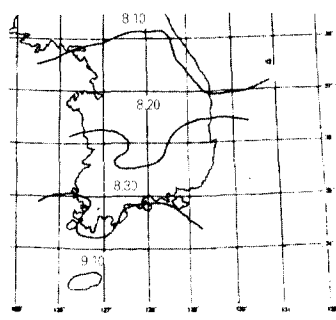


그림 6 제안에 의한 서중콘크리트 적용기간의 종료일

### (3) 적용기간 설정에 대한 제안

우리나라 각 지역의 서중콘크리트 적용기간의 설정과 관련하여 일본건축학회 및 일본토목학회 규정으로 분석한 결과 그 적용기간 규정상에는 크게 차이가 없는 것으로 나타났다. 따라서, 우리나라의 서중콘크리트 적용기간을 일평균온도 25℃를 기본으로 설정하는 것을 고려할 수 있는데 단, 대부분의 건설공사는 낮에 이루어지므로 일최고온도 30℃를 넘는 경우도 무시하지 못하게 된다. 그러나, 전 절에서 서술한 것과 같이 일평균온도 25℃와 일최고온도 30℃에 의한 적용기간은 지역에 따라 크게 상이하므로 우리나라의 서중콘크리트 적용기간을 다음 표 3과 같이 두 조건을 동시에 고려하는 적용기간을 제안하며 제안에 따른 적용기간은 표 1의 음영부분에서 나타난 것과 같고, 적용기간의 시작일 및 종료일을 순의 초일과 종일로하여 나타내면 그림 5 및 그림 6에서 나타난 것과 같다.

## 3. 한중콘크리트의 적용기간 설정

### 3.1 한중콘크리트의 정의

우리나라 건축공사표준시방서에서는 한중콘크리트를 「콘크리트를 부어넣은 후의 양생기간에 콘크리트가 동결할 염려가 있는 경우에 시공되는 콘크리트」라고 정의하고 있고, 콘크리트표준시방서에서는 「하루의 평균기온이 4℃이하로 예상될 때에는 한중콘크리트를 시공해야 한다」라고 규정하고 있다. 따라서 한중콘크리트를 시공할 때에는 콘크리트가 동결하지 않도록 하고 또한, 한냉(寒冷) 기후조건하에서도 소요의 품질이 얻어지도록 재료, 배합, 비비기, 운반, 치기,

양생, 거푸집 및 동바리 등에 대하여 적절한 조치를 취해야 한다.

### 3.2 한중콘크리트 적용기간에 관한 규정

#### (1) 한국건축학회

한중콘크리트의 적용기간에 대한 규정으로 우리나라 건축공사표준시방서에서는 「한중콘크리트의 적용을 받는 기간은 특기시방에 따른다」라고 되어있다. 그러나, 우리나라 건축공사 대부분의

경우는 특기시방서에서 이부분에 대하여 거의 언급되고 있지 않으며, 일반적인 관 및 시공자의 사고는 공사를 중지하여야만 하는 것으로 알고 있다.

#### (2) 일본건축학회

일본건축학회에서 제정한 건축공사표준시방서의 한중콘크리트 적용기간은 한국의 경우와 같이 특기시방에 따르도록 정하고 있으나 단, 일본건축학회의 「한중콘크리트 시공지침·동해설」에 기록된 한중콘크리트의 적용기간은 「기상청에 의해서 일별 평균기온을 평활평년치로 한 재령 28일까지의 적산온도 M이 370° DD이하로 되는 날을 포함한 순의 초일과 종일까지를 적용기간의 시작일과 종료일로 한다」라고 설명하고 있으며 「이 기간 이외에서도 일별 최저기온 평활평년치가 -2℃ 이하가 되는 기간에는 가능한 분지침을 준용하고 초기동해방지를 위해 적절한 시설을 설치하는 것이 요망된다」라고 규정되어 있다.

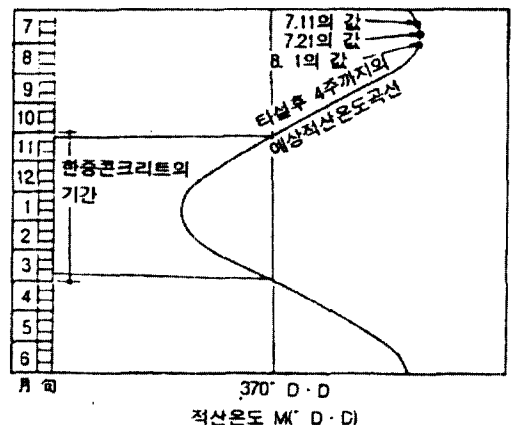


그림 7 한중콘크리트 기간을 정하는 방법

표 4 각 규정에 의한 우리나라 한중콘크리트 적용기간

지역구분		일본건축학회의 규정		한·일 토목학회 및 제안하는 규정		ACI 규정	
		기간 (月/日~月/日)	일	기간 (月/日~月/日)	일	기간 (月/日~月/日)	일
강원도	속대관	12/1~2/29	90	12/11~3/7	88	11/28~3/13	106
	조명전	11/1~3/20	140	11/8~4/4	148	11/8~4/4	148
	강원도	11/11~2/29	110	11/17~3/17	123	11/16~3/18	123
	송동주	12/1~2/20	80	12/12~3/7	86	11/30~3/10	101
	윤인	11/11~2/29	110	11/16~3/17	122	11/11~3/18	125
	윤인	12/11~2/20	70	12/12~3/6	85	12/12~3/7	86
	윤인	11/11~3/10	110	11/16~3/18	125	11/13~3/20	128
	윤인	11/11~3/10	110	11/14~3/19	126	11/13~3/20	128
경기도	윤인	12/1~2/20	80	12/10~3/7	88	12/7~3/7	91
	속대관	11/21~2/29	100	11/24~3/12	109	11/21~3/12	112
	속대관	11/21~2/29	100	11/28~3/17	112	11/24~3/18	115
	속대관	11/11~2/29	110	11/21~3/18	119	11/17~3/19	123
	속대관	11/11~2/29	110	11/23~3/17	118	11/17~3/18	122
충남	속대관	11/11~2/29	110	11/17~3/16	120	11/14~3/18	125
	속대관	11/11~2/29	110	11/17~3/16	120	11/17~3/17	121
	속대관	11/21~2/29	100	11/28~3/16	109	11/27~3/18	112
	속대관	11/21~2/29	100	11/24~3/13	110	11/21~3/13	113
	속대관	11/21~2/29	100	11/24~3/13	110	11/21~3/18	118
	속대관	11/21~2/29	100	11/22~3/6	105	11/22~3/7	106
충북	속대관	12/1~2/29	90	11/28~3/15	108	11/27~3/18	112
	속대관	11/21~2/29	100	11/27~3/12	106	11/23~3/12	110
	속대관	11/21~2/29	100	11/21~3/12	112	11/18~3/13	116
	속대관	11/11~3/10	120	11/17~3/18	122	11/13~3/19	127
경남	속대관	11/11~2/29	110	11/18~3/13	116	11/16~3/13	128
	속대관	11/11~2/29	110	11/17~3/19	121	11/17~3/19	123
	속대관	11/21~2/29	100	11/21~3/13	113	11/17~3/17	121
	속대관	12/1~2/20	80	12/12~2/29	79	12/12~3/1	80
	속대관	12/21~1/31	40	12/25~2/16	53	12/22~2/16	56
	속대관	12/21~1/31	40	12/23~2/29	68	12/19~3/1	73
	속대관	12/1~2/20	80	11/29~3/2	94	11/28~3/6	99
	속대관	11/21~2/20	90	11/28~3/4	97	11/27~3/6	100
경북	속대관	11/21~2/29	100	11/23~3/11	109	11/20~3/12	113
	속대관	12/1~2/20	80	11/29~3/3	95	11/28~3/7	100
	속대관	12/1~2/20	80	12/1~3/2	92	11/28~3/7	100
	속대관	11/21~2/20	90	11/23~3/5	103	11/23~3/6	104
	속대관	12/11~2/10	60	12/15~2/27	74	12/12~2/27	77
	속대관	12/11~2/10	60	12/12~2/21	68	12/12~2/22	72
	속대관	12/11~2/29	80	12/13~3/11	89	12/11~3/13	93
	속대관	12/1~2/20	80	11/30~3/1	92	11/29~3/3	95
전남	속대관	12/11~2/10	60	12/12~2/29	79	12/12~3/1	80
	속대관	11/21~2/20	90	11/27~3/6	100	11/23~3/6	104
	속대관	11/11~2/29	110	11/18~3/13	116	11/18~3/13	116
	속대관	12/1~2/20	80	12/11~3/6	87	12/1~3/7	98
	속대관	11/11~2/29	110	11/18~3/12	116	11/18~3/13	116
	속대관	11/21~2/29	100	11/25~3/7	115	11/21~3/8	108
	속대관	11/21~2/20	90	11/27~3/7	101	11/25~3/8	104
	속대관	11/21~2/20	90	11/26~3/7	102	11/21~3/9	109
전북	속대관	11/21~2/29	100	11/23~3/12	110	11/21~3/13	113
	속대관	12/11~2/20	70	12/21~3/1	70	12/13~3/7	84
	속대관	12/11~2/10	60	12/21~2/29	70	12/13~3/1	79
	속대관	1/1~1/31	30	12/23~2/21	60	12/22~2/21	61
	속대관	12/1~2/20	80	12/5~3/7	93	11/28~3/8	101
	속대관	12/1~2/20	80	12/5~3/6	92	11/29~3/7	99
	속대관	12/11~2/20	70	12/11~3/4	84	12/11~3/7	87
	속대관	12/11~2/10	60	12/11~3/1	81	12/11~3/1	81
전북	속대관	11/21~2/20	90	11/28~3/7	98	11/27~3/7	101
	속대관	12/1~2/20	80	12/6~3/7	92	11/29~3/8	100
	속대관	11/11~2/29	110	11/18~3/18	121	11/18~3/19	122
	속대관	11/21~2/29	100	11/27~3/7	101	11/27~3/12	106
	속대관	11/21~2/29	100	11/28~3/11	100	11/27~3/13	107
	속대관	12/1~2/29	90	11/28~3/10	103	11/27~3/12	106
전북	속대관	12/1~2/29	90	12/7~3/13	97	11/28~3/18	111
	속대관	12/1~2/29	90	11/29~3/10	102	11/29~3/11	103
	속대관	12/1~2/20	80	11/28~3/7	100	11/27~3/7	101

1) 은 1973년부터 1984년까지의 일평균기온값을 사용  
 2) 은 1973년부터 1987년까지의 일평균기온값을 사용

그림 7은 시공일로부터 28일간의 적산온도 평년치 곡선을 모식도로 나타낸 것이다. 그림 중의 수직선은 적산온도  $(M) = 370^{\circ}\text{DD}$ 의 선을 의미하는데, 이 수직선보다 좌측에 있는 부분이 적산온도가  $370^{\circ}\text{DD}$  이하이며 이 부분이 한중콘크리트 시공의 적용기간이 됨을 의미한다. 단, 이 그림에서 기간의 시작일은 그 순의 초일, 기간의 종료일은 그 순의 종료로 정하는 것을 원칙으로 한다.

### (3) 한국 및 일본토목학회의 규정

한국 및 일본의 토목학회에서의 한중콘크리트 적용기간은 「하루의 평균기온이  $4^{\circ}\text{C}$ 이하로 예상될 때에는 한중콘크리트 시공하여야 한다」라고 규정되어 있다.

### (4) ACI의 규정

ACI 규정은 한중콘크리트의 적용기간을 「일평균 기온이  $4.5^{\circ}\text{C}$  ( $40^{\circ}\text{F}$ ) 이하로 예상되는 기간」으로 규정하고 있다. 또한, 한중 시공기간은 일반적으로 가을에 시작해서 봄까지 계속되는 것으로 규정하고 있다.

## 3.3 한중콘크리트 적용기간의 분석 및 제안

### (1) 각 규정에 따른 적용기간

표 4는 우리나라 기상청 데이터를 이용하여 일본건축학회, 한국 및 일본 토목학회 및 ACI의 규정에 따른 국내 각 지역의 한중콘크리트 적용기간을 나타낸 것이다. 먼저 일본건축학회의 규정에 의한 한중콘크리트의 적용기간은 전국적으로 11월 상순에서 2월 하순까지로 평균 90일 정도로 나타났는데, 일반적으로 산맥이 인접한 내

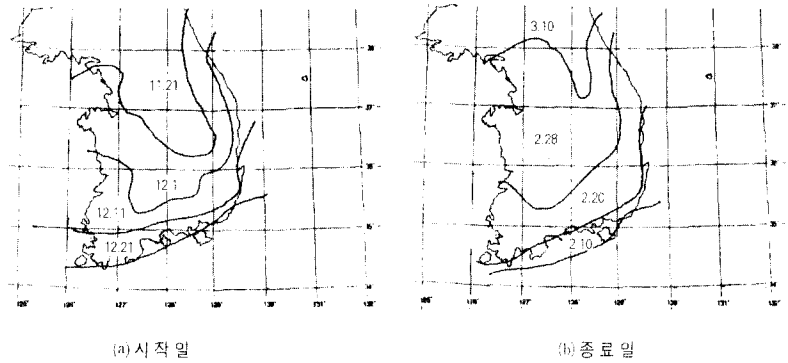


그림 8 일본건축학회 규정에 의한 한중콘크리트 적용기간

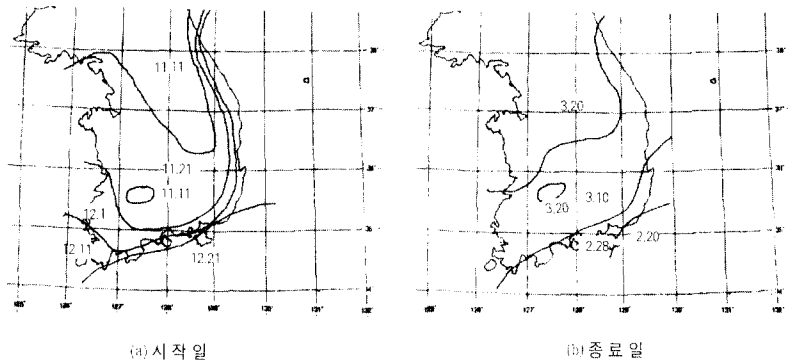


그림 9 한·일 토목학회 및 제안하는 규정에 의한 한중콘크리트 적용기간

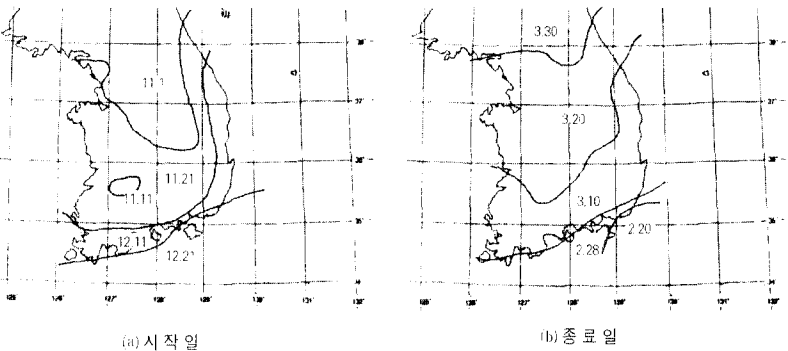


그림 10 ACI 규정에 의한 한중콘크리트 적용기간

륙 지방은 한중콘크리트의 적용기간이 동위도의 해안지방이나 평지에 비해 긴 것으로 조사되었다.

토목학회의 규정에 의한 한중콘크리트의 적용기간은 전반적으로 일본건축학회의 규정을 적용한 기간보다 약 10일 정도 길게 나타났다.



표 5 한중콘크리트 적용기간에 대한 제안

제 안
한중콘크리트의 적용을 받는 기간은 일 평균기온이 40°C 이하로 예상되는 기간으로 한다.

또한, ACI의 규정에 의한 한중콘크리트의 적용기간은 제주도와 일부 해안지역을 제외한 거의 전지역이 100일 이상의 긴 적용기간으로 되었다. 즉, 한중콘크리트 적용기간에 있어서 ACI규정은 일본건축학회나 한국 및 일본 토목학회 규정보다 길게 나타났다.

또한, 그림 8은 일본건축학회의 규정을 적용할 경우의 한중콘크리트 적용기간의 시작일과 종료일을 순단위로하여 지도상에 등고선 형식으로 나타낸 것이다. 전반적인 경향으로 내륙 및 산간 지방의 한중콘크리트 적용 시작일은 동위도의 해안지방보다 빠르게 나타나고, 종료일은 오래 지속되고 있어 지형적인 요인이 한중콘크리트의 적용기간에 큰 영향이 미치는 것을 알 수 있다.

그림 9는 동일한 요령으로 토목학회의 규정에 의한 결과를 나타낸 것이고, 그림 10은 ACI 규정에 따른 결과를 나타낸 것인데, 마찬가지로 지형적 요인이 한중콘크리트의 적용기간에 큰 영향이 있음을 알 수 있다.

(2) 각 규정 적용기간의 비교

그림 11은 일본건축학회, 한국 및 일본토목학회와 ACI규정에 의한 적용기간의 관계를 상호 비교한 것이다. 전반적인 경향으로 각 규정간에는 양호한 상관성을 나타내는데, 특히 토목학회의 규정에 의한 한중콘크리트의 적용기간은 일본건축학회의 규정에 의한 적용기간보다 약 10일 정도 길게 나타나고 ACI의 규정에 의한 적용기간은 일본건축학회의 규정보다 약 14일 정도 긴 것으로 나타났다. 본 연구에 의하면

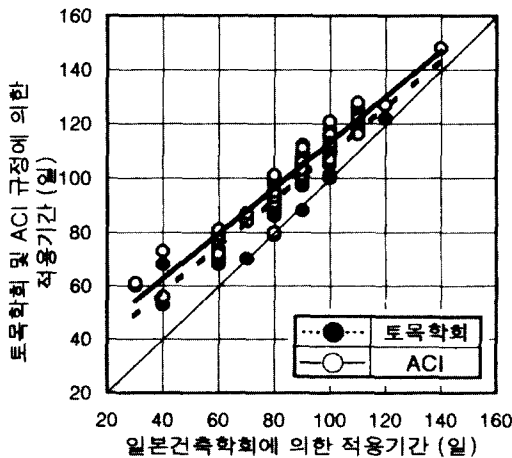


그림 11 ACI, 일본건축학회, 한·일 토목학회 규정에 의한 적용기간의 비교

ACI규정은 일본건축학회나 토목학회규정보다 엄격하게 한중콘크리트의 적용기간이 규정되고 있음을 알 수 있다.

(3) 적용기간 설정에 대한 제안

우리나라 콘크리트공사에 있어, 각 지역의 한중콘크리트 시공에 적용을 받는 기간을 일본건축학회, 한국 및 일본토목학회, ACI규정으로 분석하여 본 결과 그 적용기간의 범위가 비교적 넓고, 그 기간도 다양하게 나타나고 있음을 알 수 있었다. 따라서 우리나라 한중콘크리트의 적용기간을 어느 근거에 의거 적용할 것인가 하는 문제는 매우 어렵고 또한 독자적으로 제안하기에는 많은 어려움이 있다.

그러나, 건축공사 및 토목공사에 있어서는 경제성, 시공성 등 기타 요소보다는 건설물의 안전성, 내구성이 중요하기 때문에 한중콘크리트 적용기간의 기준을 안전한 쪽으로 선택하는 것이 바람직하다고 분석된다.

또한 한중콘크리트 적용기간의 기준으로서 일평균온도와 적산온도에 따르는 크게 두가지의 고려사항이 있는데, 한중콘크리트의 초기동해, 강도발현지연 등 문제점중 콘크리트 구조체에 대한 피해가 크고, 엄중한 초기동해는 장시간에 의한 적산온도보다 타설후 초기 몇일간의 기온에 의하여 더욱 큰 영향을 미치게 된다.

그러므로 일본건축학회의 적산온도 개념보다는 일평균기온 개념인 토목학회 및 ACI 방식으로 또한 일평균기온의 적용온도는 종전부터 적용하였던 관례도 있기 때문에 토목학회규정의 4.0°C이하로 택하여 우리나라 건축·토목을 망라한 한중콘크리트의 적용기간으로 설정할 것을 제안하고자한다. 그 제안을 정리하면 다음 표 5와 같고 제안에 따른 적용기간은 표 4의 음영부분에 나타난 것과 같다.

4. 결 론

기온을 고려하는 우리나라 서중 및 한중콘크리트의 적용기간 설정에 관한 자료분석적 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 우리나라 각 지역의 서중 및 한중콘크리트 적용 기간을 일본건축학회, 한·일토목학회, ACI 등 규정을 적용하여 분석한 결과 서중콘크리트의 적용기간은 크게 차이가 없는 것으로 나타났고, 한중콘크리트의 경우는 그 적용기간이 ACI규정이 가장 길고, 토목학회, 일본건축학회의 순으로 나타났다.

2) 우리나라 콘크리트공사에 있어 서중콘크리트의 적용기간은 지역별 현격한 차이를 나타내는 기후특성상 다음과 같이 제안한다.

「서중콘크리트의 적용을 받는 기간은 일평균기온 25℃ 및 일최고온도 30℃를 넘는 기간중 긴 기간으로 한다.」

3) 한중콘크리트의 적용기간에 대해서는 건축·토목을 망라하여 다음과 같이 제안한다.

「한중콘크리트의 적용을 받는 기간은 일평균기온이 4.0℃이하로 예상되는 기간으로 한다.」

## 참 고 문 헌

1. 大韓建築學會: 建築工事標準示方書, 1994
2. 대한토목학회: 콘크리트표준시방서, 1988
3. 氣象廳: 韓國氣候表, 1991
4. 한국공업표준협회: KS F 4009(레디믹스트 콘크리트), 1994
5. 金榮泰, 韓敏喆, 李大周, 崔榮和, 韓千求: 暑中콘크리트

- 의 適用期間 設定에 관한 研究, 大韓建築學會 學術發表 論文集, 第16卷, 第2號, 1996
6. 韓千求: 「서중콘크리트」, 아세아레미콘 기술교육, 1996
7. 白承大, 韓敏喆, 尹起源, 韓千求, 金武漢: 寒中콘크리트의 適用期間 및 溫度補正에 관한 研究, 大韓建築學會 學術發表 論文集, 第16卷, 第1號, 1996
8. 韓千求: 「한중콘크리트」, 아세아레미콘 기술교육, 1996
9. 韓千求: 「특수환경조건에서 레미콘의 대응」, '96 레미콘 品質經營 세미나, 韓國레미콘工業協同組合聯合會, 1996
10. 韓千求: 「기온과 콘크리트」, 한국건설자재시험연구원 레미콘 기술교육, 1997
11. 日本建築學會: 建築工事標準仕様書·同解説, 1994
12. 日本土木學會: 콘크리트標準示方書, 1991
13. 日本建築學會: 暑中콘크리트의 施工指針(案)·同解説, 丸善株式會社, 1992
14. 日本建築學會: 寒中콘크리트 施工指針·同解説, 1989
15. 鎌田英治: JASS5의 改定と寒冷地分野の仕様改定の動き, 寒中콘크리트技術講習會, 1996
16. 洪悅郎, 長島 弘: 寒中콘크리트, 技術書院, 1968
17. ACI Publication: ACI Manual of Concrete Practice, Part 2, 1990
18. Neville: Properties of Concrete, Pitman, 1981
19. Nicolas J. Carino: Standard Specification for Cold Weather Concreting, ACI
20. RILEM, Winter Concreting, Cement and Concrete Association, London, 1974