

# 콘크리트의 기온보정강도 적용에 관한 자료분석 연구

韓 千 求

〈청주대학교 건축공학과 교수, 공박〉

韓 敏 喆

〈청주대학교 건축공학과 석사과정〉

## 1. 서 론

콘크리트는 시멘트의 수화반응에 의하여 강도가 발휘되는 복합물질로서, 콘크리트 주변의 환경, 특히 외기온의 영향은 대단히 크다. 이러한 외기온에 따른 콘크리트의 대응으로는 크게 4단계로서 한중콘크리트, 한랭기 콘크리트, 보통콘크리트, 서중콘크리트로 구분 되는데, 보통콘크리트에 비하여 한중 및 한랭기 콘크리트의 경우는 강도의 상향조정의 보정과 서중콘크리트는 하향보정을 상상할 수 있으나, 서중환경의 경우 기온보정강도의 역보정은 장기강도의 저하로 고려하지 않는 것이 일반화되어 있는 반면에, 저온에 따른 강도보정은 매우 중요시 된다.

그러나, 한중 및 한랭기 콘크리트에 있어, 배합강도 결정시에는 저온에 의한 강도 저하분만큼의 기온보정강도를 고려하도록 건축공사 표준시방서(이하 KASS라 칭함)에는 규정되어 있음에도 불구하고, 실무에서는 관계자의 인식부족 및 결과정리의 번잡성 등의 이

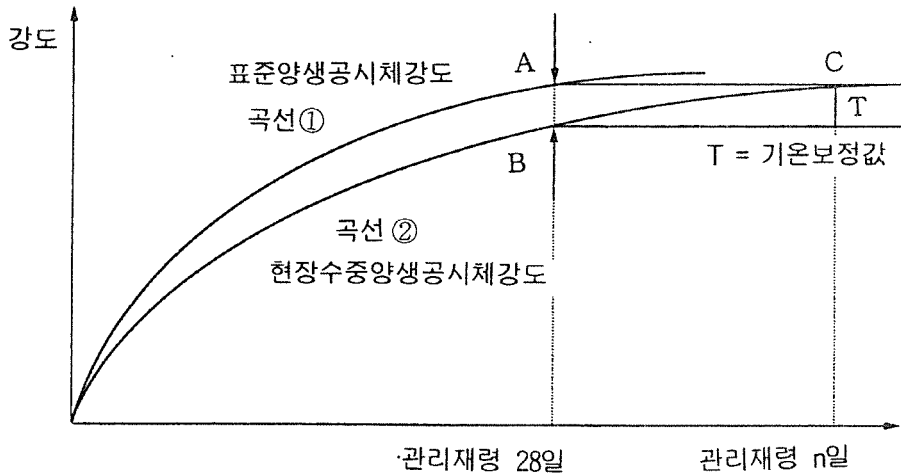
유로 말미암아 잘 지켜지지 않고 있는 것이 현실이다.

그러므로 본 연구에서는 건축구조물에 있어서 저온기온을 고려하는 한랭기콘크리트에 대하여(한중콘크리트인 경우는 양생조건에 따라 평균기온을 적용하므로 방법은 유사함) 국내 기상청자료를 이용하여 단계별 온도보정강도를 지역별, 관리재령별 적산온도법으로 산정한 다음 평균기온으로 환산하여 그 결과를 제시함으로써 레미콘 발주시 각 지역별 기온보정강도 산정에 한 참고자료를 제시하고자 한다.

## 2. 콘크리트의 기온보정강도에 대한 이론적 고찰

### 2.1 기온보정강도적용의 배경

한랭기에서 타설되는 콘크리트의 경우는 콘크리트를 부어넣은 후 28일간의 평균기온에 따라 표준양생조건에서의 강도발현을 보



〈그림 1〉 콘크리트 강도와 양생온도 및 관리재령간의 관계모식도

다 상당부분 저조함을 알 수 있다.

이렇게 저조한 강도발현 상황에서 소요강도를 얻기 위해서는 배합설계시 그 차이만큼을 보정해주거나, 관리재령을 연장하여 줌으로써 콘크리트의 강도저하를 해결해 주지 않으면 안된다. 즉, 그림 1에서 곡선②는 곡선①에 비하여, 저온 환경에서 양생 되어진 경우로서, 이때 곡선②의 B점 강도는 목표하는 배합 강도 A점에 미치지 못한다. 여기서 일정 재령내에 소요 강도를 확보할 수 있도록 하기 위해서는 배합설계 강도 결정시 그 차이(T)만큼 상향 보정이 필요한데, 이것이 기온보정강도이고, 또한 곡선②의 B점 강도를 곡선①의 A점 강도만큼 발휘되도록 C점 만큼기간을 연장하는 방법이 있는데 이를 관리재령 연장방법이라한다.

## 2.2 기온보정강도의 적용규정

### (1) 배합강도 결정 방법

콘크리트를 부어넣은 날로부터 28일간의

기온이 370DD(3.2℃) 이하와 같이 저온환경이 되는 기상조건하에서는(한중콘크리트 적용기간) 콘크리트의 응결경화반응이 몹시 지연되어 밤중이나 새벽뿐만 아니라 낮에도 동결할 염려가 있으므로 한중콘크리트 시공으로서의 고려가 필요하다. 즉 경화전의 콘크리트가 빙점하에 노출되면 쉽게 동결팽창하여 초기동해를 받기 때문에 그 후 적절한 양생을 하여도 강도 회복이 불가능하고 내구성과 수밀성 등도 몹시 저하한다.

또한 콘크리트가 동결하지 않더라도, 콘크리트를 부어넣은 날로부터 관리재령 기간동안 예상평균기온이 3℃이상 18℃ 이하의 저온에서 양생되면 응결 및 경화 반응이 상당히 지연 되어 조기에 하중을 받는 구조물에서는 균열이나 잔류 변형 등의 문제가 생긴다. 이와 같은 한냉기 저온 환경에서의 콘크리트 시공과 관련하여 KASS에서는 소정의 재령에서, 소요강도를 얻기 위하여 배합강도 결정시 기온보정강도를 고려하도록 규정하고 있다. 이 규정에 의하면 배합강도는 표준양생에 의

한 재령 28일 공시체의 압축강도로 표시하는 것으로 하고, 구조체 콘크리트의 강도 관리 재령에 따라서 다음의 1) 및 2)에 나타낸 각각의 식을 만족하도록 규정하고 있다.

1) 구조체 콘크리트의 강도관리재령이 28일인 경우

$$F \geq F_c + T + \alpha \cdot \sigma \text{ ----- (1)}$$

$$F \geq \beta \cdot (F_c + T) + 3 \cdot \sigma \text{ ----- (2)}$$

2) 구조체 콘크리트의 강도관리재령이 28일을 넘고 91일 이내인 경우

$$F \geq 0.7 F_c + T_{28} + \alpha \cdot \sigma \text{ ----- (3)}$$

$$F \geq F_c + T_n + \alpha \cdot \sigma \text{ ----- (4)}$$

$$F \geq \beta (F_c + T_n) + 3 \cdot \sigma \text{ ----- (5)}$$

여기서,

| 구 분      | $\alpha$ | $\beta$ |
|----------|----------|---------|
| 보통 콘크리트  | 1.73     | 0.8     |
| 고강도 콘크리트 | 2        | 0.9     |

F : 콘크리트의 배합강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

F<sub>c</sub> : 콘크리트의 설계기준강도 (kgf/cm<sup>2</sup>)

T : 구조체 콘크리트의 강도관리를 위하여 공시체의 양생방법을 현장수중양생으로 한 경우, 콘크리트를 부어 넣은 날로부터 28일간의 예상평균기온에 따른 콘크리트의 강도보정값(kgf/cm<sup>2</sup>)

T<sub>28</sub> : 구조체 콘크리트의 강도관리를 위하여 공시체의 양생방법을 현장봉함양생으로 한 경우, 콘크리트를 부어넣은 날로부터 28일간의 예상 평균기온에 따른 콘크리트 강도보정값(kgf/cm<sup>2</sup>)

T<sub>n</sub> : 구조체 콘크리트의 강도관리를 위하여 공시체의 양생방법을 현장봉함양생으로 한 경우, 콘크리트를 부어넣은 날로부터 n일간의 예상 평균기온에 따른 콘크리트 강도보정값(kgf/cm<sup>2</sup>),

단 28 <n≤91

σ : 콘크리트 강도의 표준편차

### (2) 기온보정강도

배합강도 산정시 예상평균기온에 따른 콘크리트 강도의 보정치 T<sub>28</sub> 및 T<sub>n</sub>은 시멘트의 종류, 예상평균기온의 범위에 알맞게 정하도록 KASS에 표 1~3과 같은 3종류의 표가

<표 1> 콘크리트강도의 기온에 따른 보정값 T (현장 수중양생의 경우)의 표준값

| 시멘트의 종류                                     | 콘크리트를 부어 넣은 날로부터 28일간의 예상 평균기온의 범위 ( °C) |              |              |              |              |
|---|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
|   | 18이상                                     | 15이상<br>18미만 | 7이상<br>15미만  | 4이상<br>7미만   | 2이상<br>4미만   |
| 조강포틀랜드 시멘트                                  | 18이상                                     | 15이상<br>18미만 | 7이상<br>15미만  | 4이상<br>7미만   | 2이상<br>4미만   |
| 보통포틀랜드 시멘트<br>플라이애시 시멘트 A종<br>고로슬래그 시멘트 특급  | 18이상                                     | 15이상<br>18미만 | 9이상<br>15미만  | 5이상<br>9미만   | 3이상<br>5미만   |
| 플라이애시 시멘트 B종                                | 18이상                                     | 15이상<br>18미만 | 10이상<br>15미만 | 7이상<br>10미만  | 5이상<br>7미만   |
| 고로슬래그 시멘트 1급                                | 18이상                                     | 16이상<br>18미만 | 14이상<br>16미만 | 12이상<br>14미만 | 10이상<br>12미만 |
| 콘크리트 강도의 기온에 따른보정값 T (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0  | 15           | 30           | 45           | 60           |

주1) 고로슬래그의 분량이 45%이하인 경우에는 플라이애쉬 시멘트 B종과 같은 보정치로 하여도 좋다.

<표 2> 콘크리트 기온에 따른 보정값 T<sub>28</sub> (현장봉함 양생의 경우)의 표준값

| 시멘트의 종류                                     | 콘크리트를 부어 넣은 날로부터 28일간의 예상 평균기온의 범위 ( °C) |              |              |              |              |             |            |            |            |   |
|---|--|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|------------|------------|------------|---|
|   | 18 이상                                    | 15이상<br>18미만 | 9이상<br>15미만  | 5이상<br>9미만   | 3이상<br>5미만   | -           | -          | -          | -          | - |
| 보통포틀랜드 시멘트<br>플라이애시 시멘트A종<br>고로슬래그 시멘트특급    | 18 이상                                    | 15이상<br>18미만 | 9이상<br>15미만  | 5이상<br>9미만   | 3이상<br>5미만   | -           | -          | -          | -          | - |
| 플라이애시 시멘트B종                                 | 18 이상                                    | 15이상<br>18미만 | 10이상<br>15미만 | 7이상<br>10미만  | 5이상<br>7미만   | 3이상<br>5미만  | -          | -          | -          | - |
| 고로슬래그 시멘트1급                                 | 18 이상                                    | 16이상<br>18미만 | 14이상<br>16미만 | 12이상<br>14미만 | 10이상<br>12미만 | 8이상<br>10미만 | 6이상<br>8미만 | 4이상<br>6미만 | 2이상<br>4미만 | - |
| 콘크리트 강도의 기온에 따른 보정값 T(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0  | 15           | 30           | 45           | 60           | 75          | 90         | 105        | 120        | - |

<주1> 고로슬래그의 분량이 45%이하인 경우에는 플라이애쉬 시멘트 B종과 같은 보정치로 하여도 좋다.

〈표 3〉 콘크리트 기온에 따른 보정값 Tn

| 시멘트의 종류                                     | 재령 n(일) | 콘크리트를 부어 넣은 날로부터 28일간의 예상평균기온의 범위( °C) |              |              |             |            |
|---|---------|--|--------------|--------------|-------------|------------|
|   |         | 3이상                                    | -            | -            | -           | -          |
| 보통포틀랜드 시멘트                                  | 91      | 3이상                                    | -            | -            | -           | -          |
| 플라이애시시멘트                                    | 56      | 12이상                                   | 5이상<br>12미만  | 3이상<br>5미만   | -           | -          |
| A종고로슬래그 시멘트 특급                              | 42      | 15이상                                   | 12이상<br>15미만 | 5이상<br>12미만  | 3이상<br>5미만  | -          |
| 플라이애시 시멘트 B종                                | 91      | 3이상                                    | -            | -            | -           | -          |
|   | 56      | 12이상                                   | 6이상<br>12미만  | 3이상<br>6미만   | -           | -          |
|   | 42      | 15이상                                   | 12이상<br>15미만 | 6이상<br>12미만  | 3이상<br>6미만  | -          |
| 고로슬래그 시멘트 1급                                | 91      | 3이상                                    | 3이상<br>6미만   | -            | -           | -          |
|   | 56      | 12이상                                   | 9이상<br>12미만  | 6이상<br>9미만   | 3이상<br>6미만  | -          |
|   | 42      | 17이상                                   | 14이상<br>17미만 | 11이상<br>14미만 | 9이상<br>11미만 | 6이상<br>9미만 |
| 콘크리트 강도의 기온에 따른보정값 T (kgf/cm <sup>2</sup> ) |         | 0                                      | 15           | 30           | 45          | 60         |

〈주1〉 고로슬래그의 분량이 45%이하인 경우에는 플라이애시시멘트 B종과 같은 보정치로 하여도 좋다.

〈표 4〉 콘크리트의 기온에 따른 보정값 T (관리재령별)의 표준값

| 관리재령  | 콘크리트를 부어 넣은 날로부터 n일간의 예상 평균기온의 범위 ( °C) |              |             |             |            |
|---|---|--------------|-------------|-------------|------------|
|   | 3이상                                     | 5이상<br>12미만  | 3이상<br>5미만  | 5이상<br>12미만 | 3이상<br>5미만 |
| 91  | 3이상                                     |              |             |             |            |
| 56  | 12이상                                    | 5이상<br>12미만  | 3이상<br>5미만  |             |            |
| 42  | 15이상                                    | 12이상<br>15미만 | 5이상<br>12미만 | 3이상<br>5미만  |            |
| 28'   | 18이상                                    | 15이상<br>18미만 | 9이상<br>15미만 | 5이상<br>9미만  | 3이상<br>5미만 |
| 콘크리트강도의 기온에 따른 보정값 T (kgf/cm <sup>2</sup> ) | 0                                       | 15           | 30          | 45          | 60         |

〈주〉 모든 경우는 현장불합양생을 의미하나 단, \*는 현장수중양생의 경우와는 공통적으로 적용됨

제시되어 있다.

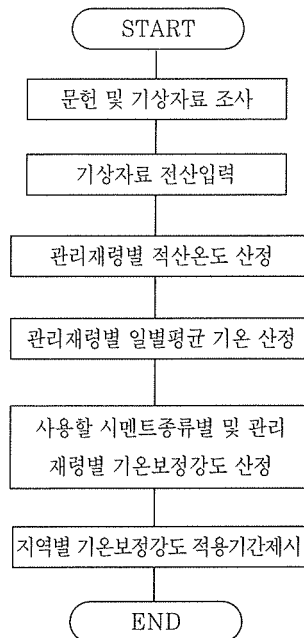
참고적으로 이 3종류의 표를 기본으로하여

표 4는 우리나라에서 가장 많이 이용되고 있는 보통포틀랜드 시멘트의 경우만 발췌하여, 콘크리트를 부어넣은 날로부터 n일간의 예상 일평균기온에 따른 관리재령별 기온보정강도를 하나로 종합하여 나타낸 것이다.

### 3. 자료분석 방법 및 결과

#### 3.1 자료분석방법

본 연구에서는 기상청의「한국 기후표」를 이용하여 1960년부터 1990년까지의 남한의 68개 지역에 대한 기상자료로 일평균온도를 조사한 다음 관리재령별 적산온도를 산정한 후 국내 대부분의 건설공사 현장에서는 보통 포틀랜드 시멘트가 사용되고 있다는 점을 고려하여, 산정된 적산온도로부터 보통포틀랜드 시멘트에 대한 관리재령별 즉, 28일, 42일, 56일간의 예상평균기온에 따른 콘크리트



〈그림 2〉 본연구의 흐름도

〈표 5〉 콘크리트를 부어넣은 날로부터 28일간의 평균기온에 의한 단계별 기온보정강도 적용기간

| 지역구분 |   | 단계별 기온보정강도            |                       |                       |                       |                       |                       |                       |                       |
|------|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      |   | 60kgf/cm <sup>2</sup> | 45kgf/cm <sup>2</sup> | 30kgf/cm <sup>2</sup> | 15kgf/cm <sup>2</sup> | 15kgf/cm <sup>2</sup> | 30kgf/cm <sup>2</sup> | 45kgf/cm <sup>2</sup> | 60kgf/cm <sup>2</sup> |
| 강원도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 2/21~3/3              | 3/4~3/22              | 3/23~4/24             | 4/25~5/21             | 9/15~10/1             | 10/2~10/31            | 11/1~11/18            | 11/19~11/30           |
|      |   | 3/20~3/26             | 3/27~4/13             | 4/14~5/25             | 5/26~6/23             | 8/12~8/27             | 8/28~9/28             | 9/29~10/19            | 10/20~10/27           |
|      |   | 2/29~3/7              | 3/8~3/23              | 3/24~4/19             | 4/20~5/9              | 9/6~9/19              | 9/20~10/16            | 10/17~11/1            | 11/2~11/7             |
|      |   | 2/18~2/29             | 3/1~3/20              | 3/21~4/15             | 4/16~5/3              | 9/14~10/1             | 10/2~11/1             | 11/2~11/19            | 11/20~12/1            |
|      |   | 3/1~3/8               | 3/9~3/19              | 3/10~4/23             | 4/24~5/11             | 9/6~9/18              | 9/19~10/15            | 10/16~10/30           | 10/31~11/7            |
|      |   | 2/13~2/26             | 2/27~3/20             | 3/21~4/21             | 4/22~5/20             | 9/14~10/1             | 10/2~11/1             | 11/2~11/21            | 11/22~12/4            |
|      |   | 3/2~3/9               | 3/10~3/26             | 3/27~4/27             | 4/28~5/18             | 9/1~9/14              | 9/15~10/13            | 10/14~10/30           | 10/31~11/6            |
|      |   | 3/1~3/10              | 3/11~3/25             | 3/26~4/25             | 4/26~5/14             | 9/4~9/16              | 9/17~10/12            | 10/13~10/28           | 10/29~11/4            |
|      |   | 2/16~2/29             | 3/1~3/21              | 3/22~4/19             | 4/20~5/15             | 9/12~9/28             | 9/29~10/30            | 10/31~11/18           | 11/19~11/30           |
|      |   | 2/25~3/5              | 3/6~3/21              | 3/22~4/16             | 4/17~5/5              | 9/16~9/29             | 9/30~10/25            | 10/26~11/7            | 11/8~11/15            |
| 경기도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 2/25~3/5              | 3/9~3/22              | 3/23~4/27             | 4/28~5/17             | 9/15~9/29             | 9/30~10/26            | 10/27~11/8            | 11/9~11/17            |
|      |   | 2/28~3/8              | 3/9~3/24              | 3/25~4/22             | 4/23~5/12             | 9/11~9/24             | 9/25~10/20            | 10/21~11/4            | 11/5~11/12            |
|      |   | 2/27~3/7              | 3/8~3/19              | 3/20~4/25             | 4/26~5/16             | 9/18~9/23             | 9/24~10/19            | 10/20~11/4            | 11/5~11/11            |
|      |   | 2/28~3/7              | 3/8~3/24              | 3/25~4/23             | 4/24~5/10             | 9/6~9/19              | 9/20~10/15            | 10/16~10/31           | 11/1~11/7             |
|      |   | 2/25~3/5              | 3/6~3/22              | 3/23~4/21             | 4/22~5/8              | 9/8~9/22              | 9/23~10/18            | 10/19~11/2            | 11/3~11/9             |
|      |   | 2/27~3/5              | 3/6~3/24              | 3/25~4/25             | 4/26~5/14             | 9/12~9/27             | 9/28~10/24            | 10/25~11/10           | 11/11~11/20           |
|      |   | 2/21~3/3              | 3/4~3/22              | 3/23~4/24             | 4/25~5/21             | 9/14~10/1             | 10/2~10/31            | 11/1~11/18            | 11/19~11/30           |
|      |   | 2/25~3/6              | 3/7~3/23              | 3/24~4/22             | 4/23~5/9              | 9/11~9/25             | 9/26~10/20            | 10/21~11/5            | 11/6~11/15            |
|      |   | 2/22~3/2              | 3/3~3/18              | 3/19~4/17             | 4/18~5/15             | 9/12~9/28             | 9/29~10/30            | 10/31~11/6            | 11/7~11/30            |
|      |   | 2/23~3/5              | 3/6~3/21              | 3/22~4/26             | 4/27~5/20             | 9/14~9/28             | 9/29~10/26            | 10/27~11/12           | 11/13~11/23           |
| 충청도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 2/22~3/3              | 3/4~3/21              | 3/22~4/20             | 4/21~5/8              | 9/11~9/25             | 9/26~10/21            | 10/22~11/7            | 11/8~11/17            |
|      |   | 2/24~3/4              | 3/5~3/21              | 3/22~4/20             | 4/21~5/9              | 9/8~9/22              | 9/23~10/19            | 10/20~11/4            | 11/5~11/13            |
|      |   | 3/2~3/10              | 3/11~3/26             | 3/27~4/25             | 4/26~5/14             | 9/3~9/17              | 9/18~10/13            | 10/14~10/29           | 10/30~11/6            |
|      |   | 2/26~3/5              | 3/1~3/22              | 3/23~4/19             | 4/20~5/6              | 9/7~9/21              | 9/22~10/17            | 10/18~11/2            | 11/3~11/9             |
|      |   | 2/29~3/8              | 3/1~3/25              | 3/26~4/24             | 4/25~5/14             | 9/4~9/18              | 9/19~10/16            | 10/17~11/1            | 11/2~11/9             |
|      |   | 2/26~3/4              | 3/1~3/20              | 3/21~4/16             | 4/17~5/5              | 9/10~9/24             | 9/25~10/20            | 10/21~11/5            | 11/6~11/13            |
|      |   | 2/4~3/5               | 3/6~3/14              | 3/15~4/15             | 4/16~5/8              | 9/19~10/5             | 10/6~11/3             | 11/4~11/22            | 11/23~12/6            |
|      |   | 1/24~2/11             | 2/12~3/9              | 3/10~4/14             | 4/15~5/10             | 9/27~10/15            | 10/16~11/10           | 11/11~12/3            | 12/4~12/19            |
|      |   | 1/26~2/12             | 2/13~3/10             | 3/11~4/14             | 4/15~5/11             | 9/26~10/12            | 10/13~11/10           | 11/11~12/3            | 12/4~12/19            |
|      |   | 2/9~2/23              | 2/24~3/14             | 3/15~4/14             | 4/15~5/5              | 9/16~10/1             | 10/2~10/28            | 10/29~11/14           | 11/15~11/24           |
| 전라도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 2/13~2/24             | 2/25~3/14             | 3/15~4/13             | 4/14~5/3              | 9/12~9/27             | 9/28~10/25            | 10/26~11/10           | 11/11~11/20           |
|      |   | 2/22~3/2              | 3/3~3/20              | 3/21~4/21             | 4/22~5/12             | 9/5~9/20              | 9/21~10/19            | 10/20~11/6            | 11/7~11/30            |
|      |   | 2/11~2/22             | 2/23~3/13             | 3/14~4/14             | 4/15~5/5              | 9/15~9/30             | 9/31~10/28            | 10/29~11/13           | 11/14~11/15           |
|      |   | 2/12~2/24             | 2/25~3/15             | 3/16~4/15             | 4/16~5/5              | 9/2~9/27              | 9/28~10/26            | 10/27~11/13           | 11/14~11/24           |
|      |   | 2/15~2/24             | 2/25~3/15             | 3/16~4/14             | 4/15~5/4              | 9/15~9/28             | 9/29~10/25            | 10/26~11/9            | 11/10~11/20           |
|      |   | 1/31~2/15             | 2/16~3/9              | 3/10~4/11             | 4/12~5/2              | 9/22~10/8             | 10/9~11/4             | 11/5~11/24            | 11/25~12/7            |
|      |   | 1/30~2/14             | 2/15~3/9              | 3/10~4/13             | 4/14~5/5              | 9/21~10/7             | 10/8~11/5             | 11/6~10/25            | 10/26~12/11           |
|      |   | 2/20~3/4              | 3/5~3/24              | 3/25~4/28             | 4/29~5/26             | 9/11~9/30             | 9/31~11/2             | 11/3~11/24            | 11/25~12/8            |
|      |   | 2/12~2/23             | 2/24~3/13             | 3/14~4/10             | 4/11~4/27             | 9/16~10/1             | 10/2~10/28            | 10/29~11/13           | 11/14~11/24           |
|      |   | 2/4~2/20              | 2/21~3/13             | 3/14~4/13             | 4/13~5/3              | 9/18~10/5             | 10/6~11/2             | 11/3~11/21            | 11/22~12/2            |
| 제주도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 2/16~2/27             | 2/28~3/15             | 3/16~4/15             | 4/16~5/4              | 9/11~9/25             | 9/26~10/22            | 10/23~11/8            | 11/9~12/17            |
|      |   | 2/24~3/5              | 3/6~3/22              | 3/23~4/20             | 4/21~5/9              | 9/4~9/19              | 9/20~10/16            | 10/17~11/1            | 11/2~11/9             |
|      |   | 2/10~2/24             | 2/25~3/17             | 3/18~4/16             | 4/17~5/9              | 9/12~9/30             | 9/31~10/10            | 10/11~11/18           | 11/19~11/29           |
|      |   | 2/24~3/4              | 3/5~3/21              | 3/22~4/19             | 4/20~5/8              | 9/6~9/19              | 9/20~10/15            | 10/16~10/30           | 10/31~11/8            |
|      |   | 2/18~2/28             | 2/29~3/17             | 3/18~4/15             | 4/16~5/4              | 9/7~9/23              | 9/24~10/21            | 10/22~11/5            | 11/6~11/15            |
|      |   | 2/15~2/27             | 2/28~3/17             | 3/18~4/15             | 4/16~5/6              | 9/9~9/24              | 9/25~10/23            | 10/24~11/7            | 11/8~11/18            |
|      |   | 2/17~2/28             | 2/29~3/16             | 3/17~4/12             | 4/13~5/2              | 9/9~9/24              | 9/25~10/21            | 10/22~10/30           | 10/31~11/15           |
|      |   | 2/23~3/4              | 3/5~3/20              | 3/21~4/17             | 4/18~5/6              | 9/7~9/23              | 9/24~10/21            | 10/22~10/31           | 11/1~11/15            |
|      |   | 2/8~2/25              | 2/26~3/17             | 3/18~4/17             | 4/18~5/7              | 9/24~10/9             | 10/10~10/21           | 10/22~11/27           | 11/28~12/9            |
|      |   | 2/2~2/12              | 2/13~3/11             | 3/12~4/14             | 4/15~5/5              | 9/25~10/7             | 10/8~10/22            | 10/23~11/28           | 11/29~12/13           |
| 충청도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 1/25~2/13             | 2/14~3/12             | 3/13~4/18             | 4/19~5/11             | 9/26~10/7             | 10/8~10/23            | 10/24~12/1            | 11/2~12/21            |
|      |   | 2/13~2/28             | 2/29~3/19             | 3/20~4/20             | 4/21~5/10             | 9/17~9/28             | 9/29~10/26            | 10/27~11/13           | 11/14~11/26           |
|      |   | 2/11~2/25             | 2/26~3/17             | 3/18~4/19             | 4/20~5/9              | 9/16~10/2             | 10/3~10/29            | 10/30~11/16           | 11/15~11/27           |
|      |   | 2/9~2/24              | 2/25~3/17             | 3/18~4/17             | 4/18~5/8              | 9/19~10/6             | 10/7~11/3             | 11/4~11/22            | 11/23~12/4            |
|      |   | 2/5~2/18              | 2/19~3/13             | 3/14~4/15             | 4/16~5/5              | 9/21~10/7             | 10/8~11/3             | 11/4~11/19            | 11/20~12/4            |
|      |   | 2/15~2/27             | 2/28~3/16             | 3/17~4/19             | 4/20~5/8              | 9/13~9/28             | 9/29~10/25            | 10/26~11/11           | 11/12~11/22           |
|      |   | 2/15~2/27             | 2/26~3/15             | 3/16~4/14             | 4/15~4/30             | 9/14~10/3             | 10/4~10/31            | 11/1~11/17            | 11/18~11/29           |
|      |   | 2/28~3/8              | 3/9~3/25              | 3/26~4/27             | 4/28~5/15             | 9/17~9/20             | 9/21~10/17            | 10/18~11/3            | 11/4~11/11            |
|      |   | 2/19~2/29             | 3/1~3/18              | 3/19~4/18             | 4/19~5/6              | 9/19~9/27             | 9/28~10/23            | 10/24~11/8            | 11/9~12/17            |
|      |   | 2/22~3/2              | 3/3~3/22              | 3/23~4/20             | 4/21~5/8              | 9/16~10/2             | 10/3~10/26            | 10/27~11/11           | 11/12~11/21           |
| 제주도  | 속리산<br>대관령<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해<br>속리산<br>관동평원<br>양양<br>강릉<br>동해 | 2/21~3/2              | 3/3~3/22              | 3/23~4/21             | 4/22~5/11             | 9/6~9/29              | 9/30~10/27            | 10/11~11/13           | 11/14~11/24           |
|      |   | 2/23~3/4              | 3/5~3/23              | 3/24~4/23             | 4/24~5/13             | 9/16~10/3             | 10/4~10/30            | 10/31~11/16           | 11/17~11/27           |
|      |   | 2/19~2/29             | 3/1~3/17              | 3/18~4/13             | 4/14~5/2              | 9/14~10/1             | 10/2~10/28            | 10/29~11/14           | 11/15~11/24           |
|      |   | 2/18~2/29             | 3/1~3/19              | 3/20~4/17             | 4/16~5/6              | 9/13~9/30             | 9/31~10/27            | 10/28~11/13           | 11/14~11/24           |
|      |   | 1/8~1/17              | 1/18~3/6              | 3/7~4/13              | 4/14~5/8              | 9/19~10/1             | 10/1~11/21            | 11/21~1/7             | 11/28~12/31           |
|      |   | 1/1~1/22              | 1/23~3/4              | 3/5~4/14              | 4/15~5/8              | 10/2~10/18            | 10/19~11/18           | 11/19~12/31           | 11/28~12/31           |
|      |   | 1/4~1/19              | 1/20~3/2              | 3/3~4/16              | 4/17~5/8              | 10/4~10/22            | 10/23~11/22           | 11/23~1/3             | 11/28~12/31           |

〈표 6〉 콘크리트를 부어넣은 날로부터 42일간의 평균기온에 의한 단계별 기온보정강도 적용기간

| 지역구분 |   | 단계별 기온보정강도            |   |  |  |  |   |   |   |  |  |   |  |
|------|---|-----------------------|---|--|--|--|---|---|---|--|--|---|--|
|      |   | 60kgf/cm <sup>2</sup> | 45kgf/cm <sup>2</sup>   | 30kgf/cm <sup>2</sup>  | 15kgf/cm <sup>2</sup>  | 15kgf/cm <sup>2</sup>  | 30kgf/cm <sup>2</sup>   | 45kgf/cm <sup>2</sup>   | 60kgf/cm <sup>2</sup>   |  |  |   |  |
| 강원   | 속리산<br>관동<br>영동<br>영서<br>전주<br>전서<br>전남   |                       | 2/14~2/24<br>3/12~3/20<br>2/21~2/29<br>2/ 9~2/22<br>2/22~3/ 1<br>2/ 5~2/19<br>2/24~3/ 2<br>2/24~3/ 2<br>2/ 8~2/23 | 2/25~3/30<br>3/21~4/25<br>3/ 1~3/29<br>2/23~3/26<br>3/ 2~3/31<br>2/20~3/27<br>3/ 3~4/ 2<br>2/24~3/27 | 3/35~3/30<br>4/26~5/20<br>3/30~4/17<br>3/27~4/ 9<br>4/ 1~4/18<br>3/28~4/16<br>4/ 3~4/20<br>3/28~4/14 | 8/21~ 9/ 5<br>9/13~ 9/26<br>9/25~10/10<br>9/10~ 9/23<br>9/25~10/11<br>9/ 8~ 9/21<br>9/10~ 9/22<br>9/21~10/ 7 | 10/10~11/12<br>9/ 6~10/12<br>9/27~10/24<br>10/11~11/13<br>9/24~10/22<br>10/12~11/13<br>9/22~10/22<br>9/23~10/21<br>10/ 8~11/12              | 11/13~11/23<br>10/13~10/19<br>10/25~11/ 2<br>11/14~11/24<br>10/23~11/ 1<br>11/14~11/30<br>10/23~11/ 1<br>10/22~10/29<br>11/13~11/24         |   |  |  |   |  |
|      |   |                       | 2/17~2/26<br>2/20~2/29<br>2/21~2/29<br>2/19~2/28<br>2/20~2/28<br>2/18~2/27  | 2/27~3/27<br>3/ 1~4/ 2<br>3/ 1~3/31<br>2/29~4/ 1<br>2/29~3/31<br>2/28~3/29                           | 3/28~4/11<br>4/ 3~4/19<br>4/ 1~4/16<br>4/ 2~4/19<br>4/ 1~4/16<br>3/30~4/15                           | 9/22~10/15<br>9/23~ 9/30<br>9/16~ 9/30<br>9/16~ 9/30<br>9/12~ 9/25<br>9/15~ 9/28                             | 10/16~11/ 1<br>10/ 1~10/29<br>10/ 1~10/28<br>10/ 1~10/28<br>9/26~10/24<br>9/29~10/26  | 11/ 2~11/ 9<br>10/30~11/ 7<br>10/29~11/ 5<br>10/29~11/ 5<br>10/25~11/ 1<br>10/27~11/ 3  |   |  |  |   |  |
|      |   | 평안                    | 서대문<br>평안<br>평안<br>평안   |  | 2/19~2/27<br>2/14~2/24<br>2/18~2/27<br>2/14~2/24<br>2/16~2/26<br>2/14~2/25<br>2/17~2/26              | 2/28~3/29<br>2/25~3/30<br>2/28~3/30<br>2/25~3/26<br>2/27~4/ 1<br>2/26~3/28<br>2/27~3/28                      | 3/30~4/15<br>3/31~4/18<br>3/31~4/18<br>3/27~4/11<br>4/ 2~4/18<br>3/29~4/14<br>3/29~4/14   | 9/15~ 9/28<br>9/25~10/ 9<br>9/18~10/ 1<br>9/18~10/ 1<br>9/22~10/ 5<br>9/19~10/ 2<br>9/15~ 9/27  | 9/29~10/26<br>10/10~11/12<br>10/ 2~10/30<br>10/ 2~10/31<br>10/ 6~11/ 6<br>10/ 3~11/ 1<br>9/28~10/29   | 10/27~11/ 3<br>11/13~11/23<br>10/31~11/ 8<br>11/ 1~11/ 9<br>11/ 7~11/16<br>11/ 2~11/10<br>10/30~11/ 7  |  |   |  |
|      |   |                       |   |  | 2/24~3/ 2<br>2/16~2/27<br>2/21~2/29<br>2/17~2/26   | 3/ 3~4/ 1<br>2/28~3/28<br>3/ 1~3/31<br>2/27~3/26   | 4/ 2~4/18<br>3/29~4/13<br>4/ 1~4/17<br>3/27~4/10  | 9/11~ 9/23<br>9/15~ 9/28<br>9/11~ 9/24<br>9/17~ 9/30  | 9/24~10/21<br>9/29~10/26<br>9/25~10/25<br>10/ 1~10/29   | 10/22~10/30<br>10/27~11/ 3<br>10/26~11/ 3<br>10/30~11/ 7   |  |   |  |
|      |   |                       |   | 충청   | 충청<br>충청<br>충청<br>충청<br>충청<br>충청<br>충청   |  | 1/28~2/11<br>1/16~2/ 3<br>1/16~2/ 5<br>2/ 2~2/15<br>2/ 5~2/17<br>2/13~2/24<br>2/ 4~2/15<br>2/ 5~2/17<br>2/ 7~2/17<br>2/16~3/ 9<br>2/15~3/ 9 | 2/12~3/23<br>2/ 4~3/20<br>2/ 6~3/20<br>2/16~3/22<br>2/18~3/22<br>2/25~3/28<br>2/15~3/22<br>2/18~3/23<br>2/18~3/22<br>3/10~4/11<br>3/10~4/13 | 3/24~4/ 9<br>3/21~4/ 8<br>3/21~4/ 8<br>3/23~4/ 8<br>3/23~4/ 7<br>3/29~4/15<br>3/23~4/ 8<br>3/24~5/ 8<br>3/23~5/ 7<br>4/12~5/ 2<br>4/14~5/ 5 | 9/29~10/13<br>10/ 7~10/21<br>10/ 6~10/20<br>9/25~10/ 8<br>9/21~10/ 5<br>9/14~ 9/28<br>9/24~10/ 8<br>9/21~10/ 5<br>9/22~10/ 5<br>9/22~10/ 8<br>9/21~10/ 7 | 10/14~11/16<br>10/22~11/27<br>10/22~11/26<br>10/ 9~11/ 9<br>10/ 6~11/ 5<br>9/29~10/30<br>10/ 9~11/ 7<br>10/ 6~11/ 7<br>10/ 6~11/ 5<br>10/ 9~11/ 4<br>10/ 8~11/ 5 | 11/17~11/29<br>11/28~12/15<br>11/27~12/16<br>11/10~11/18<br>11/ 6~11/14<br>10/31~11/ 9<br>11/ 8~11/17<br>11/ 8~11/17<br>11/ 6~11/13<br>11/ 5~11/24<br>11/ 6~10/25 |  |
|      |   |                       |   |  |  |  | 2/13~2/25<br>1/30~2/12<br>2/ 5~2/16<br>2/ 9~2/20<br>2/18~2/27<br>2/ 4~3/17<br>2/18~2/26<br>2/12~2/22<br>2/ 9~2/20<br>2/17~2/26<br>2/11~2/22 | 2/26~4/ 4<br>2/13~3/21<br>2/17~3/20<br>2/21~3/23<br>2/28~3/29<br>3/18~3/24<br>2/27~3/28<br>2/23~3/25<br>2/21~3/25<br>2/21~3/27<br>2/23~3/24 | 4/ 5~4/23<br>3/22~4/ 7<br>3/21~4/ 4<br>3/24~4/10<br>3/30~4/15<br>3/25~4/12<br>3/29~4/15<br>3/26~4/10<br>3/26~4/11<br>3/28~4/11<br>3/25~4/ 9 | 9/25~10/11<br>9/29~10/13<br>9/25~10/ 8<br>9/19~10/ 2<br>10/26~11/ 3<br>9/24~10/ 8<br>9/13~ 9/26<br>9/16~ 9/30<br>9/18~10/ 1                              | 10/12~10/17<br>10/14~11/15<br>10/ 9~11/ 7<br>10/ 3~11/ 2<br>11/ 4~10/25<br>10/ 9~11/11<br>9/27~10/25<br>10/ 1~10/31<br>10/ 3~11/ 3<br>10/ 1~10/30<br>10/ 2~10/31 | 10/18~12/ 3<br>11/16~12/29<br>11/ 8~11/19<br>11/ 3~11/11<br>10/26~ 9/26<br>11/12~11/25<br>10/26~11/ 3<br>11/ 1~11/ 9<br>11/ 4~11/ 3<br>10/31~11/ 9<br>11/ 1~11/ 9 |  |
|      |   | 경남                    | 경남<br>경남<br>경남<br>경남<br>경남<br>경남<br>경남  |  |  |  | 2/2~2/16<br>1/19~2/ 6<br>1/27~2/10<br>2/ 8~2/22<br>2/ 4~2/17<br>2/ 2~2/16<br>1/29~2/10<br>2/ 8~2/19<br>2/ 6~2/19                            | 2/17~3/26<br>2/ 7~3/23<br>2/11~3/22<br>2/23~3/28<br>2/18~3/26<br>2/17~3/25<br>2/11~3/22<br>2/20~3/25<br>2/20~3/23                           | 3/27~4/11<br>3/24~4/12<br>3/23~4/ 9<br>3/29~4/15<br>3/27~4/13<br>3/26~4/12<br>3/23~4/ 9<br>3/26~4/14<br>3/24~4/ 7                           | 10/ 3~10/17<br>10/ 6~10/19<br>10/ 5~10/18<br>9/23~10/ 7<br>9/24~10/ 7<br>9/28~10/11<br>9/28~10/12<br>9/19~10/ 3<br>9/25~10/ 9                            | 10/18~11/19<br>10/20~11/26<br>10/19~11/21<br>10/ 8~11/ 9<br>10/ 8~11/ 9<br>10/12~11/14<br>10/13~11/13<br>10/ 4~11/ 4<br>10/10~11/11                              | 11/20~12/ 5<br>11/27~12/15<br>11/22~12/ 8<br>11/10~11/20<br>11/10~11/20<br>11/15~11/29<br>11/14~11/28<br>11/ 5~11/14<br>11/12~11/22                               |  |
|      | 2/20~2/29<br>2/11~2/22<br>2/14~2/25<br>2/12~2/24<br>2/14~2/26<br>2/10~2/22<br>2/10~2/22 |                       |   |  |  | 3/ 1~4/ 2<br>2/23~3/26<br>2/26~3/28<br>2/25~3/30<br>2/27~3/30<br>2/23~3/24<br>2/23~3/26                      | 4/ 3~4/19<br>3/27~4/12<br>3/29~4/14<br>3/31~4/16<br>3/31~4/16<br>3/25~4/ 7<br>3/27~4/11   | 9/12~ 9/25<br>9/20~10/ 2<br>9/24~10/ 5<br>9/21~10/ 5<br>9/25~10/ 8<br>9/23~10/ 6<br>9/23~10/ 5  | 9/26~10/26<br>10/ 3~11/ 1<br>10/ 6~11/ 4<br>10/ 6~11/ 6<br>10/ 9~11/ 9<br>10/ 7~11/ 6<br>10/ 6~11/ 6  | 10/27~11/ 4<br>11/ 2~11/10<br>11/ 5~11/14<br>11/ 7~11/17<br>11/10~11/18<br>11/ 7~11/18<br>11/ 7~11/16  |  |   |  |
| 제주   | 제서귀<br>대산포  |                       |   |  |  |  | 1/ 1~3/17<br>1/ 1~3/14<br>1/13~3/17<br>1/ 1~3/18  | 1/ 1~3/17<br>3/15~4/ 1<br>3/18~4/ 7<br>3/19~4/ 9  | 10/11~10/27<br>10/17~11/ 1<br>10/11~10/25<br>10/13~10/27  | 10/28~12/31<br>11/ 2~11/31<br>10/26~12/23<br>10/28~11/31   | 12/24~12/31  |   |  |



의 기온보정강도를 구분하여 지역별 표로 나타내도록 하였다. 그림 2는 본자료분석의 절차를 플로우차트로 나타낸 것이다.

### 3.2 분석결과

표 5, 6, 7은 우리나라 68개지역에서 보통포틀랜드시멘트를 사용할 경우의 콘크리트 타설일로부터 28일, 42일, 56일까지 산정된 적산온도로부터 구한 일평균 온도로 표 8에 맞추어 각 관리재령별 기온보정강도의 단계별 적용기간을 나타낸 것이다. 먼저, 전반적인 경향으로 강도관리재령이 28일인 경우 배합강도 산정시 기온보정강도의 고려가 필요한 기간은 지역별로 다소 차이는 있으나 3월부터 6월사이와 9월부터 11월사이로 나타났고, 11월부터 3월까지의 한중시공의 적용기간이 되는 것으로 나타났다.

참고적으로 대도시별 기온보정기간을 관리재령 28일의 경우에 대하여 살펴보면 표 8과 같다.

### 4. 결 론

한국기상청의 기상 데이터를 이용하여 레미콘발주시 저온환경에 따른 콘크리트 기온보정강도값의 단계별 적용기간을 조사분석한 결과는 다음과 같다.

1) 저온환경하에서는 저온에 의한 영향으로 소정의 재령이 경과한 후에도 소요강도의 발현이 저조하기 때문에 소요의 강도를 얻기 위하여는 기온보정강도를 고려하거나 관리재령을 연장해 주는 KASS규정을 반드시 준수하여야만 한다.

2) 우리나라의 기상자료를 토대로 관리재령별로 산정된 적산온도를 이용하여 콘크리트를 부어넣은 임의의 날로부터 28, 42, 56

〈표 8〉 대도시별 기온보정강도 적용기간

| 도시명 | 기온보정강도(kgf/cm <sup>2</sup> )별 기간(월/일~월/일) |                           |                           |                           |
|-----|---|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|     | 15  | 30                        | 45                        | 60                        |
| 서울  | 4/17~ 5/ 5<br>9/16~ 9/29                  | 3/22~ 4/16<br>9/30~10/25  | 3/ 6~ 3/21<br>10/26~11/ 7 | 2/25~ 3/ 5<br>11/ 8~11/15 |
| 인천  | 4/28~ 5/17<br>9/15~ 9/29                  | 3/23~ 4/27<br>9/30~10/26  | 3/ 9~ 3/22<br>10/27~11/ 8 | 2/27~ 3/ 8<br>11/ 9~11/17 |
| 대전  | 4/25~ 5/21<br>9/14~10/ 1                  | 3/23~ 4/24<br>10/ 2~10/31 | 3/ 4~ 3/22<br>11/ 1~11/18 | 2/21~ 3/ 3<br>11/19~11/30 |
| 대구  | 4/11~ 4/27<br>9/16~10/ 1                  | 3/14~ 4/10<br>10/ 2~10/28 | 2/24~ 3/13<br>10/29~11/13 | 2/12~ 2/23<br>11/14~11/24 |
| 부산  | 4/15~ 5/10<br>9/27~10/15                  | 3/10~ 4/14<br>10/16~11/10 | 2/12~ 3/ 9<br>11/11~12/ 3 | 1/24~ 2/11<br>12/ 4~12/19 |
| 광주  | 4/15~ 4/30<br>9/14~10/ 3                  | 3/16~ 4/14<br>10/ 4~10/31 | 2/28~ 3/15<br>11/ 1~11/17 | 2/15~ 2/27<br>11/18~11/29 |

일간의 일평균 기온을 산정한 후 보통포틀랜드 시멘트에 대한 단계별 기온보정강도를 산정하는 기간의 참고자료를 제시할 수 있었다.

3) 기온보정강도를 적용할 경우 현실적으로 15 kgf/cm<sup>2</sup>, 45kgf/cm<sup>2</sup> 및 기타인 경우에는 KS F 4009 표준품규격과 맞지 않는 경우도 생길 수 있으므로 이 경우는 그 위의 등급으로 상향조정하여 주문하도록 하여야 한다.

단, 시멘트종류가 보통포틀랜드시멘트가 아닌경우에도 각지역별 각재령별 기온보정강도에 관한 참고표가 가능할 수 있지만 이부분에 대하여는 지면관계상 생략한다.

### 參考文獻

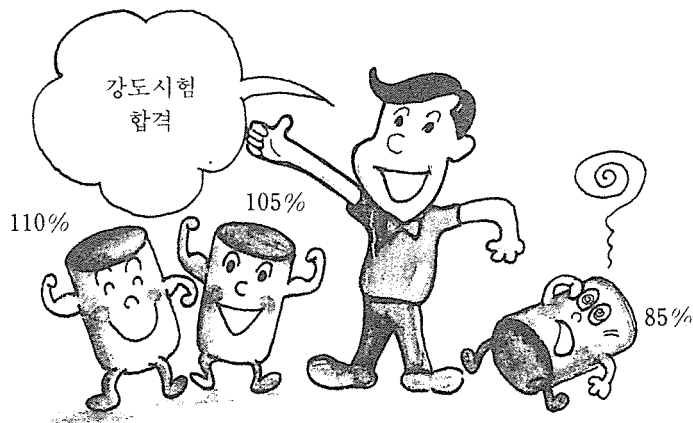
- 1) 大韓建築學會：建築工事標準示方書, 1994.
- 2) 金武漢：寒中콘크리트 施工에 대한 韓國의 地形條件에 관한 研究 - 제1보 寒中콘크리트의 適用地域과 그 期間, 大韓 建築學會論文集, Vol. 23, No. 89, 1979.
- 3) 日本建築學會：寒中コンクリート施工指針・同解説, 1989.
- 4) 日本建築學會：建築工事標準仕様書・同



- 解説 (JASS 5 鐵筋 コンクリート 工事), 1993.
- 5) ACI : Cold weather concrete, ACI 306, 1990.
- 6) 氣象廳 : 韓國氣候表, 1991.
- 7) 韓千求外, 寒中콘크리트의 適用期間 및 溫

- 度補正에 관한 研究, 第2報 溫度補正을 中心으로, 大韓建築學會學術發表論文集, 1996.
- 8) 韓千求, 特殊環境條件에서 레미콘의 對應, 한국레미콘협동조합, '96레미콘 품질경영 세미나 1996.

레미콘 압축강도는 1회의 시험결과가 구입자가 지정한 호칭강도값의 85% 이상이어야 하며, 3회의 시험결과와 평균치는 호칭강도값 이상이어야 한다. (KS F 4009)



강도판정은 3개의 평균치로

콘크리트구조체에서 채취한 코어는 각종 실험결과에 의할 때 28일강도가 설계기준강도의 70% 정도가 되나 코어강도는 레미콘품질의 합격판정에 이용할 수 없으며, 합격판정은 표준양생 공시체 강도를 기준으로 해야 한다.