

# 寒中 콘크리트의 注意事項

長 島 弘

〈日本세멘트(株) 北海道支店 顧問·工學博士〉

李 基 東 譯

〈韓國産業研究院 研究員〉

## 1. 머릿말

寒中 콘크리트工法에서는 다음 두 가지를 목표로 계획한다.

(1) 低溫으로 인한 強度發現의 遲延對策

(2) 초기의 凍害防止對策

이를 위하여 콘크리트의 배합을 변경한다든지 打設 후의 콘크리트에 斷熱保溫養生 또는 加熱保溫養生을 실시한다.

土木에 있어서는 打設時的 平均기온이 4℃ 그리고 建築에 있어서는 打設後 4週間の 積算溫度M이 370° D·D 이하의 기간「日本建築學會 寒中 콘크리트 시공지침(案) (이하 寒中지침이라고 한다)」에 시공하는 콘크리트를 대상으로 그 注意事項을 示方書, 仕様書에서 규정하고 있다. 여기서는 이러한 규정과 함께 레미콘 공장에 있어서의 배합, 배합과 관계가 깊은 初期養生, 관리면에서의 주의 및 문제점에 관해서 서술한다.

또 본문에서는 배합이외에는 샷바로(札幌)의 기후를 기준으로 하여 서술하고 있기 때문에 각 지역의 상황에 따라서 적절하게 가감하여 대처하기 바란다.

## 2. 재료의 선택

(1) 시멘트: 시멘트의 종류는 구입자측으로부터 지정을 받는 것이 원칙이지만 선택의 순서로는 일반적으로 보통 시멘트로 계획하는 것이 통례이다. 그러나 필요한 養生程度가 과대하게 되는 경우라든지 또는 특별한 養生을 하지 않을 경우에는 早強시멘트가 선택되는 例도 많다.

(2) 골재: 겨울철 뿐만 아니라 彈性係數가 작은 軟石·死石·粘土塊 등을 포함한 골재는 寒冷地에서는 콘크리트 표면에 구멍이 생기는 흠(pop-out)과 같은 凍害를 받기 쉽다.

(3) 混和劑: 空氣連行劑를 병용하는 것은 말할 나위도 없지만 JIS A 5308에 의거, 구입자의 승인이 필요하다.

## 3. 재료의 보관

(1) 골재: 降雪 또는 放射冷却을 막기 위해서는 주위에 지붕이 부착된 골재창고(예를들면 지붕이 부착된 콜게이트·탱크 등)가 바람직하지만 지붕이 없는 경우에는 매일 出荷가 끝난 후

에 防水性시트로서 덮는 등의 조치를 취한다(시트의 유무에 따라서 열손실량은 많이 달라진다)

적극적인 加熱保溫法으로서는 지하의 抽出口 부근에서 증기를 뽑아 올린다든지 쌓아논 골재의 上面을 적외선램프로 비춘다든지 또는 쌓아논 골재의 윗부분에 배치한 스팀·호스를 시트로 덮어서 증기를 통하게 하는 등의 방법이 있다. 증기는 골재의 含水率을 변화시키고 부분적으로 골재의 온도를 높임으로써 온도차를 조장하기 쉽다는 결점도 있다. 전기이용은 간편하지만 비용이 많이 든다.

(2) 混和劑: 凍結을 방지하기 위해서 貯藏室의 내부를 보온한다든지 또는 液劑탱크의 下部를 히터로 加熱하는 등의 조치를 취한다. 또한 펌프·配管에 凍結防止器·溫床線을 부착한다든지 또는 매일 出荷가 끝난 후에 물기를 除去한다. AE劑가 凍結한 경우에는 그것이 녹아도 空氣連行效果가 대폭적으로 저하되기 때문에 특히 주의할 필요가 있다. 염화칼슘이 포함된 混和劑는 빙점이 낮기 때문에 유리하다.(鹽分의 혼입문제를 별도로 한다면)

(3) 물: 탱크·펌프·配管은 混和劑의 경우와 마찬가지로이지만 항상 순환시켜 두는 것이 유효한 방법이다.

#### 4. 配 合

(1) 건축: 表-1의 범위내의 경우

寒中지침 p. 29~p. 32 表 1-4에 따라서 콘크리트를 다진 後 4주 동안(3旬)의 평균기온을 추정하고 기온에 의한 強度의 補正值를 설계기준강도에 더하여 그 값을 호칭 強度로 함으로써 購入者側으로부터 指定을 받는다. 이 경우에는 寒中지침해설 p. 85에 있는 바와 같이 통계적인 평균치보다 低溫인 해(年)도 있기 때문에 低溫쪽으로 1旬(10日) 늦추어서 假定함이 바람직하다.

[例 1] 니이가마(新瀉)市에서 11月 중순에 콘크리트를 打設할 경우, 設計基準強度가 210kg/cm<sup>2</sup> 인 경우,

a) 低溫쪽으로 1旬(10日) 늦추어서 寒中指針 p. 30에 의해서

$$\theta = (7.9 \cdot 10 + 6.1 \cdot 10 + 4.8 \cdot 8) / 28 = 6.71 (^\circ\text{C})$$

표-1로부터 보통 포틀랜드시멘트의 경우,  $T = 45(\text{kg}/\text{cm}^2)$

b) 呼稱強度 = 210 + 45 = 255

(2) 건축: 積算溫度方式에 의한 경우

積算溫度方式에 의한 배합을 계산하는 것은 다음과 같은 경우이다.

a) 表-1의 범위보다 低溫인 경우

b) 設計基準強度를 얻는 材齡이 4週 以外인 경우

c) 養生溫度의 범위가 초기와 그 이후에 있어서 현저하게 틀리는 경우

表-1 콘크리트強度의 기온에 의한 補正值 T의 標準值(JASS 5)

| 시멘트의 종류                                    | 콘크리트를 다져 넣은 다음 28日 後까지의 기간동안 예상 평균 기온의 범위 [°C] |              |              |              |              |
|--|--|--------------|--------------|--------------|--------------|
|  | 18以上   | 15以上<br>18未滿 | 7 以上<br>15未滿 | 4 以上<br>7 未滿 | 2 以上<br>4 未滿 |
| 早強 포틀랜드시멘트                                 | 18以上   | 15以上<br>18未滿 | 7 以上<br>15未滿 | 4 以上<br>7 未滿 | 2 以上<br>4 未滿 |
| 普通 포틀랜드시멘트·高爐시멘트 A種·시리카시멘트 A種·플라이 애쉬시멘트 A種 | 18以上   | 15以上<br>18未滿 | 9 以上<br>15未滿 | 5 以上<br>9 未滿 | 3 以上<br>5 未滿 |
| 高爐시멘트 B種·시리카시멘트 B種·플라이애쉬시멘트 B種             | 18以上   | 15以上<br>18未滿 | 10以上<br>15未滿 | 7 以上<br>10未滿 | 5 以上<br>7 未滿 |
| 콘크리트강도의 기온에 의한 補正值 T[kg/cm <sup>2</sup> ]  | 0  | 15           | 30           | 45           | 60           |

積算溫度方式은  $-10^{\circ}\text{C}$ 를 기준으로 한 콘크리트溫度(또는 기온)  $^{\circ}\text{C}$ 와 그 日數와의 積의 합계를  $M$ 으로 나타내고 強度增進에 관한 養生의 척도로서 (1)式으로 나타낸다. 同一配合의 콘크리트이면 養生溫度의 履歷이 틀리는 경우에도 積算溫度가 같으면 強度도 같다고 판단, 추정하는 것이다.

$$M = \sum_0^z (\theta + 10) \cdot (\text{Day}) \dots\dots\dots(1)$$

$M$  : 積算溫度 ( $^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$ )

$\theta$  : 日平均 콘크리트溫度(養生 露圍氣溫度 또는 氣溫) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

Day : 上記氣溫의 日數(日)

$Z$  : 設計基準強度를 얻기까지의 材令(日)

콘크리트를 다진 後 所定材令까지의 積算溫度는 다음과 같이 가정한다.

a) 특별한 保溫·加熱養生을 실시하지 않는 경우에는 일반적으로 外氣溫度를 콘크리트溫度로서 가정한다. 外氣溫度에 의한 積算溫度의 假定에는 寒中지침 p. 33~p. 39의 表에 따르는 것이 바람직하다. 규정은 아니지만 기온에 의한 強度의 補正值  $T$ 의 경우와 마찬가지로 低溫쪽으로 1旬(10日) 늦추어서 積算溫度를 가정하는 것이 바람직하다.

b) 初期養生으로서 斷熱保溫 또는 加熱保溫 養生을 실시하는 경우에는 그 기간의 예상 콘크리트

溫度履歷을 토대로 그 기간의 積算溫度를 계산한다. 그리고 初期養生期間 종료후부터 所定材令(設計基準強度를 얻기까지의 材令)까지 기간의 積算溫度를 加算하면 된다. 단지 이러한 積算溫度方式은 JASS 5에서는 다음과 같은 규정이 있다.

ㄱ) 적용할 수 있는 積算溫度는  $210 < M < 840$  ( $^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$ )로 한다. 단지 早強시멘트는 係員의 승인을 받으면  $M$ 는  $210^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$  이하에도 적용할 수 있다.

ㄴ) 設計基準強度를 얻는 기간을 연장하는 경우에는 90日 이내로 하고 또한  $420^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$  이하로 할 것.

ㄷ) 上記 및 어떠한 경우에도  $M$ 이  $840^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$  이상이 될 경우에는  $840^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$ 로 할 것.

ㄹ) 물과 시멘트 비율의 계산은 (2)式에 의한다.

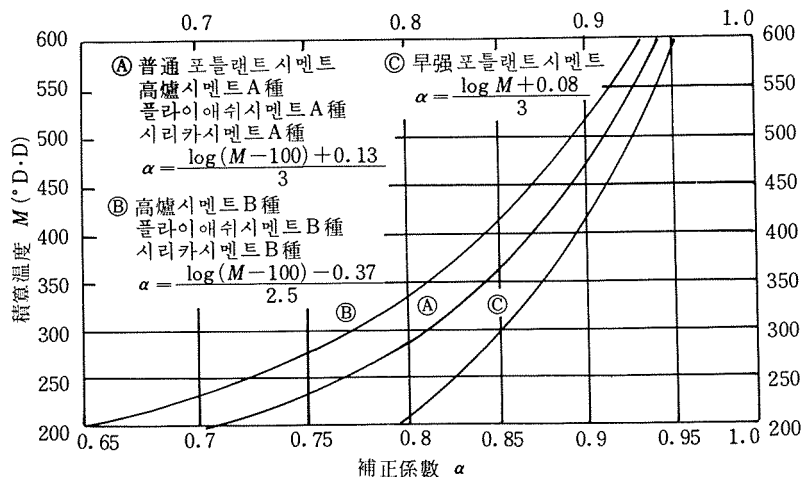
$$X_L = \alpha \cdot X_{20} \dots\dots\dots(2)$$

$X_L$  : 積算溫度가  $M$  ( $^{\circ}\text{D} \cdot \text{D}$ )의 경우에 設計基準強度를 얻기 위한 물과 시멘트의 비율 [%]

$X_{20}$  :  $20+2^{\circ}\text{C}$ 의 28日에서 設計基準強度를 얻기 위한 물과 시멘트의 비율 [%]

$\alpha$  : 積算溫度에 상응하는 물과 시멘트비율의 補正係數로서 그림-1(式을 포함)에 따른다.

그림-1 물·시멘트비의 補正係數 (寒中指針)



[例 2] 야마가타(山形)市에서 12월 5일에 콘크리트를 打設하여 5日間 10℃를 유지하는 경우에 물과 시멘트의 비율을 구한다.

a) 初期養生期間의 積算溫度

$$M = (10 + 10) \cdot 5 = 100 (^{\circ}D \cdot D)$$

b) 12월 5일 이후 1旬(10日) 늦추어서 12월 15일부터 4週間の 積算溫度는 寒中指針 p35에 의한 比例配分으로,

$$M = 293 + (262 - 293) \cdot 5/10 = 277 (^{\circ}D \cdot D)$$

c) 12월 15일부터 5日間(初期養生期間)의 積算溫度를 寒中指針 p. 30에 의거해서

$$M = 1.8 \cdot 5 = 9 (^{\circ}D \cdot D)$$

d) 12월 15일부터 다음해 1월 2日까지의 積算溫度

$$M = 277 - 9 + 100 = 368 (^{\circ}D \cdot D)$$

e) 보통 시멘트의 물과 시멘트 비율의 補正係數는 그림-1에 의하여  $\alpha = 0.853$ 이 된다.

設計基準強度가 210kg/cm<sup>2</sup>인 경우에서 標準養生의 물과 시멘트비율  $X_{20} = 60.5[\%]$ 인 경우로 한다.

$$X_i = \alpha \cdot X_{20} = 0.853 \cdot 60.5 = 51.6[\%]$$

(3) 건축인 경우의 공통사항

a) AE콘크리트로 할 것. JIS A 5308에서는 일반적으로 空氣量은 4%이지만 寒冷地에서는 4.5%로 규정되어 있다.

b) 單位水量은 가능한 적게 할 것.

c) 물과 시멘트의 비율은 60% 이하로 할 것.

(4) 土木의 배합

토목공사에서는 건축에서와 같이 溫度補正의 생각을 가지고 發注하는 公共機關은 매우 적다. 일반적으로 겨울철로 접어들게 되면 係員의 지시에 따라서 그때까지의 배합을 보통 시멘트에서 早強시멘트로 또는 早強性的의 混和劑로 변경하는 정도에 그치며 건축에서와 같이 材습과 強度의 관계에 대한 규정은 없다.

그 이유는 건축에서는 공사가 진전됨에 따라서 上部의 荷重을 下層의 콘크리트가 부담하지 않으면 안되기 때문이다. 토목공사에서 실제로 콘크리트가 荷重을 부담하는 것은 공사가 완성된 후이며 따라서 공사 중의 強度와 材습에 관

한 규정은 없는 것이다.

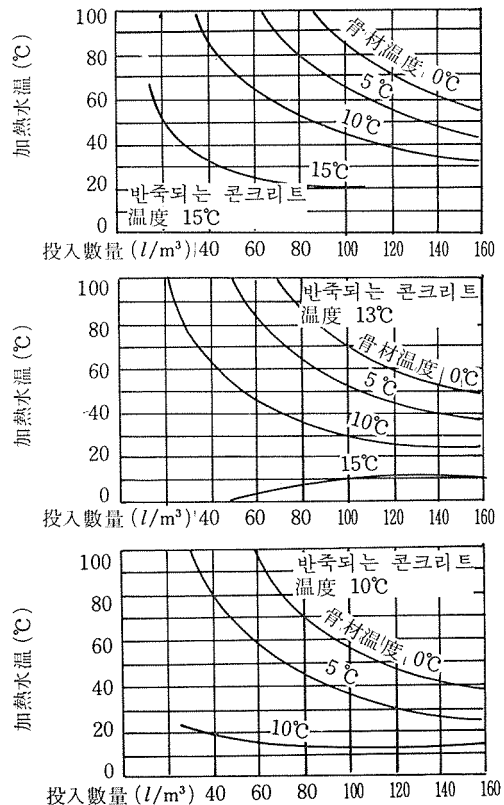
그러나 레미콘의 경우에는 일반적으로 材습 4週間・標準養生에 의한 去來이기 때문에 現場養生供試體強度가 トラブル의 原因이 되고 있는 例도 많은 것이 現狀이다.

## 5. 製 造

(1) 材料의 가열 방법

a) 골재의 가열: 現場에 도착한 콘크리트의 온도를 10℃로 하기 위해서는 極寒地에서는 골재도 가열하지 않으면 안될 시기가 있다. 삿포로(札幌) 부근에서는 골재의 抽出과 貯藏筒內 골재의 보온을 위하여 증기로 골재를 가열하는 정도이다. 그러나 온도의 조절이 안되기 때문에 時間當 出荷量이 적은 경우에는 일부의 골재

그림 2. 가열콘크리트 제조용 재료온도 (水量은 骨材表面水を 제외한 1m<sup>3</sup>當 投入水量, 假定 시멘트 온도는 5℃)



만이 가열되어서 부분적으로 극히 高温의 콘크리트가 만들어져 버리는 原因이 되고 있다. 今後 골재의 加熱조절을 위한 制御機器의 개발이 요망된다.

b) 물의 가열 : 공장에서 출발하는 콘크리트의 온도는 일반적으로 13℃ 이상을 目標로 하고 있는 例가 많다. 일반적으로 어느 정도의 골재 온도가 있으면 물만의 가열로서 충분하다. 그것은 골재의 比熱은 0.2이지만 물의 비열은 1이기에 골재의 5배이며 소량으로도 가열효과가 크다는 것, 加熱時의 온도조절이 용이하고 비교적 열효율도 좋다는 것 등으로 주로 물의 가열에 의한 방법이 많이 쓰여지고 있다. 재료 온도와 반축이 되는 콘크리트와의 관계는 仕様書 등에 소개되고 있지만 骨材表面水 또는 投入水量의 영향이 커서 實用圖表를 그림-2에서 나타내었기에 이용하길 바란다.

(2) 콘크리트의 混合

여러가지 材料를 믹서에 투입하는 경우에 高温水가 시멘트에 접촉하면 異常凝結이 될 위험이 있다. 이 때문에 물과 골재가 접촉하여 水温이 떨어진 후에 시멘트가 투입되도록 시멘트의 放出 타이밍을 지연시키고 동시에 지연시킨 時間分은 필요에 따라서 반축시간을 연장한다.

(3) 기타 문제점

骨材置場의 지하터널이라든지 플랜트 内部는 가열용 증기때문에 제반 설비가 녹슬기 쉽다. 가열콘크리트 製造時에 있어서 콘크리트 홉퍼(HOPPER)内の 콘크리트를 관찰할 경우 증기 때문에 관찰하기가 힘들다.

믹서에서 빠져나오는 集塵裝置는 수증기가 필터를 적셔서 시멘트를 응결시킴으로써 사용 못하게 된다.

6. 運 搬

믹서트럭에 의해 운반중인 콘크리트의 온도 저하는 1時間에 있어서 콘크리트 온도와 外氣溫度와의 차이를 15% 저하한다고 가정하여 工場發溫度를 설정하면 된다.

(例) 外氣溫度는 -5℃, 콘크리트온도는 13℃, 운반시간(짐을 내리는 시간도 포함)이 45분인 경우에 짐을 내릴 때의 콘크리트온도  $\theta$  를 다음과 같이 추정한다.

$$\theta = 13 - 0.15 \cdot (13 - (-5)) \cdot 45/60 = 10.98 = 11[℃]$$

7. 初期養生

養生은 施工業者의 책임이지만 콘크리트의 배합과 관련이 많은 부분에 대해서 서술한다.

(1) 外氣溫度의 假定

初期養生期間의 예상기온으로서 統計的 평균치를 사용하여 계획하면 初期養生期間은 일반적으로 數日間으로 짧기 때문에 이 기간이 寒波에 遭遇하지 않는다고도 할 수 없다(材令 4주간의 예상기온의 경우에는 寒波와 暖氣가 반복되기 때문에 기온은 평균화되므로 통계적 평균치를 예상기온으로 이용하여 계획해도 별 지장이 없다). 따라서 寒中지침에서는 初期養生期間의 예상기온으로서 통계에 의한 旬間平均氣溫에서 기온변동의 標準偏差를 뺀 것을 寒波의 예상기온으로 하여 이를 初期養生期間의 日平均氣溫으로서 계획하는 것으로 되어 있다.

$$T_{me} = T_{sme} - \sigma_m \dots\dots\dots(4)$$

$T_{me}$  : 初期養生期間의 日平均氣溫 [℃]

$T_{sme}$  : 初期養生期間의 日平均氣溫 統計值

$\sigma_m$  : 日平均氣溫의 표준편차 [℃] (寒中지침 p. 201)

(2) 初期養生에서 목표로 하는 強度

초기의 콘크리트의 凍結程度 및 強度의 回復程度는 동결개시시간 · 동결지속시간 · 동결온도 · 콘크리트의 배합 등에 의해 달라진다.

건축의 初期養生에서는 打設 후의 콘크리트가 여러차례의 凍結 · 融解에 견딜 수 있는 表-2의 強度가 얻어질 수 있도록 하기 위해서 表-3의 積算溫度 또는 溫度 그리고 日數까지 콘크리트의 어느 부분도 0℃ 이상으로 유지하게 되어 있다.

토목에서는 콘크리트온도를 表-4의 強度가 얻

表-2. 初期養生 끝내기를 위해 필요한 콘크리트强度 (JASS 5)

|  |   |
|--|---|
| 地 域  | JASS 5 T-603(構造体 콘크리트의 强度推定을 위한 壓迫强度試驗方法)에 의해 구한 强度 |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• 氣象廳에 의한 日別平均氣溫의 平滑平均値가 0℃ 이하로 되는 지역</li> <li>• 日別 最低基溫의 平均値가 -5℃ 이하로 되는 지역</li> <li>• 最低氣溫의 極値가 -15℃ 이하로 되는 지역</li> </ul> | 50kg/cm <sup>2</sup>                                |
| 上記 以外 지역   | 35kg/cm <sup>2</sup>                                |

어질 때 까지 10℃ 이상으로 유지(기온이 0℃ 이하로 되지 않는 경우로서 早期强度가 필요하지 않는 경우에는 5℃) 하도록 되어 있지만 대략적인 日數는 表-5의 解説로서 나타내었다.

(3) 斷熱保温養生

콘크리트 打設 직후의 온도와 시멘트의 水和反應에 의한 發熱을 가능한 놓치지 않도록 보온하여 콘크리트가 0℃로 식어 질 때까지 初期養生에서 목표로 하는 强度가 얻어질 수 있도록 하여 保温의 계획을 세운다.

콘크리트資材가 식어지는 상태는 放熱條件으로서 外氣溫度·風速·保温材料의 熱損失係數·放射冷却의 有無, 資材의 條件으로서 콘크리트 打設 때의 콘크리트온도·資材의 크기·資材의

表-3. 콘크리트强度 50kg/cm<sup>2</sup> 또는 35kg/cm<sup>2</sup>를 얻기 위한 初期養生

| 시멘트 | 포틀랜드 | 高爐플라이애쉬 | 初期養生 目標强度 K (kg/cm <sup>2</sup> ) | 시멘트 强度 K (kg/cm <sup>2</sup> ) | 必要한 初期養生               |     |    |    |    |     |      |     |     |     | 最 小 初 期 養 生 期 間(日) |     |     |     |           |     |     |     |            |     |     |     |        |  |  |  |
|-----|------|---------|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------|-----|----|----|----|-----|------|-----|-----|-----|--------------------|-----|-----|-----|-----------|-----|-----|-----|------------|-----|-----|-----|--------|--|--|--|
|     |      |         |                                   |                                | 强 度 上 의 물 · 시 멘 트 比(%) |     |    |    |    |     |      |     |     |     |                    |     |     |     |           |     |     |     |            |     |     |     |        |  |  |  |
|     |      |         |                                   |                                | 積算溫度 M(*D·D)           |     |    |    |    |     |      |     |     |     | 平 均 養 生 溫 度(℃)     |     |     |     |           |     |     |     |            |     |     |     |        |  |  |  |
|     |      |         |                                   |                                |                        |     |    |    |    |     |      |     |     |     | 4 > t ≥ 2          |     |     |     | 7 > t ≥ 4 |     |     |     | 15 > t ≥ 7 |     |     |     | t ≥ 15 |  |  |  |
| 早強  | 50   | 420     | 65                                | 55                             | 50                     | 40  | 35 | 30 | 25 | 5.5 | 4.5  | 3.0 | 2.5 | 5.0 | 4.0                | 3.0 | 2.5 | 2.0 | 4.0       | 3.0 | 1.5 | 3.0 | 2.0        | 1.5 | 1.0 |     |        |  |  |  |
|     |      | 400     | 65                                | 55                             | 50                     | 45  | 35 | 30 | 25 | 5.5 | 4.5  | 3.0 | 2.5 | 5.0 | 4.0                | 2.5 | 2.0 | 4.0 | 3.0       | 2.5 | 1.5 | 3.0 | 2.0        | 1.5 | 1.0 |     |        |  |  |  |
|     | 35   | 420     | 50                                | 45                             | 40                     | 35  | 30 | 25 | 25 | 4.5 | 3.5  | 2.5 | 2.5 | 4.0 | 3.0                | 2.5 | 2.0 | 3.0 | 2.5       | 2.0 | 1.5 | 2.0 | 2.0        | 1.5 | 1.0 |     |        |  |  |  |
|     |      | 400     | 55                                | 45                             | 40                     | 35  | 30 | 25 | 25 | 5.0 | 3.5  | 2.5 | 2.5 | 4.0 | 3.0                | 2.5 | 2.0 | 3.5 | 2.5       | 2.0 | 1.5 | 2.5 | 2.0        | 1.5 | 1.0 |     |        |  |  |  |
| 普通  | A種   | 50      | 400                               | 110                            | 90                     | 80  | 65 | 55 | 40 | 30  | 8.5  | 6.5 | 4.5 | 3.5 | 7.5                | 5.5 | 4.0 | 2.0 | 6.0       | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 4.5        | 3.5 | 2.5 | 1.5 |        |  |  |  |
|     |      |         | 370                               | 120                            | 100                    | 85  | 70 | 55 | 40 | 35  | 9.5  | 7.0 | 4.5 | 3.5 | 8.0                | 6.0 | 4.0 | 2.5 | 6.5       | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 5.0        | 3.5 | 2.5 | 1.5 |        |  |  |  |
|     |      | 35      | 400                               | 90                             | 75                     | 65  | 50 | 45 | 35 | 25  | 7.0  | 5.0 | 3.5 | 2.0 | 6.0                | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 5.0       | 3.5 | 2.5 | 1.5 | 4.0        | 3.0 | 2.0 | 1.0 |        |  |  |  |
|     |      |         | 370                               | 95                             | 80                     | 65  | 55 | 45 | 35 | 25  | 7.5  | 5.0 | 3.5 | 2.0 | 6.5                | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 5.0       | 3.5 | 2.5 | 1.5 | 4.0        | 3.0 | 2.0 | 1.0 |        |  |  |  |
|     | B種   | 50      | 350                               | 140                            | 120                    | 95  | 80 | 65 | 50 | 40  | 9.5  | 6.5 | 4.5 | 3.0 | 8.5                | 6.0 | 4.0 | 2.5 | 7.0       | 5.0 | 3.5 | 2.0 | 6.0        | 4.0 | 3.0 | 2.0 |        |  |  |  |
|     |      |         | 320                               | 155                            | 135                    | 105 | 85 | 70 | 55 | 45  | 10.5 | 7.0 | 5.0 | 3.0 | 9.5                | 6.5 | 4.5 | 3.0 | 8.0       | 5.5 | 3.5 | 2.5 | 6.5        | 4.5 | 3.0 | 2.0 |        |  |  |  |
|     |      | 35      | 350                               | 110                            | 95                     | 75  | 60 | 50 | 40 | 30  | 7.5  | 5.0 | 3.5 | 2.0 | 6.5                | 4.5 | 3.0 | 2.0 | 5.0       | 4.0 | 2.5 | 1.5 | 4.5        | 3.0 | 2.0 | 1.5 |        |  |  |  |
|     |      |         | 320                               | 115                            | 100                    | 80  | 65 | 55 | 40 | 30  | 8.0  | 5.5 | 4.0 | 2.0 | 7.0                | 5.0 | 3.5 | 2.0 | 6.0       | 4.0 | 3.0 | 1.5 | 5.0        | 3.5 | 2.5 | 1.5 |        |  |  |  |

表-4. 심한 기상작용을 받는 콘크리트의 養生終了時의 所要强度標準 kg/cm<sup>2</sup> (RC示方書)

| 構造物의 露出狀況                     | 斷 面 | 얇은 경우 | 보통인 경우 | 두꺼운 경우 |
|-------------------------------|-----|-------|--------|--------|
| (1) 연속적으로 또는 가끔 물로 飽和되는 부분    |     | 150   | 120    | 100    |
| (2) 보통의 露出狀態이며 (1)에 속하지 않는 부분 |     | 50    | 50     | 50     |

表-5. 10°C에 있어서의 養生日數 (RC示方書 解説)

| 斷面<br>시멘트의 種類<br>構造物의 露出狀態    | 보통인 경우 |                          |             |
|-------------------------------|--------|--------------------------|-------------|
|                               | 普通포틀랜드 | 早強포틀랜드<br>普通포틀랜드<br>+促進劑 | 超早強<br>포틀랜드 |
| (1) 연속적으로 또는 가끔 물로 飽和되는 부분    | 7日     | 4日                       | 2日          |
| (2) 普通의 露出狀態이며 (1)에 속하지 않는 부분 | 3日     | 2日                       | 1日          |

W/C=55%인 경우의 표준을 나타내었다. W/C가 틀려지는 경우는 적절히 增減한다.

表面積 · 시멘트의 종류 · 單位시멘트量 · 混和劑의 종류 등에 따라서 달라진다. 保温 또는 資材의 조건이 좋으면 시멘트의 水和發熱에 의해서 콘크리트온도는 상승하지만 그러한 조건이 나쁘면 콘크리트온도가 낮기 때문에 水和反應이 진전되지 않고 차가워져서 外氣溫度에 접근한다.

資材가 식기 쉬운가 어려운가의 정도는 뉴턴의 冷却式(本稿에서는 생략함)의 指數項=時間定數  $\tau$ 로 나타낸다. 寒中콘크리트를 계획할 경

우에는 資材의 평균 온도가 0°C에 도달하기까지의 溫度履歷推定計算에서는 그 이전에 표면이 0°C 이하로 될 것이기에 資材의 표면이 0°C에 도달하기까지의 溫度履歷計算이 되지 않으면 안된다. 資材의 표면이 0°C로 될 때까지의 積算溫度와 資材의 時間定數  $\tau$ 와의 관계를 살펴 보면 資材의  $\tau$ 를 0.83배한 값으로 계산한 積算溫度와 資材의 표면이 0°C로 될 때까지의 표면부분의 積算溫度와는 거의 同一值임을 알았다. 따라서 0.83 $\tau$ 를 等價時間定數  $\tau'$ 로 이름

表-6. 보온을 위한 材料의 熱損失係數 提案值 (kcal/m<sup>2</sup>h °C)

| 보온을 위한 材料                      | 바람의 存無 | 無風(自然對流程度) |     |     | 有(3m/s) |
|--------------------------------|--------|------------|-----|-----|---------|
|                                | 面의 方向  | 上向面        | 下向面 | 垂直面 | 各面      |
| 그래스울(100mm)                    |        | 1.5        | 1.3 | 1.4 | 7.2     |
| 發泡스티로폼樹脂板(50mm)                |        | 1.0        | 0.9 | 0.9 | 3.4     |
| 發泡우레탄시트(10mm)                  |        | 3.3        | 2.7 | 3.1 | 5.3     |
| 防水시트(폴리프로) 1枚                  |        | 6.0        | 4.3 | 5.2 | 9.4     |
| 防水시트(폴리프로) 2枚                  |        | 3.9        | 3.1 | 3.5 | 7.6     |
| 防水시트(폴리프로) 3枚                  |        | 3.3        | 2.7 | 3.1 | 4.6     |
| 합板(12mm)                       |        | 4.4        | 3.4 | 4.0 | 6.8     |
| 합板(12mm)+防水시트 1枚               |        | 3.0        | 2.5 | 2.8 | 6.2     |
| 합板+(發泡우레탄시트 10mm)              |        | 2.9        | 2.4 | 2.7 | 5.0     |
| 합板(12mm)+發泡스티로폼樹脂板(25mm)       |        | 1.6        | 1.5 | 1.6 | 3.5     |
| 합板(12mm)+그래스울 알루미늄이 붙은 것(50mm) |        | 1.0        | 0.9 | 0.9 | 3.3     |
| 비닐시트(0.05mm)                   |        | 5.0        | 3.8 | 4.5 | 9.6     |
| 없 음                            |        | 7.4        | 5.0 | 6.3 | 24.1    |

註: 1. 無風の 값(值)은 외풍의 상황에 따라서 割増시킬 것, 吸濕性材料로서 濕度가 낮은 경우에는 증발을 막는 處置를 할 것.

2. 地盤 또는 콘크리트에 接하는 경우의 熱損失係數는  $K=2.5\text{kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ 로 가정한다.

붙였다.

$$\tau' = 0.83 \cdot 600 \cdot V / \sum K \cdot S \dots\dots\dots(5)$$

$\tau'$  : 等價時間定數 (h)

$V$  : 資材의 콘크리트의 容積 (m<sup>3</sup>)

$K$  : 熱損失係數 (kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>°C)

$S$  : 上記 熱損失係數  $K$ 의 表面積 (m<sup>2</sup>)

保溫을 위한 工事用材料로서 일반적으로 사용되는 재료에 대해서 그 熱損失係數를 表-6에 나타내었다. 이 表의 값은 일반의 참고자료와는 달라서 형틀 또는 保溫을 위한 재료가 콘크리트에 따라서 濕潤하는 영향과 外氣의 風速에 의한 영향을 실험에 의해서 측정한 값이다. 기타의 참고자료에 의해서 熱損失係數를 가정하는 경우에는 濕潤과 風速에 의한 영향을 고려하여 割増시킬 필요가 있다.

(例) 콘크리트의 두께가 45cm인 耐水 슬라브로서 下面을 버리는 콘크리트로 하고 上面은 시트(한걸)로 덮어서 外氣와 접하는 경우로 한다. 단지 計算은 1m<sup>2</sup>에 대해서 실시하는 것으로 한다.

$$V = 1 \cdot 1 \cdot 0.45 = 0.45 \text{ (m}^3\text{)}$$

上面의  $K = 9.4 \text{ [kcal/m}^2\text{h}^2\text{°C]}$

下面의  $K = 2.5 \text{ [kcal/m}^2\text{h}^2\text{°C]}$

$$\tau' = 0.83 \cdot 600 \cdot 0.45 / (9.4 + 2.5) = 18.83 \text{ (h)}$$

(例) 두께 15cm인 外壁으로서 合板형틀의 바깥쪽에 시트를 쳐서 外氣와 接하게 하고 內面은 發泡스티롤樹脂板을 貼부시킨 그러한 合板형틀의 경우로 한다.

$$V = 1 \cdot 1 \cdot 0.15 = 0.15 \text{ (m}^3\text{)}$$

外面의  $K = 6.2 \text{ [kcal/m}^2\text{h}^2\text{°C]}$

內面의  $K = 1.6 \text{ [kcal/m}^2\text{h}^2\text{°C]}$

$$\tau' = 0.83 \cdot 600 \cdot 0.15 / (6.2 + 1.6) = 9.6 \text{ (h)}$$

콘크리트 打設 때의 온도가 식어져서 0°C로 될 때 까지의 溫度履歷을 시멘트의 水和熱을 豫상한 計算으로서 추정하여 初期養生의 目標 溫度가 얻어지는가 어떤가를 검토하는 것은 매우 노력이 든다. 이 때문에 筆者는 시멘트水和熱의 發生履歷을 많은 資材·放熱·溫度條件에 대해서 計算한 結果로부터 實用圖表를 작성하였으나 여기에서는 지면 관계로 다음 基準條件의 경우만을 그림-3 및 그림-4에서 나타내었다. 打設溫度·單位시멘트量 기타의 조건이 틀

그림 3. 等價時間定數와 콘크리트가 0°C로 식어질 동안에 얻어지는 積算溫度 (單位시멘트量 300kg/m<sup>3</sup>)

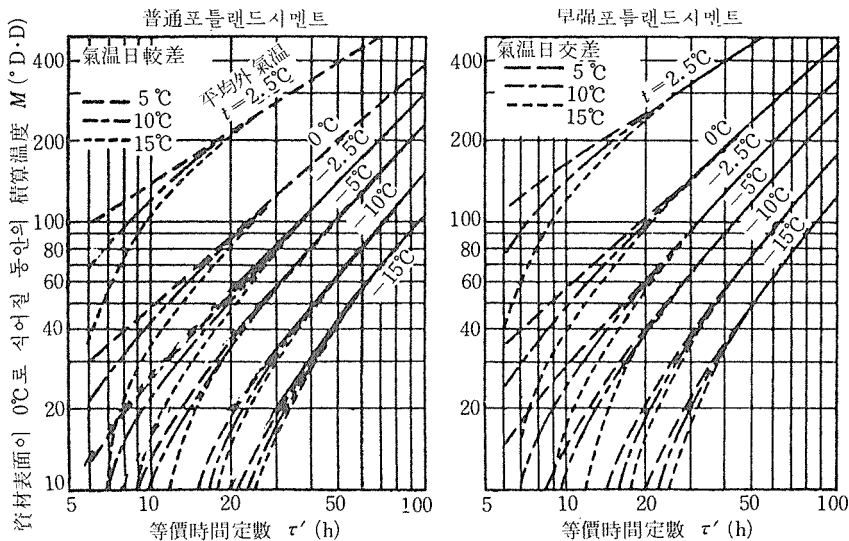
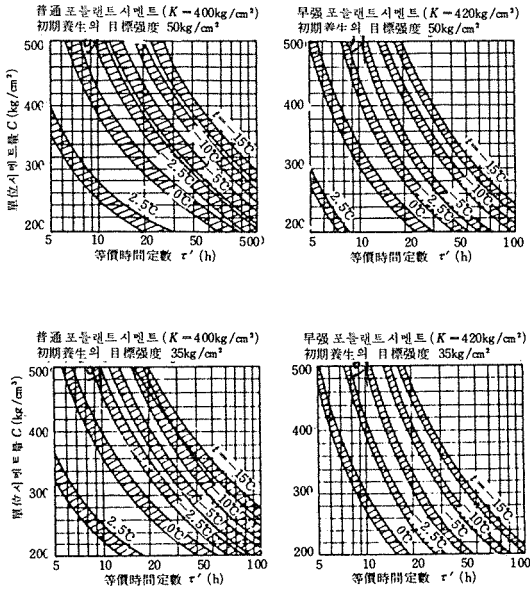




그림-4. 等價時間定數와 資材表面이 0°C의 상태에서 35kg/cm<sup>2</sup> 또는 50kg/cm<sup>2</sup>를 얻기 위한 單位시멘트量 (打込溫度 10°C)



- 各圖의 共通 사항
- (1) 各 線의 上端은 슬럼프 21cm, 下端은 15cm
  - (2) K: 假定시멘트強度 (kg/cm<sup>3</sup>)
  - (3) 打져 넣을 때의 콘크리트온도 T<sub>0</sub>-10°C
  - (4) 기온일교차 10°C
  - (5) C: 單位시멘트量, 단치 65% 以上의 경우에는 수정된 單位水量으로 單位시멘트量을 계산됨.

리는 경우의 補正方法에 대해서는 이 論文 마지막에 나타낸 문헌을 참조하기 바란다.

그림-3은 資材의 等價時間定數와 外氣溫度로부터 콘크리트를 다질 때의 10°C 콘크리트온도가 식어져서 資材의 표면이 0°C로 될 때까지의 積算溫度를 구한 그림이다. 이 그림-3과 初期養生에서 목표로 한 強度와의 관계에서 그 強度를 구하는데 필요한 單位시멘트量의 概算值를 그림-4에서 나타내었다.

- (1) 콘크리트를 다질 때의 콘크리트온도=10°C
- (2) 기온의 日較差=10°C (기온의 일교차라 함은 하룻동안의 최고기온과 최저기온의 차이를 뜻하는 것이며 日本의 대부분의 都市에서는 10°C 이하이다).

(3) 슬럼프=15cm 및 21cm(單位水量은 물/시멘트에 의한 補正이 끝났음)

(例) 前述한 耐水슬러브의  $\tau' = 18.83h$ 를 슬럼프 15cm에서 外氣溫度 -2.5°C, 기온 일교차 10°C, 콘크리트 打設時의 콘크리트온도 10°C 경우 初期養生의 目標強度는 50kg/cm<sup>2</sup>의 地區로 한다.

콘크리트가 식어져서 0°C로 되는 동안에 얻어지는 積算溫度는 그림-3에서 約 50° D·D이며 表-3에서 물·시멘트比(強度上)는 48.3%가 되고 單位시멘트量으로서는 그림-4로부터 概算單位시멘트量은 375kg/m<sup>3</sup>이 된다.(그림-4는 假定單位水量에 의하고 있다는 점 그리고 그림-3은 單位시멘트量이 300kg/m<sup>3</sup>이라는 점으로 單位시멘트量을 補正하기 以前의 兩者間에는 다소의 차이가 있다)

(例) 前述한 例의 外壁에서 두께 15cm의 等價時間定數  $\tau' = 9.6h$ 인 例의 경우에 슬럼프를 21cm로 하고 外氣溫度 0°C, 기온일교차 10°C, 콘크리트打設 때의 콘크리트온도 10°C인 경우에 初期養生의 目標強度는 50kg/cm<sup>2</sup>의 地區로 한다. 콘크리트가 0°C로 식어 질 때까지 얻어지는 積算溫度는 그림-3을 이용하면 約 22° D·D로 구해지지만 表-3에서는 물·시멘트比는 구해지지 않는다. 굳이 單位시멘트量을 그림-4를 이용해서 구하면 概算으로 440kg/m<sup>3</sup>으로서 과대하게 되기 때문에 保温의 재료를 熱損失係數가 작은 재료에 대해서 再檢討하게 된다.

콘크리트가 0°C로 식어 질 때까지 얻어지는 積算溫度를 初期養生期間의 積算溫度로 한다.

또 그 保温期間 동안의 外氣溫度에서,

(外氣溫度+10) · (保温日數) = 積算溫度를 계산하여 이를 所定材畧까지의 外氣溫度에 의한 積算溫度에서 빼고 初期養生期間의 積算溫度를 더해서 물·시멘트比의 계산에 이용하는데는 積算溫度로 한다.

#### (4) 加熱保温養生

콘크리트 구조물 부근의 공기를 가열하여 콘크리트가 식지 않도록 保温한다. 이 경우에 콘크리트온도는 알 수 없기 때문에 가열된 공기의 온도를 콘크리트온도로 하여 積算溫度의 계

산을 실시한다.

$(\text{霧圍氣溫度} + 10) \cdot (\text{加熱日數}) = \text{積算溫度}$   
를 初期養生期間의 積算溫度로 한다.

또 그 加熱期間의 外氣溫度에서

$(\text{外氣溫度} + 10) \cdot (\text{加熱日數}) = \text{積算溫度}$   
를 계산하여 이를 所定材令까지의 外氣溫度에  
의한 積算溫度에서 빼고 初期養生期間의 積算  
溫度를 더해서 물·시멘트比의 계산에 이용하  
는 積算溫度로 한다.

또 加熱養生에서 重油·燈油를 연소시켜 室  
內·지붕과 천정사이(上 屋內)에 배기하는 방  
법은 열효율은 좋지만 炭酸가스가 콘크리트의  
表面을 中性化시켜 表面이 硬化不良이 된다.

이러한 것은 그다지 알려져 있지는 않지만 특  
히 加熱養生을 하면서 바닥면(床)을 마무리하  
는 등의 흠손다짐作業을 하면 炭酸가스가 물에  
용해되어서 섞여지기 때문에 심하게 中性化하  
여 硬化後에 페놀후타렌(phenolphthalein) 液을  
뿌어 칠하면 數밀리가 中性化되는 일은 드물지  
않다.

## 8. 強度供試体の 관리

### (1) 供試体採取

일반적으로 현장의 供試体採取에서는 채취한  
供試体를 그 다음날에 회수하지만 屋外에 둔 供  
試体가 저온으로 인해 凍結해 버리는 사고가 많  
다. 오전 오후 두차례 채취한 다음 供試体를 屋  
內에 收納하는 경우에, 오전 중에 供試体를 채  
취하여 현장에 둔 채 오후에 供試体를 채취한  
후 오전 중에 채취한 供試体和 함께 屋內에 收  
納하면 數時間의 차이로 오전 중에 채취한 供  
試体만 凍結해 버리는 일이 있다.

凍結한 供試体는 上面 또는 側面에 바늘 형  
태의 結晶모양이 생긴다. 심한 경우에는 供試  
体的 上面이 부풀어 오른다.

凍結한 供試体에 있어 강도 저하의 정도 및  
회복 정도는 콘크리트를 다진 후부터 凍結될  
때까지의 경과 시간이 짧을수록, 凍結時間이  
길수록, 凍結溫度가 낮을수록, 그 강도저하는

크며 강도 회복의 정도도 좋지 않다. 上面이  
부풀어 오른 供試体에서는 그 후의 27日間을  
20℃로 養生하여도 豫定強度의 절반 밖에 얻을  
수가 없다.

현장의 구조물은 콘크리트의 용적이 크기 때  
문에 온도변화는 완만하지만 供試体는 용적에  
비교하여 表面積이 크기 때문에 매우 빨리 식어  
버린다. 寒中 공사에서 기온이 0℃ 이하로 될 우  
려가 있는 경우에는 供試体를 屋內라든지 保溫  
상자에 收納하도록 구입자를 설득한다.

### (2) 현장구조물의 온도와 供試体溫度

구입자가 현장구조물의 온도와 供試体溫度를  
같은 온도로 하기 위해서 供試体를 구조물 부근  
에 놓도록 지시하는 경우가 있다.

加熱保溫養生에서는 구조물의 上部와 下部에  
서 상당한 온도차가 있으며 그 차이가 30℃이  
상이 되는 일도 많다. 건축에서는 階段높이(階  
高)의 중앙부로 한다.

斷熱保溫養生에서는 구조물의 온도와 供試体  
溫度를 같은 온도로 하는 일은 일반적으로 상당  
히 곤란하다. 이는 콘크리트의 용적과 放熱條  
件이 크게 틀리기 때문에 시멘트의 發熱履歷條  
件을 비롯해 콘크리트의 溫度履歷이 틀려지기  
때문이다. 이론적으로는 資材와 供試体的 時間  
定數를 동일하게 하여 같은 溫度履歷으로 시험  
하지 않으면 의미가 없다. 구조물의 온도와 供  
試体溫度를 같은 온도로 하기 위해서는 구조물  
과 供試体에 電氣調節器를 埋設하여 이를 溫度  
差스위치에 연결시키고 供試体는 간단한 상자  
에 넣고 그 상자 속에 溫度差스위치로 부피의  
신호로 ON, OFF되는 히터를 넣어서 구조물  
과 供試体的 온도차가 없도록 가열한다.

(3) 積算溫度方式으로 설계된 配合의 경우에  
JASS 5의 強度判定方法에 따르면 20℃에서 養  
生한 供試体를 配合設計에 이용한 積算溫度M  
을 30으로 나눈 材令으로 試驗하도록 규정되어  
있다.

## 9. 공장설비의 보온

홋카이도(北海道)에서는 플랜트內的 計量·放

출게이트·믹서게이트를 비롯하여 물 또는 混和劑의 計量部·配管·탱크·電磁算등 어느 것이 凍結하여도 플랜트의 기능은 정지되어 버린다.

(1) 배처 프랜트: 홋카이도(北海道)에서는 최근 건설된 플랜트에는 外壁材에 保温材를 사용하고 있는 공장도 있다. 일반적으로는 먼저 가열된 공기를 빠뜨리지 않고 또 冷氣가 들어오지 않도록 外·內裝板·窓등 접합부분의 틈새를 없도록 하는 일이 필요하다. 加熱方法으로서 보일러의 증기를 이용한 유니트 히터라든지 A重油·白燈油를 연소하는 固定·可搬式스토프·버너 등이 이용되고 있다.

(2) 骨材輸送設備: 벨트컨베이어의 로울러(ROLLER)에 붙은 흙탕물이 凍結하여 팽창함으로써 컨베이어가 蛇行하고 심한 때는 경단모양으로 얼어 붙어서 로울러가 회전하지 않는 경우도 있기 때문에 정기적으로 사람이 점검하여 증기로 이를 녹여야만 한다. 外氣溫度가 극도로 낮은 아침 操業時에는 始運轉으로 벨트가 슬립(slip)하고 있지는 않는가, 그리고 傾斜 B.C.에서 벨트 위의 수분이 凍結하여 골재가 올라가지 않고 슬립하고 있지 않는가를 電流計로 점검해야만 한다. 이러한 대책으로써 塩化칼슘 또는 不凍液을 바르는 방법도 있지만 가능한 少量으로 하지 않으면 피해가 생긴다.

최근에는 벨트컨베이어를 門筒狀鐵板에 넣어 보온시키는 방법을 이용하고 있다.

골재를 덤프車에서 내리는 홉퍼(HOPPER) 벨트의 중간位置 또는 턴슈트(turn chute) 위에 75mm 정도의 除去機를 설치하여 凍結된 것을 제거토록 한다.

凍結된 골재를 제거하는 작업 또는 벨트의 凍結을 제거하는 작업은 위험을 동반함으로써 부상, 사망사고가 많기 때문에 안전구치를 지켜서 실시토록 한다.

(3) 殘存 콘크리트처리설비·배수처리설비: 이러한 처리 설비의 측면에서 寒冷地의 대책을 완벽하게 한 製造業體는 없다고 해도 무방하다. 때문에 겨울기간 동안은 作動을 하지 않는 공장도 많으며 케이스바이케이스로 대응하고 있는 공장은 적기 때문에 앞으로 製造業體의 개발이 절실하다.

## 10. 맺음 말

일본 열도는 南北으로 길기 때문에 이 원고를 이상한 느낌으로 읽으시는 분도 많으리라고 생각한다. 北歐諸國과 같이 전체가 寒冷地인 나라에서는 社會的으로 寒中철공사를 장려 및 보조하고 있기 때문에 기술적인 수준도 높다고 일컬어진다. 日本의 研究水準도 그다지 낮다고는 생각하지 않으나 기술적인 보급이 늦다고 보여진다. 콘크리트제조업의 전문가인 레미콘 공장의 기술자도, 예를 들면 加熱養生의 炭酸가스에 의한 硬化不良과 같이, 施工技術的인 수준까지 연구하여 크레임이 발생하지 않도록 또 크레임이 나와도 이에 대처할 수 있도록 되기를 바란다.

### 〔參考 文獻〕

- 1) 寒中콘크리트 施工指針(案) 同解説, 日本建築學會.
- 2) 鐵筋콘크리트 工事標準示方書 同解説, 土木學會
- 3) 寒中콘크리트 洪悅郎·長島弘 技術書院.
- 4) 寒中콘크리트의 斷熱養生實用圖表의 작성, 長島弘, 콘크리트工學 1979. 11.
- 5) 콘크리트 打設 후의 溫度變化에 관한 연구 (그림 1, 그림 2, 그림 3, 그림 4) 長島弘 日本建築學會論文集 1978. 6, 1978. 7, 1978. 11, 1979. 7.