

混和材料의 活用に 의한 콘크리트 性能의 向上(Ⅱ)

金 銀 謙

〈京畿工業開放大 土木工學科 助教授〉

目 次

1. 序 論
2. 混和材 종류에 따른 콘크리트性能 改善效果
 - 2-1 Fly Ash
 - 2-2 高炉 슬래그 微粉末
 - 2-3 실리카 흙
 - 2-4 膨脹材 및 高強度 混和材
3. 混和劑 種類에 따른 콘크리트性能 改善效果
 - 3-1 高性能 減水劑와 流動化劑
 - 3-2 遲延劑 및 超遲延劑
 - 3-3 水中콘크리트用 混和劑
 - 3-4 収縮 低減劑
 - 3-5 水和熱 抑制劑
 - 3-6 防凍, 防寒劑
4. 맺은 말

(承前).

3. 混和劑 種類에 따른 콘크리트의 性能 改善 效果

3-1 高性能 減水劑와 流動化劑

AE劑, 減水劑, AE減水劑에 대해서는 이미 많은 知識을 가지고 있지만 1960年代에 減水效果가 현저한 高性能 減水劑가 開發되었다. 이것은 본래 1971年頃 木은 반죽의 콘크리트 施工性을 改善시킬 目的으로 西獨에서 開發된 것으로 1974年에 그 製造와 施工에 관한 指針이

發行된 후로부터 수 많은 연구와 實績이 報告되어 全世界에 擴散되었다.

高性能 減水劑와 流動化劑는 그 使用 目的에 따라 區別되는 것으로 ACI 212 委員會의 報告에 의하면 다음의 3종류로 되어 있다. 즉, 첫째는 반죽질기를 해치지 않고, 또 凝結時間에 바람직스럽지 못한 영향을 주는 일 없이 모르터 및 콘크리트의 單位水量을 크게 減小시키기 위해 사용하는 이른바 콘크리트의 高強度를 目的으로 하는 高性能 減水劑, 둘째로는 본래의 配合에 대한 單位水量을 增加시키는 일 없이 슬럼프

를 현저하게 증대시키기 위해 사용하는 이른바 施工性的 改善을 目的으로 하는 流動化劑, 셋째로는 이들을 併用하므로서 中程度의 減水와 슬럼프를 증가시킬 目的으로 사용하는 것을 말한다.

高性能 減水劑와 流動化劑의 主成分으로서는 나프탈렌系, 리그닌系, 메라민系등을 들 수 있다. 그림 9는 이들의 減水效果를 보인 것이다. 高性能 減水劑를 添加하면 시멘트 케이스트의 粘性이 低下하여 흐름값은 커지기 때문에 물·시멘트비를 줄여 콘크리트의 強度를 높일 目的으로 개량된 것이 高性能 減水劑, 물·시멘트비를 그대로 유지한 채 콘크리트 반죽의 묽기를 증가시킬 目的으로 사용된 것이 流動化劑이다. 現在 高性能 減水劑는 주로 工場製品에, 流動化劑는 工事現場에서 사용되고 있다.

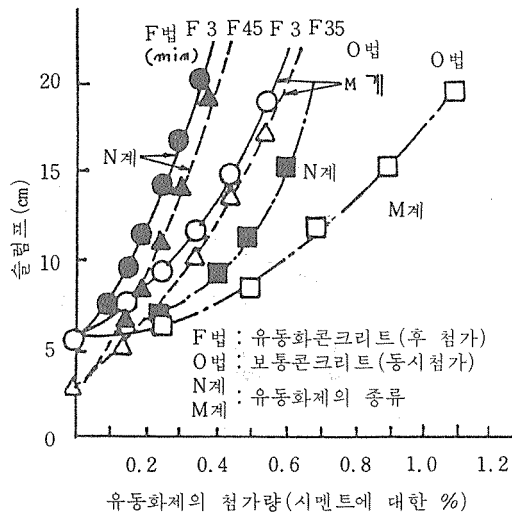


그림 9. 유동화제의 첨가량·첨가방법과 유동화 효과

流動化 콘크리트는 미리 비벼놓은 콘크리트 (base concrete)에 流動化劑를 添加하여 이것을 교반시킴으로서 流動性을 증대시킨 콘크리트를 말한다. 이들의 製造方法으로서는 표 5에 보인 방법들이 있지만 현재 가장 많이 사용되는 것은 現場添加方法이다.

流動化에 의한 슬럼프의 증대량은 5~8 cm를 표준으로 하며 10cm 以下로 하는 것이 좋다.

配合設計에 있어서는 잔骨材率의 選定 및 微粉量에 주의를 요하며 流動化劑의 訂量, 添加 및 교반등의 작업이 추가된다. 일반적으로 이 작업은 工事現場에서 실시되는 경우가 많으며, 트럭 애지데이터에서 고속으로 교반할 때에 생기는 소음은 現場의 立地條件에 따라 규제되는 경우가 많기 때문에 충분히 이들을 고려하여 計劃을 세워야 할 必要가 있다.

또한 流動化 콘크리트는 현재 그 改良方法이 검토되고 있지만, 일반적으로 시간의 經過에 따른 슬럼프 손실이 보통 콘크리트에 비해 상당히 크다. 그림 10은 이들의 한 예를 보인 것이다. 이 그림으로부터 한 예를 들어보면 슬럼프 8cm의 base concrete를 19cm로 流動化시킬 경우 1시간이 경과하면 슬럼프는 base concrete의 그것과 같아져 流動化劑의 효과가 0로 됨을 알 수 있다. 따라서 시공시에는 이와 같은 점들에 유념하면서 施工計劃, 施工体制를 세울 必要가 있다.

高强度 콘크리트는 高性能 減水劑를 添加하여 流動性에 해를 끼치는 일 없이 單位水량을 減小시킴으로서 水·시멘트비를 낮추어 콘크리트의 高强度化를 도모한 콘크리트를 말한다.

오토 클레이브 養生, 혹은 蒸氣養生과 高性能 減水劑를 使用함으로써 800kgf/cm² 이상의 콘크리트를 얻을 수 있으며, 高强度 프리스트레스트 콘크리트 말뚝등에 利用되고 있다. 또한 高性能 減水劑와 실리카質 微粒子和 특수한 骨材를 組合하여 流動性이 우수하고, 또 壓縮強度가 2000kgf/cm²정도의 콘크리트도 製造가 可能하게 되어 앞으로 高性能 減水劑의 광범위한 利用이 期待되고 있다.

高强度 콘크리트의 壓縮強度는 그림 11에 보인 것과 같이 물·시멘트비에 의존하지만 800~1000kgf/cm²의 壓縮強度가 오토 클레이브 養生과 高性能 減水劑의 併用으로 얻어지고 있는 것을 알 수 있다.

표 5. 유동화 콘크리트의 제조 방법

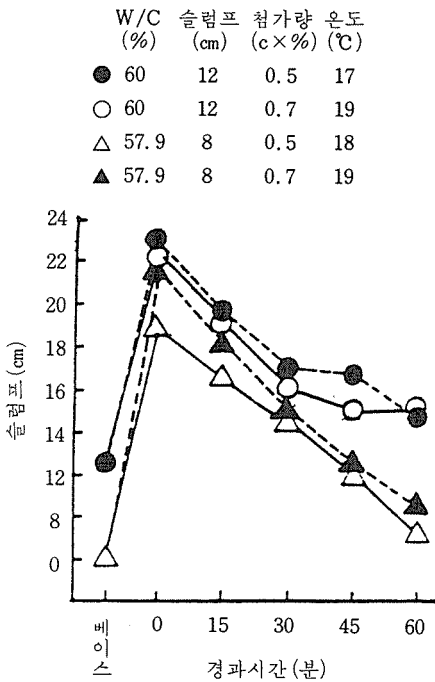
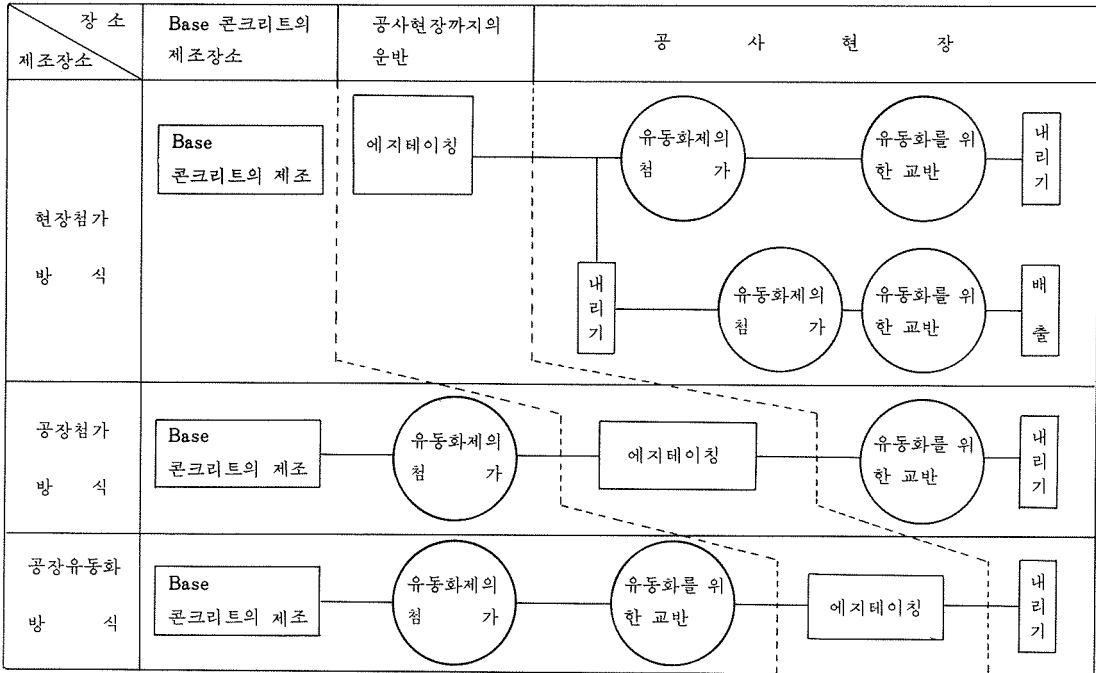


그림 10. 유동화콘크리트의 슬럼프 손실

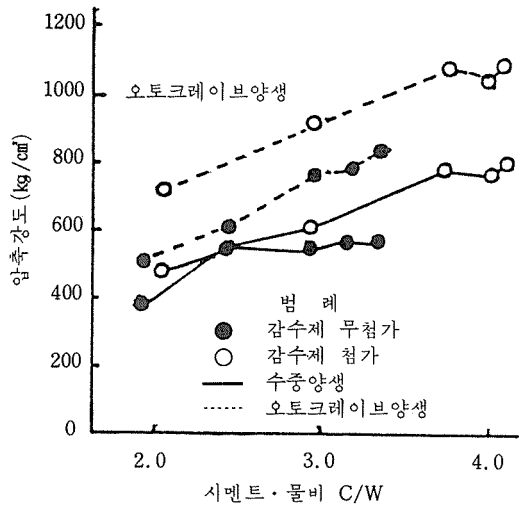


그림 11. 고강도 콘크리트의 물·시멘트비와 압축강도와의 관계

3-2 遲延劑 및 超遲延劑

氣溫이 25°C 이상인 燻中에 콘크리트를 打設할 경우에는 콘크리트의 溫度가 높아지기도 하

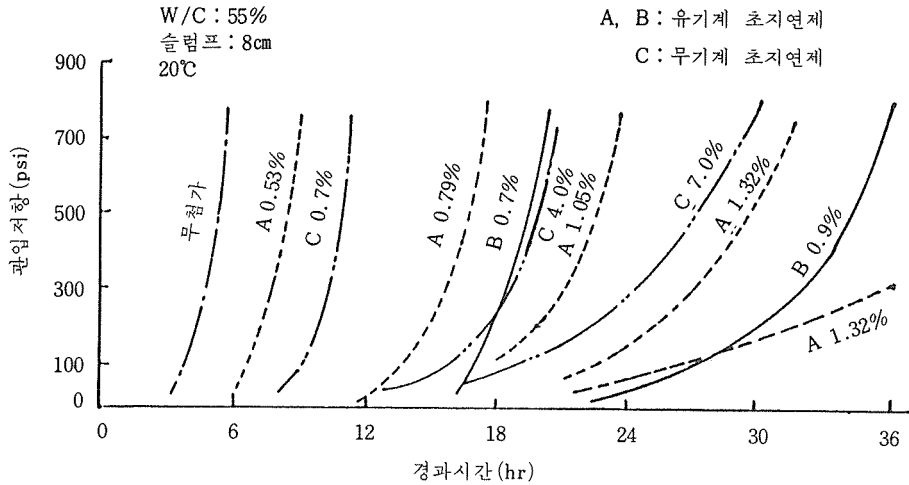


그림 12. 초지연제의 종류와 응결시간

고, 凝結이 빨리 일어나기 때문에 다지기, 표면 마무리 등의 작업에 지장을 주는 수가 있다. 따라서 이와같은 이유로 콘크리트의 凝結·硬化時間을 1~4시간 늦출 目的으로 사용하는 것이 遲延劑이다. 특히 최근에 들어와서는 大型 構造物을 施工할 때 打設層間의 Cold Joint를 防止하기 위해 이들의 遲延時間을 수시간으로부터 수십시간까지 연장시키고 싶을 경우가 생길 때 사용되는 것이 超遲延劑이다.

遲延性を 갖는 混和劑는 크게 有機系와 無機系로 분류된다. 有機系로서 代表的인 것으로서는 리그닌 슬폰酸 鹽, 옥시칼본酸 鹽을 主成分으로 하는 것이 있으며, 無機系로서는 珪弗化物등을 들 수 있다.

그림 12는 이들의 實驗 結果를 보인 것이다. 이 그림으로부터 貫入值 500psi가 ASTM 에서 규정하고 있는 凝結 時間인데 有機系 및 無機系 모두 그의 사용량에 따라 현저하게 凝結 遲延을 보이고 있음을 알 수 있다. 또한 이들의 遲延劑, 超遲延劑는 凝結時間을 지연시키더라도 콘크리트의 長期材齡에서의 強度發現에는 전혀 惡影響을 끼치고 있지 않다는 事實이 실험 결과로부터 확인되고 있다.

3-3 水中 콘크리트用 混和劑

水中에 콘크리트를 打設할 경우 간이공사에서는 포대 콘크리트, 트레미에 의한 打設 등을 비롯하여 大型工事에서는 프리캐스트 콘크리트가 사용되고 있다. 그런데 이들 水中 콘크리트에 있어서는 꼼꼼히 施工하더라도 콘크리트의 分離, 표면부 콘크리트로부터 시멘트分の 水中擴散, 다짐이 되지 않기 때문에 다짐 不足등으로 인하여 強度의 변동이 크다. 따라서 安全率을 상당히 크게 잡을 필요가 있었다.

그러나 最近에 이르러 이상과 같은 점을 補完해 줄 수 있는 水中 콘크리트用 混和劑가 開發되어 계속해서 施工實績이 증가되어 가고 있는 추세에 있다. 이와같은 水中分離 防止用 混和劑를 사용한 콘크리트는 1977年 西獨에서 최초로 開發되어 水路工事의 底版 콘크리트등에 施工된 것이 그 효시이다.

水中分離 防止用 混和劑의 主成分으로서는 셀룰로스 에틸系와 아크릴系등의 水溶性 高分子을 들 수 있는데 水中 콘크리트를 製造할 때는 消泡劑, 凝結調節劑, 流動化劑등을 組合시켜 사용하는 것이 보통이다. 水中 콘크리트 施工時 이들 混和劑를 사용하면 粘性이 높아지고 물에 접하더라도 分離하는 일없이 콘크리트를 水中에 落下시킬 수가 있다. 그래서 콘크리트가 打

보통 콘크리트 (C=360kg/m³, W/C=0.55)

19.8	11.4	31.2	37.6	비버진 배합
물	시멘트	잔골재	굵은골재	
23.8		25.9	48.3	수중낙하 후의 배합

2.0

수중분리콘크리트 (수중분리 방지제 2.7kg/m³
C=489kg/m³, W/C=0.55)

26.9	15.5	20.0	37.6	비버진 배합
물	시멘트	잔골재	굵은골재	
28.2	14.3	18.8	38.7	수중낙하 후의 배합

주) 용적(%)을 표시. 60cm 수중자유낙하

그림 13. 수중콘크리트의 씻기분석에 의한 재료구성의 변화

設個所에 까지 도달하면 이번에는 降伏値가 적기 때문에 自重에 의해 크게 橫방향으로 移動하여 거푸집 구석구석까지 충전된다.

그림 13은 水中 콘크리트用 混和劑를 사용한 콘크리트를 水中에 打設했을 때의 굳지 않은 콘크리트의 分離特性을 보인 것이다. 이 그림으로부터 水中 콘크리트用 混和劑를 사용할 경우 콘크리트는 거의 分離하지 않고 있다는 사실을 분명하게 알 수 있다.

그림 14는 水中 콘크리트用 混和劑의 添加量과 水中 및 氣中에서 製作된 供試體의 各 材齡에 있어서의 強度를 보인 것이다. 氣中 製作의 경우는 添加量의 영향을 받지 않지만 水中을 50cm 落下시켜 水中에서 打設 製作된 경우에는 添加量이 많아질수록 強度가 커지고 있으며, 특히 1m³당 4kg의 混和劑를 사용하면 水中, 氣中の 차이는 없다는 것을 알 수 있다.

3-4 收縮 低減劑

시멘트 콘크리트에 있어서 乾燥收縮 및 이것에 기인하는 龜裂 發生을 방지하는 것은 永遠한 課題로 되어 왔다. 그런데 최근에 들어와서 새로이 有機 界面活性劑를 主成分으로 하는 收縮 低減劑가 개발되고 있다. 이것은 無機系의 收縮 低減劑와 같이 팽창성 반응을 일으키는 일

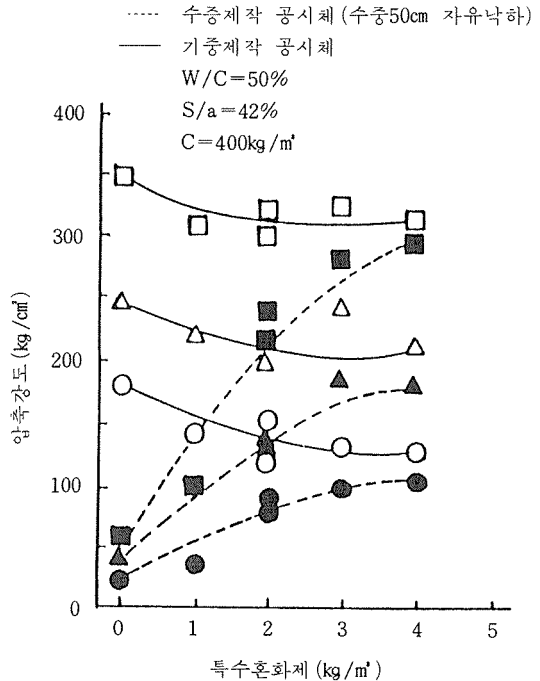


그림 14. 특수혼화제의 첨가량과 압축강도의 관계

없이 물의 表面張力을 低下시킴으로써 乾燥時에 공극에 발생하는 毛細管 張力을 緩和하여 시멘트 콘크리트의 乾燥收縮을 低減시키는 것이다.

이들 有機系 收縮 低減劑는 非이온 界面 活性劑의 일종으로 低級 알콜 알키렌 옥시드 付加物을 主成分으로 하는 混和劑로서 물에 溶解되어 그 表面張力을 低下시키는 作用을 하므로써 시멘트에 吸着하는 일 없이 蒸發하기 어려운 性質을 갖고 있다.

그 効果는 그림 15에 보인 바와 같이 收縮 低減劑만을 사용한 경우에도 乾燥收縮을 약 40% 低減시키며, 팽창제를 併用한 경우에는 그 效果는 더욱 현저하다.

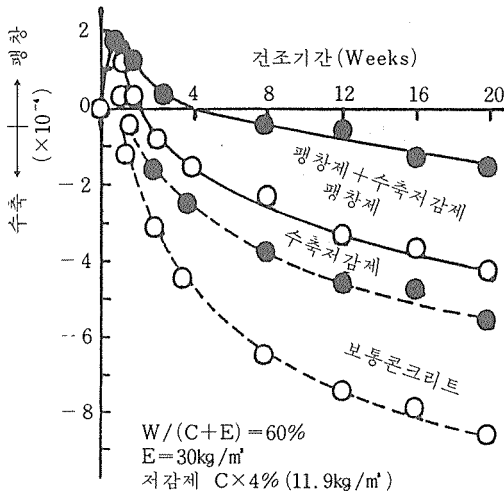


그림 15. 팽창제와 수축저감제를 병용한 콘크리트의 길이변화

또한 通常의 龜裂發生 試驗에서는 이를 添加한 경우 乾燥收縮에 기인하는 龜裂이 없다는 사실이 확인되었으며, 특히 이들의 콘크리트의 表面에 塗布하는 것만으로도 效果가 있다는 사실이 알려지고 있다.

3-5 水和熱 抑制劑

최근에 들어 建設工事が 大型化되어 가고 있으며, 橋臺, 橋脚등의 鐵筋콘크리트 構造物에 있어서도 暖 建設과 같이 시멘트의 水和熱에 기인하는 溫度應力 및 이에 의한 龜裂의 發生을 設計施工에 고려해야만 하는 경우가 점점 증가

되고 있다.

鐵筋콘크리트 構造物에서는 鐵筋의 存在로 無筋콘크리트의 暖과 같이 굵은骨材의 최대치수를 크게 할 수 없으며, 設計基準強度가 크기 때문에 單位시멘트량이 증가되어 시멘트의 水和熱에 의한 콘크리트의 溫度上昇이 40°C~50°C에 달하는 경우도 드문일은 아니다.

水和熱 抑制劑는 Glucose의 포리마를 主成分으로 하는 粉末로 되어 있다. 따라서 粉末의 添加에 의해 처음에 一部가 급격히 溶解하여 初期水和를 抑制하며, 그 후 나머지가 천천히 溶解되면서 水和反應을 抑制한다고 생각되고 있다.

그림 16은 이들의 效果를 遲延劑와 비교하여 水和에 의한 溫度上昇量 ΔT 로 나타내고 있다. 이 그림으로부터 遲延劑는 溫度上昇期가 지연되고 있을 뿐인데 비해 水和熱 抑制劑의 경우는 ΔT 의 절대치가 작아지고 있음을 알 수 있다.

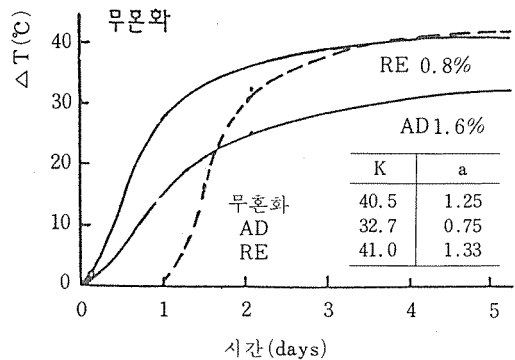


그림 16. 콘크리트의 온도상승

3-6 防凍·防寒劑

冬期에 打設한 콘크리트의 初期 凍害를 防止하고, 氷點以下の 環境下에서 強度를 發現시키기 위해 사용되는 것이 防凍·防寒劑이다. 이 중에는 多量の 鹽化物을 함유하고 있기 때문에 鐵筋콘크리트 구조물에는 사용할 수 없는 것이 많다. 최근에는 鹽化物을 전혀 함유하지 않은 매라민系 高性能 減水劑와 硝酸·豆硝酸 混合鹽을 主成分하여 콘크리트의 모든 性質에 나쁜

영향을 주지않는 것도 개발되고 있다.

이것은 高性能 減水劑의 分散効果와 無機鹽의 複合効果에 의해 콘크리트의 凍結點을 낮추어 低溫下에 있어서의 시멘트 水和를 돕기 때문에 打設 수시간 후에 -10°C 의 환경에 그대로 放置하더라도 凍害를 받는 일 없이 強度發現이 계속되어 재령 28日에서 $100\text{kg}/\text{cm}^2$ 정도 이상의 압축강도를 얻을 수 있으며, 그후 다시 표준양생을 실시하면 급기야는 표준양생 재령 28일의 壓縮強度가 얻어진다.

그림 17은 打設 수시간 후에 -5°C , -10°C 의 환경에 방치한 뒤 재령 28日까지 그 온도를 유지시키고 나서 28日~56日까지는 5°C , 그 이후는 20°C 의 표준양생을 실시한 콘크리트의 強度 發現 性狀을 보인 것이다. 그런데 최종 강도에 있어서는 표준양생의 경우와 同一의 壓縮強

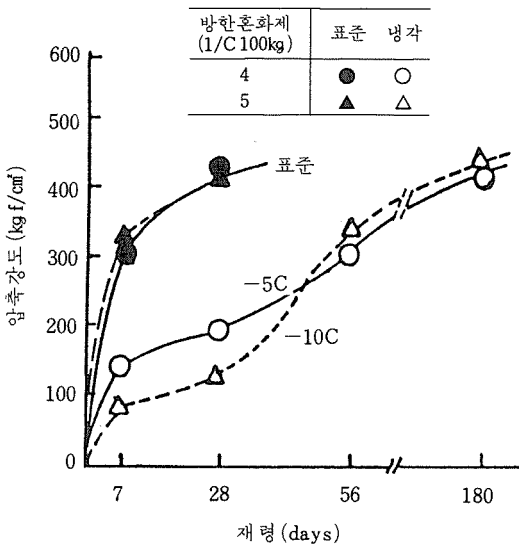


그림 17. 재령과 압축강도의 관계

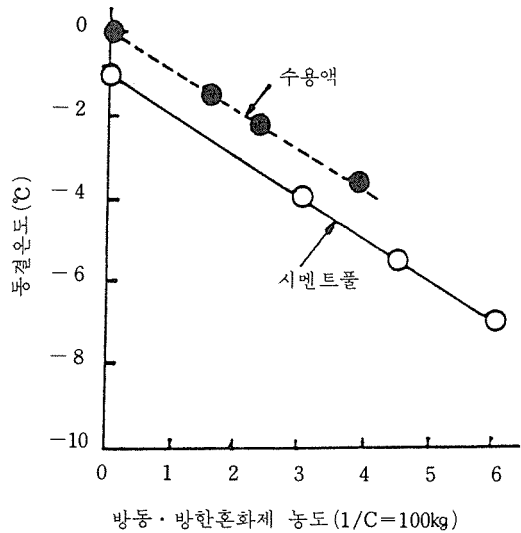


그림 18. 혼합수중의 내한 혼화제 농도와 동결온도의 관계

도가 얻어지고 있음을 알 수 있다. 또한 이것은 그림 18에 보이고 있는 시멘트의 結晶水의 凍結溫度測定 結果로부터도 명확하듯이 水和가 低溫時에도 계속되고 있음을 알 수 있다.

4. 맺은말

品質이 좋은 콘크리트를 제조하고 싶어하는 것은 建設技術者들 모두의 바램일 것이다. 그러나 최근에 들어와서 콘크리트 構造物은 무엇인가의 問題點이 原因으로 되어 급격히 그들의 耐久性이 저하되어 가고 있는 것이 全世界的인 現象이다.

人間의 경우 身體에 이상이 생기면 그에 適當한 治療劑가 必要하듯이 콘크리트의 경우에도

방한혼화제 사용량	표준양생	냉각		
		0 - 28일	28 - 56일	56 - 180일
41/C=100kg	20°C	-5°C	5°C	20°C
51/C=100kg	20°C	-10°C	5°C	20°C

그에 相當하는 治療劑라고 할 수 있는 混和材料가 要求된다. 따라서 이와 같은 混和材料의 使用은 최근에 급격히 全 世界的으로 널리 擴散되어가고 있으며, 混和材料를 添加하지 않은 콘크리트는 存在하지 않을 정도로 그 使用이 빈번해져 가고 있는 實情이다. 즉 콘크리트는 4의 構成材料 時代를 벗어나 5의 構成材料 時代를 맞이하고 있는 것이다.

그러나 이와같은 世界的인 추세에도 불구하고 韓國의 경우 混和材料에 대한 독자적인 開發이 미진한 상태에 있어 그 대부분을 輸入에 依存하고 있다. 더욱이 이들 混和材料의 使用에

對備하여 많은 建設技術者들은 그에 대한 充分한 知識을 갖고 있지 못하여 使用시에는 그들에 대한 正確한 性能 試驗을 實施하지 않은 채로 maker의 使用說明書에 따르고 있는 것이 現實이다.

따라서 우리들은 品質이 좋은 콘크리트 構造物을 築造하기 위해서는 工事의 種類나 立地條件등에 따른 適當한 混和材料의 開發과 아울러 이들에 대한 研究가 先決되어야 된다고 생각한다.

本人의 小考가 이와같은 現實에 자그마한 추진제가 되었으면 하는 마음 간절하다. *

參考 文獻

- 1) 金銀謙, "Fly Ash를 混合한 콘크리트의 中性化에 關한 研究", 東京工業大學碩士論文 1986年 3月.
- 2) 日本土木學會, "콘크리트 標準示方書 改訂資料", 콘크리트 라이브러리, 第61號, 1986年 10月.
- 3) 森茂二郎, "實用콘크리트技術上" 建築技術, 1974.
- 4) 富士테크노시스템, "石炭灰處理시스템과 有効利用技術.
- 5) International Symposium, "The Use of PFA in Concrete 14-16 April 1982, Volume 1. Dept. Civil Engineerig Leeds Univ.
- 6) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1985年 5月.
- 7) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1986年 2月.
- 8) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1986年 4月.
- 9) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1986年 5月.
- 10) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1986年 8月.
- 11) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1986年 9月.
- 12) 日本콘크리트工學協會刊, "콘크리트工學", 1986年 11月.
- 13) 日本시멘트協會刊, "시멘트 콘크리트", 1986年 11月.