

콘크리트에 관한 혼화제의 역할

本 論文은 84년 11월 8일 韓國레미콘工業協會가 主催한 「레미콘 品質向上을 爲한 技術세미나」에서 日本 후지사와藥品(株) 筑波콘크리트 研究所長인 伊藤眞純 博士가 主題發表한 內容을 발췌했다. <編輯者 註>

〈目 次〉

머릿말

I. 콘크리트의 長點과 缺點

1. 콘크리트의 Consistency, Workability
2. 材料分離
3. 坼, 인장강도
4. 收縮에 의한 균열
5. 耐久性

II. 混和劑의 効果와 作用

1. AE劑의 効果와 作用

2. 減水劑의 効果와 作用

3. 凝結遲延劑의 効果와 作用

4. 硬化促進劑의 効果와 作用

III. 좋은 콘크리트를 만들려면

1. 좋은 콘크리트의 原則

2. 季節과 混和劑의 種類

3. 寒中콘크리트와 暑中콘크리트

4. AE劑 및 AE減水劑를 사용할 경우의 配合設計

5. 適正한 製造管理

맺는 말

머릿말

시멘트는 물과 섞으면 反應해 發熱하며, 固化하는 性質이 있다. 콘크리트는 시멘트의 性質을 利用해서 骨材를 結合시키는 構造材料로, 굳지않은 동안은 適當한 流動性이 있어 거푸집에 흘려 넣으면 자유로운 形狀으로 造型할 수가 있다. 固化한 後는 高强度를 나타내며, 耐久性, 耐水性, 水密性이 素材이다. 오늘날은 그 長點을 보다 一層發揮시켜 缺點補完을 爲한 第4의 成分으로서 混和劑를 添加하는 것이 常識化 되어 있고, 좋은 콘크리트를 만드는 데는 混和劑가 없어서는 안되게 되어있다. 이미 혼합한 콘

크리트는 製造後의 保存이 不可能하여, 事前的 品質保障이 어려운 宿命을 안고있다. 따라서 品質의 變動이 없이, 要求되어진 性能을 滿足할 수 있는 콘크리트를 供給하기 위해서는 使用하는 材料의 選定으로부터 配合設計, 品質試驗에 주의를 기울이는 것은 勿論, 建設現場에서 的 施工實態도 잘 알아둘 必要가 있다.

本稿에서는 콘크리트의 長點과 缺點, 混和劑를 사용하면 콘크리트의 特性을 어떻게 改善할 수 있는가? 어떠한 試驗方法으로 그 效果를 判定할 수 있는가? 및 좋은 콘크리트를 만들기 爲해서 留意해야 할 점에 대해 서술한다.

I. 콘크리트의 長點과 缺點

콘크리트는 아시는 바와같이 시멘트, 모래, 자갈을 물로 혼합하여 만드는 複合材料로서, 그 配合比率는 特殊한 경우를 제외하고는 시멘트 250~350kg, 모래 700~900kg, 자갈 900~1200물 160~220kg의 範圍이다.

各性分의 役割은 다음과 같다.

骨材: 充填材로서, 氣象作用, 마모作用에 대해 抵抗性을 주고, 乾燥, 發熱에 의한 體積變化를 적게한다. 모래는 자갈의 간극을 充填한다.

시멘트와 물: 시멘트 풀로서 骨材粒子的 表面을 덮고, 空隙을 充填해서 骨材를 結合시킨다. 굳지않은 동안은 콘크리트에 workability를 부여한다. 물은 시멘트의 水和反應에 必要한 量以上 使用되어, Constency와 Workability를

改善한다. 시멘트의 水和가 進行하면 시멘트 풀은 硬化해, 骨材를 結合시켜 콘크리트에 強度를 부여한다. (그림 1.1)

1) 골재와 Cement입자에서의 수중분산

2) Cement풀의 골재 표면상에 부착

3) Cement의 수화반응개시

4) Cement gel의 생성과 증대(응결, 경화)

시멘트의 水和는 粒子的 表面에서부터 進行하기 때문에 時間과 같이 緩慢히되고, 完了하는 데는 긴시간을 要한다. 포틀랜드 시멘트의 경우 28일에서, 水和는 1/2程度 進行한다고 한다. 強度는 水和의 程度와 相關關係에 있고, 時間에 따라 增大의 傾向을 나타낸다.

콘크리트는 造型을 自由, 高強度, 耐久性이 크고, 經濟的이라는 長點을 갖고 있지만, 反面 휩 強度나 인장 強度가 작고, 균열이 발생하기 쉬

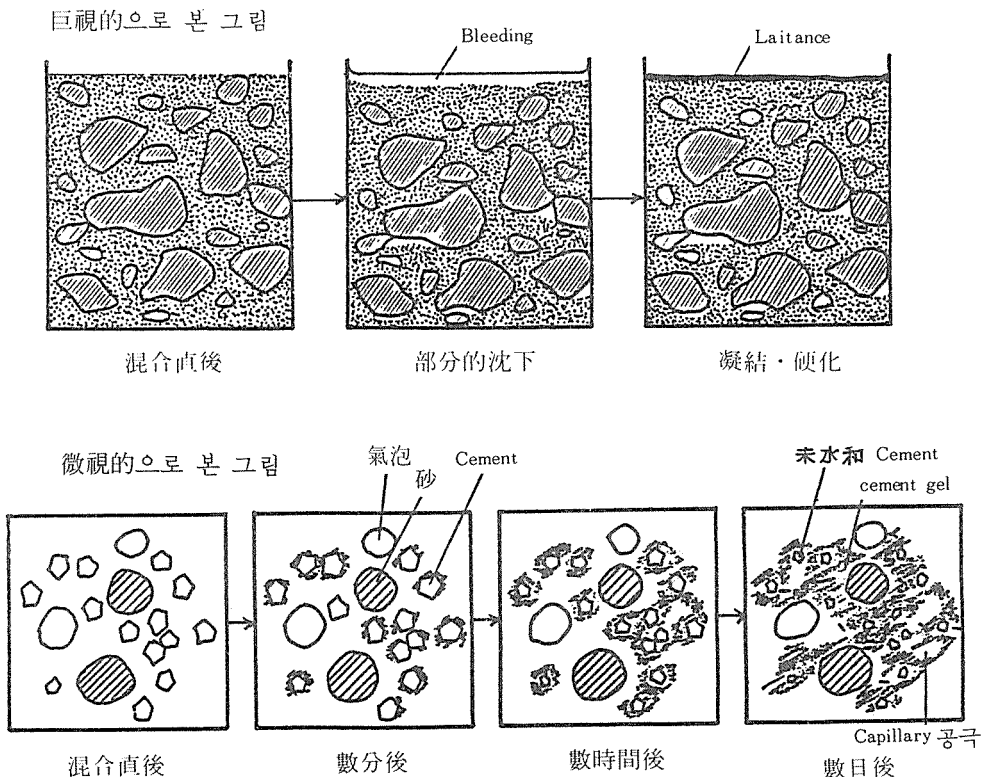


그림 1.1 Concrete의 凝結·硬化

은 등의缺點도 갖고있다. 長點이라고 해도 各種要因의 영향을 받아 充分한 性能을 發揮하지 못하는 경우도 있고, 缺點도 연구에 의해 어느 정도는 輕減할 수가 있다. 이 章에서는 長點에 영향을 끼치는 因子와 缺點을 보완하는 수단에 對하여 서술, 콘크리트의 特質을 概說한다.

1. 콘크리트의 Consistency, Workability 및 強度

여러가지 要因에 依해 영향을 받는다. 以下 各各의 要因에 대해 설명한다.

① 使用材料

良質의 것을 사용하는 것은 당연하지만, 시멘트는 風化되지 않은 것, 물은 사람이 마실 정도로 純度가 必要하다. 塩類나 有機物含量이 높은 경우는 強度에 惡影響을 미친다. 骨材는 진흙, 티끌, 有機物, 鹽類를 함유하지 않고, 充分한 強度를 갖는, 粒度는 適當한 分布를 갖는 것이 좋다. 骨材가 充分한 強度를 갖고, 條件이 一定하다면 콘크리트 強度는 시멘트 풀 硬化體 強度 및 시멘트와 骨材의 附着 良否에 支配된다.

單位水量, 單位시멘트량을 일정하게 하고 잔골재율을 바꿀 경우, Consistency가 좋게되는 範圍가 存在하며, 굵은 골재가 자갈의 경우 35~45%, 碎石의 경우 45~55%이다. 잔골재율이 크면 單位水量이 증가하기 때문에, workability가 나빠지지 않을 정도로 작게하는 것이 좋다. 碎石 및 碎砂는 角이 져있기 때문에 workability를 강자갈 강모래를 사용하는 경우보다도 나빠져 單位水量을 증가시키지 않으면 같은 workability를 얻을 수 없다. 또 모래의 微粒分이 증가하면 Consistency는 나빠진다. (그림 1.2)

굵은 골재의 最大치수를 크게하면 Consistency는 좋게되며 強度도 올라 가지만, bleeding이 많아진다. 모래의 粗立率이 크게되면 Workability가 低下하며 공기연행도 어렵게 된다.

② 單位水量

같은 骨材를 같은 條件下에서 쓰는 경우, 콘크리트의 單位水量이 같으면 Consistency는 대체로 一定한다. (그림 1.2)

單位水量을 늘리면 Consistency는 커져 예를

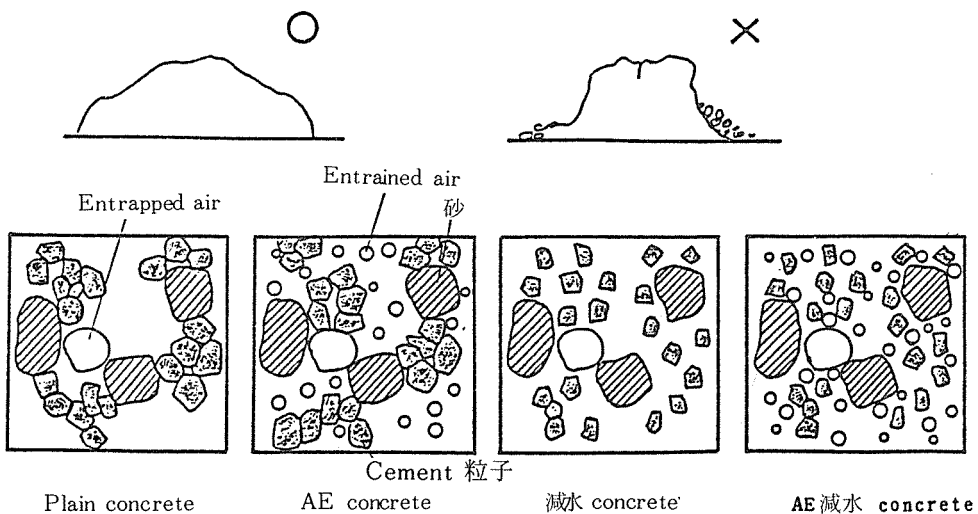


그림 1.2 Consistency와 Workability

들면 單位水量이 3% 증가하면, Slump는 2.5cm 커진다. 그러나 單位水量의 增加는 強度의 依下를 가져오기 때문에 單位 시멘트량을 늘일 必要가 생긴다.

- 一定水量一定slump
- W/C가 동일하면 강도도 같다.
- consistency가 양호한 모래와 자갈의 비율이 존재한다.

③ 水/시멘트比

물/시멘트比는 通常 40~70%의 範圍에 들며 이 比가 크면 強度는 低下한다.

$$\sigma = \frac{A}{B^{W/C}} \text{ or } \sigma = A + B \times \frac{C}{W} \quad (A, B \text{는 상수})$$

물/시멘트比를 낮추어 強度를 올릴 경우, Consistency는 低下한다. (그림 1.4)

④ 空隙量

콘크리트중의 시멘트풀 硬化體中에는 空隙이 存材하며, gel空隙, capillary 空隙, 空氣泡로 分類된다. 이 중 gel空隙은 거의 強度에 影響을 주지 않지만 Capillary空隙은 그 生成率이 물/시멘트比에 依存해 있어, 물/시멘트比가 높을 경우는 높은 비율로 生成되어 強度에 影響을 준다.

콘크리트에는 원래 1~2%의 比較的粒經이 큰 氣泡가 함유 되어 있다. 그러나 이 程度의 空隙量으로는 불만한 性能의 改善을 인정할 수 없다. 콘크리트中의 空隙量에 影響을 주는 것으

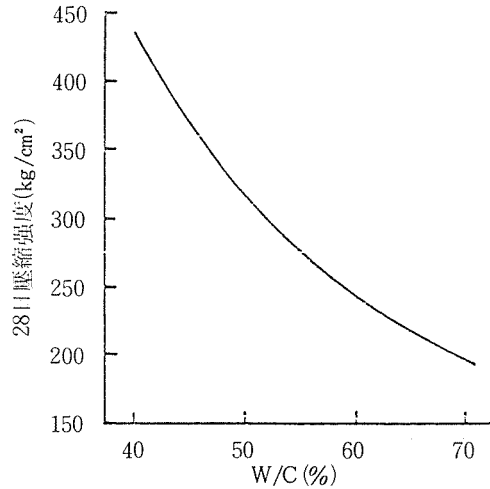


그림 1.4. W/C와 28日強度의 關係

로서는 잔골재율이 있어, 6% 높이면 空氣量은 1%增加한다.

⑤ 溫度

시멘트의 水和는 化學反應이기 때문에, 溫度 依存性이 높다. 氣溫이 내려가는 겨울철에는 混 澀 및 養生溫度가 떨어져, 콘크리트의 凝結은 遲逆되고 初期強度가 低下해 作業이 잘 進行되 지 않는다. 반대로 여름철은 氣溫이 上昇해, 25℃ 以上이 되면 硬化速度가 지나치게 빨라 施工 上 困難을 낳고, 初期強度의 伸張은 커지만, 長期強度의 發現은 鈍化되는 傾向을 나타낸다.

(그림 1.6)

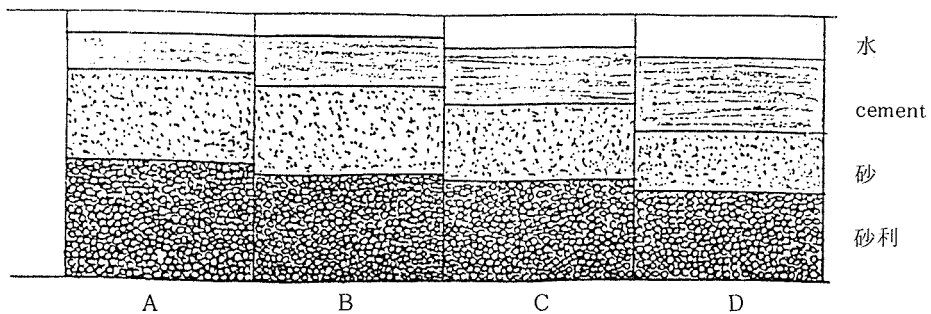


그림 1.3 各成分의 關係

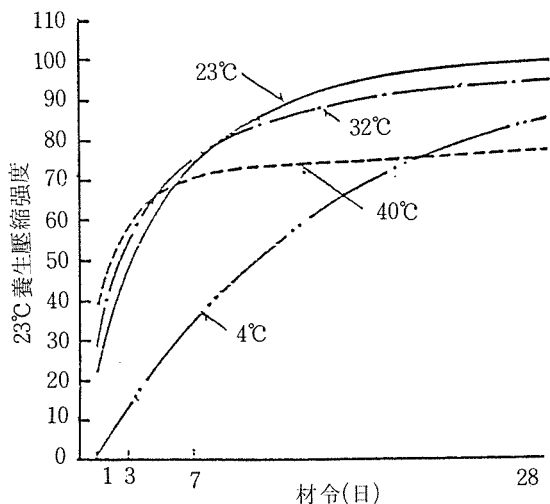


그림 1.6 양생온도의 압축강도에 미치는 영향

混合溫度가 높을수록 Consistency는 低下해 같은 Slump를 얻는데 必要한 單位水量은 증가한다. 溫度가 5°C오르면 Slump는 約 2cm 低下한다.

⑥ 혼 합

單位操作으로서의 혼합도 Consistency 나 workability에 영향을 주고, 혼합(通常 1分間)이 不充分하면 consistency는 低下한다. 또 骨材 表面의 시멘트풀의 接着이 不充分해져 強度도 低下한다.

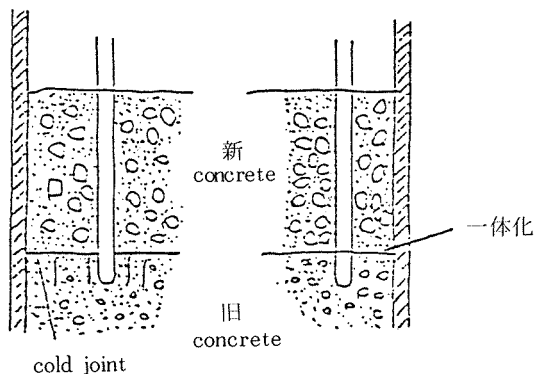


그림 1.7 다 짐

⑦ 打 設

충분한 다짐을 게을리하면 均質한 콘크리트는 되지 않고, 強度는 低下한다. 단, 이어서 타설하는 경우에는 振動限界(proctor貫入抵抗値 20 psi)를 넘지 않도록 한다. 內質化가 目的이니까 過度의 다짐은 逆效果가 된다. (그림 1.7)

⑧ 濕 度

시멘트의 水和에는 充分한 물이 必要하며, 濕度가 낮으면 水和速度가 지연되며, 強度低下를 가져온다. (그림 1.8)

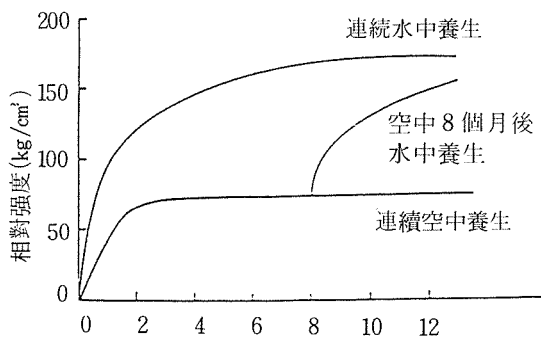
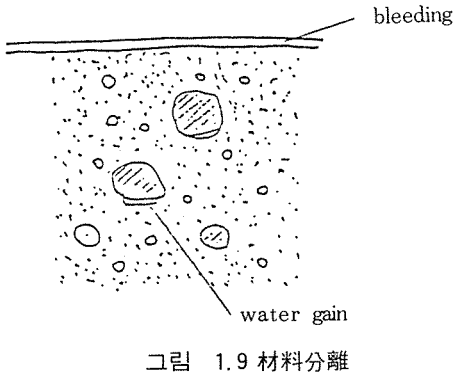


그림 1.8 養生時的 濕度와 強度發現의 關係

2. 材料分離

콘크리트는 比重이나 粒經이 매우 다른 材料를 함께 사용하기 때문에, 施工中에 分離를 일으키지 쉽고, 材料의 不均化는 強度나 耐久性 水密性의 低下에 關係된다. 혼합된 콘크리트를 運搬中에 適當히 하지 않으면 beleding이 커지게 되고, 어쩔든 惡影響을 가져온다. 材料分離의 防止策으로는 單位水量을 작게 하고, 잔골재율을 크게 하는 일, Slump를 5~10cm로 하는 것 등이 있다.

Bleeding을 줄이는데는 잔골재中の 微分粒을 늘이는 외에, 單位水量을 줄이는 것이 좋다. (그림 1.9)



3. 휨, 인장강도

콘크리트 最大의 弱點이지만, 鐵筋의 併用에 의해서 보완할 수 있다. Bleeding에 의해 材料分離를 일으킬 때는 굵은 골재와 鐵筋의 下面에 Water gain이라고 불리는 水隙가 생겨 骨材와 鐵筋과 시멘트풀의 附着強度를 低下시키기 때문에 引張強度가 惡影響을 받는다. 單位水量을 작게하면 water gain을 輕減하며 強度低下를 막을 수 있다.

4. 收縮에 의한 균열

콘크리트의 缺點의 하나는 均열이 생기기 쉬운 것으로서 다음 4種을 들 수가 있다. (그림 1.10)

① 沈下에 의한 균열

콘크리트의 沈下가 鐵筋과 굵은 골재 등에 의해 局部的으로 방해 받을 때에 일어나기 쉽다. 타설높이에 따라 打設作業을 分割하는 것이 좋다.

② 初期의 均열

表面으로부터 급격한 水分의 증발에 의해 일어난다. 바람과 햇빛의 直 를 받지 않도록 한다.

③ 乾燥收縮에 의한 均열

시멘트 固化體의 收縮에 起因한다. Capill-

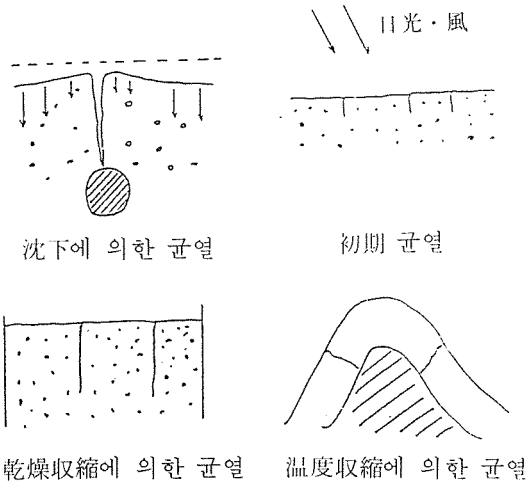


그림 1.10 收縮에 의한 均열

ary空隙中の 물의 증발에 의해 水面이 降下해 그 表面張力에 의해 일어난다고 한다. 單位水量을 줄여서 Capillarp空隙을 작게하는 것도 解決策의 하나이다.

④ 溫度收縮에 의한 均열

水和發熱량과 放熱量的 unbalance에 의해 일어나며, 特히 mass concrete에서 문제가 된다. 表面에서는 放熱에 의해 收縮을 일으키고, 内部 상승에 따르는 溫度 상승에 따르는 膨脹을 일으켜 應力을 發生한다. 水和發熱량이 작은시멘트를 사용하는 것이 좋지만, 單位시멘트량을 10 kg/m³ 줄이면 發熱溫度 1℃ 低下한다고 한다. Slump를 작게 設定한다. 굵은 골재 最大치수를 크게한다. 잔골재율을 작게한다. 혼합후 溫度를 낮게 한다. 減水劑를 使用한다. 等の方法으로 單位水量을 줄이는 것에 의해 實施할 수 있다. 遲延劑를 使用해 發熱速度를 柳制하는 것도 對策의 하나이다.

5. 耐久性

① 氣象作用

溫度變化, 乾濕變化, 凍結融解의 모두 콘크리트의 耐久性에 영향을 준다. 特히 凍結融解는

充分한 對策을 세우지 않으면 建造物의 破壞와 연결된다. 單位水量을 줄이고 空氣를 4%程度 導入하므로써 현저히 改善할 수 있기 때문에 減水劑 및 AE劑의 使用은 不可缺한 것이다.

② 化學作用

浸透水에 의한 Clacium hydroxide의 溶出, 配性水分의 浸透에 의한 시멘트分의 分解溶出, 鹽類에 의한 시멘트分의 體積劑腸等이 있다. 여하간 어떤 경우에도 緻密한 콘크리트를 만들면 輕減할 수 있다.

II. 混和劑의 效果와 作用機構

1. AE劑의 效果와 作用機構

AE劑는 그 界面活性作用에 의해 주로 직경 $300\mu\text{m}$ 以下の 微小한 空氣泡을 콘크리트중에 多數 運行할 수가 있는 混和劑이다. 이러한 微小空氣泡은 다음 理由에 의해 콘크리트의 品質 改善에 역할하고 있다.

(1) 微小空氣泡의 ball bearing의 作用에 의해, 콘크리트의 워커빌리티를 改善하고, 減水를 可能하게 한다.

(2) 微小空氣泡의 乳揚作用에 의해 시멘트 粒子和 粒子和 細砂의 沈降을 막고, 블리딩을 적게 한다.

(3) 콘크리트중의 剩餘水가 굳을 때에, 부근에 있는 微小空氣泡가 물의 凍結 腸壓을 吸收해 콘크리트의 凍結融解耐久性을 현저히 改善한다.

다음 各各의 效果에 대해 詳述한다.

① 減水效果

콘크리트 中에는 AE劑를 使用하지 않은 경우에도 1~2%의 空氣泡가 存材한다. 이처럼 空氣泡은 큰 것이 많고, entrapped air라고 불려지며, 氣泡이 크기 때문에 수는 적다.

한편, AE劑에 의해 運行되어진 微細空氣泡은 entrined air라고 불려지고 있다. entrained

air는 凍結融解耐久性을 改善하기 때문에, 시멘트 分量의 약11% 運行되어지는 것이 보통이지만, 이 量은 콘크리트에 대한 量으로 換算하면 약3%에 相當한다. 가령, entrained air의 氣泡徑을 $250\mu\text{m}$ 으로하면, 콘크리트 1 ℓ 중에 400만개의 氣泡가 存在하게 되어 이들 微小空氣泡의 ball bearing 적 作用에 의해 콘크리트의 流動性은 현저히 개선되어진다.

運行空氣量과 減水性의 關係를 그림 3-1에 나타내었다. 使用하는 材料에 의해 多小效果는 다르지만, 空氣를 1% 運行하는 것에 의해 通常 中 2%의 減水가 可能하다. AE劑를 使用해서 上記한 것처럼 3%의 空氣를 運行시킨 경우에는, 약6%의 減水效果를 얻을 수 있게된다.

(그림 3.1, 3.2)

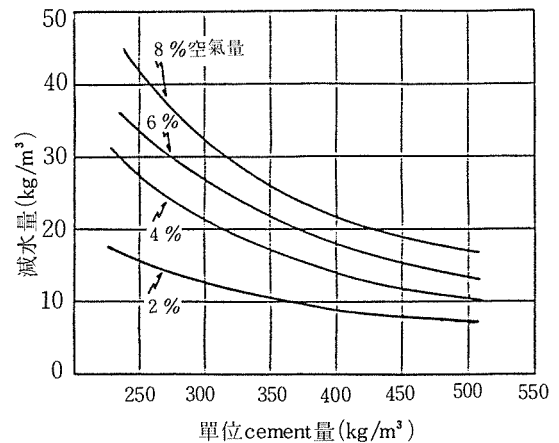


그림 3.1 空氣量과 減水性의 關係

콘크리트의 強度는 그림 3.2에 나타나듯이 W/C비와 대체로 逆比例의 關係이기 때문에, 減水에 의해 W/C비가 減少하면 強度가 增大하는 것이다. 한편, 콘크리트中에 運行되어진 空氣泡은 應力集中點이 되어, 그림 3.3에 나타난 것처럼 運行空氣量이 많아지면 強度가 低下한다.

AE콘크리트에서는 減水에 의한 強度增大와 運行空氣에 의한 強度低下가 대체로 같기 때문

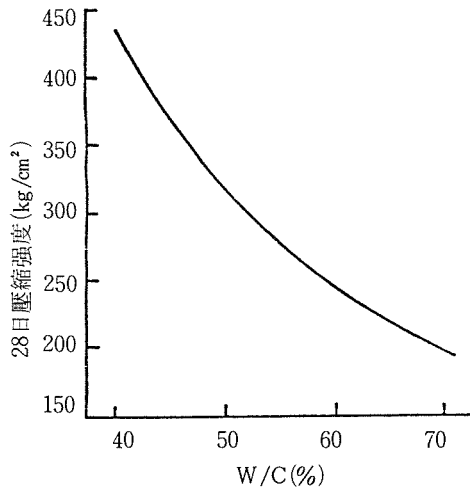


그림 3.2 壓縮強도와 W/C의 關係

에 同一 Slump, 同一單位 시멘트량의 보통 콘크리트와 同等의 強度를 나타나게 되어 減水에 의한 強度面에서의 效果는 얻을 수 없다.

역시, 單位水量的 減少는 그림 3.4에 나타나듯이 乾燥收縮을 작게 하기 때문에, 콘크리트의 결함인 收縮 균열을 줄일 수 있고, AE劑를 사용하므로써 콘크리트의 重要한 性質을 改善할 수 있는 것이다. (그림 3.3, 3.4)

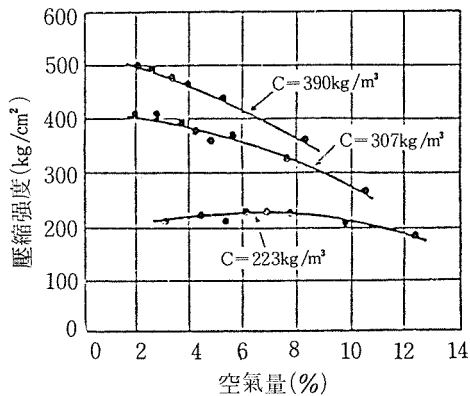


그림 3.3 空氣量과 壓縮強度(材令28日)의 關係 (Slump: 5 - 7, 5 cm, Gmax: 40mm)

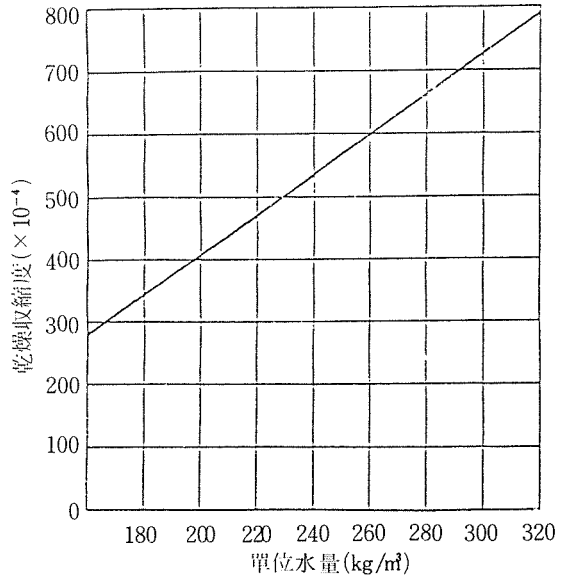


그림 3.4 單位水량과 乾燥收縮의 關係

② 블리딩低減效果

혼수된 直後의 굳지않은 콘크리트중에는, 시멘트粒子和 骨子和 骨材는 比重이 크기 때문에 밑으로 沈降하므로, 소위 bleeding을 일으킨다.

블리딩에 의해, 콘크리트内部의 均一性이 깨어져, 특히 骨材와 鐵筋의 下部에 블리딩을 일으키면 附着強度가 低下해, 鐵筋의 경우에는 發鏽의 위험성도 따른다.

한편 AE劑를 사용하므로써 콘크리트에 運行어진 多數의 微水空氣泡은 시멘트 풀 중에 均一하게 浮遊해, 무척 느리지만 상부로 移動하게 된다. 沈降한 시멘트粒子和 微細한 砂粒은 이러한 空氣泡쪽에서 차단 당해서, 沈降速度가 늦어지며, 그 結果 블리딩이 작아진다.

AE劑에 의해 適當량의 공기를 運行시킨 경우의 블리딩은 그림 3.6에 나타나듯이 보통 콘크리트의 약 50~70%가 된다.

③ 凍結融解耐久性的의 改善效果

시멘트의 水和에 必要한 물은 시멘트량의 약 25%이지만 이 물로 콘크리트를 製造하는 것은

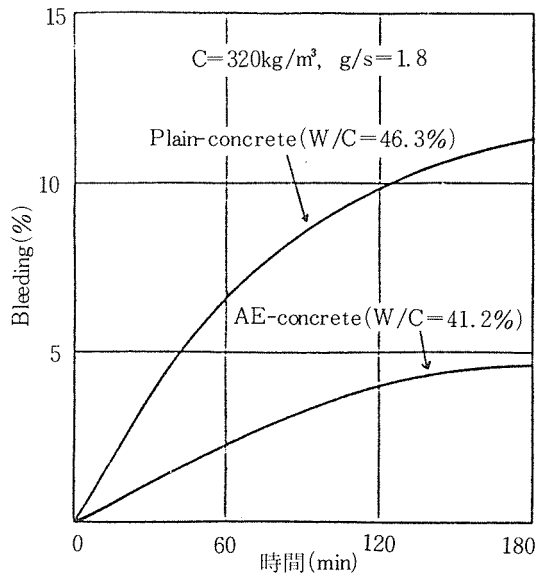


그림 3.6 AE-Concrete의 Bleeding

困難하며, 打設作業에 要求되어진 워커빌리티를 確保하기 위한 通常시멘트량의 45~65%의 물이 사용된다.

워커빌리티를 確保하기 위한 필요한 餘剩水는 硬化後의 콘크리트 中에는 gel水和 Capillary水로서 存在하게 된다.

Gel水는 시멘트 水和物間의 몹시 좁은 空隙 中에 存材하는 물로, 結合력이 강하기 때문에 극도의 低溫이 아니면 굳지 않는다. 역시, Capillary水는 콘크리트 硬化體中의 비교적 큰 空隙(Capillary 空隙) 中에 存在하는 물로, -1°C 정도에서 굳기 시작 溫度가 내려감에 따라 큰 Capillary에서 작은 Capillary에로 凍結範圍가 넓어져 간다.

Capillary水가 凍結한 時 약10%의 體積膨脹을 일으키기 때문에, 콘크리트 硬化體는 膨脹에 미세한 균열이 생긴다. 融解하면 이 미세한 균열은 물로 채워져, 凍結融解의 반복에 의해 균열이 확대해 마지막으로 콘크리트가 崩壞하는 事態가 된다.

急速凍結融解試驗法에 의해 凍結融解를 반복한 후의, 空氣를 運行시키지 않은 콘크리트의

절단면사진으로, 콘크리트의 表面에서 균열이 확대되어져 있는 상황을 나타내고 있다. 그위에 凍結融解를 반복해 70Cycle정도되면, 사진 3에 나타난 것처럼 원형을 남기지 않을 때까지 파손해 버린다.

凍結融解에 의한 콘크리트 硬化體의 破壞를 막는 수단으로서 보통 entrained air를 運行시키는 方法을 취하고 있지만 이러한 entrained air에 의한 凍害防止機構를 模式化해 나타낸다.

原理的으로는 Capillary水의 凍結에 의한 體積膨脹을 주위에 있는 多數의 微小空氣泡에 吸收한다고 하는 것이다.

Entrained air가 같은 크기의 球로, 콘크리트 中에 均一하게 分散된다고 가정할 경우의 시멘트 풀中의 任意的 점과 물의 피난 장소인 空氣泡과의 최대거리를 氣泡間隔係數라고 하고 凍結融解耐久性의 하나의 지표로 되어있다. 耐久性이 좋은 콘크리트를 위해서는 氣泡間隔係數를 $250\mu\text{m}$ 以下로 해야 할 필요가 있다고 한다.

氣泡間隔係數와 凍結融解에 의한 길이 변화의 관계를 그림 3.9에 나타내지만, 기포간격 계수 $250\mu\text{m}$ 부근을 경계로 해 微細한 균열의 지표가 되는 길이 변화량이 급격히 증대하고 있다.

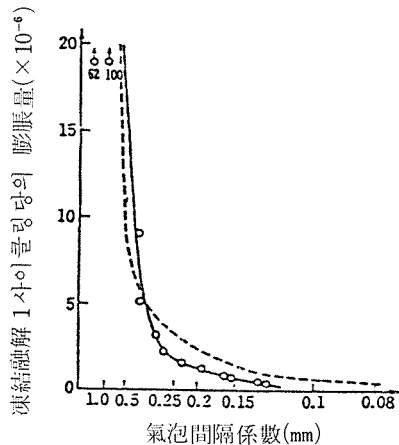


그림 3.9 氣泡間隔係數와 콘크리트의 길이 변화의 關係

기포간격계수의測定은 콘크리트中の 기포분포와 氣泡徑에 관한 知見을 주고, 凍結融解 耐久性을 推定하는 貴重한 方法이다. 역시 測定操作에 번잡할 뿐만아니라 시험오차도 꽤 크다고 하는 결점이 있기 때문에 entrained air의 效果를 조사하는 수단으로서 통상 앞에 서술한 것보다 직접적인 急速凍結融解試驗法이 採用되어지고 있다.

急速凍結融解試驗法은 10×10×40cm의 콘크리트 試驗體를 물속에 2~4시간을 1 Cycle로 해서 凍結融解를 반복, 약 30Cycle마다 미세한 균열에 의한 強度低下의 지표로 되는 相對動彈性係數를 測定해, 콘크리트의 劣化度를 判定하는 方法이다.

日本工業規格(J.I.S)에서는, 콘크리트의 混和劑를 使用한 경우의 凍結融解 耐久性의 判定基準으로서 200Cycle後의 相對動彈性係數를 80% 이상으로 規定하고 있다.

여기까지 서술한 것처럼 보통 콘크리트를 AE 콘크리트로 되는 것에 의해 블리딩과 乾燥收縮의 低減, 凍結融解 耐久性의 改善을 도모할 수가 있기 때문에 AE劑의 使用은 좋은 콘크리트를 만들기 위한 重要한 條件의 하나로 되어있다.

2. 減水劑의 效果와 作用機構

減水劑는 水中에서의 시멘트 分散性을 良好하게 하고, 콘크리트 혼합시의 單位水量을 줄이는 것을 可能하게 하는 混和劑이며, 減水率은 보통 4~8%이다. AE 減水劑는 運行空氣의 ball bearing적 作用에 의해 減水を 더해져서 10~15%의 減수가 可能하다.

(1) 同一 슬럼프, 同一 시멘트量의 콘크리트에는 W/C를 작게 할수가 있기 때문에, 높은 強度를 얻을 수 있는 동시에 乾燥收縮을 줄일 수 있다.

(2) 同一 슬럼프, 同一 W/C의 콘크리트에서는

시멘트量을 절약할 수 있기 때문에, 強度는 같 으면서 乾燥收縮을 줄일 수 있다.

(3) 同一 시멘트量, 同一 W/C의 경우에는 Slump를 增大시킬 수 있다.

이처럼 減水劑의 使用에 의해 콘크리트의 品質向上 및 시멘트의 節減을 達成할 수 있지만 減水作用은 시멘트의 分散作用에 의한다. 시멘트 粒子는 물에 懸濁되어 凝集해서 flock을 만드는 경향이 있다. 減水劑를 더하면 시멘트 粒子가 水中에 가늘게 分散 하도록 된다.

減水劑로서 使用하고 있는 化合物은 일반적으로 解離해 負의 電荷를 갖춘 Sulphonate基와 Carboxy基를 갖고 있고 水에 懸濁시킨 시멘트 粒子에 더하면 粒子表面에 吸着되어 시멘트 粒子에 負의 電荷를 付與하도록 된다.

負電荷를 갖춘 시멘트粒子 서로가 접근하면, 靜電反拔力이 일어나기 때문에 粒子는 물속에 가늘게 분산하지만, 이와 같은 系로는 粒子間凝集力이 작아 點性이 작아진다. 시멘트 粒子分散作用에 기인한 시멘트 풀의 點度低下가, 減水劑에 의한 콘크리트의 流動性的 증대와 그 結果로서의 減水作用의 機構라고 생각되어지고 있다.

이 分散力이 강해, 20~30%의 減水率을 나타내는 것을 高性能減水劑로 해서 이용하고 있다. 減水劑의 種類에 따라 減水性能에 차가 있는 것은 負電荷의 강함, 시멘트 粒子에의 吸着方式, 吸着後의 化學反應性에 차이가 있기 때문이라고 생각되어 진다.

3. 凝結遲延劑의 效果와 作用機構

콘크리트는 물을 가해서 섞은후 잠시 지나면 流動性을 잃고 굳기 시작한다. 이 狀態를 콘크리트의 凝結이라고 하며 콘크리트의 진동다짐 可能期間은 凝結의 程度와 큰 관계가 있다.

凝結의 程度는 콘크리트를 mm체로 쳐서 모르

터의貫入抵抗을測定하는 것에 의해 조사한다.

American Society for Testing Materials(ASTM)에는貫入抵抗이 500psi이 되는 시점을凝結時間의 시작(초결), 4000psi이 되는時點을凝結時間의終結이라고表現하고 있고, 초결은凝結開始의 기준이고, 振動機에 의해 다짐效果를期待할 수 있는限界, 즉 振動限界라고 생각되어진다.

한편 British Standard에서는良好한 다짐을 할 수 있는 것은貫入抵抗이 74psi에 到達할 때까지의期間으로서, 最近의 研究로는 콘크리트의 이음을良好하게 할 수 있는 기간은貫入抵抗이 20psi가 될 때까지의 기간이라고報告하고 있다. 따라서 實際施工에 있어서 振動限界로서는貫入抵抗이 20psi에 到達하는 시간을 생각하는 것이 무난하며, 이 時間은 ASTM의 초결보다 통상 약 2 시간 빠르게 된다.

凝結時間은 溫度 및 시멘트의 種類에 따라 큰 영향을 받지만, 보통 portland 시멘트를 사용한 경우, 20℃에 놓으면 plain concrete의 시발은 혼합 開始後 약 5 시간이기 때문에 振動限界는 약 3 時間後가 된다. 온도가 높을 경우에는 이 시간은 더욱 짧아지기 때문에, 기온이 높은 여름철과 大型構造物의 打設을 하는 경우에는, 이음부에 Cold joint를 생성시키는 좋지않은 현상이 생긴다. 이와 같은 경우에 凝結지연제를 사용하면 보통 콘크리트보다 초결이 1~2 시간 늦어지기 때문에 打設作業의 可能한 시간을 1~2 시간 연장할 수 있다.

일반적으로, 凝結지연제는 凝結의 開始時間을 늦추지만 強度의 發現에 惡影響을 주지는 않으며, 일반적으로 3일 強度는 보통 콘크리트와 같아진다. 이와같은 特性을 利用해 遲延形 混和劑는 暑中콘크리트와 Cold joint의 방지, mass Concrete의 發熱抑劑 등의 목적으로使用하고 있다.

凝結遲延劑의 作用機構에 대한 연구는 많지

않고, 아직 推論의 단계에 있지만, 遲延劑分子가 시멘트粒子의 表面에 吸着되므로써 시멘트와 물의 접촉을 차단하고, 일시적으로 시멘트의 水和를 늦추다던가 시멘트의 초기 수화에 의해 溶出되어진 水和反應物을 遲延劑分子가 捕捉하는 것에 의해 시멘트粒子 表面에 再沈着하는 것을 막는 機構같은 것을 생각하고 있다.

4. 硬化促進劑의 效果와 作用機構

硬化促進劑는 凝結의 開始를 多少 빠르게 하는 效果를 갖고 주로 終結以後의 強度發現을 促進하는 目的으로 사용된다.

콘크리트의 強度發現 速度는 低溫이 되면 極度로 늦어져, 예를 들면 5℃에서는 20℃에서 경우의 약 1/3의 속도로 저하한다. 強度發現이 늦어지면 初期凍害를 막기위한 保溫養生期間이 길어진다는가, 거푸집해체 시기가 늦어진다는가 作業效率과 경제성 面에 문제가 생긴다.

硬化促進劑를 使用한 것에 의해 強度發現 速度는 약 2 배로 되기 때문에 온도가 낮은 겨울철의 콘크리트는 減水劑促進形과 AE 減水劑促進形을 사용하는 것이 보통이다.

Ⅲ. 좋은 콘크리트를 만들려면

1. 좋은 콘크리트의 原則

좋은 콘크리트라는 것은 作業에 알맞는 워커빌리티를 갖고 強度, 耐久性에 관해 所要의 品質, 性能을 갖춘, 品質의 變動이 적은 것을 基本으로하며, 우선 經濟의이지 않으면 안된다.

콘크리트의 使用目的은 構造物의 種類에 따라 多種多樣하며 또 工事의 規模도 千差萬別이기 때문에, 콘크리트에 對해서 要求되는 品質 및 性能은 工事의 種類에 따라 꽤 차이가 있다. 예를 들면 굳지않은 콘크리트로는, 部材斷面の 沁수, 配筋의 狀態, 運搬, 타설방법 등에 의해

여러 가지 워커빌리티가 要求된다. 硬化後에 관해서는, 일반적으로 壓縮強度가 重要한 要件이지만, 鋪裝版에서는 휨강도와 마찰 抵抗性, 水槽로는 水密性 또 寒冷地의 경우는 凍結融解耐久性等이 重要視된다.

한편, 콘크리트의 品質은 이와같은 성질의 變動이 적다면 製造時에 考慮되는 品質的 安全率을 적게 豫算할 수가 있고, 經濟的이며, 信賴性의 面에서도 局部的인 弱點을 줄일 수 있다.

2. 季節과 混和劑의 種類

콘크리트는 믹싱시의 溫度에 따라, 그 品質이 變하는 것을 잘 알 수가 있다. 예를들면 低溫의 경우는 單位水量은 적지만, 凝結時間 및 強度의 發現이 늦어, 初期凍害의 위험이 있고, 또 AE 劑등의 使用에 따라 空氣連行性이 커진다.

高溫의 경우는 同一 슬럼프를 얻기위한 單位水量이 많아지고, 凝結時間과 強度의 發現은 빨라지지만, Slump loss가 크기 때문에, 施工可能한 時間이 짧아져, 이음부에 cold joint 등의 발생이 많아진다.

이러한 品質의 變化에 의한 施工에의 障害를 막기 위해 AE 減水劑를 사용할 필요성이 생긴다.

AE 減水劑에는 凝結性能과 初期強度發現性能의 차이에 따라 標準形, 促進形 및 遲延形의 3 種類가 있다. 標準形은 기온이 20℃ 前後의 溫暖한 季節에 사용하며, 促進形은 기온이 낮은 冬期에, 遲延形은 기온이 높은 夏期에 주로 用한다.

20℃에서 AE 減水劑無添加의 경우를 基準으로해서 생각해보면 온도가 높은 30℃에서는 強度發現性은 좋아지지만 타설시간의 여유가 없어 大型構造物에서는 이음부에 Cold joint 등의 缺陷이 생겨 심할 경우에는 流動性이 低下해 打設不能이 될 수도 있다. 이와같은 경우에는 AE 減水劑遲延形을 사용하면 凝結時間을 1~2시간

늦출 수 있기 때문에, 夏節期高溫時의 打設을 支障없이 實施하는 것이 可能하다.

한편, 콘크리트 온도가 5℃로 低下하면, 凝結時間이 현저히 늦어지고, 同時에 強度發現性도 상당히 나빠진다. AE 減水劑促進形을 사용하면 凝結 및 強度發現性, 둘 모두가 改善되지만, 특히 初期強度의 改善效果가 현저하다. 온도가 낮은 겨울철에는 콘크리트의 初期凍害를 막기 위해 保温養生이 必要하지만, AE 減水劑促進形을 사용하므로써 初期強度의 發現이 현저히 促進되기 때문에, 保温養生期間을 상당히 短縮할 수 있다.

3. 寒中콘크리트와 暑中콘크리트

일반적으로 콘크리트는 溫度의 영향을 크게 받기 때문에 寒中施工 및 暑中施工에는 特別한 注意가 必要하다. 콘크리트 온도가 25℃가 되는 경우를 暑中콘크리트라 하며, 건축의 경우는 施工日로부터 28日間의 平均기온이 約 3℃以下의 期間중에 施工하는 콘크리트를 寒中콘크리트, 월평균기온이 25℃를 넘는 期間에 施工하는 콘크리트를 暑中콘크리트라고 정해 特別한 對策을 講求하도록 되어 있다. 寒中과 暑中은 標準溫度로 부터 벗어나는 溫度條件下에서 施工한다고 하는 點에서 공통점이 있지만, 정반대의 溫度條件이다. 그러나 施工上의 주의점으로는 무척 많은 점이 많다. 寒中콘크리트와 暑中콘크리트의 特徵을 比較하면 表 5-1 처럼된다.

表 5-1 寒中콘크리트와 暑中콘크리트의 특징

	寒中콘크리트	暑中콘크리트
單位水量	↘	↗
Slump loss	↘	↗
AE劑의 使用量	↘	↗
凝結時間	↗	↘
初期強度	↘	↗
水和熱	↘	↗

(1) 單位水量：寒中콘크리트의 경우, 所要의 Slump 를 얻기위해 필요한 單位水量은 적지만, 凍害防止의 面에서 볼때도 작게 해야 할 필요가 있기 때문에 보다더 단위수량을 줄이기 위해서는 AE 減水劑의 사용이 効果的이다. 暑中콘크리트의 경우는 單位水量이 많아지고 혼합後의 Slump loss 를 예견하면 더욱 많아질 필요가 있기 때문에 AE 減水劑等의 使用으로 單位水量을 적게 할 必要가 있다. 콘크리트 溫度의 10℃ 差로 單位水量은 3~5% 變化한다.

(2) Slump loss : 特히 暑中콘크리트의 경우에는 Slump loss 가 커진다 .

(3) AE 劑의 使用量：寒中콘크리트에서는 AE 劑의 使用量은 적어도 좋고, AE 減水劑는 空氣連行性이 적은 型으로 좋지만, 暑中콘크리트에서는 AE 劑의 使用量이 늘고, AE 減水劑는 空氣連行能力의 큰 型이 必要하게 된다. 通常은 콘크리트 溫度 10℃의 차로 空氣量 20~30% 增減한다.

(4) 凝結時間：寒中콘크리트에서는 길어지고 暑中콘크리트에서는 빨라진다. 따라서 AE 減水劑 促進形 및 遲延形을 사용하는 것이 効果的이다.

(5) 強度：特히 寒中콘크리트의 경우에 強度發見이 늦어지기 때문에 初期凍害의 위험이 있으므로, AE 減水劑促進形의 使用으로 初期強度를 改善할 必要가 있다. 충분히 長期強度의 增進은 크다.

(6) 水和熱：寒中콘크리트에서는 發熱이 적기 때문에 保温이 必要하다. 特히 단면이 큰 콘크리트에서는 갑작스런 寒氣에 노출되면 内外溫度 差에 의한 均열이 생길 위험이 있다. 暑中콘크리트에서는 硬化에 따르는 發熱이 크기 때문에 기온이 내려갔을 時, 콘크리트 收縮에 의한 均열발생의 위험이 있다.

이러한 特徵은 施工에 있어서 障害가 되는 수가 많고, 對策을 정리하면 表 5-2와 같다.

表 5-2 寒中콘크리트 및 暑中콘크리트의 施工上 對策

寒 中	暑 中
① 시멘트 水和熱이 큰것 (普通, 早強시멘트)	水和熱이 작은것 (中庸熱, fly ash cement)
② 骨 材 氣溫에 대한 保護, 雪 水混入防止	日光의 직사를 피하고, 散水等으로의 溫度上昇 防止
③ 水 加熱(60℃ 以下)	冷水의 使用
④ 混和劑 初期凍害의 防止強度 의 早期發見 및 凍結 融解耐久性 向上을 위 한 AE 減水劑의 促進 形의 使用	凝結속도를 遲延하기 爲 한 遲延形 減水劑의 使用
⑤ 配 合 單位水量을 減 수 있 으면 적게, 물 시멘트 비율을 작게해서 水和 熱을 상승시킨다.	單位水量이 많아지기 때 문에 同一 W/C로 하기 위해서는 單位 시멘트量 도 증가
⑥ 타설計劃 保温上 有利하도록 打 込計劃을 세운다.	충분한 다짐, 連續性 있는 打設
⑦ 運 搬 혼합溫度計劃, 冷却防 止	Slump loss 를 작게하는 운반방법
⑧ 養 生 保温養生	충분한 濕潤養生

4. AE 劑 및 AE 減水劑를 사용할 경우의 配合設計

配合設計에 있어서의 留意點

AE 劑 및 AE 減水劑를 사용하는 목적은 혼화제를 사용하지 않은 콘크리트와 같은 품질을 가지며 단위수량을 가능한 한 적게하고 workable 하나 분리를 일으키지 않으며 소요의 강도를 갖고 수밀성, 내구성이 좋은 콘크리트를 경제적으로 만들기 위한 것이다. 혼화제는 사용하지 않은 콘크리트와 다른점은 소요의 강도를 얻기위

한 물시멘트비가 다르며 공기포의 불베어링효과를 고려해야 하는 점이다.

單位水量을 적게하기 위해서는 다음과 같은 手段을 일반적으로 採用하고 있다.

(1) AE劑, 減水劑, AE減水劑 같은 混和劑를 使用해서 減水한다.

(2) fly ash 같은 球狀의 混和材를 使用하므로서, 流動性을 좋게해 減水한다.

(3) 굵은 골재의 최대치수를 크게 하므로서, 必要시멘트 量을 줄여, 減水한다.

單位水量이 많아지는 原因으로서, 碎石을 使用하는 경우라든가, 모래입자가 잔 경우라든가 氣溫이 높을 경우등과 같이 使用材料와 環境溫度에 기인한 어려운 要因이 있지만, 어떻게 해서라도 單位水量을 적게할 必要가 있는 경우에는, 材料의 precooling, 冷水의 使用 혹은 打設時期의 變動等을 생각하지 않으면 안되는 것도 있다. 역시, 通常은 上記 3개의 手段을 採用하므로서, 충분한 良質의 콘크리트를 製造하는 것이 可能하며, AE減水劑의 利用이 더욱 有效한 方法이다.

設計強度를 얻기위한 물, 시멘트비에 관해서는 AE劑 및 AE減水劑를 使用한 콘크리트에서는 空氣連行에 의한 強度低下가 있기 때문에 보통 콘크리트 보다도 물, 시멘트비를 3~5% 작게 할 必要가 있고, AE콘크리트 및 AE감수제 콘크리트의 強度-물-시멘트비의 關係式을 使用할 必要가 있다. 단, AE減水劑의 경우는 減水效果에 따른 強度增大가 空氣連行에 따른 強度低下를 크게 상회하기 때문에, plain 콘크리트 보다 작은 물, 시멘트비를 採用해도 單位시멘트量을 늘릴 必要가 없고, 역으로 물, 시멘트비의 減少에 따른 單位시멘트量的 減少라고 하는, 일석이조의 좋은 결과가 생긴다.

微細空氣포의 모래代替效果로서는, AE劑 및 AE減水劑와 같이 空氣量 1%의 증가로 잔골재율을 0.5~1% 줄일 수 있다. 이것은 微細한

空氣泡가 불베어링과 같은 역할을 하기 때문이다.

5. 適正한 製造管理

콘크리트의 打設에 있어 重要한 것은 均質하게 所要의 品質을 갖춘 콘크리트를 어떤 方法으로 確實히 施工할 것인가 하는 것이다. 均質한 콘크리트를 만들려면, 材料의 選擇, 計量, 혼합, 운반, 養生等에 대해 細心한 注意를 기울이는 것이 必要하지만, 어떠한 注意를 기울여도, 各 배합에 따른 打設日 혹은 打設場所에 따라, 콘크리트의 품질은 상당히 變動하는 것이다. 이 變動이크면 所要의 콘크리트의 제작시 目標하는 強度를 크게 할 수 없고, 따라서 일반적으로 시멘트 使用量도 많아져 不經濟的이 된다. 所要와 均質한 콘크리트를 經濟的으로 하려면, 될수 있는 한 品質의 變動을 작게 하지 않으면 안된다.

變動의 要因으로서, 시멘트의 품질, 骨材의 品質 및 狀態를 생각할 수 있지만 그 중에서 특히 영향이 큰 것은 다음과 같다.

① 計量誤差

콘크리트 材料의 計量은 混和劑 使用의 有無에 관계없이 될 수 있는 한 精確히 하는 것이 좋지만, 計量에 있어 計量器 자체의 誤差, 그 외에 조작에 따른 誤差가 發生한 때문에 日本에서는 計量誤差의 범위를 JIS規格에 다음과 같이 정하고 있다.

시멘트, 물.....1%이내
骨材, 混和劑.....3%이내
混和材.....2%이내

計量誤差를 上記의 범위내로 하기 위해서는 月 1회 이상의 頻度로 檢사를 하는 것이 必要하며, 다음과 같은 事項에 留意해서 計量精度를 管理하는 것이 必要하다.

① 設定針과 計量針의 0點 指示의 確認

② 配合上의 設定値와, 設定針에 誤差를 확실히 없게 한다.

③ 計量値를 最少눈금의 몇 분의 1 까지 읽을 것인가를 規定해 놓는다.

④ 믹서에 材料投入後의 計量針이 0 點에 복귀하는 것을 확인

② 모래의 表面水率의 補正

普通 레디믹스트 콘크리트 工場에 있어서 모래는 濕潤狀態로 있는 것이 普通이지만, 表面水率에 있으면 콘크리트를 혼합할 경우, 콘크리트의 水率이 이 表面水率만큼 많아져, 물-시멘트비, 워커빌리티 등에 變化를 주기 때문에 혼합시에 調整하지 않으면 안된다.

骨材의 管理中에서는 일반적으로 모래의 表面水率의 管理가 더욱 重要하며, 모래의 表面水率에 1% 變動하면 슬럼프는 3~4cm, 度는 6~8% 變動한다.

③ 모래의 粒度와 空氣連行性

AE劑와 AE減水劑를 使用할 경우의 空氣連行性에 미치는 要因중에서 더욱 큰 影響을 미치는 것은 모래의 粒度分布이다. 일반적으로는 거친 모래입자의 경우 공기를 連行시키는 것이 어려우며, 가는 모래입자의 경우는 連行空氣量이 많아지지만 空氣連行性은 0.6mm以下의 粒의 量에 의해 左右되어, 0.6~0.15mm까지의 量이 많고 0.15mm以下의 粒이 적을 경우에는 特히 空氣連行性이 커진다. AE 콘크리트 및 AE 減水劑를 넣은 콘크리트의 製造에 있어서는 適正한 粒度分布로 變動이 적은 것을 使用하는 것이 좋다.

④ Slump loss

Truck agitator로 攪拌하면서 운반한 콘크리트는 運送에서 쏟을때까지 시간이 길어지면, Slump loss를 일으킨다.

이 slump loss의 程度는 材料, 配合, 溫度, 濕度 등에 의해 다르며, 또 혼합시의 슬럼프(몹은 반죽과 된반죽)에 의해 傾向이 다르다. (그림 5.3)

된반죽 콘크리트의 경우는 經過時間의 初期에 있어서 Slump loss가 크다. 몹은 반죽 콘크리트의 경우는 初期의 Slump loss는 거의 없고,

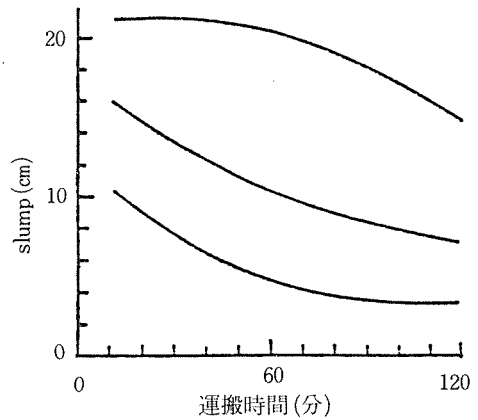


그림 5.3 運搬에 따른 slump의 變化

완만한 低下를 나타내지만, 어떤 時間을 經過하면 急速한 slump loss를 일으킨다.

Slump loss의 對策으로서는 通常은 쏟을 때까지의 Slump loss를 예측해서 工場에서 실을 때 Slump를 管理하는 方法이 취해지고 있지만, 高溫時에는 AE減水劑 遲延形을 後添加하는 것도 有效하다.

한편, 쏟아 놓은 후의 콘크리트의 slump loss는 혼합직후의 콘크리트의 slump loss에 비해, 그 정도가 심한 것을 알 수 있다. (그림 5.4)

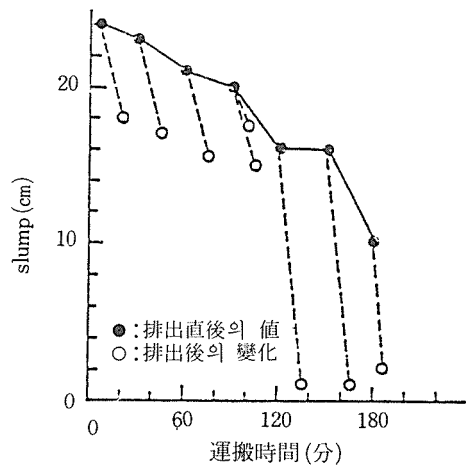


그림 5.4 배출後의 slump의 低下

⑤ 맺는말

以上 (1) 좋은 콘크리트를 만들기 위한 원칙 (2) 季節에 따른 AE減水劑의 사용법 (3) 寒中콘크리트와 暑中콘크리트에 있어 문제점과 그 對策中에서의 AE減水劑의 有用性 (4) AE 減水劑를 使用할 경우의 配合補正의 方法 및 (5) 適正한 製造管理에 대해서 그 概要를 서술했다.

콘크리트를 製造할 경우, 環境條件에 맞는 A E減水劑의 타입을 골라, 適正한 配合補正 및 製造管理를 하므로써, 品質 및 施工性이 좋은 콘크리트를 經濟的으로 만들 수 있다. 製造 하는

測에서는 시멘트량을 줄일 수 있다고 하는 merit 가 생기고, 使用하는 側에서는 同一強度로 좋은 워커빌리티 및 블리딩과 乾燥收縮을 줄일 수 있는 것 외에, 凍結融解耐久性を 현저히 向上시킬 수 있고, 品質面 및 施工面에 큰 merit 를 얻는다. 그러나 좋은 콘크리트를 만들기 위해서는 AE減水劑에 지나친 의존없이, 콘크리트 製造의 基本을 지키는 것이 무엇보다 중요하며 그렇게 하므로써 AE減水劑의 有用성은 보다 크게 발휘되어진다. *

箴言

여러분은 眞實해야 합니다. 僞善의 이어서는 안 됩니다. 여러분 자신의 모습 그대로를 드러내 보여야 합니다. 세상에서 가장 어려운 일은 實際의 자기가 아닌 다른 自己가 되는 것입니다. 좀더 당신 자신에게 가까이, 더욱 가까이 접근해 보십시오. 그러면 그것이 人生을 살아 나가는 데 가장 손쉬운 방법이라는 것을 깨닫게 될 것입니다. 세상에서 가장 難處한 일은 여러분에게 다른 누군가가 이리이러하게 되라고 強要하는 것입니다. 남들이 여러분을 그런 식으로 다루지 못하도록 하십시오. 여러분 스스로 자신을 發見하고, 자신의 모습을 確認하고, 그 모습 그대로 나오십시오.

또 한 가지는 다른 사람에게 어떠한 일을 하라고 「命令」해서는 안 된다는 것입니다. 여러분은 神이 아니므로, 다른 사람이 무슨 생각을 하고 있는지 알 수가 없는 것입니다. 그들을 指導할 수는 있을지 몰라도 명령할 수는 없는 것입니다.

그들과 意思를 나누고 그들을 理解하고자 노력하십시오.

우리의 손을 더럽히면서 열심히 일하지 않는다면, 어떠한 變化도 일어나지 않는다는 것을 잊지 말아야 합니다. 자신이 되어가는 일에 어떠한 公式이나 方法이 있는 것은 아닙니다.

나의 人生은 나 자신이 만들어 가는 것이지, 다른 사람이 내 대신 해주지는 않습니다. 나는 나 자신의 弱點과 長短點을 명확히 洞察해야만 합니다.

「내가 存在하지 않게 되는 것」에 대해 나보다 더 고통스러워 할 사람은 아무도 없습니다. 그렇지만 내일은 또 다른 새로운 날이며, 나는 자리에서 일어나 새로이 살아야겠다는 決心을 해야 합니다. 그러다가 失敗를 하더라도 다른 사람이나 運命, 혹은 神에게 責任을 轉嫁시키려 들어서는 안 되는 것입니다.

레오버스카글리아(캘리포니아大學教育學教授)