

콘크리트 技術의 展望과 役割

文 濟 吉

(建國大學校 工科大學長·理學博士)

目 次

1. 緒 言
2. 良質의 콘크리트
3. 굳지않은 콘크리트의 性質
 - 3-1 概 說
 - 3-2 워어커빌리티
 - 3-3 材料分離
 - 3-4 初期龜裂
4. 海 砂
 - 4-1 概 說
 - 4-2 無筋콘크리트에 미치는 海砂의 影響
 - 4-3 鹽分에 의한 鐵筋의 腐蝕과 耐久性
 - 4-4-4 海砂의 鹽分許容限度
5. 特殊콘크리트
6. 結 言

1. 緒 言

콘크리트는 建設工事に 있어서 빼놓을수 없는 가장 重要한 基礎的인 材料이다. 그렇기 때문에 보다 많은 사람들의 손에 의하여 만들어지고 利用되고 있으며 每年 방대한 量의 콘크리트가 打設되고 있다. 所要의 性質을 갖는 均質의 콘크리트를 大量으로 그리고 經濟的으로 만들어야 한다. 그러나 콘크리트는 누구나 손쉽게 만들 수 있으면서 所要의 性能을 갖추기는 참으로 어려운 問題가 많다. 보다 良質의 콘크리트를 보다 經濟的이고 보다 迅速하게 供給하

기 위한 手段의 하나로 나타나게 된 것이 바로 레디믹스트 콘크리트(Ready mixed Concrete)이며 레디믹스트 콘크리트의 登場으로 콘크리트 工事의 分業化時代를 맞이했다.

建設工事의 品質은 콘크리트의 品質이 左右한다고 해도 過言이 아니다. 그만큼 建設工事에서 콘크리트 工事가 차지하는 比重은 큰 것이다.

近年 各種 建設構造物의 設計技法과 施工技術의 發展趨勢는 지난날 鋼材에만 依存하던 長大支間의 大型 構造物, 複雜한 形態의 構造物을 콘크리트 構造化 할 수 있게 됨은 勿論 耐久性和 維持管理上 그 需要가 날로 增大一路에 있으며 보다 高性能의 콘크리트 品質이 要求되고 있다.

이에따라 레디믹스트 콘크리트 即 콘크리트 産業의 役割이 보다 擴大되고 그 責任이 더욱더 무거워 지고 있다.

近年 枯渴되어가고 있는 天然骨材에 代替할 수 있는 새 骨材의 供給, 시멘트의 品質向上, 高性能의 콘크리트를 만들기 위한 混和材料의 開發과 使用技法, 品質의 判斷, 콘크리트의 運搬過程에서의 品質管理등 레디 믹스트 콘크리트의 品質向上과 원활한 供給을 위해서는 解決해야 할 많은 課題를 안고 있으며 問題解決의 基底를 이루는 것은 콘크리트 産業의 社會的인 役割에 대한 自負心과 責任感 그리고 技術者의 콘크리트 技術에 대한 矜持와 콘크리트에의 깊

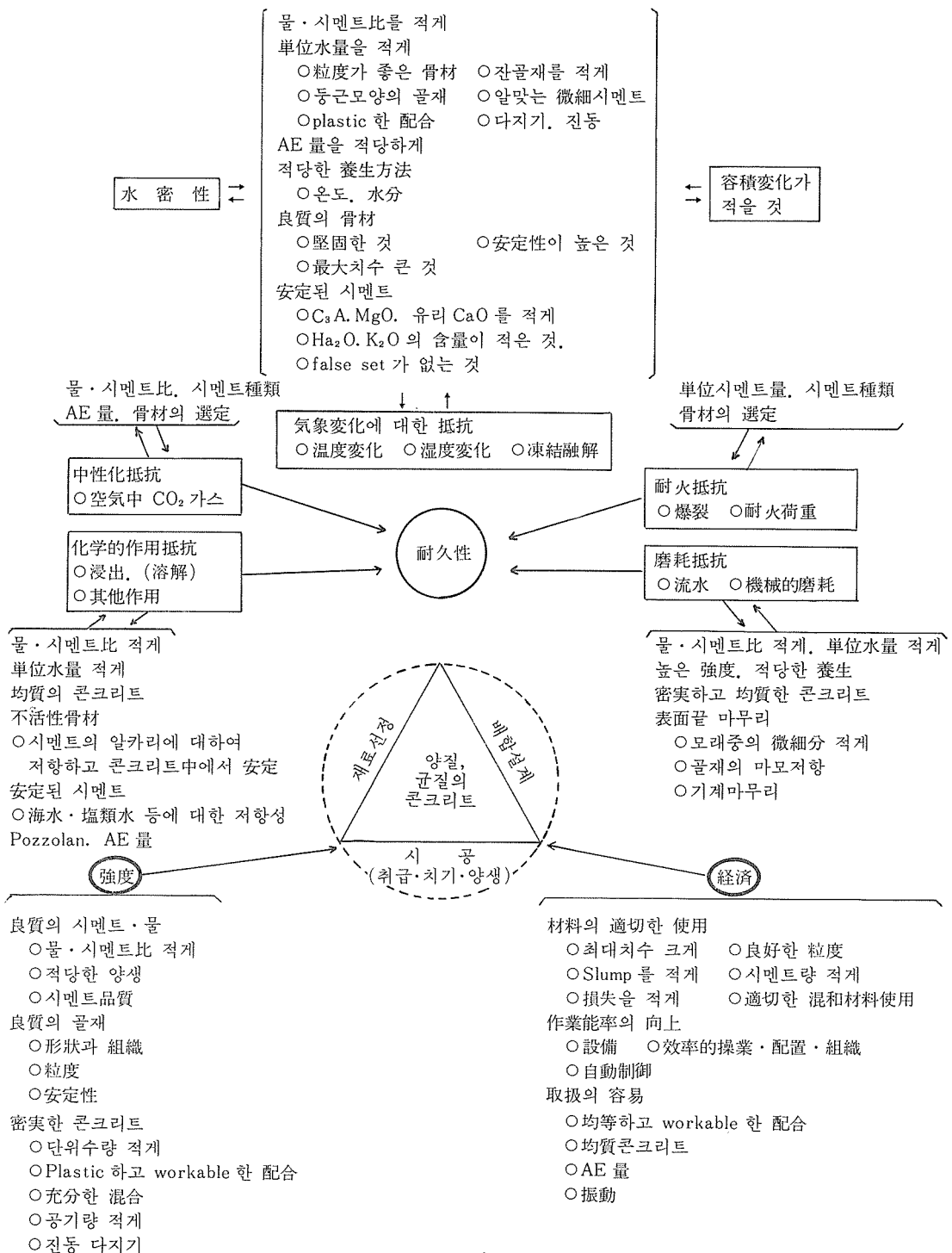


그림 2-1

은 愛情을 갖는데 있다고 본다.

2. 良質의 콘크리트

콘크리트는 使用되는 構造物 또는 製品에 있어서 要求되고 있는 強度, 耐久性, 其他의 性能을 갖추고 있으면서 品質의 變動이 적어야 하며 굳지 않은 콘크리트는 치기에 알맞는 반죽질기와 材料의 分離에 대한 充分한 抵抗性을 함께 갖추어야 한다.

이와 같이 性能上의 要件과 施工上의 要件을 滿足하고 또한 經濟性이 높아야 좋은 콘크리트라고 말할 수 있다.

이와 같은 좋은 콘크리트를 만들기 위한 그 基本을 圖式化 하면 다음 그림 2-1과 같다.

3. 굳지않은 콘크리트의 性質

3-1 概 說

(1) 굳지 않은 콘크리트

콘크리트의 性質은 굳지않은 콘크리트와 硬化 콘크리트로 나누어서 생각하는 것이 보통이다. 비빈直後부터 거푸집내에 打設되어서 固体化 될 때까지의 콘크리트를 굳지 않은 콘크리트(fresh Concrete)라고 한다. 레디믹스트 콘크리트의 工場에서 取扱하는 過程이 바로 이 굳지 않은 콘크리트이기 때문에 굳지 않은 콘크리트의 性質에 特別히 注意를 기울일 수 밖에 없게 된다. 뿐만 아니라 굳지 않은 콘크리트의 性質이 굳은 콘크리트의 品質을 決定해준다.

(2) 굳지 않은 콘크리트中の 諸相의 性狀

시멘트는 물이 混合되면 即時 可溶性의 成分을 溶出해서 水和反應을 시작한다. fresh Concrete 中の 液相은 水酸化칼슘, 硫酸칼슘, 水酸化카리움, 水酸化나트륨 등의 鹽類를 溶解한 PH 12~13程度의 強鹼基性溶液이 된다.

이들 鹽類中 水酸化칼슘은 시멘트中的 珪酸 3 칼슘등의 水和에 의하여 多量으로 생기는 水和生成物이며, 硫酸칼슘은 시멘트의 凝結時間

을 調節할 目的으로 添加된 石膏가 溶解한 것이다.

이 硫酸칼슘은 알민酸 3 칼슘등의 水和에 의하여 생기는 알민酸鹽과 反應하여 ettringite 라고 하는 不溶性의 水和物을 析出하고 알루민酸칼슘의 水和에 의한 急結을 防止한다. 따라서 시멘트의 水和가 進行하여 콘크리트가 凝結한 狀態가 되면 石膏는 全部 消費된 셈이 되기때문에 液相中の 硫酸칼슘은 거의 消失된다.

이와같은 組成을 갖는 fresh Concrete 中の 液相은 固体粒子의 自由空間을 채우는것, 微粒子의 凝集体内部에 채워진것, 固体粒子의 表面에 吸着된것 등 여러가지 狀態로 存在하고 있으며 이들의 比率는 使用材料의 性質, 콘크리트의 配合, 비비기方法, 水和程度 등에 의하여 현저히 다르다.

fresh Concrete 中の 固体成分은 ettringite, 水酸化칼슘 其他 여러가지 狀態의 水和物, 未水和시멘트, 骨材등에 의하여 各各의 粒子의 形態, 粒徑, 密度, 化學的性質 등 매우 不均一하여 어느 것은 凝集하고 어느것은 獨立的으로 分散되어 있다. 減水劑 등의 界面活性劑를 使用한 콘크리트에서는 이들의 分子 또는 이온이 固体粒子의 表面에 吸着되어 경우에 따라서는 電氣二重層을 形成하고 있다.

氣體部分은 直徑이 1/100~1mm 氣泡群으로 AE 콘크리트에서는 氣泡의 周圍에 AE劑의 分子 이온 또는 칼슘鹽이 吸着되어 各氣泡는 相互 獨立하여 모르타中에 分布한다. 다만 시멘트의 凝集体内部에 채워져있는 空氣는 普通 凝集体의 一部로 본다.

以上과 같이 fresh Concrete는 使用材料의 單純한 混合物이 아니고 매우 複雜한 性狀을 갖고 있으므로 其性狀을 論하는 경우에는 空氣泡, 시멘트, 풀, 모르타 등을 콘크리트의 構成成分으로 생각하지 않으면 안되며 單位水量, 空氣量, 물·시멘트比, 잔골재물등이 콘크리트의 諸性質에 影響을 끼치는 重要한 要因이 된다.

3-2 워어커빌리티

(1) 워어커빌리티의 정의

워어커빌리티(Workability)는 비비기, 치기, 마무리등의 作業의 難易도와 材料分離에 대한 저항성에 대한 굳지 않은 콘크리트의 性能을 말한다.

워어커빌리티에 關聯된 性質로서는 반죽질기(Consistency), 성형성(plasticity), 피니셔빌리티(finishability) 등이 있으나 이들은 굳지 않은 콘크리트가 갖는 特定の 性質 또는 特定の 施工作業에 대한 適性を 나타내고 워어커빌리티는 이들의 諸性質을 綜合한 施工全般에 대한 適성을 나타낸다.

따라서 워어커빌리티의 良否는 構造物, 部材, 또는 製品의 種類, 打設場所의 狀況, 季節, 施工方法등의 諸條件에 대한 굳지 않은 콘크리트의 性狀의 適合性 與否에 의하여 判定된다. 이때 반죽질기에 대해서는 슬럼프 其他의 試驗結果에 의하여 適否를 어느 정도 明確히 判定할 수가 있으나 반죽질기 以外の 性질에 대해서는 定量的인 試驗方法이 아직 確立되어 있지 않으므로 반죽질기 試驗에 있어서의 콘크리트의 流動特性變形性狀등을 觀察하여 材料分離에 대한 저항성, 피니셔빌리티 其他의 良, 不良을 經驗的으로 判定하고 있다.

(2) 반죽질기

① 반죽질기의 정의

「主로 水量의 多少에 따르는 반죽이 되고 진 정도를 나타내는 굳지 않은 콘크리트의 性質」말하는 것으로서 流動性和 비슷한 뜻을 갖는다.

② 單位水量과 반죽질기와의 관계

콘크리트의 반죽질기는 單位水量의 增加와 함께 增大되며 반죽질기를 슬럼프로 나타낸 경우에는 일반적으로 그림 3. 2.1과 같은 傾向을 나타낸다.

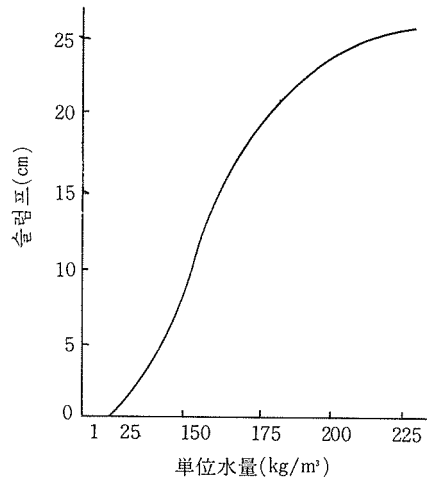


그림 3.2.1 單位水量과 슬럼프와의 關係를 나타내는 傾向도

表 1. 굳지않은 콘크리트의 性質

性 質	콘크리트標準示方書의 定義
워어커빌리티	반죽질기에 의한 打設의 難易度 및 材料의 分離에 저항하는 정도를 나타내는 性質
반죽질기	主로 水量의 多少에 의한 반죽이 되고 진 정도
성형성	거푸집에 쉽게 다져넣을 수 있고 거푸집을 제거하면 천천히 형상이 변하기는 하지만 허물어지거나 材料가 분리하는 일이 없는 性質
피니셔빌리티	얇은 骨材의 最大치수, 잔골재율, 잔골재의 입도 반죽질기 등에 따르는 마무리하기 쉬운 정도를 나타내는 性질

單位水量과 슬럼프와의 關係를 나타내는 함수는 直線, 拋物線, 對數曲線등 여러가지가 있으나 어느 單位水量에 의한 슬럼프를 기초로 하여 單位水量이 變化하였을 때의 슬럼프를 推定하는 경우에는 上述한 어느 함수를 使用하여도 比較的 가까운 값을 얻을 수 있다.

이들중 실제로 配合設計에 있어서 單位水量을 補正하는데 使用하는 것은 單位水量 1.2% 增加하면 슬럼프 1cm增加한다는 直線關係로서 다음式 3.2.1로 나타낼 수 있다.

$$S = S_0 + 83.3 \left(\frac{W}{W_0} - 1 \right) \quad (3.2.1)$$

여기서 S : 슬럼프 (cm)

W : 單位水量 (kg/m³)

S₀ : W = W₀ 인 때의 슬럼프 (cm)

對數式은 슬럼프의 變化가 單位水量의 變化率에 比例하는 것으로 보고 유도한 것으로서 슬럼프의 變化 1cm당 單位水量의 變化率을 1.2%로 본 경우는 式(3.2.2)와 같다.

$$S = S_0 + 192 \log \left(\frac{W}{W_0} \right) \quad (3.2.2)$$

또한 슬럼프 1cm당의 單位水量의 變化率이 1.4%/cm인 試驗結果도 있어 이 경우는 式(3.2.1)과 式(3.2.2)는 各各 다음과 같이 된다.

$$S = S_0 + 71.4 \left(\frac{W}{W_0} - 1 \right)$$

또는 $S = S_0 + 164 \log \left(\frac{W}{W_0} \right)$

이와같이 單位水量에 의한 반죽질기의 變化는 슬럼프 試驗值에 민감하게 나타나므로 슬럼프는 일반적으로 콘크리트에 대한 반죽질기의 指標로 널리 쓰인다.

다만 된 반죽의 콘크리트에 있어서는 單位水量의 變化에 대한 슬럼프의 變化가 적기때문에 반죽질기를 나타내는 指標로서의 슬럼프의 適性이 低下되기 때문에 振動台式 컨시스턴스 시험기에 의한 深下度가 쓰이기도 한다. 深下度는 슬럼프와는 달리 된반죽 콘크리트일수록 單位水量의 變化에 민감하다.

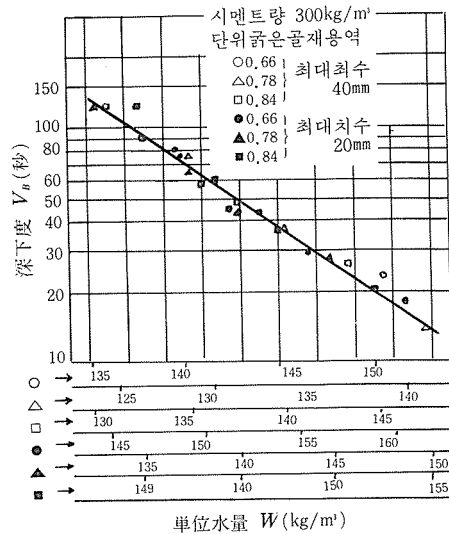


그림 3.2.2 단위수량과 深下度와의 關係

深下度の 對數와 單位水量과의 사이에는 直線關係가 成立되어(그림 3.2.2) 다음 式과 같이 나타낼 수 있다.

$$\log V_B = A - 0.055W$$

여기서 V_B : 深下度 (sec)

W : 單位水量 (kg/m³)

A : 콘크리트의 品質에 의하여 定해지는 定數

③ 骨材의 粒形의 影響

骨材의 粒形은 全体的인 모양과 모서리의 둥글기의 두가지 要素로 區別하여 생각한다.

콘크리트의 반죽질기에는 이 두 要素가 影響을 주므로 부순돌 콘크리트에 있어서는 부순돌의 모서리의 영향으로 반죽질기가 低下한다.

부순돌 콘크리트와 강자갈 콘크리트를 比較한 實驗結果에 의하면 부순돌을 使用한 경우의 低下는 約 9~13cm 슬럼프를 같게 하기 위한 單位水量의 增加는 9~12% 程德이다.

부순돌의 粒形의 表示方法은 여러가지가 있으나 콘크리트의 반죽질기에 대한 影響을 알기위한 目的으로서는 슬럼프와 直線的인 關係를 갖

는 實績率이 適合하다.

다만 實績率은 粒形뿐 아니라 最大치수 및 粒
度分布에 의해서도 變化하므로 이들의 影響을
제거한 粒形判定實績率을 使用한다.

粒形判定實績率은 氣乾狀態의 부순물에 대하
여 20~10mm의 粒子를 24kg, 10~5mm의 粒子를
16kg 채질로 채취하여 이를 잘 混合해서 單位容
積重量 W (kg/l) 를 구하여 다음式으로 計算한
다.

$$\text{粒形判定實績率 (\%)} = (100+q) \frac{W}{\rho} \quad (3.2.4)$$

여기서 ρ : 試料의 密度 (kg/l)

q : 試料의 吸水率

粒形을 나타내는 다른 方法으로서는 式 (3.2.4)
로 나타내는 Angularity Number 가 있다.

$$\text{Angularity Number (A. N)} = \text{空際率} - 33 \quad (3.2.4)$$

Angularity Number 의 判定方法은 單一치수
의 자갈에 대한 空際率의 比率를 나타내는 것으
로서 試驗에 時間이 많이 所要되고 個人차가 크
기 때문에 이를 補完하기 위하여 Compacting
factor tester 를 使用한 落下試驗으로 空際率
을 구하여 Angularity Number 測定에 의한 空
際率 V_A 와 落下試驗에 의한 空際率 V_B 와의 相

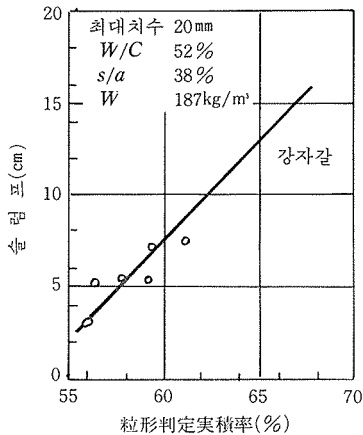


그림 3.2.3 굵은 骨材의 粒形이 콘크리트의 반죽
질기에 미치는 影響

關關係를 구하면 式 (3.2.5) 와 같다.

$$V_A = 0.903 V_B - 4.04 \quad (3.2.5)$$

그림 3.2.3 은 粒形判定實績率과 슬럼프와의
關係의 一例를 보인 것이다.

바순모래가 콘크리트의 반죽질기에 미치는 영
향도 부순물의 경우와 같으며 바순모래를 使用
한 콘크리트는 同一配合의 강모래 콘크리트 보
다도 반죽질기가 적다.

바순모래 콘크리트와 강모래 콘크리트와를 比
較한 實驗結果에 의하면 同一配合에 있어서의
슬럼프의 差는 約 3~6cm, 同一 슬럼프의 콘크
리트를 얻기 위한 單位數量的 增加는 約 3~13
%의 범위에 있으나 影響을 주는 정도는 바순
모래의 岩石의 種類, 크렛서의 機種등에 의하
여 크게 다르다.

④ 骨材의 粒度 및 잔골재율

시멘트·풀 (Cement paste) 의 반죽질기가 일
정한 경우 콘크리트의 반죽질기는 單位 시멘트
풀 量이 많을수록 커지나 特히 骨材의 空際를
채우고 남은 풀의 量과 骨材의 表面積의 影響이
크며 풀의 막의 두께, 即 (풀의 量 - 骨材의 空際
容積) / 骨材의 表面積과 密接한 關係가 있다는
사실이 實驗結果에 나타나고 있다. 따라서 시멘
트·풀의 반죽질기와 單位풀量이 一定하면 使用
骨材의 最大粒徑과 最小粒徑의 差가 클수록 骨
材의 空際率이 減少되어 콘크리트의 반죽질기
는 커진다.

그러나 가는 粒子의 量이 어느한도 以上으로
 많아지면 表面積의 影響이 커져서 반죽질기는
적어진다.

一般的으로 單位水量 및 單位시멘트量을 一
定하게 한 콘크리트의 슬럼프는 굵은 骨材의 最
大치수가 클수록, 잔골재의 粗粒率이 적을수록
또한 잔골재율이 클수록 적어지는 것은 이 理由
 때문이다.

以上과 같이 骨材의 粒度와 잔골재율은 콘크
리트의 반죽질기를 左右하는 重要한 要因이 된
다.

부순돌과 細粒砂를 使用한 콘크리트의 경우

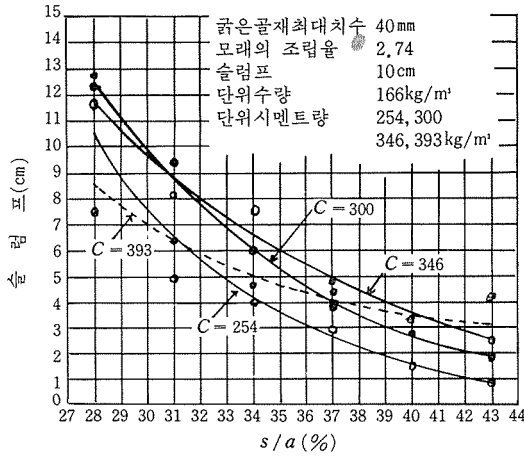


그림 3.2.4 잔골재율과 슬럼프와의 관계

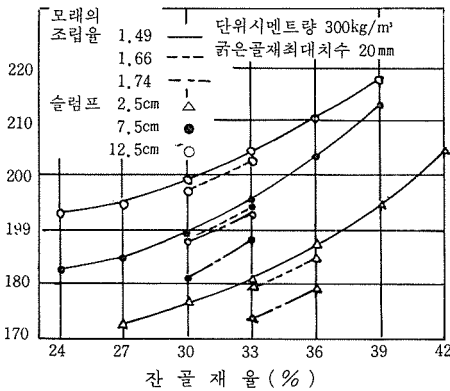


그림 3.2.5 부순돌 콘크리트의 단위수량과잔골재율과의 관계

에는 모래의 粗粒率과 잔골재율의 영향은 보통 骨材를 사용한 경우보다도 크다.

(3) 워어커빌리티에 영향을 주는 要因

① 굵은骨材의 最大치수

最大치수가 큰 굵은骨材를 사용한 경우에는 거푸집의 구석구석과 철근의 間隙에 콘크리트를 채워넣기가 어렵고 作業中에 굵은 骨材의 分離가 일어나기 쉽다. 그러나 作業에 適合한 워어커빌리티를 얻을 수 있는 범위내라면 굵은骨材의 最大치수가 큰 便이 콘크리트의 單位水量 및 單位시멘트량이 減少되어 經濟的으로 有利하다.

一般으로 굵은 骨材의 最大치수를 선정하는 경우에 고려되는 條件은 斷面의 치수와 철근의 純間隙이나 단면의 치수 및 철근의 間격이 큰 部材에서는 된반죽의 콘크리트를 사용할 수 있으므로 단면치수와 철근의 間격에 알맞는 最大치수의 굵은骨材를 사용하면 材料分離에 대한 저항성도 充分한 콘크리트가 될 수 있다. 그러나 部材斷面이 큰 無筋콘크리트라도 最大치수가 100mm以上이면 비비기, 材料分離, 表面마무리등에 문제가 있으므로 보통의 무근 콘크리트 部材에 最大치수가 100mm를 넘는 굵은 材骨를 사용하기는 어렵다.

表 3-2-2는 굵은骨材의 最大치수에 대한 示方書의 規定을 나타낸 것이다.

人工경량골재의 最大치수는 보통의 경우 15mm,

表 3.2.2 굵은骨材의 最大치수(콘크리트示方書)

콘크리트의 種類	最 大 值 數
철근콘크리트	50mm 以下 단면 最小치수의 1/5 또는 철근 最小수평순 間격의 3/4 以下 (보통은 25mm, 단면이 크면 40mm)
水密 콘크리트	部材단면 最小치수의 1/5 以下(무근의 경우도 同一) 철근 最小수 平순 間격의 3/4 以下
鋪裝 콘크리트	40mm 以下 (다만 두께 30cm 정도의 무근콘크리트판에서는 50mm로 하는 경우가 있다.)
댐 콘크리트	150mm 以下를 標準으로 한다.

惡條件의 氣象作用을 받지않는 경우에는 20mm로 하는 경우가 많으나 이것은 주로 硬化콘크리트의 品質을 고려한 것이다.

② 반죽질기

반죽질기는 콘크리트의 워어커빌리티를 左右하는 가장 重要한 要因으로서 일반적으로 콘크리트의 반죽질기를 크게하면 施工作業은 容易하나 材料分離에 대한 저항성이 적어지는 傾向이 있다. 따라서 워어커빌리티가 좋은 콘크리트를 얻기 위해서는 作業에 알맞는 범위내에서 될수 있는대로 반죽질기가 적은 콘크리트로 하는 것이 重要하다.

③ 其他要因

前述한 바와 같이 굳지 않는 콘크리트의 워어커빌리티에 影響을 주는 要因중에서 가장 重要한 欸은 골재의 최대치수와 콘크리트의 반죽질기에 대해서는 標準示方書에 標準値가 定해져 있으며 欸은 골재의 최대치수는 골재의 체가름 시험으로, 그리고 반죽질기는 슬럼프시험 其他의 方法으로 定量的인 測定을 할 수 있으므로 원하는 欸은골재 최대치수나 반죽질기를 갖는 콘크리트를 만들기가 比較的 容易하다. 그러나 其他의 要因에 대해서는 判斷資料를 얻기 위한 直接的인 측정방법이 없는 경우가 많고 經驗에 의한 判斷을 필요로 하는 경우가 보통이다. 欸은 골재의 최대치수와 콘크리트의 반죽질기 以外의 要因에는 시멘트의 粉末度·骨材의 粒形과 粒度·配合등이 있으나 이들의 要因에는 워어커빌리티의 不良은 주로 시멘트 풀 또는 모르터

의 粘着力과 保水性의 不足 및 모르터량의 不足의 어느한쪽 또는 兩者에 의한 경우가 많다(表 3-2-3).

따라서 良質의 AE劑·減水劑·플라이애쉬등의 混和材料를 適切히 使用하면 一定의 반죽질기를 얻는데 필요한 單位水量을 減少시켜서 시멘트·풀의 粘着力과 保水性을 增大시키고 材料分離傾向이 적은 워어커빌리티가 좋은 콘크리트를 쉽게 만들 수 있다. 特히 貧配合의 콘크리트, 粒形, 粒度가 좋지않은 骨材를 使用한 콘크리트등에서는 混和材料를 使用하여 워어커빌리티를 改善하는 일이 매우 重要한 일이다. 混和材料는 콘크리트를 비빌때에 混入하는것이 보통의 使用方法이나 슬럼프 5~10cm의 콘크리트를 애지데이팅車로 現場까지 운반하여 치기 直前に 高性能減水劑를 添加함으로써 반죽질기를 크게 向上시키는 方法도 이를 流動化 콘크리트라 부른다.

3-3 材料分離

(1) 施工中の 材料分離

① 材料分離의 原因

充分히 비벼진 콘크리트는 全材料가 거의 均一하게 分布되어 있으나 운반·치기·다지기등 콘크리트의 移動을 同伴하는 作業에 의하여 材料의 分布가 不均一하게 된다.

② 材料分離 抵抗性에 影響을 주는 要因

콘크리트의 移動에 따른 材料分離의 경우 分離를 일으키려는 作業은 주로 粒子에 作用하는

表 3. 워어커빌리티에 惡影響을 주는 主要因

要 因	굳지 않은 콘크리트의 性状에의 影響	主 原 因
시멘트의 粉末度 너무 낮은 경우	성형성 低下 材料分離의 傾向, 特히 블리이딩 增加	시멘트·풀의 粘着力 保水性의 不足
骨材의 粒形 粒度 不良	성형성, 피니셔빌리티 低下 材料分離傾向 增加	單位水量增加, 骨材粒子의 回轉, 移動에 대한 저항의 증대
單位시멘트量 過少	성형성, 피니셔빌리티의 低下, 材料分離의 傾向, 特히 블리이딩 增加	시멘트·풀의 粘着力 保水性의 低 下, 모르티량의 不足

慣性力이며 分離를 억제하는 作用은 粒子가 周圍로부터 받는 粘着力 또는 粘着抵抗力이다. 따라서 콘크리트의 材料分離에 대한 抵抗性은 굵은 골재의 최대치수가 클수록 적고 또한 콘크리트의 반죽질기가 클수록 적다. 콘크리트를 一定한 높이로부터 콘위에 떨어뜨려서 그 飛散狀況을 보아 材料分離의 程度를 判定하는 實驗(그림 3-3-1)에 의하면 굵은골재의 最大치수 및 반죽질기가 큰 콘크리트는 材料分離 傾向이 큰 것으로 나타나며 三軸壓縮試驗에 의한 굳지 않는 콘크리트의 粘着力은 單位水量的 增加와 함께 急激히 低下한다(그림 3-3-2).

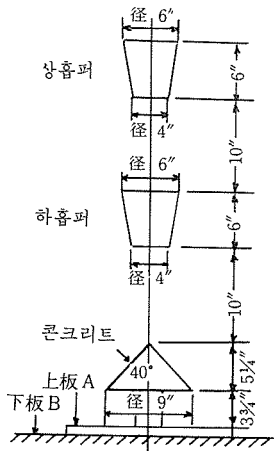


그림 3.3.1 分離試驗裝置

$$S \cdot F = \frac{A_a/A}{B_a/B}$$

$$C \cdot I = \frac{B}{A}$$

여기서

- { S·F : Segregation factor
- { C·I : Cohesion index

A : A-plate 上的 콘크리트重量

B : B-plate 上的 콘크리트重量

A_a : A-plate 上的 콘크리트中的 굵은 골재중량

B_a : B-plate 上的 콘크리트中的 굵은 골재중량

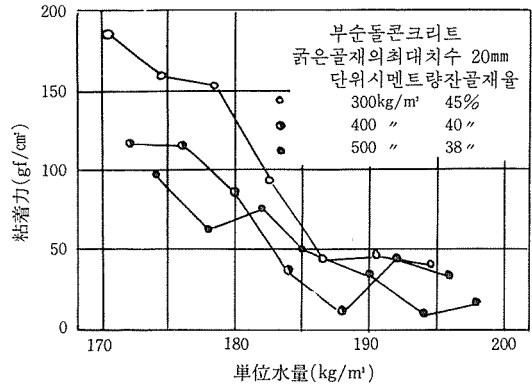


그림 3.3.2 單位水량과 굳지않은 콘크리트의 粘着力과의 關係

반죽질기가 一定한 콘크리트의 경우에는 單位 시멘트量 및 잔골재율에 의하여 分離抵抗性이 變化한다.

일반으로 이들이 過少이면 시멘트·물 또는 모르터의 粘着力이 적고 굵은골재의 容積比가 크게 되기 때문에 콘크리트의 分離抵抗性이 적어진다.

한편 잔골재율이 어느 程度이상 커진 경우에는 一定한 반죽질기를 얻는데 必要한 單位水량이 증가하는 不利한 影響이 있기 때문에 콘크리트의 粘着力은 最適잔골재율 附近에서 最大가 되고 그 以上 잔골재율을 크게 하여도 콘크리트의 材料分離 저항은 別로 變化하지 않는다. 위에서 最適잔골재율이란 물·시멘트比 및 반죽질기가 一定한 콘크리트에 있어서 單位水량이 最小가 되는 잔골재율을 말한다.

3-4 初期龜裂

콘크리트를 친후 1~2時間以內에 表面에 龜裂이 發生하는 일이었다. 이것을 成型性龜裂(plastic cracking)이라고 하며 다음과 같은 3가지로 大別된다.

① 初期收縮龜裂(plastic shrinkage cracking)

콘크리트를 친후 콘크리트表面이 블리딩에 의한 물로 덮이게 되는 경우가 보통인데 바람, 日射, 溫度 등에 영향에 의하여 水分의 蒸發이 현저하게 빠른 경우에는 水分의 補給이 뒤따르지 못하여 表面이 乾燥收縮을 일으켜 龜裂이 發生하는 일이 있다. 콘크리트의 凝結이 시작되면 블리딩수가 콘크리트内部에 吸收되며 또한 콘크리트의 伸張能力이 減少되기 때문에 콘크리트의 初期收縮에 의한 龜裂이 發生하기 쉽다.

② 沈降龜裂: 콘크리트는 치고 다진후 다시 아주 서서히 약간의 沈降現象이 일어나는데 이것이 骨材鐵筋 등에 의하여 部分的으로 沈降이 妨害되면 그 部分에 龜裂이 發生하기 쉽다.

以上の 龜裂을 막기 위해서는 表面마무리를 過度하게 하지 말아야 하며 水分의 蒸發을 極力막고 콘크리트 表面에 溫度의 急激한 變化를 주지 않도록 注意해야 한다.

③ 이들 龜裂이 發生한 경우에는 表面마무리를 다시하고 再振動을 하여 龜裂을 除去해야 한다.

4. 海 砂

4-1 概 說

良質의 骨材源인 河川은 環境條件의 變化, 河川의 改修 및 其間 大量 採取로 因하여 漸次 骨材가 枯渴되어 가고 있어 河川 保全上 一部 特定 地域以外에는 河川에서 骨材를 採取하기가 漸次 어렵게 되어 가고 있는 實情이다.

河川 骨材가 漸次 枯渴됨에 따라 骨材採取難의 他開策을 이미 1970年代初부터 論議하기 시작하였으며 특히 잔골재는 全的으로 河川砂에 依存해 왔기 때문에 近年에 와서는 地域에 따라서는 河川骨材源과의 距離관계로 매우 深刻한 問題가 대두되기 시작하였다.

이와 같은 現象은 英國, 佛蘭西, 西獨, 日本等地에서도 이미 일고 있는 實情으로 河川砂代身으로 海砂의 利用問題가 注意깊게 論議되어

왔으며 이미 一部 地域에서는 많이 利用되고 있다.

이러한 時點에서 우리나라에서도 河川骨材難의 打開策의 一環으로 우선 海砂의 利用問題가 注意깊이 舉論되어 1978년에 콘크리트 標準示方書(土木)와 建築工事標準示方書에 規定을 두어 조심스럽게 海砂利用의 길을 터 놓았다. 다만 이러한 規定들은 海砂가 含有하고 있는 鹽分과 조개껍질의 含有率이 콘크리트 構造物에 미칠 惡影響이 憂慮되고 있다.

이 중 조개껍질은 粒子의 모양과 크기에 벗어나는 것을 除去하기가 쉽기 때문에 이를 除去하여 使用하면 一應 解決이 되나 鹽分이 콘크리트에 미칠 惡影響이 깊어 憂慮되기 때문에 現場과 構造物의 與件에 맞추어 細心한 注意를 기울여 이에 相應하는 措置를 講究토록 하고 있다.

鹽分을 含有한 海砂의 使用은 無筋콘크리트에서는 一般으로 許容할 수 있으나 鐵筋콘크리트에 대해서는 鐵筋의 腐蝕을 促進하여 部材의 耐久性을 劣化시킬 憂慮가 있기 때문에 構造物의 耐久性 確保를 위하여 적지 않은 論難을 벌이고 있다.

그러나 海砂의 惡影響은 除鹽의 程度에 따라서 顯著히 다를 뿐 아니라 콘크리트의 配合, 치기, 다지기, 養生, 鐵筋의 덮개, 構造物의 種類, 部材의 露出狀態, 氣象條件 등에 따라서 다르기 때문에 簡單히 結論을 내리기가 매우 어려운 實情이다.

이에 海砂의 鹽分이 콘크리트의 性質, 鐵筋의 腐蝕과 耐久性에 미치는 影響 및 鹽分 含有率의 許容限度 등에 관하여 考察하고자 한다.

4-2 無筋콘크리트에 미치는 海砂의 影響

海砂를 使用한 시멘트 硬性債에 미치는 影響에 관한 많은 研究·調查報告에 따르면 크게 두드러진 影響은 나타나지 않으며 또한 無筋콘크리트 構造物에 있어서는 半世紀 以上이 經過한 것에서도 별다른 損傷이 보이지 않는 것으로 알려져 있다.

海砂中の 塩分이 0.1%以下이면 거의 河川砂를 사용한 콘크리트와 比較하여 強度發現에 差異가 나타나지 않는다. 塩分이 0.1%를 超過하면 硬化가 促進되고 初期強度의 增進이 認定된다. 乾燥収縮에도 별다른 差異를 發見하기 어렵다.

海砂에 의하여 콘크리트 中에 混入되는 塩化物은 添加劑로서 加해지는 量보다도 적으며 시멘트 硬化體의 性狀에 미치는 影響은 거의 認定키 어려운 것으로 본다.

4-3 塩分에 의한 鐵筋의 腐蝕과 耐久性

鐵筋콘크리트 構造는 引張力에 弱한 콘크리트를 鐵筋으로 補強하고 酸化하기 쉬운 鐵筋을 알칼리성인 콘크리트(PH≒12)가 保護한다고 하는 相互關係에 의하여 成立한다.

即 密實한 콘크리트 層개로 被覆되어서 空氣와 물이 遮斷되어 있는 限 鐵筋은 녹슬지 않는다.

一般으로 콘크리트의 水分은 飽和 空隙中の 水酸化 칼슘溶液(若干의 水酸化 나트륨과 水酸化 칼슘 包含)으로 存在하고 있으며 그 pH는 12~13이다. 이와 같은 알칼리성 環境에서는 鐵은 其 表面에 $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 酸化皮膜이 生成하여 不動態化하므로 鋼材의 腐蝕作用으로부터 保護되어 있다.

그러나 콘크리트의 알칼리성이 低下한다던가 콘크리트中에 어떤 有害成分이 存在하면 鋼材는 活性狀態로 變化하여 腐蝕이 일어난다.

鋼材의 腐蝕을 促進하는 有害成分은 하로겐 이온(Cl^- , Br^- 및 I^-), 黃酸이온(SO_4^{2-}), 또는 黃化物 이온(S^{2-}) 등의 陰이온이다.

塩化物 이온은 鋼材表面의 不動態皮膜을 局部的으로 破壞시키므로 鋼材表面에 孔蝕狀의 腐蝕을 일으킨다. 이러한 부식이 일단 進行하기 시작하면 腐蝕生成物(녹)은 鐵筋의 體積을 膨脹시키므로 그 膨脹壓이 콘크리트 層개의 剝離와 龜裂을 일으키고 龜裂은 다시 空氣와 水分을 끌어들여 腐蝕을 加重시킨다. 또한 鋼材表面에 不

動態部(非 腐蝕個所)와 活性部(腐蝕個所)가 存在하면 活性-不動態 電池가 構成되어 兩者間에 電位差가 생기므로 龜裂部分에 相當하는 活性部는 그 電池의 陽極部가 되어 腐蝕의 進行이 빨라진다.

鐵筋콘크리트 構造物에 塩化物이 混入되면 콘크리트의 抵抗率이 低下하므로 上述한 바와 같은 腐蝕電池作用이 促進될 뿐 아니라 電鐵레일 등으로부터의 迷走電流의 影響에 의하여 鐵筋의 電蝕이 일어날 憂慮도 있다.

4-4 海砂의 塩分 許容限度

鐵筋의 發錆, 腐蝕은 海砂中の 塩分에 의하여 促進되는 反面, 콘크리트 中에 析出되는 遊離水酸化石灰의 알칼리성에 의하여 抑制된다. 따라서 이를 兩作用 相殺性을 고려하여 여러 種類의 微量 塩分 濃度の 石灰飽和液中에 軟鋼板片을 浸漬하여 1年 以上の 腐蝕試驗을 實施한 結果에 의하면 發錆限界가 0.045%임이 밝혀진 바 있다. 이러한 實驗結果를 바탕으로 하여 海砂의 塩分許容限度를 計算해 본다.

지금 콘크리트 1m^3 中の 모래 使用量을 S, 單位使用水量을 W, 그리고 海砂의 塩分含有率을 α 라고 하면

$$\alpha < 0.045(W/S) \%$$

이어야 한다.

이것을 一般적으로 많이 使用하는 콘크리트에 대하여 換算하면 0.015%에 해당한다. 即 塩分이 0.015%(모래重量에 대한 NaCl)보다 많은 海砂를 使用하면 鐵筋이 腐蝕하게 된다는 말이 된다.

한편 콘크리트 混合用水를 水道물을 使用한다고 생각하는 경우 一般으로 水道물이 塩分許容限度가 30mg/l 이며 이를 食塩으로 換算하면 約 0.005%가 되므로 前述한 0.015%-0.005%하면 0.01%가 되어 石灰飽和水溶液 中에서의 鐵筋의 發錆에 대한 塩分の 許容限度가 얻어진다.

이와 같이 算出한 0.01%가 一應定說처럼 여

겨지고 있다.

그러나 콘크리트 中の 鐵筋은 보다 酸素濃度가 낮은 乾燥된 狀態에 놓여 있기 때문에 腐蝕되기 어렵다.

물·시멘트比 70%, 잔골재율 46%, 슬럼프 21cm, 單位시멘트量 280kg의 配合으로 만든 콘크리트로서 鐵筋腐蝕速度를 試驗한 研究報告에 따르면 콘크리트 中の 鹽分이 모래重量에 대하여 0.04%以下에서는 鐵筋의 腐蝕速度가 極히 느리며 腐蝕量도 極히 微微하다.

위의 實驗에 使用한 콘크리트보다 물·시멘트比가 적고 單位시멘트量이 더 많으면 鹽分の 含有率이 0.04%以上으로 增加한다고 해서 鐵筋의 腐蝕率이 반드시 增加하는 것은 아닐 것이다.

即 물·시멘트比가 적고 富配合의 水密性이 높은 密實한 콘크리트, 그리고 鐵筋덜개가 크면 이에 따라 鹽分の 許容限度를 보다 增加시킬 수 있을 것이다.

上述한 바를 바탕으로 하여 建築工事標準示方書의 5-2-3 鹽分許容量(1級 0.02%以下, 2, 3級 0.1%以下)이 定해졌으며 또한 콘크리트標準示方書(土木) 19.8의 解說에서는 構造物에 關聯된 諸條件을 綜合的으로 判斷하여 定하되 一應 0.1%以下를 標準으로 하도록 定하고 있다.

土木構造物은 構造物의 性質, 環境條件에 따라서 鐵筋의 덜개, 물·시멘트比, 單位시멘트量, 水密性 등이 顯著히 다르며 鐵筋콘크리트는 一般으로 富配合되어야 하며 單位시멘트 使用量도 300kg以上이고 반드시 水密性있는 密實한 콘크리트를 施工하도록 한 點을 감안하여 一應 0.1%以下를 標準으로 定한 것이다.

그러나 電蝕의 염려가 있는 鐵筋콘크리트 構造物 또는 特히 重要한 構造物에 使用할 콘크리트에는 鹽分の 許容限度의 標準을 더욱 낮게 定하도록 하고 있다.

從來 레디믹스트 콘크리트 工業標準規格(KS F 4009)에서는 海砂의 使用을 不許하였으나 最近 서울, 釜山 等地를 中心으로 날로 더해가는 骨材難으로 不得已 海砂의 事用을 許容할 수 밖

에 없다는 判斷아래 海砂의 使用을 許容토록 規格을 改正('85. 9. 7)하고 鹽分含量 許容限度를 0.04%로 制限하였다.

다만 海砂 採取位置와 採取深度에 따른 鹽分含有率의 差異, 海砂의 脫鹽法, 鹽分含有率을 低下시키기 위한 강모래와의 混合方法, 粒度의 調整, 鹽分含有量의 調査, 試驗方法 및 조개껍질에 관한 문제 등 海砂의 品質管理 그리고 海砂使用콘크리트의 施工 및 品質管理에 관한 格別한 配慮 없이는 耐久性을 保障하기 어렵다고 생각한다.

5. 特殊콘크리트

시멘트·콘크리트가 他의 工業材料에 比하여 현저히 뒤떨어진 點을 要約하면 다음과 같다.

- ① 引張強度가 弱하고 變形能力이 적으며 여러가지 原因에 의한 龜裂이 發生하기 쉽다.
- ② 硬化에 時間이 많이 所要되며 그 사이에 養生에 많은 노력과 注意를 기울여야 한다.
- ③ 硬化時에 乾燥하면 현저한 收縮現象이 일어나고 이것을 拘束하면 龜裂을 發生한다.
- ④ 各種의 酸 및 鹽類에 의하여 侵蝕된다.
- ⑤ 吸濕, 吸水性이 있다.

以上과 같은 缺點中 ②, ③은 結合材인 시멘트의 組成 또는 添加材에 의하여 改善될 可能性이 있다.

③의 문제를 解決하기 위해서 開發된 것이 超早強포틀랜드 시멘트나 超速硬시멘트 등 一聯의 早強性시멘트이며 ③의 문제를 解決하기 위하여 開發된 것이 膨脹材이다.

④와 ⑤의 問題를 根本的으로 解決하기 위해서는 合成高分子系의 結合材를 使用할 必要가 있다. 即 포리마 含浸콘크리트나 레진콘크리트 등이 이에 해당된다.

①의 문제에 관해서는 結合材와 骨材만에 의한 大幅의인 改善은 거의 不可能하며 나머지 解決策으로서는 他材料와의 複1化의 길이다. 이러한 생각에서 開發된 複合材料 中の 하나가 바

로 纖維補強콘크리트이다.

포틀랜드시멘트의 20%~70%程度까지를 各種 鑛物質粉末로 置換하는 混合시멘트는 鑛物質 粉末製造에 尠혀 熱에너지를 소모하지 않으므로 에너지節約型시멘트가 된다.

특히潛在水硬성을 가지는 高爐急冷슬래그를 사용한 高爐시멘트는 約 50%를 포틀랜드시멘트와 置換하더라도 強度, 耐久性 面에서 普通 포틀랜드 시멘트와 큰 差가 없으므로 將次 널리 使用될 可能性이 많다.

한편 河川骨材의 枯渴에 따라 海砂, 山砂 등을 사용할 경우가 늘어가는 傾向이 있다. 이는 콘크리트의 品質을 低下시킬 깊은 憂慮를 갖게 한다. 이러한 骨材事情의 惡化를 緩和시키는 데 一助가 될 수 있는 것으로 高爐슬래그 骨材의 利用을 들 수 있다. 高爐슬래그 骨材의 利用은 産業 副産物을 資源화한다는 큰 意義도 있다.

現時點에 있어서 이미 實用化되고 있거나 實用段階에 있는 特殊콘크리트를 들면 다음에 列擧하는 바와 같으며 이를 通하여 最新콘크리트 技術의 動向을 어느 정도 알 수 있으리라고 생각된다.

- (1) 特殊시멘트를 使用한 콘크리트
 - ① 膨脹콘크리트
 - ② 高爐시멘트를 使用한 콘크리트
 - ③ 超早強性시멘트를 使用한 콘크리트
- (2) 特殊骨材를 使用한 콘크리트
 - ① 人工輕量骨材콘크리트
 - ② 高爐슬래그 부순돌콘크리트

- ③ 其他 骨材를 使用한 콘크리트
 - a. 發泡포리에치엔骨材콘크리트
 - b. 크링카骨材콘크리트
 - c. 再生骨材콘크리트 등
- (3) 合成高分子 材料를 使用한 콘크리트
 - ① 레에진콘크리트
 - ② 폴리마시멘트콘크리트
 - ③ 폴리마습浸콘크리트
- (4) 特殊補強材를 使用한 콘크리트
 - ① 纖維補強콘크리트
 - ② 페로오시멘트(ferro cement)

6. 結 言

콘크리트의 材料나 施工技術이 他産業分野의 技術發展과 발 맞추어 日進日步하고 있다. 또한 새로운 形式 그리고 大型화된 構造物의 建設이 늘어나고 있다. 이에 따라 레디믹스트콘크리트의 役割은 더욱 더 擴大될 것이며 責任 또한 더 무거워진다.

發注者は 構造物의 所要性能에 適合한 그리고 施工技術에 알맞는 多樣한 性能의 콘크리트를 要求하게 될 것이다.

多樣한 콘크리트 構造物의 種類에 따른 品質特性 또는 品質水準이 必要하게 될 것이다. 新技術을 適用하고 新材料를 彈力的으로 利用하지 않고는 이에 副應하기 어렵다고 생각한다.

그러기 위해서는 技術向上과 新技術開發에 더욱 힘을 기울여야 한다. *