

콘크리트 技術의 將來

金敬澤 (訳)

松井嘉孝 工博  
建築材料 研究室  
日本大学校 教授

1. 머릿말

콘크리트 製造技術의 將來를 생각하면 將來라면 50年 앞, 100年 앞, 200年 앞이라고한 限定된 일이겠지만, 過去 現在에서 判斷하여, 日進月步하는 오늘날에 있어서는, 도저히 그렇게 복잡한것은 생각할 겨를도 없고, 3~30年 앞 정도가 타당하리라고 생각한다. 또 昨今은 未來學的인 考究도 있지만 우선 생각나는것은 「콘크리트는 살아있고 病도 난다」고 한 日本大學教授 関愼吾博士의 말이다. 콘크리트도 人間과 똑 같이, 頑健한 体格도 있고, 病弱한 體質, 長壽의 사람, 短命한 사람, 물에 뜨는것같은 콘크리트도 있고, 凍傷에 걸리기도 하고, 癌과 같은 病에 걸리기도 하는 콘크리트도 있다.

따라서, 콘크리트 技術者는, 要求되는 使用目的에 알맞는 健全한 것으로, 充分히 管理되는 것이어야 한다. 그때문에 그 때의 人間社會의 進展, 經濟的事情등을 考察하여 그에 처處한 콘크리트를 提供해야 한다. 勿論, 學問, 經驗, 實驗實習등 料學的, 合理的인 知見은 必要

하지만, 道義的, 精神的으로 콘크리트의 本質을 分別하여 實行한다는 것은 超必要事이다.

「溫故知新」이란 金言처럼 우선 콘크리트의 歷史的인 것을 考察하고, 將來를 되돌아 보기로 한다. 無機質의 結合材로서, 가장 오랜 것은, B. C. 3600年頃의 에집트의 피라밋 石積에 使用된 燒石膏이다. 그 뒤 그리스에서 發見된 消石灰, 그리고 火山灰등이 있고, 모래, 煉瓦屑, 碎石등을 넣은 물탈로서 使用되어 왔으나, 로마時代 가 되어, 나포리附近의 凝灰岩風化物인 포즈오라나(포조란)를 混合材로서 使用한 물탈을 使用하여, 판테온, 코로시암등을 建造한 것이 콘크리트의 起原이라고 불리워져 있다. 現今의 포트랜드시멘트의 시작은, 1824年 英國의 아스프진(Joseph Aspdin)이 시멘트 製造方法의 特許를 받고 나서, 各種의 水硬性 시멘트가 發明되었다.

1855年 프랑스의 람보(Lambot)가 鐵網에 물탈을 깐 鐵筋콘크리트板을 使用한 보트를 만들고, 또한 1867年에 프랑스의 庭園師 모니에(J. Monier)가 철사넣은 화분을 만든 것에 시작하여, 鐵筋콘크리트의 파이프, 鐵道の 枕木등을 發明하고나서 構築物로서 鐵筋콘크리트의 應用이 넓혀지고, 콘크리트의 및 鐵筋콘크리트造로서 오늘날의 發展을 보기에 이르렀다.

日本에 있어서는, 明治8年(1875年)에 官營 시멘트 工場에서, 生産出荷되고부터 콘크리트로서 使用되기 시작했다. 建築에서는, 鐵筋콘크리트造로서 明治37年(1904年)에 佑世保독크의 펌프室(眞島博士設計)이 시초라고 한다. 따라서 明38年(1905年)에 神戶 和團岬의 東京倉庫, 明治44年(1911年)에 橫濱三井物産支店事務所등 계속 建築되었지만, 몇몇 밖에 되지 않는다. 그 歷史는 100數年 이다.

歐美文明文化 導入以來, 煉瓦造, 石造등의 組積造의 建物이 不燃建築으로서 극히 隆盛 했으나, 大正12年(1923年)의 關東大地震을 만나, 全部라고 해도 좋을만큼 崩壞했다. 한편, 鐵筋콘크리트造는 現狀을 保存했기때문에 그 耐震性, 耐火性이 認識되어, 또 組積造는 禁止에 가까운 法制化(旧, 市街地建築物法)에 의하여 오늘에 이르고 있다. 따라서, 鐵筋콘크리트造는 60

余年이 지난것이 된다.

鉄筋콘크리트造(RC造)의 特性은, 耐震, 耐火, 그리고 耐久性인것이 學問, 技術의 進歩發展과 같이 認識되어 왔으나, 最近의 八戸, 大分, 伊豆, 宮城地方의 地震에 의하여, RC造의 몇몇이 崩壞, 破損등의 被害를 받아, 信賴性에 疑問을 낳게 했다. 調査報告에 의하면, 콘크리트의 品質과 配筋設計에 問題點이 있고, 콘크리트施工의 良否가 문제되어 있다.

昨今の 設計는 컴퓨터로 만들어진 經濟的設計라고 하는 原則으로 細密히 하지만, 施工은 旧態依然한 現實에서 考察한다면, 치밀한 設計施工을 期待해도, RC造의 本質的인 配慮하 있는 지 어떤지 疑問하지 않을 수 없다. 그래서 콘크리트에 대한 基本的理論을 把握하고, 經驗, 實驗, 實習등을 반복한 知見을 武器로 하지 않으면 안된다. 筆者는 建築研究者이므로 建築콘크리트라고 말하고 싶지만, 콘크리트의 基本은 土木도 建築도 없다고 생각하면서 建築을 對象으로 한 原點에 돌아가서 記述하며, 過去, 現在에서 洞察한 將來에 대하여 論하기로 한다.

## 2. 콘크리트의 製造技術

元來, 콘크리트란, 結合材(Cement, Binder)와 骨材(Aggregate)를 혼합하여 一體化 하고 硬化시킨 複合材料(Composite Materials) 이다. 그리고 高強度化, 高流動化, 워커피리치, 凍結融解性, 耐摩耗性, 水密性, ... 등의 性質의 向上改善을 위하여 混和材料가 使用되는 경우도 있다.

結合材에는 無機質의 것과 有機質의 것이 있으나, 一般으로는 無機質의 포트랜드시멘트系의 것이 主力이고, 有機質의 高分子系의 소위 플라스틱콘크리트系의 것이 實用化되어가고 있다.

원래, 콘크리트의 性質로서 要求되는 品質性能으로서, 각기의 要求目的에 合致한 強度, 耐久性, 水密性, 耐火, 熱性, 耐藥品性, 耐海水性, 耐凍結融解性, 經濟性등의 特性에 따라 設計計劃되는 것이지만, 結局은 均質性, 密實性이 重要한 特性이며, 또한 收縮하여 龜裂이 생기지않은것, 鉄筋과의 付着力및 韌性이 큰것

이 바람직하다. 그러기 위하여는, 좋은 콘크리트를 製造하는 基本的理念을, 恒常 念頭에 두지 않으면 안된다(이것은 後述함). 이 基本的인 것을 잊어버렸는지 昨今 台頭한 事象이 있는것 같으므로, 高邁한 여러분의 꾸지람을 甘受하겠음을 附記하는 바이다.

그런데, 콘크리트製造의 基本的理論이라고하는, 基本 原理(Principle)이 있다. 그것은 다음과 같은 것이다.

① 콘크리트는, 시멘트 페스트(Cement Paste, Neat Cement)로 骨材를 結合한 것이다.

② 콘크리트의 品質은, 시멘트페스트가 決定한다.

③ 시멘트페스트의 性質은, 시멘트의 品質, 시멘트의 水和作用 및 시멘트 濃度(水시멘트比)에 의하여 定해진다.

④ 所要의 워커피리치가 얻어지는것 처럼, 科學的으로 合理的인 調合을 定한다 (骨材粒 度, 軟度, 水量등).

⑤ 콘크리트의 運搬, 作業, 凝固에 適當한 워커피리치일것.

⑥ 所要의 要求目的에 合致하도록, 콘크리트의 運搬, 作業, 凝固, 完成, 養生을 할 것.

以上の 項目要素에 대해서는, 일일이 說明을 하지 않습니다만 要約한다면, 콘크리트는 要求目的에 合致한 品質을 가지도록 設計計劃하고, 그 중에서 施工이 容易하고 가장 經濟的인 콘크리트는, 좋은 콘크리트의 製造(그림-1)이고, 運搬, 作業, 凝固, 完成, 養生을 치밀하게 施工하는 것을 充分히 注意하여야 한다. 무엇이라도 學問, 實驗, 實習을 反覆 經驗하고, 科學的으로 經驗的으로 処置하는 것이 必要하다.

그렇다면, 좋은 콘크리트를 만들려면, 어떠한 點에 留意할 것인가는, 꽤 複雜한 要素가 集合한 作業의 連結이기때문에, 前述한 콘크리트製造의 基本原理的인 것을 簡略的으로 記述하면 다음과 같은 檢討 考察이 있다.

① 作業前의 充分한 여러가지 準備와 檢査가 必要하다. 즉 完全한 準備와 檢査를 怠慢하면, 後悔하는 일이 있다는 것을 銘記한다.

② 좋은 材料의 選定은 좋은 콘크리트를 만드는 原則이다. 콘크리트는 生物이라는 것을 銘心할 것이며, 시멘트의 種類・品質등은 각기 建物이나 環境, 또 設計, 經濟面등으로서 決定되고, 특히 骨材 選定은 重要하다. 骨材의 最大치수, 粒度등의 品質은 콘크리트의 均質性, 密實性, 完成등에 關係한다. 또, 要求에 應한 性能을 부여하기 위하여 適當한 混和材料를 고르는 것은 必要하다.

③ 要求되는 諸種의 性能에 應한 調合設計를 하지않으면, 좋은 콘크리트를 만들 수 없다. 좋은 콘크리트를 만들려면, 骨材등의 品質에 따라, 그 때 마다 워커퍼리치를 고려한 調合의 補正이 必要하다. 昨今은 레미콘(JIS A 5308 레디믹스트콘크리트)이기 때문에, 建築現場 技術者가 唯一한 材料製造者로부터 멀어지고, 콘크리트를 貰어본 다든가, 色調를 본 다든가 하는 五感性이 鈍해지고, 콘크리트製造技術, 管理등에 대하여 知見이 稀薄해진것 같으니까, 특히 이 知識, 經驗은 必要하다.

④ 材料의 計量에 대해서는, 精確하지 않으면 안된다.

⑤ 混合은 均質性(一樣性)을 重視한다. 그리고 대개 一定한 워커퍼리치(註1)의 좋은 콘크리트를 만드는 것이 必要하다. 現在로서는 주로 콘시스턴스에 起因하는 스텝프를 가지고 管理되고 있으나, 運搬하기 쉽고, 作業하기 쉽고, 分離하기 어렵고, 充分히 細部 구석구석까지 치밀하게 密實한 콘크리트로 完成시키는 것이 必要하다. 또 表面 活性劑를 使用할 境遇는, 空氣量, 減水量 등의 管理는 특히 注意하지않으면 안된다.

⑥ 運搬에 대해서는, 所定대로 혼합한 콘시스턴스 및 프라스치시치, 均質性 콘크리트 그대로의 것이 必要하다. 스텝프 低下나 分離를 일으키지않도록 한다. 특히 펌프工法에서는 留意하지않으면 안된다.

⑦ 作業 動作 方法은 콘크리트를 型틀內에 均質하게 구석구석까지 틈 없이 充填하고, 鉄筋 그 밖의 埋設物과 잘 接着하도록 施工

하지않으면 안된다.

좋은 作業이란, 콘크리트가 分離안되고 빈틈이나 모래등이 없도록, 또 作業에 의하여 型틀이나 鉄筋의 移動등이 없도록 할뿐 아니라, 이음面과의 接着이 좋고, 収縮龜裂, 沈下龜裂등이 생기지않은, 完工치수가 正確하고 表面完工의 程度(피닛샤비리치)가 좋은것이 아니면 안된다.

⑧ 締固는, 充分히 密實하기 위하여 各處에 施工하며, 鉄筋등의 補強物이나 埋設物등과의 接着을 잘 하여 틈사이가 없는 構造物을 만들것이며, 完工表面을 平滑하게 한다. 또 때로는 露出콘크리트와 같이 表面을 美觀的으로 할것도 念頭에 두지않으면 안된다.

⑨ 이음매 없이 連續的으로 完工하는 것은 바람직 하지만, 實際에는 不可能한 일이다. 一般的으로는 콘크리트의 硬化前 및 硬化後와의 이음매가 있지만, 硬化後의 이음매部分은 構造物의 弱點이 되어 完全一體가 되지않으므로, 이음面의 레이탄스를 한다. 面을 거칠게 한다. 面에다 段등의 施工을 한다. 散水한다든가 하는 동안에, 接着을 잘 하기위하여 仕樣에 忠實하지않으면 안된다.

⑩ 完工은 表面에 타일 그 밖의 施工 如何에不拘하고 똑 같도록 注意할 것이며, 凸凹, 틈사이, 곰보, 흠등이 없는 훌륭한 完成으로 한다. 또 스러브등과 같은 水平面일때는, 硬化前에 몰탈 그 밖으로 同時 完工을 하는 것이 바람직하다.

以上 사실 初步的인 것을 記述했으나, 그것들이 基本的인 것이며, 要是 欠陷콘크리트란 汚名을 가지고, 過去 現在를 되돌아 보면 塞心한 것이 있으며, 有爲한 技術者에게 굳이 記述한 것을 양해바란다. 將來 어떠한 技術的 進歩가 있어도, 全혀 人間은 道樂的으로 精神的으로 콘크리트의 本質을 짐작하여, 溫存되어 있는 學問 經驗등을 살려야 한다고 痛感하는 바이다.

### 3. 施工技術의 反省과 改良點

昨今의 建設業界에서의 材料, 施工의 技術開發이나 研究는 눈부신 것이고, 모든 우수한 콘크리트 構造物이 建築되어 있으나, 한편으로는,

水 密 性

進行空氣量을 適當히  
 水시멘트比를 적게  
 單位水量을 적게  
 粒度가 좋은 骨材: 砂量을 적게  
 둥근 모양의 骨材: 適量의 微細시멘트  
 프리스틱한 配合(水量이 過多하지 않은) 振動  
 均質한 콘크리트  
 워커블한 配合 完全한 混合  
 適正한 取扱 振動  
 適當한 養生  
 適當한 溫度 最小의 溫度損失  
 優良한 骨材  
 水 密 構造의 安定性  
 最大치수를 크게  
 安定한 시멘트  
 C<sub>2</sub>A, MgO, 遊離 Cao를 적게  
 Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O를 적게, 단 偽凝結을 하지 않을것

容積變化가 적을 것

化学作用抵抗  
 滲出(溶解)  
 其他作用  
 外的  
 自己原因形

風化抵抗  
 溫度變化  
 濕度變化  
 凍結融化

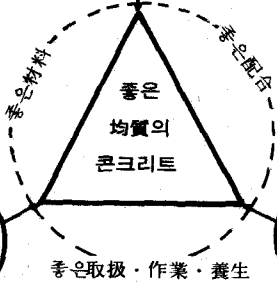
磨蝕抵抗  
 流水  
 機械的磨蝕

㉑ 水시멘트比를 적게  
 單位水量을 적게(上掲)  
 均質한 콘크리트(上掲)  
 適當한 養生(上掲)  
 不活性인 骨材  
 시멘트의 알칼리에 對한 抵抗이  
 있어 콘타리트中에서 安定  
 安定한 시멘트(上掲)  
 土壤 및 地下水 속의  
 塩類에 對한 抵抗

耐久性

㉒ 水시멘트比를 적게  
 單位水量을 적게(上掲)  
 높은 強度  
 適當한 養生(上掲)  
 密實均質인 콘크리트(上掲)  
 特殊表面 完工  
 모래 속의 微細粉을 적게  
 骨材의 磨蝕抵抗  
 機械 完工

強度



經濟

㉓ 좋은 페스트  
 水시멘트比를 적게 適當한 養生  
 시멘트品質의 適正  
 좋은 骨材  
 構造의 安定性  
 適正한 均等粒度  
 좋은 形狀 및 組織  
 密實한 콘크리트  
 單位水量을 적게  
 프리스틱한 워커블 配合  
 充分한 混合, 振動, 空氣量을 적게

㉔ 材料의 適切한 使用  
 最大 치수를 크게  
 良好한 粒度  
 포조란  
 損失을 最小로  
 스텝프를 最小로  
 시멘트量을 最小로  
 能率이 좋은 作業  
 適當한 設備  
 効率이 좋은 操作, 配置 및 組織  
 自動制御  
 取扱의 容易  
 均等한 워커블 配合  
 均質인 콘크리트  
 振動  
 엔트레인드 에어

〈그림-1〉 좋은 콘크리트의 主要한 性質, 그 關係 및 이를 支配하는 要素(콘크리트 마뉴얼, 美國內務省開拓局編)

生産性的 合理化가 아니고 省力化 혹은 高度成長時의 弊害에 의한것인지, 欠陥이 있는 構造物이나 보기도 험한 構造物이 있는것도 事實이다.

現行의 建築生産 시스템에서는, 複雜한 流通機構, 設計圖書의 高度화와 矛盾, 施工業者의 技術的인 不均衡, 專業化和 責任範圍, 建物の 成果를 評價하는 適切한 方法 및 建物の 性能과 코스트의 結合등 하나 하나 解決해 나가지 않으면 안될 問題가 山積되어 있다.

元來, 施工技術은 時代의 進歩와 社會의 要請과 같이 變할것이지만, 좋은 콘크리트 構造物을 만드는 基準的인 理念은 「最小限의 물로써 콘크리트를 섞어, 型틀로 均質하게 密實充填시킨 뒤, 될 수 있으면 많은 물등으로 養生하는」 것이고, 어느 時代에도 變하지 않은것은 아니라는 것은 前述한 바이다. 여기서는 筆者가 평소 思考하고 있는 콘크리트 工事に 關한 技術上의 反省과 改良點에 대하여 말하고 싶다.

여기 十數年來, 工事現場에서는 現場混入 프란트가 사라지고, 펌프工法の 普及에 의하여 적은 人員으로 하루에 大量의 콘크리트가 작업되도록, 確實히 省力化, 合理化가 추진되어 왔다. 그 反面, 專業化에 의하여 콘크리트의 基本的 技術까지도 이루어진 結果가 되었으며, 콘크리트 技術者로서의 教育의 展望이 必要하다. 특히 大量의 콘크리트가 打設되는데 比하여 작업·縮固의 人員이 늘지않은것이 이상하며, 當然히 軟한 콘크리트를 넣으면 구열이 생긴다.

스럼프 18cm 程度의 콘크리트는, 極端으로 나쁜 部材断面形狀이나 配筋이 아니면, 옛날부터의 工法으로도 充分히 된다. 이와 같은 程度의 콘크리트의 生産 努力이 바람직하다.

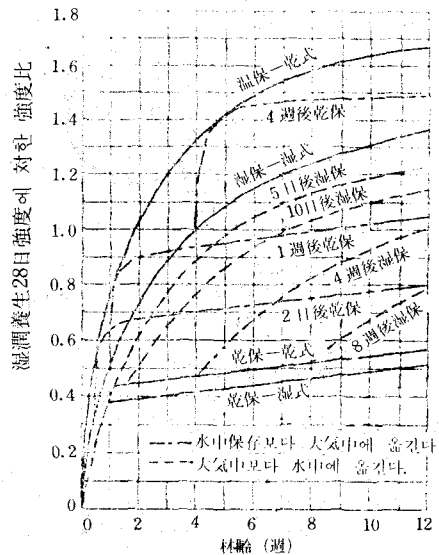
元來 스투프가 작은만큼 品質이 좋은 것이지만, 建築에서는 建物の 部材断面 寸수가 가늘고 얇게(스렌더), 配筋이 複雜하기 때문에 콘크리트가 들어가지않는다는가, 바이프레이터가 挿入 안되는등 生産場의 理由에 따라, 軟한 콘크리트가 만들어져 왔다. 그러나, 技術開發이 盛한 오늘날에 있어서는, PC板의 製造까지 안가드래도, 스투프 15cm쯤의 콘크리트를 現場作業하는 새로운 工法이 開發 되어도 좋지않을까?

이러하면, 코스트가 配筋등의 檢討는 勿論, 型틀을 研究하여 콘크리트를 쉽게 넣어, 바이프레이터에 의하여 加振하여 縮固시키는 方法이 생각된다.

그런데, 전혀 이상스러운 이야기로서, 만든 콘크리트에 水分을 供給안하면 強度增進이 바라지못한다는 것은 누구라도 알고 있는데(그림-2), 軀體콘크리트를 散水 其他에 의하여 養生하는 케이스가 극히 적은것이다. 이 理由로서, 建設工程上 곧 다음 과정이 必要하다든가, 짧은 工期로 完成에 有利한것등이 있으나, 軀體의 性能을 犧牲할 일은 없겠지만.

특히 文獻에 의하면, 스투브나 垂直部材로 비벼넣어 上面에서 깊이 40~50cm까지의 強度는 테스트피스 強度에 比하여, 꽤 작은 値를 보이는것을 알고 있다. 管理者까지 포함하여 테스트피스를 現場水中養生(또는 標準養生)으로 充分히 養生하여 強度를 云云하지만, 소중한 構造物의 養生을 너무 問題(諦念인지...)를 삼지않은것 같이 보인다. 어차피 콘크리트의 本質을 잊어버리지않기 바라는바이다.

〈그림-2〉 濕潤養生28日 強度에 對한 各種 養生方法의 경우의 強度比(Cilkey)



#### 4. 材料施工의 展望

社会, 經濟界의 進展, 變轉등에 의한 施工의 合理化, 省力化등과 같이 資源의 枯渴化 및 省資源, 省에네르기 등에서 새로운 콘크리트用材料가 出現되어 왔다. 또, 昨今の 펌프工法의 問題点에서 새로 다시 앞으로의 펌프工法, 半世紀末의 雜物인 龜裂对策, 이제부터의 海洋과 콘크리트 材料등, 材料施工上으로 將來를 내다 보아, 그것들의 一端을 말하겠다.

##### (1) 새로운 콘크리트用 材料

###### 가) 시멘트

耐硫酸鹽 포트랜드 시멘트(JIS R5210)은 昨年 4월에 追加 JIS化 되었다. 이 시멘트는 普通 포트랜드 시멘트에 比較하여 C,A量이 적으므로 <表-1>, 硫酸鹽의 侵食作用에 對한 抵抗性은 大, 水和熱은 小, 乾燥收縮은 小이다. 따라서 一般建設工事を 비롯하여 硫酸鹽을 포함한 土壤, 地下水, 下水등에 接觸되는 콘크리트에 適合하다.

또, 省資源, 省에네르기를 도모하기때문에 포트랜드시멘트에 몇%의 高炉水碎스라그를 添加할 檢討가 行하여지고 있다고 들었지만, 몇% 程度의 添加라면 從來의 포트랜드 시멘트의 性質과 같이 變하지않고, 要求目的이 達成되므로, 좋은 方策이라고 말할 수 있다.

###### 나) 混和劑

昨今은 펌프工法에 의하여 콘크리트가 圧送 打設되어, 여러 問題点을 내포하고 있으나, 그 施工法을 改善하는 意圖에서 高流動化劑의 使

用 및 後添加의 方法이 檢討되어 있다. 이들은 決코 새로운 것(注2)은 아니나, 最近 특히 그 檢討가 活發化 되어 있다.

또, 細骨材의 枯渴化에서 地域에 따라 海砂의 使用이 많아졌다. 海砂를 含有하는 塩分때문에 콘크리트속에 鋼材가 녹슬 위험이 있으므로, 그 防禦로서 防鏽劑가 開發되어 왔다. 또, 參考로 1977年 10月 24日 日本의 建設省住宅局 建築指導課長으로부터 特定行政庁建築主務部長

細骨材中の 塩分含有量에 關한 規定  
(建設省住指發第759号)  
<表-2>

| 塩分含有量 (NaCl 換算値)     | 對 應 策   |
|----------------------|---|
| 0.04%以下              | 使用에 支障없다.   |
| 0.04%를 넘어<br>0.0% 以下 | 다음 (가) 및 (나)에 適合할 것.<br>(가) 水시멘트比 55%以下로, 또한, 스텝프 18cm以下, 또는 50%以下로, 또한, 스텝프 21cm以下<br>(나) 適切한 防鏽劑를 使用, 또는 바닥의 下端筋의  두께가 3cm以上으로, 또한, AE 減水劑를 使用.         |
| 0.1%를 넘어<br>0.2% 以下  | 다음 (가, (나) 및 (다)에 適合할 것.<br>(가) 水시멘트比 50%以下로, 또한, 스텝프 18cm 以下<br>(나) 適切한 防鏽劑를 使用<br>(다) 鉄筋의 埋힌  두께가, 기둥 및 들보로는 4cm 以上, 바닥의 下端筋으로는 3cm 以上, 또한, AE 減水劑를 使用. |

(註) · AE減水劑는 JASS 5 T-401(콘크리트用 表面活性劑의 品質規準)에 適合할 것.  
· 防鏽劑는, 日本建築센터의 評定을 받은 것으로 한다.

<表-1>

耐硫酸鹽 포트랜드 시멘트의 試驗例

| 시멘트의 種類         | 項目     | 比重              | 브렌 (cm <sup>2</sup> /g) | 凝 結             |                 |                 | 安定性 | 후 로 (mm)      | 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> ) |               |               | C,A (%)     |
|-----------------|--------|-----------------|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----|---------------|----------------------------|---------------|---------------|-------------|
|                 |        |                 |                         | 水量 (%)          | 始發 (時-分)        | 終結 (時-分)        |     |               | 3 日                        | 7 日           | 28 日          |             |
| 普通 포트랜드시멘트 (參考) | 試驗置之範圍 | 3.15 *<br>~3.16 | 3,100 *<br>~3,360       | 25.6 *<br>~28.2 | 1-52 *<br>~3-00 | 2-52 *<br>~4-28 | 良 * | 224 *<br>~256 | 105 *<br>~135              | 200 *<br>~243 | 378 *<br>~410 | 7.5<br>~10  |
|                 | 試驗置之範圍 | 3.19<br>~3,20   | 3,200<br>~3,570         | 25.5<br>~27.0   | 2-25<br>~3-19   | 3-40<br>~4-43   | 良   | 256<br>~273   | 124<br>~141                | 178<br>~195   | 324<br>~384   | 1.6<br>~3.0 |
| 耐硫酸鹽 포트랜드 시멘트   | 規格值    |                 | 2,500 以上                |                 | 60分 以上          | 10時間 以内         | 良   | -             | 70以上                       | 140以上         | 280以上         | 4 以下        |

(註) \* JASS 5의 表 3.3에서 引用. \*\* 原田外著 「建築材料」 (理工圖書刊)의 4.4表에서 引用.

註2 高流動化劑의 使用은 1962年 에서 後添加가 이루어졌다. 1962年 에 施工된 日本專売公社水戸工場이 最初라고 생각된다.

앞으로 發信된 細骨材의 塩分含有量의 規定을 (表-2)에 보인다.

콘크리트用 碎砂의 JIS 規格(案)의 概要

(表-3)

|                     |    |       |
|---------------------|----|-------|
| 絶乾比                 | 重率 | 2.5以上 |
| 吸水率                 | 性  | 3%以下  |
| 安定性                 |    | 10%以下 |
| 洗×試驗에 의하여 없어지는量 (%) |    | 7%以下  |
| 粒形判定 実積率            |    | 53%以上 |
| 組粒率의 變動許容範圍         |    | ±0.15 |

다) 混和劑  
昨今の 콘크리트 構造體는 龜裂의 發生이 현저하게 많아졌다. 故에 日本建築學會에서 「膨張材를 使用하는 콘크리트의 調合設計·施工指針案」(1978年 2月)을 發行했다. 膨張材의 使用에 있어서는, 그것을 参照하기 바란다.

(表-4)

水碎스라그碎砂의 品質

| 項目                             | 美國의 例 | 西獨의 例 | 북센부르그의 例 | 日本           | JIS 原案 | 品質基準案 | 프랑스 規格 |
|--------------------------------|-------|-------|----------|--------------|--------|-------|--------|
| ig. loss                       | —     | —     | —        | + 0.03~ 0.52 | —      | —     | —      |
| SiO <sub>2</sub>               | 32~48 | 31.4  | 34.0     | 31.48~39.04  | —      | —     | 29~38  |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 10~18 | 12.4  | 14.4     | 13.48~16.39  | —      | —     | 13~24  |
| CaO                            | 32~48 | 36.8  | 42.6     | 38.99~42.80  | <45.0  | <45.0 | 38~48  |
| 化学成分 (%)                       |       |       |          |              |        |       |        |
| MgO                            | 4~18  | 11.9  | 4.05     | 4.80~ 5.70   | —      | —     | < 6    |
| FeO                            | —     | 0.7   | 0.78     | 0.27~ 1.10   | < 3.0  | < 3.0 | < 4    |
| MnO                            | —     | 0.7   | 0.53     | 0.57~ 1.46   | —      | —     | < 2    |
| TiO <sub>2</sub>               | —     | —     | 0.52     | 1.17~ 2.54   | —      | —     | —      |
| S                              | 1~ 3  | < 2   | 0.73     | 0.65~ 1.12   | < 2:0  | < 2.0 | < 2    |
| SO <sub>3</sub>                | —     | 0.5   | —        | tr~ 0.21     | < 0.5  | < 0.5 | < 0.5  |
| pH                             | —     | —     | —        | 8.5~11.8     | —      | —     | —      |
| 유리含有率 (%)                      | —     | —     | —        | 11.3~99.3    | —      | —     | —      |

- (註) • United States Steel Co.에 의한  
• (財) 建材試驗 세타콘크리트用高妒스라그骨材標準化研究委員會에 의한.  
• (社) 日本鐵鋼連盟콘크리트用水碎스라그骨材使用規準作成研究委員會에 의한.  
• NF P18-306 Sept. 1965 에 의한.

(表-5)

水碎스라그碎砂의 品質

| 項目     | 絶乾比重  | 吸水率 (%) | 單位容積重量 (kg/l) | 実積率 (%) | 洗試驗에 의하여 없어지는量 (%) | 組粒率  |
|--------|-------|---------|---------------|---------|--------------------|------|
| A      | 2.51  | 1.49    | 1.41          | 56.3    | —                  | 2.75 |
| B      | 2.60  | 2.90    | 1.68          | 62.8    | —                  | 2.53 |
| C      | 2.55  | 2.39    | 1.59          | 62.2    | 3.4                | 2.59 |
| D      | 2.81  | 0.49    | 1.89          | 67.4    | 2.6                | 2.78 |
| E      | 2.59  | 1.67    | 1.47          | 56.7    | —                  | 2.43 |
| 日本 F   | 2.60  | 1.94    | 1.58          | 60.8    | —                  | 2.35 |
| G      | 2.91  | 0.50    | 1.94          | 66.6    | —                  | 2.55 |
| H      | 2.58  | 3.13    | 1.64          | 63.5    | 3.6                | 2.79 |
| I      | 2.60  | 1.88    | 1.48          | 56.8    | 1.0                | 2.56 |
| J      | 2.52  | 3.04    | 1.53          | 60.1    | 2.8                | 3.00 |
| JIS 原案 | 2.5 < | <2.5    | 1.45<         | —       | —                  | —    |
| 品質基準案  | 2.5 < | <3.5    | 1.45<         | —       | < 7                | —    |
| 프랑스規格  | —     | —       | 0.80          | —       | —                  | —    |

후라이앗슈는 콘크리트 컴프工法의 경우, 콘크리트로 添加하면 施工性이 현저하게 改善되므로 混和劑로서 有用하다. 또, 마스콘크리트에 후라이앗슈를 使用하면 水和熱이 적어진다. 今後의 建築物은 巨大化되어 간다고 생각되어, 가령 基礎콘크리트등은 마스콘크리트의 適用을 받게 될것이다. 高炉스라그粉末이라고 하면 一般的으로 水碎스라그粉末을 보이고, 混和材로서 有用하다고 한다.

라) 細骨材

河川의 細骨材의 枯渴을 보충하는것으로 碎砂 및 高炉스라그碎砂가 있다. 碎砂에는 JIS(案)이 보이고 있는것으로 <表-3>에다 보인다.

高炉스라그碎砂에는, 急冷(水碎) 스라그碎砂 <表-4,5>와 徐冷스라그碎砂 <表-6>이 있다. 前者는 長時間에 걸쳐 屋外貯藏을 한 것은, 콘크리트用 細骨材로서 有効하다. 특히 海砂를 使用하므로써, 塩分含有量을 確實히 低減시킬수 있고 또, 細骨材의 粒度의 調整등에도 有用하다고 한다 後者는 含有되는 硫黃分이 硬化後의 콘크리트의 安定性 또는 鋼材의 發錆등에 미치는 影響이 分明치않으므로, (財) 建材試驗센터 콘크리트用 高炉스라그骨材標準化 研究委員會에서는, 生産上, 目標로 하는 品質에 대하여 提案하고 있다(1977年 3月, <表-7>).

마) 粗骨材

高炉스라그碎石은, 溶鐵炉를 가진 製鐵所 附近을 中心으로 今後, 使用 될것이라고 생각된다. 高炉스라그 碎石은, 1977年 6月에 JIS A 5011(콘크리트用 高炉스라그 粗骨材)로서 制定되어, 또 그에 基盤으로하여 日本 建築學會 및 土木學會에서는, 高炉스라그碎石 콘크리트의 施工指針案을 發行하고 있다.

以上の 外에, 省資源의 觀點에서 發棄物 콘크리트의 骨材再活用등이 考案되어 있지만 實用化에는 아직 難問이 있지않을까 고려된다.

<表-7> 徐冷高炉스라그碎砂의 生産上目標로 하는 品質

| 項 目                | 品 質   |
|--------------------|---|
| 化学成分 (%)           | 酸化칼슘(CaO로써) 45.0以下<br>全 硫 黃(S로써) 1.5以下<br>三酸化硫黃(SO <sub>3</sub> 로써) 0.5以下<br>全 鐵(FeO로써) 3.0以下 |
| 紫 外 線 (360.0mm) 照射 | 發光안하든가, 또는 같은紫色으로빛날것  |
| 絶 乾 比 重            | 2.5以上   |
| 吸 水 率 (%)          | 3.0以下   |
| 单位容積重量 (kg/l)      | 1.45以上  |
| 粗粒率의 變動許容範圍        | ±0.15   |

搬入된대로의 徐冷스라그碎砂의 品質의 一例(依田)

<表-6>

| 項 目                | 製 鐵 所           | A     | B          | C          | D          | E          | F          |
|--------------------|-----------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 組 粒 率              |                 | 2.7   | 3.1        | 2.9        | 2.7        | 3.0        | 2.7        |
| 絶 乾 比 重            |                 | 2.65  | 2.59       | 2.64       | 2.61       | 2.45       | 2.72       |
| 吸 水 率 (%)          |                 | 3.6   | 3.2        | 3.8        | 4.8        | 5.9        | 3.4        |
| 单位容積重量 (kg/l)      | 짓킹工法            | 1.80  | 1.65       | 1.79       | 1.78       | 1.67       | 1.80       |
|                    | 棒突法             | 1.78  | 1.62       | 1.75       | 1.76       | 1.64       | 1.77       |
| 实 積 率 (%)          | 짓킹工法            | 67.3  | 63.3       | 67.4       | 67.8       | 68.0       | 65.8       |
|                    | 棒突法             | 66.5  | 62.2       | 66.3       | 67.2       | 66.5       | 64.9       |
| 洗試驗에 의하여 없어지는量 (%) |                 | 6.5   | 5.4        | 8.0        | 7.9        | 7.6        | 6.2        |
| 有 機 不 純 物          | 標準色液보다 많다.      |       | 標準色液보다 많다. | 標準色液보다 많다. | 標準色液보다 많다. | 標準色液보다 많다. | 標準色液보다 많다. |
| 塩 分 (%)            |                 | 0.008 | 0.004      | 0.003      | 0.008      | 0.006      | 0.003      |
| 比重1.95液体의 浮粒率 (%)  |                 | 0.0   | 0.0        | 0.0        | 0.1        | 0.1        | 0.0        |
|                    | CaO             | 39.7  | 41.2       | 39.8       | 39.9       | 41.9       | 41.6       |
| 化学成分 (%)           | S               | 1.0   | 0.6        | 1.1        | 0.9        | 0.8        | 0.9        |
|                    | SO <sub>3</sub> | 0.30  | 0.12       | 0.19       | 0.10       | 0.18       | 0.14       |
|                    | FeO             | 0.3   | 0.4        | 0.3        | 0.4        | 0.4        | 0.4        |
| pH                 |                 | 11.0  | 10.9       | 11.4       | 11.5       | 11.0       | 10.6       |
| 유 리 含 有 率 (%)      |                 | 9.0   | 5.0        | 12.8       | —          | 3.0        | 3.6        |
| 紫 外 線 (360.0mm) 照射 |                 | 紫 色   | 紫 色        | 紫 色        | 紫 色        | 紫 色        | 紫 色        |



## (2) 앞으로의 펌프工法

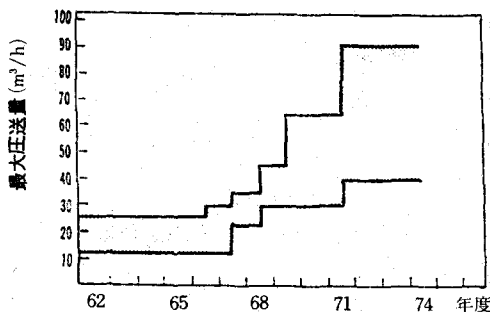
建設現場에서의 콘크리트 打設에 관계되는 펌프工法은, 특히 建築의 경우에는 定着했지만, 과연 이들의 콘크리트 펌프工法은 어떻게 될지 予測을 한마디로는 推定하기 어렵다. 적어도 建築에 대해서는, 거의 施工条件에 対応하기까지의 能力은 펌프에도 갖추었다고 생각하면, 運搬이나 비버넣기 쉬운 펌프工法은 무엇이나? 가 된다. 理想的으로는, 配管의 각각에 발브(蛇口)가 있어 必要에 따라 必要한만큼의 콘크리트를 끌어낼 수 있다고하면, 安성맞춤이 되겠지.

한편, 콘크리트의 品質로서는 現狀과 같은 무른 콘크리트에서 脱皮하여, 단단한 콘크리트로 나간다면, 그에 適당한 工法이나 工事を 進행시키지않으면 안된다. 外國에도 자랑삼아 보일 수 있는 콘크리트이고 工法이 아니면 안된다. 콘크리트가 湯水와 같이 發泡에서 나오는 것은, 品質上으로는 否定하지않을 수 없다.

콘크리트 펌프工法은, 機械式에서 液壓式으로 發展, 스퀴즈식과 같은 特殊한 생각도 있지만, 定置式에서 스킷트식 그리고 日本과 같은 車載式이 되어, 最近으로는 掘式이 多用하게 되어 왔다. 한편, 圧送距離나 圧送量은 <그림-3>(a, b)과 같이, 이 10年 크게 進展하고, 高所나 長距離圧送이 可能하게 되었다. 펌프의 性能保證(圧送높이 또는 圧送圧)도 되고, 디스트리뷰터분배에 의한 配管으로 360° 어느 方向으로도 콘크리트를 할 수 있게 되면, 圧送理論을 云云하지않고도 運搬計劃이 可能하게 된다.

콘크리트工事は, 今後 보다 省力化의 方向으로 改善하게 될것이다. 우리들로서는 單純한

<그림-3>-(a) 最大圧送量の 推移



펌프工法의 追究가 아니면 안된다는것을 付記하고 싶다.

## (3) 龜裂 対策

龜裂(crack)은 半世紀에 미치는 難題이고, 그 直接原因은 乾燥收縮, 溫度応力, 荷重外力 등 多岐에 걸쳐 있다. 現今의 建築은 옛날에 比하여, 設計上 構造材의 断面치수가 一般적으로 작아지고, 콘크리트의 密實, 均質 등 充填性의 完全한 施工은 어렵고, 龜裂이 發生하기 쉬운 狀態가 되었다. 콘크리트 펌프工法이 一般化하고 極端적으로 무른 콘크리트의 使用에 따라, 收縮量은 以前에 比하여 커져는 있어도, 改良의 方向으로는 안가고 있다.

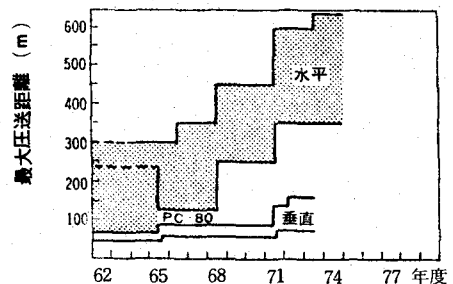
龜裂対策의 앞으로의 方向으로서는, 構造部材의 極端인 断面치수의 減少를 反省함과 同時에, 施工上의 하나의 具体策으로서 從來의 因習에 不拘하고, 스텝 15cm 정도의 중간 반죽 혹은 硬練콘크리트의 施工에 前進의 方向으로 나갈 必要가 있다. 특히 콘크리트工法에 의한 打設은, 앞으로 더욱더욱 單純化, 省力化 등의 面으로 使用될것이니까, 施工上의 機械器具를 包含한 工法의 改善을 避하도록 할 必要가 있다고 생각된다. 또 膨張材, 減小劑과 같이 混和材料의 使用은, 龜裂低減을 위한 앞으로의 한계 기둥이 될것이라고 생각되지만, 아직 決定的인 것은 안되어 있다.

龜裂의 対策은, 材料·施工·構造·設計의 各分野의 프로젝트 結成에 따라서 一層密接한 協力에 依하여 万全을 万全을 期하여야 한다.

## (4) 海洋과 콘크리트材料

昨今, 建築界에서 海洋空間을 積極적으로 利

<그림-3>-(b) 水平 및 垂直最大圧送距離의 推移



用하려고하는 氣運이 높아가고 있다. 이를테면 海上都市, 漁業基地, 에어포트, 發電所 등의 構想이 多彩하다. 日本建築學會에서는, 1975년에 海洋委員會가 設置되어 海洋構造物設計指針案의 作成이 시작되고, 그 成案이 기다려진다.

그런데, 海洋構造物材料로서는, 鋼材와 콘크리트라고 하겠지만, 특히 콘크리트는 耐久性, 經濟性에 있어서도 比較的 優位에 있고, 앞으로 利用될것은 想像된다. 더더구나 海洋環境의 特殊性을 생각하면 物理·化學的抵抗性이나 韌性 向上의 要求度가 必然的으로 높아질것이며, 그렇게 되면 프라스티크콘크리트, 纖維補強콘크리트, 페로시멘트등이 크로즈업된다. 또, 苦酷한 條件下에 콘크리트가 日光에 바래면, 鉄筋에 生기는 發錆의 防禦는 耐久性上 重要한 問題이다.

덜인 두께를 증가시키는 設計上의 考慮나 密實, 均質한 콘크리트로 만들기 위한 材料施工上의 配慮와 実行은 超必要事이지만, 海洋施工을 想定하면 鉄筋을 防錆被覆하는 등의 積極策도 強要하게 될것이다. 이 밖에, 部材断面 寸수의 增大에 따른 水和熱의 問題 潮位變動帶附近에서의 콘크리트의 劣化對策, 生物附着 등 今後 解決을 必要로 하는 問題는 決코 적지않다.

한편, 施工上의 最大問題는 高水壓下에서의 水中打設工法과 그 技術이다. 本國架橋에 보이는 프레카드 콘크리트를 비롯하여, 트레머 콘크리트工法은 그 代表로 着做되지만, 특히 前者는 많은 実績과 높은 技術 레벨에 達하여 있는 것 같다. 一般的으로 콘크리트의 水中施工은, 變動이 심한 氣象條件下에서 長時間에 걸친 連續作業이 要求되고 또, 品質의 確認이나 修正을 할 수 없는 難點을, 窺知할 수 있다. 所謂 豊富한 經驗에 立脚한 細心한 管理와 對策上 成立하는 予測의 技術이기도 하다. 個個의 技術을 어떻게 짜는가, 특히 海洋施工에 關해서는, 소프트웨어 先行支配型의 패턴은 當分間은 非할 수 없을것이다.

海洋構造物이 陸上의 것과 確實히 다른 點은, 欠隔콘크리트에 내려지는 判決이 약간 早急한 것만은 틀림 없다.

## 5. 맺음

過去, 現在에서 洞察하여 콘크리트의 基本的

理論에 대해서는, 將來에도 原理的으로는 變함은 없다고 생각되므로, 콘크리트의 本質的인 것을 말하고, 名実 共히 一體化한 鉄筋콘크리트 構造物을 만들기 위한, 좋은 콘크리트를 만들 作業準備 같은것에서 베이식을 말했으나, 이것은 콘크리트技術의 將來라고 하기보다는, 昨今の 콘크리트에 關한 材料施工의 危懼할 問題點이 頭膝속을 走馬燈과 같이 巡回하므로, 붓을 들었을때는 本意 아니게도 說教調가 된 傾向이 있어 失禮가 될것을 용서하기 바란다.

施工技術의 反省으로서, 좋은 콘크리트를 만들기 위하여, 콘크리트製造 및 비벼넣기, 養生 등에 대하여 昨今の 事情에서 勘案하여 從來 工法을 反省하고, 콘크리트 技術者教育의 問題가 急務이다. 콘크리트의 打設方法의 改良 및 콘크리트軀體의 養生에 대한 再考 등 反省과 改良點이 있다.

將來에도 콘크리트는, 構造物로서 鉄筋콘크리트造 등에 아직까지 活用될것이니까, 콘크리트 技術開發을 圖謀하지 않으면 안된다. 材料施工에 對해서는 發想의 變化를 생각하여, 獨創性을 가질것이다. 材料施行의 將來 展望的인 概念으로서 시멘트, 混和材料, 骨材 등의 素材에 對해서의 開發은, 社會經濟의 進展에 따른 要請, 省資源, 省에너지 등에서 要求되는 性能에 合致하는 것을 求하지 않으면 안된다.

單純化 省力化의 面에서 將來라도 採用될것이라고 생각되는 앞으로의 펌프工法, 頭痛거리인 龜裂의 對策에 대하여 論했다. 그리고 將來 期待되는 特殊한 海洋開發에 關한 海洋과 콘크리트材料施工에 대하여 考察했다.

콘크리트의 밝은 將來를 期하기 위하여, 콘크리트技術者의 教育問題, 耐震·耐火·耐久性의 뛰어난 無欠의 安全한 鉄筋콘크리트造의 技術開發을 위하여, 材料, 施工, 構造, 設計 各部門의, 더욱 含蓄 強力한 프로젝트팀의 結成을 切望하고, 콘크리트와 鉄筋콘크리트類의 本質을 勘案한 새로운 構造方式의 考案을 期待하는 바이다.