

콘크리트의 高強度化 動向

吳 昌 熙

漢陽大學校 工科大学 副教授

콘크리트는 오늘날 土木建築의 構造用材로서 널리 사용되고 있으며 또한 主要한 位置를 차지하고 있으나 本質的인 欠点으로서 單位重量이 크고 引張強度가 적으며 硬化過程에서 收縮破裂이 일어나기 쉬운 点들을 들 수 있으나 이는 他構造用材와는 달리 一般的으로 施工現場에서 製造되는 것이므로 應用上의 合理化和 施工技术와 注意로서 어느 程度는 正할 수 있으므로 土木建築技術者는 이 本質的인 欠点を 明確히 認識하고 材料選擇, 配合, 施工等에 万全을 期할 必要가 있다.

한편 콘크리트의 沿革을 살펴보면 紀元數世紀前에 이미 Egypt 사람들은 石灰에 모래를 混合하여 積固用 接着劑로 사용한 것으로 傳해지고 있으며 로마인은 石灰에 모래와 자갈을 混合한 콘크리트를 사용하였으며 더우기 石灰에 火山灰를 섞어 海中工事に 사용한 소위 Roma工法이 中世紀에 이르기까지 계속되어 오다가 18世紀末葉에 粘土質의 石灰石을 燒成하여 天然세멘트를 만들게 되고 1824년에 英國의 Joseph Aspdin氏가 石灰와 粘土의 粉末을 人工的으로 混合 燒成하여 세멘트 製造方法을 完成하여 特許를 받아 Portland 세멘트라 이름지었고 世界各國에 보급하게 이르렀다.

그 후 이 세멘트는 많이 改良되고 特殊세멘트가 계속 發明됨에 따라 콘크리트도 현저한 改善을 보게되고 그 活用도 넓어지고 있다.

특히 材料學의 研究로서도 Melan氏 및 Neumann氏로부터 시작되어 1919年 Abrams氏가 콘크리트의 強度에 關한 물세멘트 比說을 發表하여 오늘날 콘크리트 強度의 개념 및 示方書의 基礎를 얻게

되었다.

이로부터 콘크리트가 構造材로서 높이 評價 받게 되었다.

그러나 콘크리트는 그 使用材料 및 製造 過程의 많은 要因에 依하여 品質變動이 크게 나타나게 된다. 그中 強度에 影響을 미치는 큰 要因 으로서는 첫째 使用材料인 세멘트, 骨材와 配合用 水質을 들 수 있으며 配合設計인 骨材의 粒度, 各材料의 混合率 물세멘트比 및 Workability를 들찌로 들 수 있다.

세째로는 施工方法으로서 混合方法 打設(placing), 養生方法(특히 온도 습도관계) 및 材令등을 그 큰 要因으로 들 수 있다. 더우기 品質管理面에서 본다면 同一材料, 同一配合, 同一施工法으로 만들어진 同一한 콘크리트에 있어서 材料自体가 갖는 不均一性, 配合의 微少한 變動 施工者의 人爲的인 個人差等 많은 原因으로 그 強度의 變動이 있음은 周知의 事實이다.

이와같이 콘크리트의 強度에 影響을 주는 第一類因子와 第二類因子는 60余種으로서, 現場콘크리트가 大部分인 우리 나라 콘크리트의 品質 管理問題에 있어서 많은 問題點을 남긴채 그래도 別問題없이 無難히 많은 構造物이 建造되고 있음은 더없이 多幸스런 일이라 보겠다.

그러나 이것만으로는 결코 만족할 수 없으며 또 만족하여서는 안 될것으로 生覺된다.

우리는 低強度콘크리트를 爲主로한 設計와 施工으로는 오늘날의 建築生産近代化에 따른 Curtain

Wall工法이라든가 Prefabrication工法等에 많은 問題點을 가져오게 된다.

이러한 觀點에서 콘크리트에 對한 動向과 이에 對하여 살피볼 必要를 느끼게 된다.

콘크리트는 現在 그 用法上으로 보아 現場 콘크리트, Pre-cast 콘크리트, Pre-stressed 콘크리트와 콘크리트 製品等으로 分類되나 各各 適用部位에 따라 要求되는 良質의 差는 있으나 高強化가 要請된다.

近年에 와서 世界的으로 使用하는 콘크리트의 強度는 높아지고 있으며 한편으로 輕量化하기에 이르고 있다. 더우기 時間的인 因子를 加한 早期脫型과 力學的인 合理化를 期하기 위하여 stress 導入等의 活用으로 그 方向이 設定되고 있는 實情이라 하겠다. 이는 세멘트強度의 改善과 施工技術의 向上으로 比較的 容易하게 高強度콘크리트를 얻을 수 있다는 點을 들 수 있으나 前述한 建築生産의 近代化에서 要求되는 콘크리트와 鐵筋에 關한 構造 材料와 施工에 關한 問題를 綜合하고 經濟性에 關한 檢討로서 構造物發展에 寄與하고자 하는데 그 意義를 가지는 것이라 하겠다.

이러한 뜻에서 約6年前 日本建築學會 材料施工委員會산하의 高強度콘크리트研究會에서 構想한 內容을 要約하여 보면

1. 高強度 콘크리트는 設計基準強度 270kg/cm^2 以上の 普通骨材 또는 輕量骨材 콘크리트로 規定하고 콘크리트의 材料는 精選하는 것으로 되어 있다.
2. 시멘트는 Portland普通 또는 早強 세멘트로 하되 푸대로 포장한 것은 使用하지 않는다.
3. 骨材는 모래·자갈, 깨자갈 및 人土輕量骨材로서 品質規制를 한다.
4. 主筋은 SD30以上の 異形鐵筋으로 한다.
5. 用水 및 溫和劑는 嚴格한 規制를 한다.
6. Fly Ash의 使用을 避한다.
7. 콘크리트는 Ready mix 콘크리트를 原則으로 한다.
8. (Foc 設計基準強度)는 $270\sim 420\text{kg/cm}^2$ 의 範圍로 하되 輕量인 경우는 $270\sim 360\text{kg/cm}^2$ 로 한다.
9. Shump는 15cm以下로하고 될 수 있는대로 적

게 한다.

10. 計剛配合의 表示는 絕對容積法으로 한다.

11. 單位 세멘트 量은 普通 碎石(깨자갈) 보다 320以上 450未滿 輕量은 340以上 480未滿으로 한다.

12. Mixing plant는 全自動 Batching plant 原則으로 하여 권장한다.

以上과 같이 規制하고 그의 設計上의 諸般事項 施工管理 및 檢査에 이어 試驗檢査의 設備에도 指定規制하고 있으며 高級,常用,簡易,特殊等의 4等級으로 나눈 콘크리트에 對하여 各各 品質規準,管理基準, 施工基準을 두어 設計基準強度와 對應하게 하는 案도 나와있다. 이러한 規制에 關한 高強度 콘크리트의 材料 및 施工에 觀한 根本的인 問題點을 들어보면,

1. 材料施工에 關한 設計 計剛上의 問題를 비롯하여
2. 施工計剛
3. 材料
4. 콘크리트配合
5. 콘크리트構造
6. 運 般
7. 打 設
8. 養生
9. 형 틀
10. 鐵 筋
11. 品質과 施工管理体制等의 諸般問題點들이 있겠으나 이에 對하여 充分한 檢討와 研究로서 臨한다면 高強度콘크리트를 얻는데 그다지 어려움은 없을것으로 믿는다.

한편 超高強度 콘크리트에 關한 研究도 많이 進行되고 있다.

콘크리트의 材料強度는 一般的으로 空隙이나 内部의 微細한 크랙等으로서 그 발휘할 수 있는 強度의 幾十分의 一에 不過한 낮은 強度로서 使用하고 있으나 원래 콘크리트는 그 발휘할 수 있는 理想強度는 5000kg/cm^2 内外라고도 하고 있다.

最近 日本에서는 보통 使用하고 있는 材料로서 28日 壓縮強度 $700\sim 1000\text{kg/cm}^2$ 란 超高強度 콘크리트가 製造되어 注目을 끌게되고 一部 實用 段階에 이르게 되었다.

이와같은 超高強度 콘크리트 製造方法 으로서는 結合材로서의 세멘트를 化學組成을 改善하는 方法, 合成樹脂等의 添加로 強度를 높이는 方法, 配合, 다지기 및 養生方法等의 改良과 超低물 시멘트 비로서 強度를 높이는 方法等이 생각되나 製造 및

取扱의 容易性, 經濟性的 觀点에서 가장 實用性이 높은것으로 보이는것은 從來와 같은 材料를 使用 할때는 超低물 시멘트比 콘크리트라 생각된다.

더우기 L. J. Parrott氏의 Report에 依하면 圧縮 強度 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 超高強度 콘크리트를 從來의 다지기와 養生 方法으로 製造하는데는 물 시멘트 比가 強度의 要求值로 보아 28%程度로 할 것이며 Worker bility를 감안해서 시멘트總骨材量 配合比는 1:2程度의 天然骨材 또는 碎石이면 充分하고 發表하였다.

이와같은 超富配合 콘크리트는 水和發熱量이 많 아지고 収縮과 Creep도 크게될 傾向이 있으므로 可能한 限 세멘트량을 적게 하는 것이 좋다.

따라서 減水劑의 利用이 가장 効果的이라 보겠다.

以上과 같은 점을 考慮하여 東京大學의 六車熙 教授는 減成劑를 使用하여 單位 세멘트量 470kg 砂率 42%, Slump 7~10cm, 물시멘트比 30%로서 28日 圧縮強度 $800\text{kg}/\text{cm}^2$ 内外의 超高強度 시멘트 를 만들어 現在 一部工場 製品에 使用하고 있다한 다.

한편 Auto elave養生法和 活性 Silica粉末을 세멘트 또는 濟石灰에 添加하여 石灰 Silica反應을 일으키는 方法을 利用하면 實驗室에서는 $2000\text{kg}/\text{cm}^2$ 을 얻을 수 있다하며 實用的으로는 $1000\text{kg}/\text{cm}^2$ 의 콘크리트를 만들 수 있다는 Report도 있다.

이와같이 세멘트는 그 強度面에 있어 많은 發展 을 보게되고 콘크리트에 對한 理想強度에 接近하고 있음은 世界的인 動向이라 하겠다.

그러면 이와같은 高強度 콘크리트는 어디에 쓰 여지며 또 그 目的은 어디에 있는 것인가?

一般的으로 鉄筋콘크리트造에 있어서 現場 콘크리트인 경우 Rahmen造라 하면 Span이 10m를 넘 는 것은 無理한 것으로 알려져 있다. 事實 現在와 같은 低強度 콘크리트 使用으로서는 當然한 것으로 보아야 하겠다.

여기에 對하여 앞으로 콘크리트를 代置할 새로운 材料가 果然 出現할 것인가 하는 問題도 現與件으로는 極히 의문시된다. 그러므로 構造物에 對한 콘크리트依存度에 對하여서는 鉄鋼과 競争은 加一層 심해질 것이며 어디까지나 共存의 性格을 띠우게 될 것이다.

따라서 構造物은 超高層建物이 普遍化될 것이며 나아가서 海岸建築의 發達로 海上都市의 出現도 予想된다.

이러한 時點에 우리는 콘크리트에 關하여 마치 그 強度나 品質에 있어 어느 테두리 안으로 既定 시키고 品質管理와 施工, 그리고 設計에 이르기 까지 疎忽하게 取扱하는 傾向도 없지않다.

이제 한 걸음 더 나아가 構造物의 王座를 차지 하는 콘크리트에 對한 研究와 努力으로 콘크리트의 展望과 動向에 발맞추어 새로운 手法과 技術向上으로서 建設界에 이바지 할것은 물론 새로운 工法으로서의 콘크리트에 對한 再認識이 絶실히 要請된다.

하지만 高強度化를 期한다면 우선 各部材의 断面을 縮少할 수 있으므로 自重을 減少할 수 있게 된다. 따라서 構造方式을 달리할 수 있게되어 지금까지의 개념에서 벗어날 수 있을 것이며 이로써 얻을 수 있는 利得이란 말할 必要조차 없을 것이다. 따라서 그 構造手法을 달리한 工法이 發展 하고 普遍化하게 마련이다. 이미 外國 先進國에서는 前述한 Curtain Wall 工法과 Pre-cast 콘크리트와 Pre-stressed 콘크리트를 利用한 工法이 오래 前부터 採択되어 工期의 短縮과 人件費의 節約을 가져 오게 하고 있음은 잘 알고 있는 일이다.

여기에는 그만한 裝備가 必要하다는 點에서 建設業의 大企業化가 要請된다는 點도 없지는 않다.

콘크리트의 展望과 構造物의 將來性에 對하여 생각해 본다면 社會變革이란 背景을 考慮하지 않을 수 없다. 여기에 對하여 깊은 言扱은 避한다 하더라도 틀림없이 擴大一路에 있으며 크게 發展 하고 複雜하여가고 있다고 할 수 있다.

이 基本的인 環境속에서 어느 因子를 들어 보아도 세멘트 콘크리트 使用量의 增加가 予想되는 것은 거의 確實視 된다.