

鐵筋콘크리트에 관한 最近의 話題들

申 鉉 默

〈韓國콘크리트學會 會長〉

머 리 말

시멘트 콘크리트에 鐵筋을 적절히 配置하여 補強한 鐵筋콘크리트는 耐久性이 좋아서 補修가 거의 필요치 않는 등의 長點 때문에 모든 構造物에 廣範圍하게 사용되고 있다.

最近 數年동안 爆發的인 建設需要는 많은 物議와 問題를 惹起시키기도 하였다. 시멘트의 波動, 不實레미콘, 짓다말고 헐어버리는 아파트의 撤去소동, 人力難과 高勞賃 등의 物議와 海砂의 사용으로 인한 鹽害, 環境汚染으로 인한 콘크리트의 中性化와 劣化, 鐵筋의 부식 등의 問題가 그것이다. 여기서는 後者의 콘크리트에 관한 問題들을 話題로 삼아 概略的으로 言及하고자 한다.

1. 콘크리트의 劣化現象

紀元前에 만들어진 石造構造物들이 現在까지 그대로 남아 있다는 것은 石材(無機材料)가 그만큼 耐久性이 좋기 때문이다. 포틀랜드系 시멘트를 사용한 콘크리트는 그 外觀이나 性質이 石材와 비슷하기 때문에 콘크리트 構造物은 石造 構造物과 비슷한 耐久性을 가진다고 생각되어 왔다. 그래서 콘크리트 構造物은 半永久的인 것으로 생각되어 왔다. 道路의 확장을 위하여 日帝때 만든 鐵筋콘크리트橋를 철거하거나 신축을 위하여 오래된 鐵筋콘크리트 建物을 해체한 경험이 있는 이들은 그 콘크리트가 생각한 것보다 단단하더라는 말을 하고 있다. 지금은 그 當時보다 시멘트의 品質이 월등히 개선되었을 뿐만 아니라 混和劑의 사용, 技術의 발달 등으로 콘크리트의 品質이 상당히 向上되었음에

도 불구하고 콘크리트의 劣化(deterioration)라고 하는 現象이 일어나서 심각한 問題로 되고 있다.

우리나라도 大都市에서의 煤煙, 그로 인한 酸性비, 朝夕으로 일어나는 smog現象이 심각한 것으로 報道되고 있다. 이 現象들은 모든 生物의 生存에 위협이 되는 것이지만 콘크리트 構造物에도 이른바 中性化를 促進시키는 原因이 되고 있다. 특히 鐵筋 둘레의 콘크리트가 中性化되면 鐵筋이 急速하게 녹이 슬게 되고, 그 녹으로 인한 팽창에 의하여 콘크리트가 파괴된다. 또한 引張側 콘크리트에 發生한 龜裂을 통하여 侵入한 汚染된 空氣나 水分이 鐵筋을 녹슬게 한다.

오래전부터 바다모래(海砂)를 콘크리트의 骨材로 사용해왔음은 다 아는 사실이다. 바다모래는 3.3~3.8%의 可溶性鹽分을 함유하며, 그 蒸發成分의 대부분은 NaCl이고 少量의 MgCl₂와 MgSO₄를 함유한다. 周知하는 바와 같이 鹽化合物은 시멘트의 水和作用을 왕성케하여 응결, 硬化를 촉진시킨다. 따라서 바다모래를 그대로 無筋콘크리트에 骨材로 사용하는 것은 무방하다. 그러나 鐵筋콘크리트에 바다모래를 그대로 사용하는 경우에는 鐵筋을 부식시켜서 構造物의 耐荷力을 低下시키는 원인이 된다. 또한 海邊에 있어서 海水의 飛沫로 인한 콘크리트 構造物에 대한 鹽害도 심각한 것으로 되고 있다. 이 경우 콘크리트속의 鋼材가 녹이 슬어 鐵筋의 덮개 콘크리트가 剝離하거나 PC鋼材가 破斷하는 수가 있다.

2. 再生骨材

機能이 떨어졌거나, 耐荷力이 低下하였거나, 또

는 再開發을 위해서 鐵筋콘크리트 建物を 헐어버려야 할 경우가 많아졌고, 鐵筋콘크리트 橋梁을 철거해야 할 경우도 많아졌다. 이와 같이 오래된 콘크리트 構造物을 헐어버리는 일을 解體 또는 解體工法이라 부르고 있다. 우리나라에서도 얼마전 韓國火藥에서 解體工法의 실험을 벌인 일도 있다. 그만큼 우리나라에서도 오래된 콘크리트 構造物을 解體하는 일이 많아졌다. 이때 發生되는 폐기물은 막대한 量의 都市쓰레기와 함께 이제는 버릴곳이 없게 된 것이 현실이다. 그래서 先進 여러나라에서는 일찍부터 建物解體에서 發生되는 폐기물을 再利用하는 方法들이 研究되고 또 실제로 再活用하고 있다.

즉 解體에 의하여 發生된 폐기물을 骨材로 再生시켜 道路의 路盤材料로 사용하기도 하고, 콘크리트用 骨材로 사용하기도 한다. 그래서 이것을 再生骨材라 부르고 있다. 歐美에서는 空港鋪裝 콘크리트를 破碎하여 굵은 골재로 再活用한 예가 있다. 이때 crusher로 破碎한 再生骨材는 모르터 部分과 骨材部分이 완전히 一體로 되어 마치 碎石과 같다고 보고하고 있다. 이 경우는 원래의 콘크리트의 물-시멘트비가 작은 경우이고, 물-시멘트비가 큰 경우는 crusher의 open set를 적절히 설정하면 원래의 콘크리트속의 굵은 骨材는 破碎되지 않고 모르터부분만 破碎되어 굵은 骨材를 다시 빼낼 수 있다.

RILEM에 설치된 콘크리트의 解體와 再利用에 관한 技術委員會의 1988년 東京 symposium에서의 報告를 종합하면 다음과 같다.

1) 일반적으로 再生骨材는 天然骨材에 비해 強도와 比重이 약간 작다. 그러나 1차 破碎에서 粒度を 조정하고, 2차 破碎에서 粒度を 개선하여 부착된 모르터를 除去하면 品質의 向上을 기할 수 있다.

2) 再生된 粗, 細 骨材를 사용한 콘크리트에서는 同一 슬럼프를 얻기 위한 單位水量이 天然骨材를 사용한 콘크리트보다 많아진다.

3) 再生 굵은 骨材를 사용한 콘크리트는 碎石 콘크리트와 거의 同等的한 성질을 가진다.

머지 않아 우리나라에서도 再生골재를 사용하지 않으면 안될 때가 오리라고 본다.

3. 高強度 콘크리트

土木에서나 建築에서나 보통의 鐵筋 콘크리트 構造物에는 180~240kgf/cm² 強도의 보통 콘크리트가 사용되어 왔다. 이러한 보통 콘크리트는 시멘트, 물, 骨材의 세 材料를 配合設計에 의하여 混合함으로써 얻을 수 있다.

2次大戰과 6·25動亂을 겪은 후 先進 諸國과의 往來가 트이면서 프리스트레스트 콘크리트(pre-stressed concrete)라는 새로운 콘크리트 構造技術이 있다는 것을 알게 되었다. 이 새로운 콘크리트 構造에는 높은 強도의 콘크리트가 필수적이고, 높은 強도의 콘크리트를 만들기 위해서 또는 콘크리트의 品質을 改善하기 위해서 第4의 材料로 混和材料를 添加한다는 것도 알게 되었다.

나무 枕木의 不足을 鐵筋 콘크리트 枕木으로 代替하려고 苦心하던 鐵道當局은 즉시 프리스트레스트 콘크리트(PC) 枕木의 製作에 着手하고 이를 契機로 프리스트레스트 콘크리트 構造技術이 飛躍적으로 擴散되어 橋梁을 비롯하여 原子爐의 格納容器, LNG貯藏탱크, 콘크리트管, 말뚝 등 그 用途는 鐵筋콘크리트를 능가하기에 이르렀다. 그러나 이에 쓰이는 콘크리트는 400kgf/cm² 内外 또는 그 이상의 高強度라야만 그 構造特性을 살릴 수 있는 것이다. 近來에는 建築分野에서도 高強度 콘크리트를 사용하여 鐵筋콘크리트 建物の 高層化를 圖謀하기에 이르렀고, 실제로 鐵筋콘크리트 高層빌딩과 高層아파트가 建設되고 있다.

高強度 콘크리트의 定義에 관해서는 大韓建築學會에서 設計基準強도가 270~360kgf/cm²의 것을 高強度 콘크리트로 定義하고 있는 外에는 뚜렷한 定義가 없으며, 土木分野에서는 設計基準強도가 350~400kgf/cm² 以上の 것을 高強度 콘크리트로 보는 것 같다.

高強度 콘크리트의 配合

<表-1>

設計基準強度 (kgf/cm ²)	配合強度 (kgf/cm ²)	配 合		
		W/C(%)	C(kg/m ³)	混和劑
420~480	600	30~35	500以下	高性能減水劑
600	800	25~30	600以下	高性能減水劑
1000	1200	20~25	700以下	高性能減水劑

〈表-1〉은 日本에서 現場打設 高強度 콘크리트의 配合에 관한 開發狀況을 보인 것이다. 이 表에서 특히 注目할 점은 高性能 減水劑를 사용하여 물-시멘트비를 低減하고 있다는 점이다. 즉, 高強度 콘크리트의 여러가지 製造方法 가운데서 물-시멘트비를 低減하는 方法이 사용되고 있다.

設計基準強度가 600kgf/cm^2 以下인 高強度 콘크리트는 現在 市販되고 있는 材料로 製造가 可能하고 또 실제로 構造物에 적용하고 있다. 設計基準強度가 1000kgf/cm^2 인 高強度 콘크리트는 高性能 減水劑 外에 silica fume이나 slag 超微粉末을 混和함으로써 얻을 수 있다. 실제로 이러한 高強度 콘크리트를 사용하여 日本에서는 世界 最初로 프리스트레스트 콘크리트 트러스 鐵道橋가 架設된 實例가 있다. 設計基準強度가 1200kgf/cm^2 以上인 超高強 콘크리트는 이러한 混和劑 外에 시멘트와 骨材 등의 材料的 側面에서 改善이 이루어져야 可能할 것으로 생각되고 있다. 결국 콘크리트의 高強度化를 위해서는 새로운 시멘트의 開發이 있어야 한다고 생각된다. 英國에서는 MDF (macro defect free) 시멘트라는 것을 開發하여 壓縮強度 $1500\sim 2500\text{kgf/cm}^2$, 휨強度 $400\sim 1500\text{kgf/cm}^2$, 引張強度 $300\sim 1000\text{kgf/cm}^2$ 를 얻었다는 報告가 있다.

4. 新素材의 利用

콘크리트는 壓縮強度가 강한 長點이 있는 반면 引張強도와 휨強도가 작고 韌性이 부족한 短點이 있다. 이러한 短點을 鋼材로 補強하여 有用한 構造材料로 轉換케 한 것이 이른바 鐵筋콘크리트 (reinforced concrete, RC)이다.

多幸이 콘크리트속에 묻힌 鋼材는 녹이 슬지 않으며 附着性도 좋아서 두 材料가 一體로 作用하기 때문에 壓縮力은 콘크리트가 받게 하고 引張力은 鐵筋이 받게 한 것이 鐵筋콘크리트이다. 그래도 引張을 받는 쪽의 콘크리트에는 龜裂의 發生을 피할 길이 없다. 이 短點을 補完한 것이 프리스트레스트 콘크리트 (prestressed concrete, PC)이다. 즉, 高強度 鋼材를 利用하여 引張側 콘크리트에 미리 壓縮力을 주는 것이다.

한편 콘크리트의 韌性を 改善하여 引張強도와

시멘트系 材料用 補強纖維

〈表-2〉

纖維의 種類		纖維徑 (μ)	比重	引張強度 (kgf/cm^2)	彈性係數 (tf/mm^2)
天然	石 綿	0.02-20	2.6-2.9	56-320	7-14
無 機	鋼 纖 維	200-600	7.8	40-200	16-20
	炭素纖維 (PAN系)	6-8	1.7-1.9	200-720	22.5-58.1
	炭素纖維 (pitch系)	13-18	1.65	60-80	3-35
有 機	비 닐 론	14	1.3	150	3.7
	폴리프로필렌	9-48	0.91	40-70	0.3-1.0
	알라미드 (高彈性品)	12	1.45	290	13.4
	알라미드 (耐알카리品)	12	1.39	310	7.1
	폴리에틸렌 (超高強度品)	100-2000	0.98	190以上	8.8以上

휨強도를 向上시키기 위한 試圖로 이른바, 纖維補強 콘크리트 (fiber reinforced concrete, FRC)가 있다. 콘크리트에 直徑 $200\sim 600\mu$, 길이 30mm 정도의 鋼纖維를 콘크리트에 대한 容積比로 1~2% 정도 混合하여 補強한 것이 鋼纖維補強 콘크리트 (steel fiber reinforced concrete, SFRC)이다. 이와 같이 纖維에 의한 시멘트系 材料의 補強은 石綿을 사용한 石綿스레이트 등의 形式으로 오래前부터 사용되어 왔다.

纖維補強 콘크리트는 짧은 纖維 (短纖維) 들을 콘크리트에 混入하여 補強效果를 얻는 것이다. 이에 대하여 近來에는 긴纖維 (長纖維 또는 連續纖維) 를 다발로 하여 樹脂 등의 結合材로 結合시킨 棒狀複合材料인 FRP (fiber reinforced plastic)가 開發되어 鐵筋 또는 PC鋼材의 代替品으로 사용되고 있다. FRP는 纖維種類에 따라 GFRP (grass fiber reinforced plastic), CFRP (carbon fiber reinforced plastic), AFRP (alamid fiber reinforced plastic) 등이 있으며 AFRP는 日本에서 PC橋의 긴장재로 사용된 實例가 있다.

맺 음 말

以上の 問題들은 계속해서 追求해야 할 課題들이지만, 특히 콘크리트의 高強度化에의 挑戰과 新素材의 利用은 더욱 그러하다고 본다. 話題라는 題目을 달기는 하였지만 너무 概略的이고 斷片的인 이야기가 되었음을 諒解하여 주기 바란다.