

# 우리나라 콘크리트의 問題點과 對策

韓 基 成  
〈仁荷大學校 教授〉

## 1. 緒 論

우리가 일반적으로 콘크리트의 壽命을 論할 때에 이것을 機能的인 面에서의 壽命과 材料的인 面에서의 壽命으로 나누어 다루는 것이 타당하리라 본다.

古代文明의 遺物中에 數千年을 이어오는 시멘트·콘크리트 構築物이 아직도 世界 여러곳에 존재하고 있는 것을 볼 때 材料面에서의 壽命이 長久함을 알 수 있고 建造한지 몇년이 안된 構築物도 機能의 필요성이 없을 때는 破壞해버리고 만다. 따라서 콘크리트의 壽命을 一律적으로 論하기는 매우 어렵다.

그러나 콘크리트의 構築物은 短時日보다는 長期間의 사용을 위하여 建造하는 것이 原則이다. 우리 世代만을 보다는 다음 世代까지의 사용에도 그 機能을 다하도록 建造되어야 한다. 1970年代初 서울新村의 「와우아파트」 倒壞事件이나 가깝게는 1984年 5月 20日 大邱市の 「경복아파트」 沈下事件 등은 우리나라 콘크리트施工의 不實性を 보여주는 좋은 예라 하겠다.

콘크리트의 品質을 높이고 따라서 그것으로 建造된 構築物의 壽命을 높이는 것은 거기에 사용되는 材料의 選擇, 配合 및 施工面에서 最善을 다해야 할 것이고 그렇게 함으로써 우리 後孫들에게 「검은 遺産」을 남겨주지 않는 지름길이 될 것이다.

모든 面에서 高度成長을 하고 있다는 우리나라의 現時點에서 콘크리트界가 當面하고 있는 問題點과 對策을 論해 보기로 한다.

## 2. 콘크리트의 本質

콘크리트란 結合材(cement, binder)와 骨材(aggregate)를 물과 같이 混合하여 硬化시킨 複合材料(composite materials)이다. 거기에 高強度化, 高流動化, 作業性(workability), 凍結融解性, 耐磨耗性, 水密性 등의 性能을 向上 改善하기 위하여 混和材料을 사용하기도 한다.

우리가 여러가지 目的을 위하여 요구하는 콘크리트의 本質的인 性能으로서 強度, 耐久性, 耐火熱性, 耐化學性, 耐海水性, 耐凍結融解性, 經濟性 등을 들 수 있고 또한 均質性과 密實性이 중요한 特性이다. 이러한 콘크리트의 本質的인 性能을 만족시키는 좋은 콘크리트를 만들기 위해서는 첫째 좋은 材料의 선택, 構築物의 目的에 合當한 配合設計 및 성실한 施工作業이라 하겠고 이에 따른 상호 關係와 이들을 支配하는 각종 要素를 <그림-1>에 종합하여 표시하였다.

### 3. 우리나라 시멘트界의 現況

우리나라에서 시멘트가 본격적으로 生産되기 시작한 것은 1957年부터이고 현재 年間 시멘트 生産規模가 2,500萬屯이란 높은 水準에 올라가 있고 1983年度의 실제 시멘트 生産量은 2,120萬屯을 넘었다. 한가지 유감스러운 일은 이 많은 시멘트가 거의 單一品種인 「보통 포틀랜드 시멘트」에 국한되어 있다는 것이다. 좀더 사용목적에 적합한 시멘트의 多品種生産이 절실이 요구된다.

시멘트의 生産量 增加는 필연적으로 콘크리트界의 高度成長을 가져오게 되었고 이에 따라 레미콘化率도 상당히 증가되고 있다. 과거 10年間に 걸친 시멘트의 生産量 및 內需 消費量과 레미콘 生産量 및 레미콘化率을 <표-1>에 표시하였다.

시멘트 및 레미콘 생산량과 레미콘화율<sup>2)</sup>

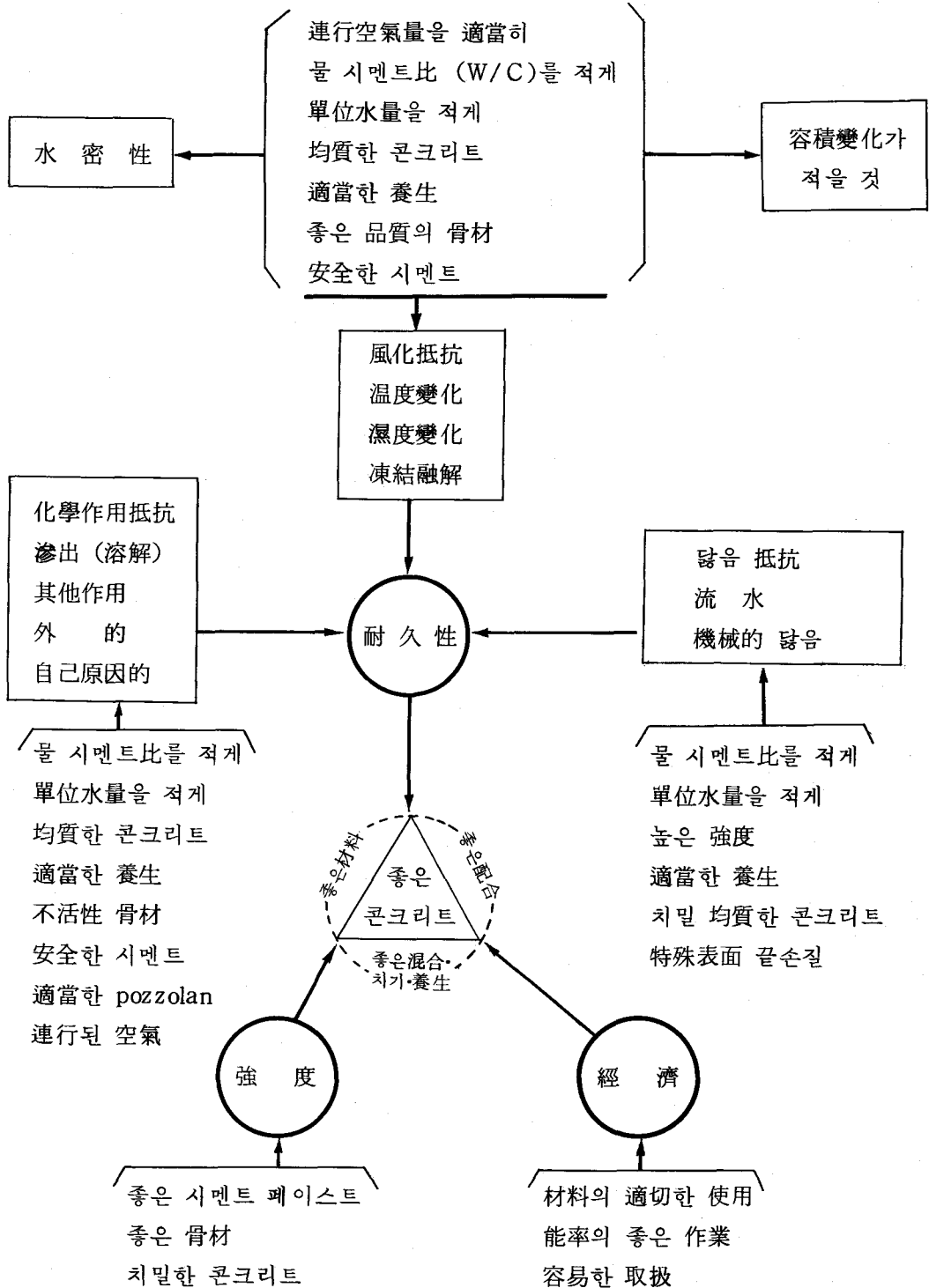
<표-1>

년 도	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
시멘트생산량 (천톤)	8,179	8,838	10,129	11,873	14,418	15,466	16,614	15,573	15,599	17,912	21,214
시멘트소비량 (내수:천톤)	7,182	7,655	8,434	8,983	11,116	14,762	15,825	13,172	12,438	14,301	17,649
레미콘생산량 (천 $m^3$ )	611	783	988	1,347	1,961	3,759	5,480	5,662	6,759	9,411	14,164
레미콘화율 (%)	2.7	3.2	3.7	4.7	5.6	8.0	10.9	13.5	16.8	20.7	25.3

### 4. 問題點 및 對策

#### 1) 시멘트

우리나라에서 生産되는 시멘트는 거의 95% 이상이 보통 포틀랜드 시멘트이고 年間 약 60萬屯(2.8%) 가량의 고로 슬래그 시멘트가 生産되고 있으나 슬래그 시멘트의 特性에 맞는 목적에 사용되기 보다는 일반 시멘트로 사용되는 경향이 많은 것은 하나의



〈그림-1〉 좋은 콘크리트의 주요성질, 그들의 關係 및 이것을 지배하는 要素<sup>D</sup>

問題點이라 하겠다.

기타 10萬屯 規模의 白色시멘트工場이 生産을 계속하고 있으나 조강시멘트, 내황산시멘트(5종시멘트), 저열시멘트, 포조란시멘트 등의 생산은 극히 부진하다. 1961年~1963年에 걸쳐 당시 大韓洋灰閏慶工場에서 약 40萬屯 가까운 포조란시멘트를 生産한 바 있으나 生産者나 消費者가 다같이 이에 대한 認識不足으로 有效適切하게 生産 또는 消費를 못하였으므로 生産이 中斷되는 결과를 초래하고 말았다. 시멘트 生産規模가 世界에서 10位圈 안에 들어 있는 現時點에서 우리는 이제 品種의 多樣化에 눈을 돌려 使用目的에 合當한 시멘트를 選別使用토록 노력해야 할 것이다.

또한 시멘트의 品質은 KS 規格에서 規制를 하고 있다고는 하나 先進國의 品質에 비하여 아직도 양호한 편은 못된다. 規格値란 어디까지나 最低限界値를 規定할 뿐으로 그것이 品質의 優秀度를 나타내는 것은 아니다. 콘크리트의 配合設計는 28日強度를 基準으로 하고 있는바 우리나라에서 生産되는 시멘트의 28日強度를 보면  $350\text{kg}/\text{cm}^2$  이상 되는 것에서  $300\text{kg}/\text{cm}^2$ 에도 미달되는 것도 있다.

우리나라의 시멘트 生産原料인 石灰石과 粘土의 産出條件은 극히 좋지 않은 편이라 生産工場마다 많은 隘路가 있으나 시멘트의 品質을 先進國 정도로 끌어올리는 일은 시급한 과제라 하겠다.

## 2) 骨 材

콘크리트 材料로서 骨材가 차지하는 量은 약 70~80%에 달한다. 그만큼 骨材의 重要性은 절대적인 것이다. 골재는 자갈인 粗骨材와 모래인 細骨材로 나뉘며 다같이 河川에서 産出되는 것이 보통이다. 그러나 河川에서 産出되는 骨材가 무진장일 수는 없다. 近年에 이르러 콘크리트의 生産量이 急增해 감에 따라 河川骨材의 枯渴現象을 가져 오고 자연적으로 碎石骨材와 人工骨材쪽으로 눈을 돌리게 되었다.

참고로 서울시청에서 發表한 骨材의 供給計劃을 <표-2>에 표시하였다. 모래의 構成比를 一定하게 하고 河床骨材와 碎石骨材를 비교한 것인바 5年間에 15%씩의 增減이 있음을 보여주고 있다.

따라서 粗骨材에 있어서 碎石쪽으로의 依存度는 점점 增加되어갈 것은 틀림없으며 더구나 骨材는 대단한 重量物이므로 輸送問題가 뒤따른다. 어차피 각 地方마다 石山을 開發할 수밖에 없으며 콘크리트 骨材로서의 適合性を 檢討해야 할 것이다.

이와 같은 骨材開發問題는 國家的인 事業으로 다루어져야 할 것이며 業界와 共同으로 開拓해 가야 하겠고 鑛物學的, 化學反應的, 物理學的 觀點에서 각 地方마다의 生産과 流通問題를 確立하는 넓은 視野에서의 計劃的이고도 大規模의인 調査와 研究를 수행함으로써 앞으로의 需要에 대비해야 할 것이다.

골재의 공급계획 (1,000 m<sup>3</sup>)

년 도	총수요 예측량	하 상		쇄 석		모 래	
		수 량	구성비 (%)	수 량	구성비 (%)	수 량	구성비 (%)
1979	17,080	7,367	44.6	3,321	19.4	4,046	35.4
1980	19,025	7,713	40.5	4,577	24.1	6,735	35.4
1981	21,153	7,713	36.5	5,952	28.1	7,488	35.4
1982	22,744	7,713	33.9	6,979	30.7	8,052	35.4
1983	24,403	7,713	31.6	8,051	33.0	8,639	35.4
1984	26,138	7,713	29.5	9,112	35.1	9,253	35.4

(서울시청)

細骨材인 모래에 있어서는 海砂의 사용문제가 提起되는바 이때 問題가 되는 것은 鹽害問題로서 콘크리트의 龜裂에 따른 鐵筋의 露出과 鐵筋의 腐蝕이 뒤따른다. 이의 解決을 위해서는 물로서의 洗滌方法, 藥品으로서의 處理方法, 洗滌裝置 등의 考案 등에 대한 研究가 요구된다.

특히 骨材問題에서는 알칼리 骨材反應에 많은 關心이 쏠리고 있다. 美國에서는 1930年代부터 이에 대한 研究가 활발하여 問題性을 인정하여 시멘트에서의 알칼리 含量을 0.6% 이하로 규정하게 되었고, 美國에서는 1970年代부터 이에 대한 研究와 調査가 활발히 進行되고 있으며, 日本에서도 1980年代에 들어와 갑자기 큰 關心을 기울여 調査와 研究에 熱을 올리고 있다. 그러나 우리나라에선 이에 대한 調査와 研究가 全無한 狀態임에 조속히 이에 대한 綿密한 調査와 꾸준한 研究가 절실히 요청되고 있다.

### 3) 混和材料

시멘트, 細骨材, 粗骨材 및 물 이외의 材料를 콘크리트材料로 사용할 때 이들을 混和材料라 하며 두가지 種類로 나눌 수 있다. 하나는 混合材로서 포조란材料, 高爐슬래그, 플라이애쉬(fly-ash)같은 波特랜드시멘트에 20~60% 정도까지 混合하는 材料를 말하며 또 하나는 混和劑로서 시멘트의 0.02~0.5% 정도 混合함으로써 여러 가지 콘크리트의 性能을 改善하는 材料를 말한다. 여기서는 주로 混和劑에 대하여 論하기로 하며 이들의 사용목적을 요약하여 보면

#### ① 強度面의 改善

- 引張強度의 增大
- 早期強度의 發現
- 高壓縮強度의 發現

## ② 乾燥收縮이나 容積變化의 安定化

龜裂에 대한 抵抗性的의 增大

## ③ 耐久性의 改善

凍結融解에 대한 抵抗性

耐凍害性

水密性

耐火·熱性

耐磨耗性 등의 向上

을 들 수 있으며 이들은 콘크리트가 갖는 本質的인 缺點을 補完하고자 하는 것이다. 여기에 사용되는 混和劑의 종류는 상당히 많으며 <표-3>에 混和材料의 種類와 그들의 作用 및 效果에 대하여 표시하였다.

<표-3>에서 보는 바와 같이 그들의 種類와 사용목적이 다양함에 適所에 適量을 쓰도록 留意해야 하겠고 過量이 되지 않도록 해야 할 것이다. 또한 一律的으로 指示量에 따를 것이 아니라 시멘트, 骨材 및 配合比에 따른 混合量을 試驗한 후에 사용하는 것이 옳은 方法이다.

우리나라에서는 현재 混和劑의 全量을 輸入에 의존하고 있고 使用率도 20% 정도이나 하루빨리 自體開發과 아울러 使用率을 높이도록 함이 타당하리라 본다.

## 4) 레미콘

앞에서도 언급한 바와 같이 우리나라의 레미콘 보급율은 1983년에 全시멘트 消費量의 25.3%에 달하고 있으며 점차 增加 추세에 있다. 生産現況을 보면 1983년 7월 現在, 19個社가 참여 73個工場, 108個 바차플랜트가 稼動되고 있는 실정이다. 이들이 保有하고 있는 裝備는 대부분 現代的인 自動式 調整操作의 建들이나 中小企業型的의 多數工場이 競争을 하고 있는 실정이라 品質管理面에서 많은 우려를 하지 않을 수 없다.

어디까지나 價格面에서의 競争뿐만이 아니고 適正한 品質의 材料를 사용, 用途에 適合한 配合設計 및 徹底한 作業管理 등 品質管理面에 최선을 다함으로써 우수한 레미콘을 공급, 사용할 수 있을 것이다.

## 5) 콘크리트에서의 缺陷

시멘트콘크리트에 있어서 本質的으로 또는 附隨的으로 나타날 수 있는 주요 缺陷들을 들어 보면

## ① 硬化不良

## ② 硬化體에서 骨材만 보이는 벌집모양(honey comb) 現狀

混和材料의 種類와 그 作用 및 效果<sup>3)</sup>

<표-3>

混和材料의 效果		아직 굳지 않은 콘크리트에 대한 效果							硬化한 콘크리트에 대한 效果							調合上의 效果						
		氣泡의 連行	시멘트粒子的 分散	콘크리트의 膨脹	凝結 遲延	凝結 促進	워커빌리티 改善	브리딩 減少	水和熱 減少	初期 強度 大	高 強度 化	水密性 向上	耐化學 抵抗性 向上	中性化 速度 緩和	耐凍結 融解性 向上	表面의 氣泡 減少	鐵筋의 發錆의 抑止	單位 水量 減	시멘트 量 減			
混和材料의 種類																						
混和劑	A E 劑	○					○	○												○		
	A E 減水劑	標準形	○	○				○	○												○	○
		遲延形	○	○		○		○	○												○	○
		促進形	○	○				○	○	○											○	○
	減水劑	標準形		○				○													○	○
		遲延形		○		○		○													○	○
		促進形		○				○	○												○	○
	高性能減水劑		○				○													○	○	
	起泡劑	○					○	○														
	凝結遲延劑				○																	
	硬化促進劑					○																
	防錆劑																				○	
	防水劑																					
	急結劑						○															
	發泡劑	○ <sup>1)</sup>																				
混和材	포조란類						○ <sup>2)</sup>	○	○ <sup>2)</sup>											○ <sup>2)</sup>	△ <sup>3)</sup>	
	膨脹材			○																		
	高爐스라그粉末							○	○	○										○	△ <sup>3)</sup>	
岩石粉末								○												○		

1) 發泡 2) 푸라이에쉬 3) 置換

- ③ 打設層이 생기는 콜드조인트(cold joint) 現象
- ④ 表面不良(모래만 보임)
- ⑤ 表面不良(氣孔이 많음)
- ⑥ 거푸집 접촉면에서의 硬化不良

## ⑦ 白華現象

## ⑧ 龜裂의 發生

등을 들 수 있다.

이러한 現象들은 콘크리트에 사용되는 각종 材料의 不良 및 缺陷, 不適當한 配合 또는 混合, 施工作業의 不良, 不適當한 養生條件, 混和劑사용에 있어서의 不適當한 管理 등이 原因이 되어 일어날 수 있는 것들이며 이와 같은 原因들을 適切하게 除去함으로써 콘크리트의 本質的인 缺陷과 함께 附隨的으로 나타날 수 있는 缺陷도 是正해 갈 수 있을 것이다.

## 5. 未來를 開拓하는 콘크리트

時代變遷에 따른 콘크리트 性能의 高度化에 대한 요구와 콘크리트가 갖는 本質的인 缺陷要素를 補完할 목적으로 새로운 性能을 갖는 콘크리트가 여러가지 開發됨으로써 未來의 콘크리트界를 開拓하기에 이르렀다.

## 1) 超高強度콘크리트

최근의 콘크리트界의 추세를 보면 스패ん(span)의 長大化, 복잡한 設計, 施工條件의 必要性으로부터 콘크리트의 高強度化에 대한 요청이 높아지고 高性能特殊減水劑의 開發, 오토클레이브(autoclave) 養生技術의 向上, 加壓成形에 의한 強度의 高度化 등으로 實用段階에 이르렀다.

## 2) 超輕量콘크리트

콘크리트가 갖는 큰 부피와 무거운 自重 등의 缺陷을 改善하여 超高層빌딩이나 長大한 스패ん(span)에 사용될 수 있는 材料로서, 斷熱性和 遮音性을 갖는 材料로서 또는 解體가 용이한 組立式 建築에 사용될 수 있는 材料로서 超輕量콘크리트의 開發에 대한 연구가 활발하다. 이 콘크리트는 強度의 弱화, 龜裂性, 吸水 및 透水性 등의 缺陷에 대한 製造技術의 改善이 요구되고 있다.

## 3) 纖維補強콘크리트

주로 콘크리트의 力學的性質을 改善하기 위하여 콘크리트에 각종 纖維를 混入하고자 試圖되었고 많은 開發研究이 이루어지고 있다. 利用이 되고 있는 纖維의 종류로는 金屬纖維, 유리纖維, 세라믹스(ceramics)纖維, 合成纖維 등을 들 수 있고 이들 補強用 纖維의 強度, 시멘트와의 付着性, 耐熱性 및 耐久性 등이 좋고, 價格이 저렴하느냐가



問題點으로 되어 있다. 이 纖維補強콘크리트의 實用化를 위해서는 콘크리트 工學者·技術者뿐만 아니라, 纖維開發技術者, 窯業技術者, 機械裝置技術者 등 多方面의 有能한 技術者들의 協力으로서 이루어지게 될 것이다.

#### 4) 高分子콘크리트

콘크리트가 갖는 引張強度 또는 曲強度의 脆弱性, 化學的 抵抗性의 不良 등의 本質的 缺陷을 改善할 目的으로 콘크리트에 여러가지 樹脂를 含浸시키는 方法을 試圖하여 많은 좋은 結果를 얻고 있다. 그러나 實用化를 위해서는 特殊用途에 대한 開發과 製造 工程의 簡素化 및 價格의 低廉化에 대한 問題點을 해결해야 할 것이다.

#### 5) 膨脹콘크리트

콘크리트의 가장 고질적인 결함의 하나는 硬化時 收縮에 의한 龜裂現象이다. 이 缺陷을 是正하기 위하여 收縮補償材 또는 膨脹性混和材의 사용이 試圖되어 研究開發되었 으며 이것이 여러 方面에 이용이 企圖되고 있으나 價格과 膨脹量의 管理面에 아직도 問題點이 解決되지 않고 있다. 더구나 우리나라에선 全然 未開拓分野로서 積極적인 研究開發이 기대되고 있다.

#### 6) 極低溫콘크리트

에너지波動후에 液化天然가스(LNG)의 導入이 推進되면서  $-163^{\circ}\text{C}$ 나 되는 LNG의 貯藏用탱크의 構築을 위하여 極低溫콘크리트의 요구가 높아지고 있다. 이 極低溫콘크리트는 定常溫度에서의 콘크리트와 強度 특히 冷熱衝擊에 대한 強度 등에서 問題點이 있으며 眞空脫水乾燥方法 등 앞으로 여러가지 特殊方法의 利用이 開發될 것으로 본다.

### 6. 結 論

우리나라의 시멘트·콘크리트계를 바라볼 때 너무나 많은 問題點이 解決되지 못하고 放置되어 있음을 본다. 시멘트, 骨材, 混和材, 콘크리트의 施工 등 앞길이 요원하다.

과거 5年間の 우리나라 各種 學會誌에 發表된 콘크리트관계 研究論文數를 調查해 본 結果 總 10件에 未達되어 있고 日本의 1年間 發表論文數 300件 以上에 比하면 너무나 한심스러운 實情이다. 더구나 우리나라에서의 시멘트界와 콘크리트界의 相互無關心은 하루빨리 打破하여 協力體制로 誘導해야 할 것이다.

콘크리트構造物은 결코 短期的인, 우리 代만을 위한 것은 아니다. 長期的인 子孫萬代를 위한 遺産으로 물려줄 것들이다. 그들에게 不安한 “검은 遺産”을 남겨줄 것인

가, 安定된 “밝은 遺産”을 남겨줄 것인가. 콘크리트의 技術開發 이전에 이러한 意識改革이 先行되어야 할 것이며 따라서 誠實한 施工作業과 철저한 監督의 必要性이 強調된다.

끝으로 韓國洋灰工業協會에 대하여 한가지 提言코자 한다. 시멘트의 生産은 어디까지나 콘크리트에로의 需要가 絶對的인 前提條件이다. 따라서 洋灰工業協會는 시멘트使用者를 위한 서비스機關으로 體質改善을 함이 絶對적으로 필요하다. 즉 현재의 시멘트生産者모임으로서의 業務遂行과 함께 콘크리트技術의 研究體制를 갖추어 여러가지 問題點을 解決해 나가는 方向으로 改編되어야 할 것이다. 이것은 결코 콘크리트界의 發展뿐만이 아니고 결국은 시멘트生産業界의 發展에 더욱 기여하게 될 것임은 명백한 사실이다. 따라서 協會의 名稱도 「韓國 시멘트·콘크리트協會」로 改稱함이 合理的이라 본다.

나라의 基幹産業의 一翼을 담당하고 있는 우리들이 하루빨리 舊態에서 脫皮하여 새로운 發展的인 方向으로의 轉換이 絶실한 때임을 強調하는 바이다.

#### 參 考 文 獻

- 1) 松井嘉孝, セメント・コンクリート, No. 388, June 1979.
- 2) 韓國洋灰工業協會, 시멘트誌, 1973~1983.
- 3) 山田順治, セメント・コンクリートの知識, 1983.