

印度에서의 Cement · Concrete의 研究動向

韓 基 成

〈仁荷大學校 工科大學·教授〉

1. 머리말

1989年 1月 30日부터 2月 3日까지 5日 間 印度의 New Delhi市에서 제 2차 NCB 시멘트 및 건축재료 국제 세미나가 개최된 바 있으며 여기에 韓國에서는 3名(崔相紇, 金正煥, 本人)이 참가하여 2편의 論文을 발표하였다.

이 세미나 참가에 대한 參加記는 「시멘트」誌 (114號, 1989. 3 (pp.48~53))에 발표하였으며 이미 많은 분들이 읽었을 것으로 생각한다. 이 세미나에서는 2편의 特別講演과 10개 分野에 걸쳐 총 108편의 論文이 발표되었다. 그중 56편의 論文은 印度人들에 의하여 발표되었고 52편은 非印度人들에 의하여 발표되었다.

여기서는 印度人들에 의하여 研究, 發表된 論文들에 대하여 分野별로 나누어 題目과 發表者들을 열거하고 내용에 대하여 간략하게 기술함으로써 印度에서의 시멘트·콘크리트 및 이에 관련된 건축재료에 대한 研究動向을 살펴보고자 한다.

한편 그에 앞서 印度에서의 NCB(National Council for Cement and Building Materials)란 機關의 組織과 機能에 대하여 살펴봄으로써 우리나라의 韓國洋灰工業協會의 組織과 機能에 대하여 反省해 볼 기회가 되었으면 하는 것이다.

2. National Council for Cement and Building Materials(NCB) — 國立 시멘트 및 建築材料委員會 —

이 機關은 시멘트 및 建築材料에 대한 모든 分野 즉 研究, 技術開發, 技術移轉, 繼續教育 및 技術的인 奉仕 등을 다루는 國家機關이다.

실제적인 活動범위는 原石의 開發에서부터 제조工程, 製造裝備와 실제 건설에 필요한 최종 제품까지 포함된다.

NCB의 本部는 New Delhi市에 있고 研究所 및 支部는 Ballabgarh (Haryana), Hyderabad, Patna, Tiruchirapalli (Tamil Nadu) 및 Madras 등에 있다.

또한 이들은 각 產業體, 大學, 個人 및 다른 系統의 機關(研究所 포함)들과도 긴밀한 연계로 협조하고 있다.

NCB의 組織과 그들의 機能을 간단히 소개해 보기로 한다.

1) Cement Research Institute (CRI)

— 시멘트 研究所 —

學部 출신 이상의 研究員이 약 300명, 高校 출신 助手가 약 150명 정도로 NCB의 事業을 이끌어가는 中추적 역할을 하는 機關이다. 주로 基礎研究, 새로운 材料와 工程의 開發 및 企劃 評價, 設計와 工學的인 問題 등의 범주에 속하는 것들을 다룬다.

이 研究所에서 수행해온 일들을 추려 보면

- 低에너지 클링커 燒成에 대한 새로운 技術開發
- 有色 시멘트를 위한 각종 색깔의 클링커 製造
- 超速硬 高強度 시멘트의 開發
- 無收縮·膨脹材의 開發

- 鋼纖維 補強 콘크리트(SFRC)의 開發
 - 高MgO 石灰石의 利用에 관한 研究
 - 高로 slag 및 fly ash 등 公業폐기물 이
용에 관한 研究
 - 전국 石灰石 鑛床의 品位 調査 및 開發計
劃
 - 현대식 shaft kiln이나 소형 시멘트 工場
의 奧地에 대한 建立問題
 - 燒成技術 향상을 위한 技術開發
 - 高灰分炭 燒成을 위한 burner의 改良
- 등 시멘트工業 전반에 걸친 문제점들을 해결하
고자 노력하고 있다.

2) Construction Development Institute
(CDI) — 建設開發研究所 —

뎀, 橋梁, 道路鋪裝, 建築物 또는 레미콘에
이르기까지 여러가지 建設에 따른 시멘트·콘
크리트의 합리적인 利用에 대하여 다루는 機關
이다.

3) Center for Consumer Protection(CCP)
— 消費者保護센터 —

적정 品質의 시멘트 및 建築材料를 적기에 가
장 저렴한 가격으로 消費者들에게 공급할 수 있
도록 보장해 주는 機關이다.

4) Center for Standardization, Calibra-
tion, Testing and Quality Control(CTQ)
— 標準化, 補正, 試驗 및 品質管理센터 —
시멘트工業에 있어서의 品質管理를 위한 정확
한 試驗方法, 試驗裝置·機器의 補正, 標準試料
의 제조 등 標準化 問題를 다룬다.

5) Center for Productivity Enhancement
(CPE) — 生産性 向上센터 —

여기서는 각 機械裝置의 容量에 따른 稼動時
間과 補修計劃의 적절한 利用으로, 에너지 소비
의 감축을 기하고 생산성을 향상시키고자 工場
管理의 program화를 다룬다.

6) Center for Environmental Improvement
(CEI) — 環境改善센터 —

시멘트工業에 관련된 公害 즉 粉塵, 騒音 및
振動 등의 問題를 해결하여 環境改善 및 生態

保存을 위한 機關이다.

7) Center for Industrial Information Ser-
vices (CIS) — 産業情報弘報센터 —

시멘트 및 建築材料工業에 관련된 情報의 수
집, 分析 및 刊行, 配布하는 곳으로 定期刊行
物, 研究論文, 教育資料 기타 情報資料 등 100
여종을 刊行하고 있다.

8) Center for Continuing Education and
Human Resources Development
— 繼續教育 및 人力開發센터 —

工業技術의 발달에 따라 새로운 기계장치, 새
로운 工程管理에 부응할 수 있는 人力을 定期,
不定期적으로 教育을 실시한다.

3. 印度에서의 시멘트·콘크리트의 研 究 動向

제 2 차 NCB 시멘트 및 건축재료 국제 세미
나에서 발표된 총 108 편 중 印度人들에 의하
여 발표된 52 편을 각 session 별로 나누어 題
目과 發表者를 열거하고 印度에서의 研究動向
에 대하여 간략하게 기술하고자 한다.

SESSION I : Productivity Enhancement (Including Plant Maintenance) (12/19)

1. Remote sensing applications in evaluation
of limestone deposits. M Imran, G V K
Prasad, D K Panda (National Council for
Cement and Building Materials, New Delhi).
2. Economic exploitation of intricate limest-
one deposits. Krishna Murari (Cement
Corporation of India Ltd, New Delhi).
3. Differences between prospected and run-
of-mine limestone quality - appraisal of causes
and remedial measures. S P Ghosh (Cement
Corporation of India Ltd, New Delhi).
4. Computer aided assessment of limestone
deposits. Raju, K I Romi, Vijay Kumar
(National Council for Cement and Build-

ding Materials, New delhi).

5. **Improved mine working for overcoming sickness in cement industry** J K Kulshreshtha (Cement Corporation of India Ltd, New Delhi).
6. **Productivity improvement through efficient operation of cement rotary kilns - NCB's experiment.** Kamal Kumar, S N yadav, A K Dembla (National Council for Cement and Building Materials, New delhi).
7. **Volatile cycles as obstacles in kiln availability-A few case studies.** R Dasgupta, D M Sheth, N S Pandit (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
8. **Advanced diagnostic techniques for kiln maintenance.** O P Jane, A K Mishra, M Agarwal (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
9. **Future maintenance strategies for cement plates.** M G Poduval (Vibration Engineers and Consultants (P) Ltd, Madras).
10. **Computerised integrated manegement information system for productivity enhancement and cost control for cement industry.** N C Jain (Cement Corporation of India Ltd, New Delhi).
11. **Automation and productivity in Indian cement plants.** V B Rajendra Raja (The India Cement Ltd, Madras).
12. **Productivity enhancement in an unconventional cement plant - A case study.** N C Brahma, Baljinder S. Dus (DCM Ltd, New Delhi).

— 生産性 향상(工場 補修 포함) —

石灰石 鑛床에 대한 調査 및 開發에 대한 문제를 전국토에 걸쳐 시행함에 있어 航空·衛星 寫眞에 의한 광역 探查로부터 소규모 連續探石 機의 사용에 이르기까지 原價의 절하와 합리적 인 개발을 꾀하고 있다.

Cement kiln의 효율적인 運轉, 예비 補修계

획의 확립, computer를 이용한 종합적인 工場 管理 등에 의하여 工場의 能率 향상과 生産性을 향상시키기 위한 論文들이 발표되었다.

SESSION II: Modernisation (1/10)

1. **A Modernised technical information support system to the Indian cement industry from National Council for Cement and Building Materials.** T R Srinivasan, S Deshmukh (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).

— 現代化 —

NCB를 통한 印度 시멘트産業의 現代化에 관한 것으로 原料 및 裝置, 生産에 대한 기술개발과 標準化, 市場流通 또는 公共利用問題에 이르기까지 종합적으로 다루고 있다.

SESSION III: Energy Conservation (8/12)

1. **Energy audit in Indian cement industry-NCB's experiences.** J P Saxena, Pradeep Kumar, A Pahuja (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
2. **Energy audit, analysis and conservation for cement industry.** V J Anantharaman, Z K Shirazi, S N M Khan, Jayant Kumar, S Sharma (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
3. **Role of compressed air audit in an integrated energy conservation programme in cement plant.** M V Krishna Rao, V J Anantharaman, jayant Kumar, S Sharma, S N M Khan (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
4. **Energy conservation for vertical material transport—A case Study.** Sunil Batra (BHP Engineers, New Delhi).
5. **Combustion efficiency improvements in dry process kilns—A Case Study.** C V Chalam, V Venkatesan (M K Raju Consultants

Pvt Ltd, Madras).

6. **Use of lignite as primary fuel in rotary cement kiln firing.** N P Verma, V K Batra (HOLTEC Engineers Pvt Ltd, New Delhi).
7. **Potential for utilising natural gas high ash coals.** V K Arora, V Narayana Murthy (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
8. **Total energy cost and consumption analysis (TECCA).** P C Sogani, S K Gupta (HOLTEC Engineers Pvt Ltd, New Delhi).

— 에너지 保存 —

시멘트工業에 있어서의 종합적인 熱管理方法을 에너지의 다각적인 이용, 工場施設의 현대화, 工程의 안정화, 經營者의 의식화 등으로 改善코자 하였으며 특히 灰分이 30~40%인 印度産 石炭의 효율적인 이용 방법에 대하여 발표하였다.

SESSION IV: Automation, Process Optimisation and Simulation (3/8)

1. **Simulation of closed circuit grinding.** J C Mishra, H R Sachdev (Larsen & Toubro Ltd, Bombay).
2. **Simulation of modern vertical shaft kiln cement plants.** S Chatterjee, S Giridhar Kumar, S K Bandhopadhyaya (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
3. **Human resource developmental strategy for the Indian cement industry.** N Raghavendra (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).

— 自動化, 工程의 最適 및 模式化 —

閉回路 粉碎裝置의 模式化와 현대식 shaft kiln의 自動化를 위한 模式化, 各급 技能工의 長短期 訓練을 통한 人力管理 계획 등이 포함되어 있다.

SESSION V : Newer Technologies (6/9)

1. **Investigations on the use of basalt as a corrective in portland cement manufacture— A case study.** S K Khadilkar, D Ghosh, C H Page (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
2. **Sulphur extended asphalt : A potential binder of the future.** A K Sarkar, S K Rao (Indian Institute of Technology, Kharagpur).
3. **Potential use of magnesium oxychloride cement as binder.** A K Misra, Renu Mathur (Central Road Research Institute, New Delhi).
4. **Radiation synthesis of cement clinker.** S J Raina, R K Goswami, George Samuel (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
5. **Rediset—An ultra superhigh strength cement.** P S Parameswaran, A S Heble, S Krishnan (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
6. **Class 'G' oil well cement manufacture in coal fired kiln.** P S Parameswaran, S Krishnan, V Varadarajan (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).

— 새로운 技術 —

副原料로서 basalt의 이용, 建築材料의 결합제로서 마그네시아 시멘트 또는 硫黃의 이용, 시멘트 클링커의 輻射熱合成, 超硬시멘트 및 oil well 시멘트의 제조 등 흥미있는 論文들이 발표되었다.

SESSION VI: Building Materials From Wastes (6/15)

1. **Flyash - A Man made resource material for building industry.** Rajendra Kumar (Regional Research Laboratory, Bhopal).
2. **Development of flyash based building**

materials. K M Sharma, R Bhargava, S K Handoo (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).

3. **Flyash bricks--Production and performance.** C Rajkumar, Rattan Lal (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
4. **Use of flyash in structural concrete.** T P Agarwal (Banaras Hindu University, Varanasi).
5. **Use of river sand flyash for paving mixes with sulphur- Asphalt as a binder.** M Mazumdar, S K Rao (Indian Institute of Technology, Kharagpur).
6. **Possibilities of making blended and special cements using low lime and high alumina granulated blast furnace slag cement.** D K Dutta, D K Bordoloi, P C Borthakur (Regional Research Laboratory, Jorhat).

— 産業廢棄物을 이용한 建築材料 —

印度에는 65 개의 火力發電所가 있고 연간 3,500 만톤 정도의 fly ash가 產出되어 이의 活用に 부심하고 있다. 따라서 fly ash을 이용하기 위한 基礎研究, 벽돌 및 블록의 제조, 構造用 콘크리트에의 이용, 알칼리 骨材反應에 의한 劣化 改善에 관한 研究가 많고 고로 slag를 이용한 특수시멘트 제조에 관한 研究도 있었다.

SESSION VII : Packaging, Handling and Transportation (3/4)

1. **The bag to pack cement--The ultimate choice.** G Sivaraman (Anglo-India Jute Mills Co Ltd, Calcutta).
2. **Modernisation in jute bag manufacturing for cement packing in India.** N K Rawat (Chitavalasah Jute Mills, Calcutta).
3. **Advances in cement packing and transport in India.** S N Mehrotra (National Council for Cement and Building Materials, New

Delhi).

— 包裝, 取及 및 輸送 —

印度에서 산출되는 jute (黃麻)를 이용한 값싼 포장용 bag의 生産과 合理的인 輸送問題에 대하여 발표하였다.

SESSION VIII : Ecological and Environment Improvement (5/5)

1. **Make waste into wealth in rural road construction.** S S Seehra, Satander Kumar (Central Road Research Institute, New Delhi).
2. **Environmental Management for Limestone mines.** A D Agnihotri, K Vijaya Kalyani, S Jana (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
3. **Control of fugitive dust in Indian cement industry.** J P Mittal, S George, S Reddy (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
4. **Dust emission reduction from vertical shaft kilns : Problem and solutions.** K P Nyati, S P Chandak (National Productivity Council, New Delhi).
5. **Comprehensive survey of dust emission control in Indian cement industry.** R A Ramanujam, S M Shinghote, S B Yadav (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).

— 生態學的 또는 環境의 改善 —

이 session에서는 5 편의 論文이 전부 印度人の 것이었으며 시멘트 産業으로부터 발생되는 粉塵, 騒音, 振動 및 廢棄物에 대한 전반적인 管理과 이용에 관한 調査들이 포함되어 있다.

SESSION IX : Quality Assurance (3/11)

1. **Rapid prediction of early strength of OPC by microhardness of clinker phases.** V V

- Deshmukh, V H Zemse, R V Hargave (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
2. **Individual and combined effect of free lime, periclase (MgO) and aluminate (C₃A) on the unsoundness of cement.** D Venkateswaran, R V Hargave, V H Zemse, P G Lele, P S Parameswaran (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
 3. **Inter-laboratory proficiency testing programme.** S C Ahluwalia, K H Babu (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).

— 品質保證 —

燒成된 클링커 중에 생성된 鑛物相에 대한 微少硬度를 측정하여 시멘트의 초기 強度를 추정하는 방법, 유리石灰, 유리 MgO 및 C₃A 등의 양과 결정 크기가 시멘트의 팽창에 미치는 영향과 아울러 시멘트 및 建築材料의 品質保證을 위한 試驗訓練 指針도 발표하였다.

SESSION X : Durability, Performance and Utilisation (9/15)

1. **Use of portland cement pozzolana cement with alkali reactive aggregates.** A K Mullick, R C Wason (National council for Cement and Building Materials, New Delhi)
2. **The constituents of concrete, their nature and role in durable performance.** B V B Pai, P S Parameswaran (Associated Cement Cos Ltd, CRS, Thane).
3. **Resistivity behavior of the concrete.** K Ganesh Babu, P V S N Raju, K V Rao (Indian Institute of Technology, Madras).
4. **Corrosion resistance of supersulphated cement concrete against fertilizer attack.** S S Rehsi, S K Grag, M Khalid, Kishan Lal (Central Building Research Institute, Roorkee).
5. **The influence of aluminosilicates on the**

- alkalinity decrease of portland cement.** M Vanis, J Kozankova (Slovak Technical University). K Komlos (Institute of Construction and Architecture, Czechoslovakia) M M Sain (The National Insulated Cable Co of India).
6. **A knowledge of based system on code of practice for reinforced concrete.** C Rajkumar, Satwant Behal (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
 7. **Performance of blended cements at low temperature.** Kalyan Dass, P C Gupta, S S Rehsi (Central Building Research Institute, Roorkee).
 8. **Improving performance of concrete structures in cement plants through structural modifications- Case studies.** Anil Kumar, H K Julka (National Council for Cement and Building Materials, New Delhi).
 9. **Gypsum partition panel - A contributory element to national housing policy.** N Bhanumathidas (Bhanu International, Visakhapatnam) N Kalidas (Coromandel Gypsum Pvt Ltd, Visakhapatnam).

— 安定性, 性能 및 利用 —

알칼리 骨材反應의 경감을 위한 pozzolan cement의 사용과 콘크리트의 耐久性을 향상시키기 위한 방법으로 混合材 및 混和劑의 사용, coating에 의한 방법, 鐵筋 콘크리트의 腐蝕防止 조건, 각종 肥料에 의한 腐蝕防止, GRC (glass fiber reinforced concrete)의 이용, reinforced concrete에 대한 computer program 法의 應用 등 다양한 論文들이 발표되었다.

4. 9th International Congress on the Chemistry of Cement New Delhi, India- 1992

1992年 印度 뉴델리市에서 개최되는 第9次 시멘트化學 國際會議는 11月 23日(月)부터 28

日(土)까지 6日間 열리게 되어 있다.

이會議은 매 6年마다 열리는 것으로 6年 동안 世界 각국에서 研究된 우수한 論文들을 주요 시멘트生産國을 돌아가며 발표하는 시멘트界에서는 그 권위를 인정하는會議이다.

理事會에서 선정한 研究課題의 범위는 다음과 같다.

- 1) Effects of Raw Materials and Process Parameters on the Cement Clinker.
- 2) Energy Savings in Clinkerisation through Use of Modifiers and Activators.
- 3) Quality of Clinker as Affected by Energy Conservation and Environmental Control Measures.
- 4) New, Special and Blended Cements.
- 5) Chemistry of Hydration of Cements and Other Ingredients and their Effects on Properties of Pastes, Mortars and Concrete.
- 6) Influence of Cements on the Mechanical Properties and Durability of Concrete.

研究課題의 범위는 매번 大同小異함을 볼 수 있으며 첫째 클링커 燒成反應에 미치는 原料, 工程 등의 要因이 미치는 영향, 둘째 에너지節減을 위한 여러가지 조건, 셋째 特殊機能을 갖는 새로운 시멘트, 네째 시멘트, 모르타 및 콘크리트의 性能과 水和反應關係 또는 콘크리트의 耐久性에 미치는 시멘트의 영향 등으로 전부 시멘트의 化學에 관련된 것들이다.

실제 發表되는 論文은 數百편에 이르며 이들은 論文審査委員會의 엄격한 심사를 거치기로 되어 있다.

우리나라의 시멘트工業은 量的인 면에서 급속한 成長으로 世界 시멘트界의 주목을 끌게 되었으나 發表되는 研究論文은 數와 質에서 매우 부진함을 인정할 수밖에 없다. 그것은 生産 위주의 추세속에서 外國의 技術과 施設裝備를 導入해왔고 基本的인 研究開發에 대한 소홀과 아울러 研究人力의 빈약함에 기인하는 것으로 본다. 근년에 이르러 각 企業體마다 研究所를 設立

하여 研究의 活性化를 위하여 주력하고 있는 것은 우리나라 시멘트工業 發展을 위하여 매우 다행한 일이다.

이번 New Delhi市에서 1992年에 개최되는 第9次 시멘트化學 國際會議에는 각 學界 및 産業體에서 적극 참여하도록 지금부터 준비에 만전을 기하여 우리나라 시멘트界의 도약상을 나타낼 좋은 기회라고 생각한다. 그러나 國際會議에서의 論文發表란 그리 간단한 문제는 아니다. 이에 필요한 金錢的인 問題와 아울러 研究課題의 選定, 研究方向 및 方法, 結果의 整理 등 여러가지 問題를 業學會 및 洋灰工業協會를 求心點으로 하여 서로 협조해 나간다면 별 문제가 없을 것으로 본다.

5. 맺 음 말

우리 생활에서 “他山之石”이란 매우 필요한 것이다. 자신이 하는 모든 일을 다른 사람의 것과 견주어 자신을 反省해 볼 좋은 기회가 되기 때문이다.

印度라는 나라, 國土는 우리나라의 약 16배나 되는 광대한 곳이지만 8억 가까운 人口에, 기후 조건이 나쁜 農業을 주로하는 나라로서 시멘트工業의 면에서도 問題點이 많았다. 그러나 政府, 學界, 産業界가 힘을 합하여 이들 問題點을 극복하려는 노력은 우리가 다같이 배워야 할 점이라 생각한다.

2년마다 개최하는 “NCB 시멘트 및 建築材料 국제 세미나”를 통하여 많은 問題點을 제기, 토론하고 세계 각국으로부터 많은 情報를 입수하여 자기에 시멘트工業 발전에 기여하고자 하는 노력은 가히 가상할만하다. 또한 1992年의 시멘트化學 國際會議의 적극적인 유치도 이러한 노력의 일환이라고 생각되며 그들의 잠재능력의 발로일 것이다.

우리나라의 시멘트工業이 그동안 量的인 生産에 치우치느라 소홀히 다루어왔던 基礎研究와 새로운 技術開發에 새로운 방향전환을 함으로써 건전한 시멘트工業 발전을 기하고 싶은 마음 간절하다.