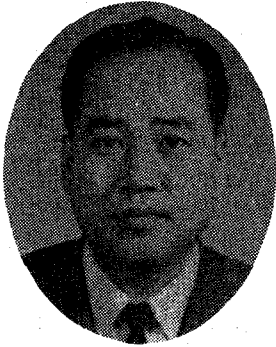


水 資 源 開 發 과 시 멘 트



韓 國 水 資 源 開 發 公 社
計 劃 理 事 金 麗 澤

1. 머리 말

시멘트의 소비량이 경제발전의尺度라는 것은 이미 周知의 事實이며 시멘트를 主要成分으로 하는 콘크리트를 떠나서 近代社會의 施設物을 생각할 수 없다. 水資源開發을 생각하면 더욱 그러하다. 水資源開發의 核心課題인 댐과 水路는 시멘트를 主要資材로 하고있기 때문이다. 콘크리트의 起源은 古代 로마의 水路施設에서 찾아볼수 있으며 石灰와 火山灰의 粉末을 混合하여 使用한 것으로 推測된다. 2,000年前의 그것과 오늘날의 콘크리트를 比較할때 무슨 進歩가 있었느냐 하는 叱責을 받을 筈도하나, 品質이 좋은 콘크리트를 經濟的으로 迅速하게 製造할 수 있다는 點이 오늘날의 콘크리트 技術이며 이에 隨伴하여 시멘트面의 技術發展도 이루어졌다고 생각된다. 2,000年前의 콘크리트의 強度가 어느程度였던가는 알 道理가 없으나 시멘트의 工業生産을 開始하여 콘크리트의 強度로 增加하였다. 最近 50年間을 回顧하여보면 콘크리트部材의 設計에 있어서 基準이되는 콘크리트 壓縮強度(σ_{28})가 1910年頃에 $100\sim 140\text{kg/cm}^2$ 程度이던 것이 現在는 鐵筋콘크리트에서 $250\sim 300\text{kg/cm}^2$, Prestressed concrete에서 $350\sim 450\text{kg/cm}^2$, 鋪裝에서 400kg/cm^2 程度를 示顯하고 있다. 시멘트는 鐵道建設, 電力開發, 港灣建設, 道路橋梁建設, 一

般土木, 建築 등에서 大量으로 消費되나 最近의 시멘트工業分野의 顯著한 技術進歩는 水資源開發에 있어서의 범용 포트랜드 시멘트, 道路用 포트랜드 시멘트 및 混和材料 등을 主軸으로 하고 있다고 하여도 過言이 아니다. 美國의 Hoover Dam (別名 Boulder Dam)은 그 主要材料인 콘크리트 即 시멘트의 利用으로 工事が 可能하게 되었고, 댐 높이 220m에 達하는 前例없는 大規模 댐 建設에 알맞는 시멘트 製造技術이 이것을 뒷받침하여 이 Hoover Dam의 建設을 契機로 水資源開發技術과 시멘트 製造技術面에 一大革新을 招來하였다.

2. 水資源과 그 核心課題

1) 水資源

從來·물은 必 農事에 必須不可缺한 것으로 또 는 해마다 되풀이되는 水災의 對象으로 생각되어 왔다. 4~5년에 1回程度의 頻度로 來襲하는 旱魃의 시달림을 받으면서도 우리나라 사람들은 「돈을 물 쓰듯이 쓴다」는 俗談에 잇듯이 물은 豊富한것 無盡藏한것 때에 따라서는 處置 困難한 것으로 認識하여 왔다.

그러나 近來에 와서 특히 湖南 嶺南地方의 極甚한 連鎖旱魃을 契機로 물은 貴重한 天然資源으로 再認識을 받게 되었다. 「물」이라는 概念에서 「水資源」이라는 概念으로 우리들의 물에 對한 感覺이 變遷되어 가고 있다. 8·15 解放, 南

北分斷, 6·25亂動 등으로 인한 人口의 激增이 물 需要를 높이고 있다. 또한 食糧의 自給自足, 工業의 高度化政策에 따른 活潑한 生産活動이 물 需要 增加에 拍車를 加하고 있다. 이리하여 漢江 洛東江 榮山江 等 比較的 土地開發度가 높은 우리나라 主要河川 下流部에 있어서는 深刻한 물 不足이 눈에 띄게 되어 이에 對한 對策樹立이 要望되고 있다.

2) 國際的 動向

이러한 傾向은 非單 우리나라에 局限된 일은 아니다. 美國은 1954年 4月에 上院에 水資源特別委員會 (the Senate Select Committee on National Water Resources)를 設置하여 美國의 國家利益을 爲한 長期的인 水資源의 需給問題를 檢討케 한바 있다. 또한 國際聯合은 低開發國의 經濟開發의 關鍵은 水資源의 保全과 開發에 있다는 見地에서 1965년부터 國際水文 10年計劃(IHD)에 着手하였다. 最近에는 1967年 5月 23日부터 1週日동안 美國 Washington D.C.에서 美國이 主宰國으로 물의 平和利用에 關한 第1回 國際會議 (the first International Conference on Water for Peace)가 開催되었다. 世界 91個國 代表가 參席한 開會式에서 美國의 존슨 大統領은 全世界 人類의 繁榮과 滅亡의 關鍵은 오직 「물」에 달려있으며 水資源開發 利用을 爲한 挑戰이야 말로 先後進國을 莫論하고 人類에게 주어진 神聖한 課業이라는 要旨의 演說을 하였다. .

3) 水資源의 特性

以上과 같이 水資源開發이 經濟開發의 다음과 같은 水資源特性에 起因한다.

첫째 水資源은 人間의 生活과 生産活動에 必要不可缺한 基礎資源이다. 人體의 70%를 물이 차지하고 있으므로 人間生活에 물이 必要함은 再論의 餘地가 없으며, 卞 農事に 많은 물이 消費됨은 더 말할나위도 없고, 工業製品 生産에 있어서 別表와 같이 用水費의 製品原價에 對한 比率이 電力費의 그것과 同等水準에 있다.

둘째 水資源은 永久循環資源으로 大氣에서 地表로 地表에서 바다로, 그리고 바다에서 再次 大氣로 循環過程을 反復함으로서 每年 平均的으로

用水費 및 電力費의 製品原價에 對한 比率

品 目	用水費 率	電力費 率	製品噸當 所要水量
銃 鐵	0.74	0.55	300
棒 鋼	0.66	0.62	300
薄 板	0.48	1.13	300
시 멘 트	0.44	4.72	1~4
硫 安	7.35	34.42	50~250
尿 素	2.58	2.78	330
비 스 코 스 스프	1.69	0.36	1,350
팔 프	4.63	9.26	300~500
石 油	0.36	0.69	10~100

大略 同一量을 維持한다는 點에서 石炭 石油資源等 一時的 資源과 區別된다. 그러나 總絕對量에 있어서 限定이 있고 그 賦存樣想이 時間的 空間的으로 不均等하다는 點에 水資源은 「開發」해야 된다는 宿命을 지니게 되는 것이고, 水資源의 需給關係는 極히 複雜하게 되는 것이다. 地球上에 現存하는 물은 97%가 海洋에 있고 2%가 兩極地帶에 氷河 또는 氷塊의 形態로 存在하여 人類가 使用對象으로 할 수 있는 量은 나머지 1%에 不遇한 狀態이다. 이 1%의 물도 全部 쓸수 있다면 豊足하겠지만 大部分이 洪水時에 바다로 流出해버리고만다.

셋째 水資源은 多目的 効用을 지니고 있다. 例컨대 山岳地帶의 貯水地에 貯留된 물은 그 狀態로도 觀光, 休養, 水産 및 局部的 水運에 利用될 수 있다. 이 물이 下流로 流動을 開始하면 水車發電機를 廻轉시켜 電氣에너지를 生産하게 되고 다시 平野部를 流下하는 동안에 農業用水 生活用水 또는 舟運用水 등으로 時間과 空間을 달리하면서 反復利用된다. 이와 같이 平常時에는 有益한 水資源도 一旦 洪水時에는 莫大한 災害의 根源이 되는 矛盾을 內包하고 있다. 이러한 水災는 水資源이 지니고 있는 마이너스 面的 効用이라고 할 수 있으며, 災害의 對象이던 洪水의 資源化 方案을 爲한 挑戰이야말로 最近의 水資源開發의 中心課題라고 하여도 過言이 아닐 것이다.

4) 水資源開發의 核心課題

이러한 水資源의 特性에 비추어 어떻게 하면 限定된 水資源을, 그것도 時間的으로 空間的으로

로 賦存量을 달리하는 것잡을 수 없는 水資源을 우리들의 經濟活動에 알맞게 利用할 수 있을 것인가 하는 問題가 擡頭하게 된다. 이스라엘의 水資源開發은 北部地方의 年平均 降雨量 1,000mm 에 對하여 中部地方의 200mm, 南部地方의 31mm 라는 激甚한 地域的 格差를 解消하기 爲하여 地域과 地域을 連結하는 水路施設에 重點을 두고있다. 이스라엘은 이러한 空間的 格差뿐만 아니라 4월부터 10월까지의 乾燥期에는 땅에 빛나는 아침 이슬 만큼도 비가안을 程度로 降雨의 季節的 格差가 甚하기 때문에 이를 克服하기 爲하여 물의 調節施設로서 無形의 貯水池役割을 하는 地下水開發에 力點을 두고있다. 우리나라의 水資源開發의 必要性도 夏季 3個月間에 年降雨量의 3分の2가 集中하는 降雨의 季節的 格差때문에 惹起된다고 하여도 큰 過誤는 없을 것이다. 이리하여 水資源의 時間的 格差를 解消하기 爲하여는 마치 銀行의 金庫와 같이 돈 아닌 물의 貯藏庫役割을 하는 貯水池 即 댐을 建設하는 手法이 適用

되고, 水資源의 空間的 不均衡 即 地域的 格差를 없애기 爲해서는 地域과 地域을 水路로 連結할 수 밖에 없다. 水資源의 廣域化開發이란 概念이 擡頭할 수 밖에 없다. 따라서 水資源開發의 核心課題는 댐 建設과 水路建設로 集約할 수 있으며 댐과 水路는 兩者共히 시멘트工業과 不可分의 關係에 있다. 특히 最近의 世界의 댐趨勢가 漸次 大規模化됨에 따라 더욱 그러하다.

3. 最近의 댐趨勢

댐은 人間이 築造하는 最大의 單一構造物로서 土木技術의 世界的 視野에서 볼때 댐建設이야말로 第一級의 地位를 차지하고 있다. 近來에 와서는 댐需要面에서 그 規模가 커지고 日進月步로 그 높이, 體積 및 貯水量 記錄이 更新되는 趨勢에 있다. 世界에서 第一 높은 댐은 1966년에 完成된 스위스의 Grande Dixence댐으로 높이 284m, 1963年 10월에 事故를 이르킨 이탈리아의 Vaijont댐은 265m로서 Arch댐으로는 最高의 높

世界 댐 現 況 (높이 30m 以上)

國 名	댐 數	콘 크 리 트 댐				土 石 댐	
		重 力 式	아 취 式	받 트 래 스 式	말 티 플 아 취 式	흙 댐	石 塊 댐
알 제 리 아	18	9	2	—	1	3	3
아 르 젠 티 나	10	1	4	3	—	—	2
오 스트레 일 리 아	53	27	4	2	1	18	1
오 스 트 리 아	21	11	10	—	—	—	—
英 國	31	18	—	4	—	9	—
캐 나 다	47	31	2	1	2	7	4
칠 리	11	1	—	—	—	3	7
프 랑 스	96	49	39	1	4	3	—
서 독	38	29	1	—	—	7	1
인 도	70	46	—	—	—	24	—
이 태 리	164	84	48	14	6	3	9
日 本	222	185	10	1	1	20	5
美 國	569	196	87	7	19	225	35
멕시코	32	7	3	2	2	14	4
뉴 지 일 란 드	19	8	7	—	—	3	1
포 르 트 갈	31	9	14	1	—	4	3
푸 에 르 트 리 코	14	6	—	2	—	5	1
남 아 프 리 카	25	15	4	1	1	1	3
스 페 인	141	120	12	6	—	2	1
스 위 스	32	16	11	3	—	1	1
其 他	117	59	8	6	4	36	4
합 計	1,761	927	266	54	41	388	85

이로 알려져 있다.貯水量으로는 前述한 美國의 Hoover댐이 1936년에 完成되어 365億噸의 記錄을 가지고 있었으나 現在 建設中에 있는 이집트의 Aswan댐이 完成되면 1,500億噸이라는 巨大한 貯水量으로 그 記錄이 更新될 것이다. 댐體積으로는 美國의 Fort Peck 댐이 fill type의 댐이기는 하나 9,500m³로서 現在도 그 記錄을 保持하고 있다. 어느 時代를 莫論하고 댐建設에는 그 時代의 最高의 人智를 動員하고 最大의 機械力을 動員하여 巨大한 構造物을 安全하고 經濟的으로 그리고 短時日內에 築造하기 爲한 努力이 傾注되어 왔으며 特히 댐築造材料로서 시멘트製造技術의 發展 및 土質工學의 進歩가 이를 뒷받침하게 된 事實을 銘記할 必要가 있다. 數年前의 資料에서 높이 30m 以上の 댐의 國別 種類別明細를 추려낸 것이 前表이다. 美國에서는 最近 흙 또는 石塊를 主要材料로 하는 Fill type 댐이 擡頭되고 있으나 世界的인 視野에서 볼때 시멘트를 主材料로 하는 콘크리트 댐이 73%라는 높은 比率을 나타내고 있음을 이 表에서 알수있다.

댐 建設의 73%를 콘크리트댐이 占有하고 있다는 點, 댐 規模가 大型化하고 있다는 點에 비추어 시멘트와 댐 建設의 依存度는 今後 더욱 커질 것이 明白하다. 設使 上述한바와 같이 土石을 主材料로 하는 Fill type 댐 建設이 盛行될지라도 댐에 附隨하는 餘水路等에 莫大한 시멘트가 投入되므로 댐의 시멘트 依存度에 變化가 없게 될 것이다. 1965年初에 竣工한 春川댐은 콘크리트 댐이었으나 總시멘트投入量이 約 7萬噸, 이에 比하여 1972年 竣工豫定으로 現在 工事中인 昭陽江댐은 土石을 主材料로하는 댐이나 總시멘트投入豫定量이 約 10萬噸이라는 事實이 그것을 如實히 證明하고 있다. 結局 水資源의 廣域化開發 綜合開發 趨勢는 댐과 水路의 大型化를 誘發하고 또한 이러한 施設의 大規模化는 시멘트의 大量消費를 促進할 수밖에 없다.

4. 콘크리트댐과 시멘트

콘크리트댐이 安定性있고 耐久性있게 所期의 目的을 達成하기 爲해서는 댐 自體의 構成材料인 콘크리트品質이 良好해야함이 不可缺의 要件으

로 된다. 또한 콘크리트가 차지하는 役割이 建設費에 있어서 極히 크므로 最近의 콘크리트 技術의 顯著한 進歩를 充分히 勘案하여 經濟的인 댐을 建設하도록 格別한 研究가 있어야 할 것이다. 댐에 投入되는 콘크리트라고 해서 一般構造物의 콘크리트와 何等의 差異가 있는것은 아니나, 다만 댐에 있어서는 콘크리트가 커다란 mass로서 打設되어야 하며 特히 均一性和 一體性이 要請된다는 點에 特別한 留意를 하여야 한다. 一般的으로 댐에 投入되는 콘크리트를 取扱하는 基本的인 思考方式은 첫째 시멘트는 물과 混合되어 長期間에 걸친 發熱反應을 示顯한다는 것, 둘째 콘크리트의 主成分인 시멘트量이 增加하면 發熱量이 增大하여 댐龜裂의 原因을 造成하여 댐의 一體性을 危脅한다는點, 셋째 콘크리트에 投入되는 물의 不過 20~30% 程度만이 시멘트와의 水和反應에 寄與할뿐 나머지는 콘크리트의 반죽을 하기 爲하여 不得已必要는 하나 事實上은 콘크리트 自體에 惡影響을 준다는點等이다. 따라서 댐에 投入되는 콘크리트는 作業이 許容하는 範圍內에서 可及的 單位水量을 적게하고, 強度가 許容하는 範圍內에서 單位시멘트量을 주려 發熱量을 적게하고, 單位모르타르量을 可及的 적게하여 콘크리트의 容積變化를 적게함으로써 댐 龜裂을 防止함이 緊要하다. 이를 爲하여 中庸熱 또는 低熱시멘트, 混和劑 및 AE劑 등의 研究와 普及이 盛行되고 있다. 댐 콘크리트가 具備하여야 할 性質을 要約하면 耐久性이 클것, 水密性이 클것, 所要強度를 保有할것, 單位體積重量이 클것, 容積變化가 적을것, 發熱量이 적을것, 品質의 均等性을 維持할것, 經濟的인 일것 등이다.

우리나라에 있어서는 春川댐 建設을 契機로 前述한 AE劑의 使用이 本格化되었으나, 中庸熱시멘트, 低熱시멘트 또는 Fly Ash 등 보조劑의 利用은 아직 實用化되어 있지 않다. 晩時之嘆은 있으나 우리나라 시멘트 製造分野에서도 中庸熱, 低熱시멘트 特히 Fly Ash에 對한 研究와 生産準備에 拍車를 加하여 주었으면 하는 愆心은 非單筆者 혼자만의 것이 아닐 것이다. 中庸熱 또는 低熱포르랜드 시멘트는 長期強度가 크고 水和熱이 적기 때문에 (別表參照) 日本에서는 相當數의

水和熱 (cal/g)

種 類	7日	28日	3個月	6個月	1年
普通시멘트	60~80	80~100	—	—	—
中庸熱시멘트	64	75	85	93	100
低熱시멘트	56	64	75	84	92

덤에 사용되어 좋은 成績을 나타내고 있다. 콘크리트 속에 微細한 獨立空氣泡을 分布시키기 爲하여 사용되는 AE劑는 우리나라에서도 最近에는 많이 쓰여지고 있다. AE劑는 콘크리트의 耐久性의 增大, Workability 增大로 因한 單位水量 單位시멘트량의 減少를 招來하여 發熱량이 減少되기 때문에 덤 龜裂防止에 寄與하며, 同時에 經濟的이다. Fly Ash는 火力發電所의 副産物로서

우리나라에서는 試驗段階를 벗어나지 못하고 있으나 先進國에서는 덤과 其他 水理構造物에 널리 사용된지 이미 오래다. Fly Ash는 前述한 포조란 種類이며 시멘트의 適當量, 例컨대 20~30%를 Fly Ash로 代替하면 經濟的일 뿐만 아니라 콘크리트의 長期強度, 水密性, 耐久性 등을 改善하고 시멘트使用량이 적기 때문에 硬化熱이緩和되는 利點이 있기 때문에 우리 나라에 있어서도 本格的인 水資源開發段階에 가면 널리 普及되어야 할 것이다.

다음에 世界各國의 著名한 콘크리트型式의 덤에 投入된 시멘트량을 拔翠해 보면 다음 表와 같다. 이 表에서 보면 貯水容量 百萬 m³當 投入된 시멘트량은 16噸에서 5,000噸까지의 範圍로 變

世界主要덤의 시멘트 投入量

덤 名	國 名	덤 型 式	덤 高 (m)	總貯水量 (百萬 m ³)	投 入 量 (噸)	貯水容量 百萬 m ³ 當 시멘트投入量 (噸)
Almendra	스 페 인	아 취 式	190	2,475	500,000	202
Alpe Gera	이 태 리	重 力 式	116	65	346,000	5,340
Bhakra	印 度	〃	226	9,868	826,000	82
Bullards Bar	美 國	아 취 式	197	1,147	423,000	306
Dworshak	〃	重 力 式	211	4,259	1,290,000	158
Glen Canyon	〃	아 취 式	216	33,304	749,000	22
Grand Coulee	〃	重 力 式	168	11,795	1,619,000	136
Hoover	〃	아취重力式	221	38,547	673,000	16
Hungry Horse	〃	아취重力式	172	4,278	472,000	110
黑部 No.4	日 本	아 취 式	186	199	272,000	1,368
Mauvoisin	스 위 스	아 취 式	237	180	406,000	3,254
奧 只 見	日 本	重 力 式	157	601	328,000	546
Shasta	美 國	重 力 式	183	5,524	1,284,000	232

화하고 있으나, 이는 덤 地點의 地形의인 條件에 따라 그렇게되는 것이다. 이 表는 주로 大規模의 덤에 있어서는 單位貯水容量當 시멘트 所要量이 增大하게 될 것이다.

水資源開發의 主軸事業인 水力開發에 있어서 시멘트가 어느 程度의 比重을 차지하는가를 日本의 實例에서 찾아보기로 하자. 勿論 水力開發에 所要되는 시멘트의 主要消費處는 덤과 水路이다. 水力開發과 시멘트의 相關關係를 求하는데 여러가지 方法이 있겠으나 여기서는 發電所의 最大出力 1KW當 시멘트所要量을 把握해 보기로 한다. 勿論 一括的으로 最大出力 1KW當

시멘트所要量이 얼마라고 하더라도 個個 發電所의 發電型式 또는 그 立地條件에 따라서 相當한 差異가 있을 것이다. 아래 表는 日本의 水力開

1KW當 시멘트所要量 (單位 kg)

덤 式 水 力 發 電 所			湖沼利用水力發電所	平 均	
콘크리트 덤	흙 덤	石塊덤			
2,150	1,200	360	1,140	370	1,720

發電點 99個所의 平均値이다. 參考로 春川덤에 있어서는 最大出力 57,600KW에 約 7萬噸의 시멘트를 投入하였으므로 1KW當 約 1,200kg의 시멘트를 投入한 셈이 된다.

5. 맺는 말

國家經濟의 繼續的인 發展을 爲해서는 水資源 開發이 必須的이고 우리나라와 같이 降雨의 變動이 甚한 곳에서는 더욱 그러하다. 또한 今後의 水資源開發은 綜合性을 띄어야 하고 廣域化 計劃으로 다름질을 치고 있으므로 水資源開發의 核心施設인 댐과 水路의 大規模化는 必然的인 所致라고 생각된다. 따라서 水資源開發과 시멘트

의 依存度는 從前以上으로 커질 것이다. 設使土 石댐을 主材料로하는 fill type의 댐이 盛行되 고, 콘크리트 댐에 있어서 龜裂防止 및 經濟的 觀點에서 單位 시멘트量이 減少하는 傾向이 있 다고 하더라도 댐 및 水路의 大型化라는 積極的 要因과 對比하면 그것은 minor factor에 不過하 다. 우리나라의 시멘트 製造分野에서도 外國과 같이 中庸熱시멘트 或은 포조란에 對한 研究가 있기를 바라마지 않는다.

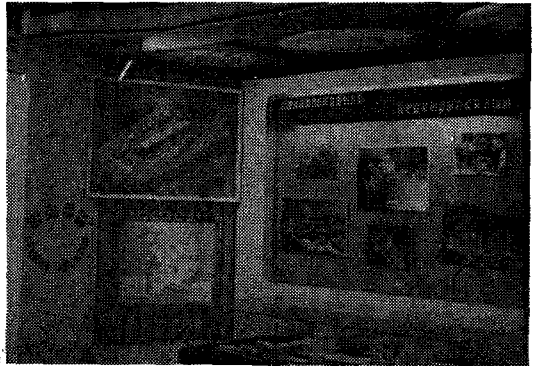
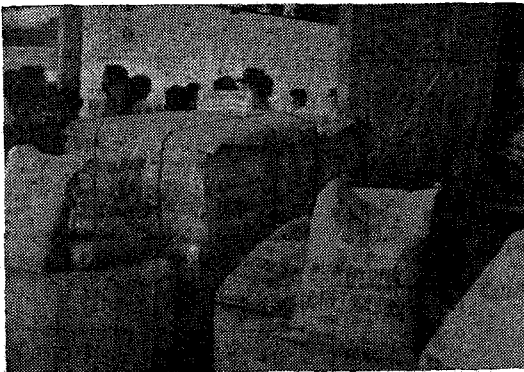
第一回 韓國貿易博覽會 開會中

場所： 九老洞 第2輸出產業工業團地

期間： 1968. 9. 9. ~ 10. 20 (42日間)

政府館에 가시면

第一次, 第二次 經濟開發
5 個年計劃의 代表的 業
績인 시멘트 工業의 發展
相을 보실 수 있고



業種館에 가시면

우리나라에서 가장 먼저 量產
體制와 國際的 品質을 갖춘 시
멘트 製品을 보실 수 있습니다

主催： 社團 韓國貿易博覽會

主管： 大韓貿易振興公社