

三峽大壩裂縫問題的討論 文席謀 4/15/2002 於洛杉磯

概述: 北美世界日報四月十三日登載三峽大壩壩體表面出現裂縫的驚人消息.

指出北京英文中國日報十二日刊登, 大陸政協副主席兼為水電力專家 錢正英 批評三峽大壩工程混凝土工程品質欠佳, 造成裂縫事故. 引述裂縫達 1.25公釐寬. 2.5公尺長. 講出發生的原因是 "沒有控制好混凝土的溫度", 指示必須仔細修補, 未言明如何修補和影響. 本文根據上述資料概略討論.

預防: 混凝土是用 沙, 石(級配), 洋灰, 和水 以適當比率混拌, 然後

澆注到位, 短時間內開始硬化. 強度從無到有, 逐漸增加. 一般經 28 天始達最

大強度. 洋灰遇水產生 "水解熱", 每公斤波特蘭洋灰全部水解發熱量約 100

千卡路里. 如散熱不良, 足使混凝土溫度升高. 又如澆注體型厚大, 開始凝

固而強度不足, 在散熱過程中, 表裡溫差, 熱脹冷縮而產生 "應力", 足以

使其表面產生坼裂. 澆注批量愈厚大, 坼裂問題愈嚴重. 如因趕工不能減少批

量, 避免坼裂方法有: ① 將所用 沙, 石, 洋灰, 和用水 (或以碎冰代替部份用

水) 在混拌前適當 "預冷" 以抵消部份 "水解熱". ② 壩體內適當預置

"冷卻盤管", 泵入冷卻水流通其中, 用以排除部份 "水解熱". ③ 洋灰中

加 "快硬劑". 增加壩體早期強度. ④ 控制施工時周遭環境模板及氣溫, 以

減少壩體早期表裡溫度差異. 實作時, 能根據有關 材料用量, "比熱" "水

解熱" 等數值, 考慮作業條件及環境情況, 可計算出防止大壩裂紋的方法.

或用電腦幫助決策. 按: "混凝土壩體施工" 屬 "制冷" 工程技術應用範

圍. 本文末 "參考文獻" 中有說明和線圖數據. 引述美國胡佛水壩建造時壩體

內埋設一吋外徑冷水冷卻鋼質盤管總長571英哩. 管內有時泵河水, 有時用 825

冷凍噸氨冷媒壓縮機造冷產生的冷水散熱. 視卻熱負荷大小情況而定. (每一冷凍

噸每小時卻熱12000BTU). 同時介紹現代若干大壩建造時用 "預冷法" 情形, 可供

參考.

補救: 壩體的張力強度主要靠鋼筋承擔, 裂縫如不作有效填補, 將來容易使

水份滲透到鋼筋而使壩體變弱. 數年前某期美國軍事工程雜誌上有一篇談水下混凝土結構保固的文章. 即使是優質混凝土結構體, 水份也有滲透到鋼筋而產生銹蝕膨脹逐漸變弱的可能. 文中建議永久性水下結構混凝土的建造, 所用鋼筋要先用 "環氧基樹脂" (epoxi) 作表面處理. 年前台灣某次電視節目報導台灣 "危橋", 見有若干橋墩混凝土部份剝落露出鋼筋情事. 因此這次報紙看到壩體坼裂的消息特別令人擔心. 建議用 "環氧基樹脂" (epoxi) 高壓灌注所有裂縫, 因細微裂紋未必全能由眼力發現, 而混凝土原就有被水滲透的可能, 建議同時用此塗以最佳施工方法塗滿整個壩體表面. 加強工程 "品管" 和 "品保", 亡羊補牢, 大壩長久安全始得無虞.

討論: 三峽大壩是一世界超級巨大永久性工程. 祇能成功, 不能失敗. 照理中國大陸已有多年建造高壩經驗, 而這次從設計到施工已匯集世界先進經驗. 專業和管理並重. 有數以百計的國外專家參與或駐工地工作. 有關技術資料應不致缺乏. 壩體坼裂原是可以控制使其絕對不發生的. 失誤顯然是人為疏忽所致. 壩體品質要求不僅是 "建成後堪用", 而是要 "永久無虞". 筆者因無管道了解大壩設計施工細節, 僅就大眾媒體所見作概略討論. 供有關方面參考.

參考資料:

1. CHAPTER 35, CONCRETE DAMS AND SUBSURFACE SOILS, 1990 ASHRAE HANDBOOK, REFRIGERATION SYSTEMS AND APPLICATIONS, 按: ASHRAE 即 "美國制冷空調工程師學會" ( American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers Inc. ) 本文作者曾為美國軍事工程學會 (SAME) 會員, 且為 ASHRAE 永久會員, 1986 年獲 ASHRAE 傑出貢獻獎授 "會士" (fellow) 稱號.
2. 如 "比熱" 的數值以 "每公斤用量" 使 "溫度上升一度攝氏溫度" 所需 "千卡路里熱量" 為單位計算, 則沙, 石, 洋灰, 水, 四者的 "比熱" 分別約為: 0.191, 0.191, 0.356, 1.00 .