

I-598

ロマプリエタ地震によるダムの被害（その2）

関西電力 正員 三浦健志、電力中央研究所 正員 伊藤 洋
佐藤工業 正員○中村 晋、竹 中 土 木 正員 藤井義文

1. はじめに 1989年10月17日に米国西海岸のサンフランシスコ市の南約90kmを震源とするマグニチュード(Ms)7.1 のロマプリエタ地震が発生した。被害のうちBay Bridge、Cypress 高架橋およびMarina地区については、その被害が都市型災害であることとあいまって比較的詳細に被害報告がなされている。しかし、ダム被害に関する詳細な報告はほとんど見られないので、その1で被害を受けた9ダムの被害概要を示した。

ここでは、被害を受けたダムのうち被害の最も顕著であったAustrianダムの被害状況、その被害分析について報告する。それらは、現地踏査とカリフォルニア州の州政府機関〔貯水部門(Department of Water Resources)の中のダム安全部署(Division of Safety of Dams)〕における聞き取り調査に基づくものである。

2. 被害状況 Austrian ダムはSan Jose Water Companyが所有し、Los Gatos Creek に設けられたダムである。ダムの断面形状および土質定数を図-1に示す。ダム材料は図に示すように2つの領域に分けられており、上流側に不浸透性の領域がある。

ダムに生じた被害のうち堤体の沈下は、堤頂部の中央で最も大きく84cm、右岸で45cmであった。左岸でも沈下が生じていたが沈下量は不明である。また、水平方向にも堤体の変形が見られ、堤頂の水平変形量は右岸側端部において下流側に36cm、左岸側端部において上流側に60cmであった。この原因の一つとして、基礎右岸の岩盤斜面の崩壊が考えられる。この様なダムが水平方向に回転する動きは地震以前より見られ、地震力によってその変形が加速されたようである。

領域	材料（機能）	土の強度
①	砂岩、頁岩（不浸透性）	$C=3.5t/m^2$ 、 $\phi=29^\circ 30'$
②	砂岩、頁岩（浸透性）	$C=3.5t/m^2$ 、 $\phi=29^\circ 30'$

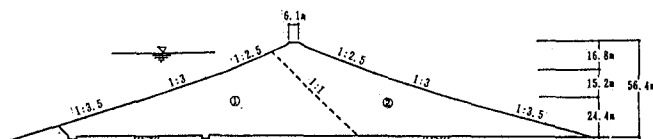


図-1 断面形状および土質定数

次に、堤体に発生した亀裂は、図-2に示すように①堤体軸に沿った亀裂（堤頂部の上・下流側）、②堤体軸直行方向に亀裂（上・下流側）、③右岸の余水吐に沿って生じた亀裂、④左岸の道路沿いに生じた亀裂、⑤下流側端部に生じた亀裂の五つに大別される。①、②に関する亀裂の平面分布の詳細を図-3に示す。②については、トレンチを掘って調べたところ亀裂の深さが1.5～4.5mであった。③の堤体右岸側の余水吐周辺で見られる亀裂は、基礎右岸の岩盤斜面の崩壊に起因していると考えられる。さらに、余水吐下端周辺では前述の斜面崩壊に起因して、余水吐の水平方向移動、堤体のはらみ出しが見られた。

最後に、ダム周辺構造物のうち余水吐に生じた亀裂は、軸直行方向の亀裂が数十cm間隔で多数発生し、下端部に破損がみられた。これらは、いずれも余水吐周辺の堤体に生じた亀裂と同様、堤体基礎右岸の岩盤斜面の崩壊に起因し、余水吐が水平方向に移動することにより生じたものと考えられる。また、ダム下流側端部の橋梁では、堤体端部の水平移動により沓座（ダム側）が破損していた。

3. 被害の分析 堤体内では地震前よりピエゾメーターによる水位測定が実施され、図-4に地震前の浸

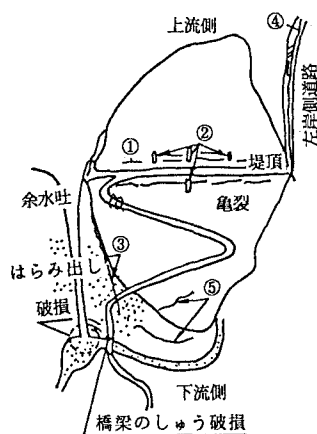


図-2 亀裂分布の概要

潤線およびその近傍におけるピエゾメーターの測定位置を示し、図-5に地震前後に測定された水位の変動を示す。図はいずれも前述政府機関において撮影した写真よりトレースしたものである。これより、地震後の堤体内水位上昇量は下流側（2、4 W）で3.0m程度、中央部（6 W）で15.0m程度であり、11月下旬には地震前の状態に戻っている。

堤体中央部では地震により水位が著しく増加している。これは、地震による堤体内のダイレタンシーに起因する過剰間隙水圧の上昇などによると考えられる。

また、前述政府機関が実施した堤体上・下流側の斜面安定解析による堤体に作用した加速度（震度）に応じた滑り安全率をふまえ、図-6に両者の関係を示す。この解析は、浸潤面が地震前の状態にある場合と地震により浸潤面が上昇した場合について実施している。この結果、常時水位の場合下流側斜面では最大加速度0.5G以上、上流側斜面では0.4G以上の場合に安全率が1以下となることが分かる。堤体内水位が上昇したことを考慮すると安全率が1以下となる最大加速度は上・下流とも0.25Gとさらに小さくなることが分かる。ダム位置における最大加速度はJoyner &Boore¹⁾により提案されている距離減衰式より推定すると約0.6Gとなる。このことより、地震時における堤体上・下斜面の滑り安全率はいずれも1以下であったと推定され、地盤破壊による斜面崩壊が生じたものと推定される。

4. あとがき ダム本体に作用した加速度がかなり大きかったにもかかわらず被害が比較的軽微であったのは、ダム材料の粘着力が 3.5t/m^2 と大きかったことに起因していると考えられる。この調査結果は地震前後の堤体内水位変動など堤高の高いアースダムの耐震性を評価するうえで貴重なデータであると考えられる。

本調査内容の公表は前述政府機関のV. H. Persson氏の許可を得たものである。また、本調査報告をまとめるにあたり貴重な意見を頂いた埼玉大学・渡邊啓行教授、電力中央研究所・井上大榮氏に感謝の意を表します。なお、本報告は(財)地震予知総合研究振興会の調査団（団長：久保慶三郎・東京大学名誉教授、副団長：浜田政則・東海大学教授）に参加しまとめたものである。

参考文献 1) W. D. Joyner, D. M. Boore ; Measurement, Characterization, and prediction of Strong ground Motion, Proc. Earthquake Engineering and Soil Dynamics, p102, 1988

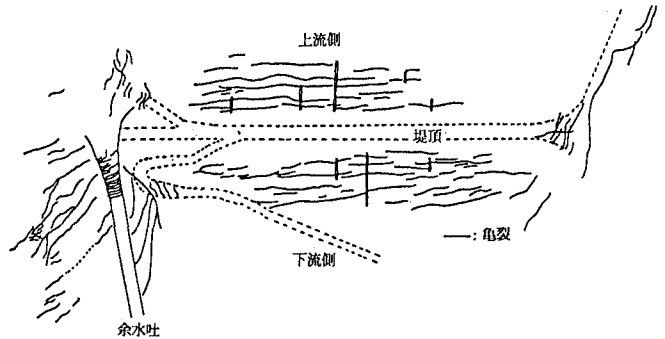


図-3 堤頂部周辺のひび割れ

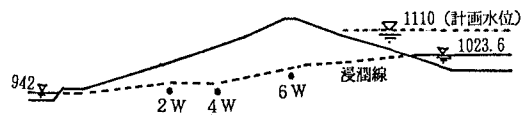


図-4 堤体内の水位測定位置および浸潤線

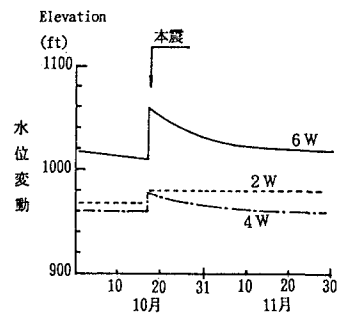


図-5 水位の経時変化

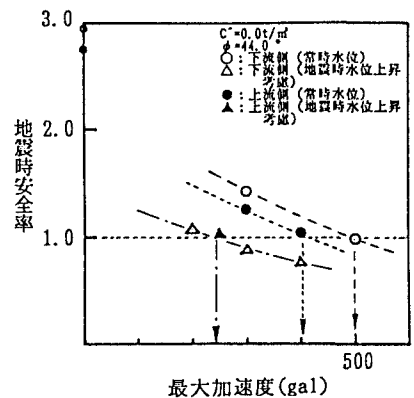


図-6 堤体に作用した加速度と滑り安全率の関係