

PSIII-16 1985年チリ地震における鉾澤ダムの挙動の解析

筑波大学構造工学会 正員 山田 恭 央
Universidad Catolica de Chile J. H. Troncoso

1. はじめに

1985年3月3日のチリ地震（ $M = 7.8$ ）では、震央に近い地域を中心に盛土、灌漑用アースダム、自然斜面の崩壊、あるいは液状化による橋梁や港湾施設の被害など、土に関連した震害が数多く生じているが、震央から百数十km離れたチリ中央部でも液状化による鉾澤ダムが破壊が2例報告されている。本報告は、これら破壊した2ダムに加えて、ほとんど被害を受けなかった1ダムについても応答解析を行ない、地震時の挙動について比較検討したものである。

2. 鉾澤ダムの概要

図-1は解析の対象としたCerro Negro No.4, Veta del Agua No.1およびEl Cobre No.4ダムの位置を、1985年3月3日のチリ地震における震度分布（改正メルカリ震度）とともに示したものである¹⁾。また、図-2はそれぞれのダム断面と、有限要素法解析で用いたメッシュを示している。なお、図中ドットを施した部分は主として砂質分よりなる鉾澤で築かれた堤体部、ハッチング部は礫質の堆積層あるいは岩質の斜面よりなる築堤前の自然地盤を示している。

Veta del Agua No.1 ダム（震央よりの距離 $\approx 120\text{km}$ 、堤高 $\approx 20\text{m}$ 、下流側斜面勾配 $\approx 1:1.5$ ）と Cerro Negro No.4 ダム（震央よりの距離 $\approx 140\text{km}$ 、堤高 $\approx 35\text{m}$ 、下流側斜面勾配 $\approx 1:2$ ）は、ともに1985年の地震で堤体が液状化により決壊し、泥流状になった鉾澤が10km近く流下した。両ダムはセンターライン法で建造され、重機による堤体の締固め、排水設備の設置は行われておらず、地震時の堤体内水位は高かったものと考えられる。これに対し、El Cobre No.4

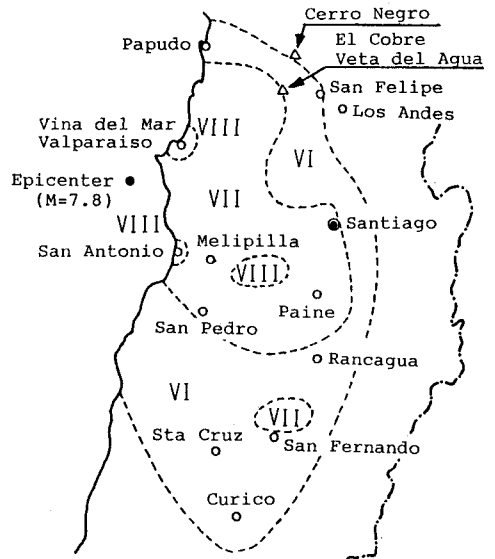
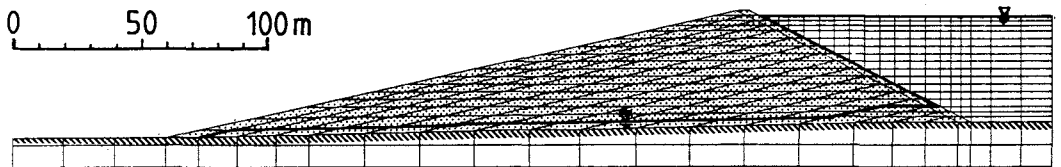


図-1 1985年チリ地震の震度分布



(a) El Cobre No.4



(b) Cerro Negro No.4



(c) Veta del Agua No.1

図-2 鉾澤ダムの断面と有限要素メッシュ

ダム(震央よりの距離 $\approx 120\text{km}$, 堤高 $\approx 50\text{m}$, 下流側斜面勾配 $\approx 1:4.5$)では, この地震で堤頂部に沈下や縦断方向のクラックを多少生じたのみであった。このダムは, ダウンストリーム法で建造され, 下流側斜面はブルドーザーにより締固められていた。また, 排水用のブランケットが設置されており, 堤体内の水位はごく低かったものと推定される。このダムには, 第二著者により動的間隙水圧測定施設が置かれていたが²⁾, 直前の電力切断により, この地震の記録は得られなかった。

3. 応答解析の手順と結果

図-2に示したメッシュに対し, ISBILD³⁾による静的応力解析と, FLUSH⁴⁾による地震応答解析を行った。これらの解析に用いた土質常数は, El Cobre No.4ダムにおける標準貫入試験, 同ダムより採取した不攪乱試料による静的および動的三軸試験結果に基づいて決定した。平均的な土質常数は, 砂質の堤体部で $\gamma_s = 1.45\text{tf/m}^3$, $\phi = 35^\circ$, $V_s = 150\text{m/sec}$, 細粒の鉾澤で $\gamma_s = 1.4\text{tf/m}^3$, $\phi = 25^\circ$, $V_s = 100\text{m/sec}$ である。また, 応答解析では, Valparaisoで記録された1985年チリ地震波形(El Almendral, N50E成分⁵⁾)を, 最大加速度 $0.24g$ として入力した。

図-3~5の(a)図は動的応力比(FLUSHで求めた水平最大せん断力とISBILDで求めた静的平均応力の比), (b)図はFLUSHで求めた水平最大せん断ひずみの分布を描いたものである。(a)図では, El Cobre No.4ダムに比べて, 崩壊した他の2ダムで応力比が大きめとなっており, また堤頂の下方に等応力比線が膨らんでいることが注目される。(b)図では, El Cobre No.4とVeta del Agua No.1ダムで, 堤頂部から深くなるにつれてひずみが大きくなっているのとは対照的に, Cerro Negro No.4ダムにおいては堤頂付近のひずみのほうが大きくなっている。堤体内の水位分布や斜面勾配などを加味して考えると, これらのダムの地震時の挙動の相違を一応説明できよう。

4. むすび

1985年のチリ地震における鉾澤ダムの挙動に関する解析結果の概略を紹介したが, 今後, 安定解析や変形解析を含め, より詳細な検討を進めていく予定である。本共同研究に対しては, チリ国アンデス財団より多大の援助を受けた。また, 解析の一部は文部省科研費の補助により実施された。ここに, 感謝の意を表する。

5. 参考文献

- 1) E. Cruz et al., 1988, "Lecciones del Sismo del 3 de Marzo de 1985", Univ. Catolica de Chile.
- 2) J. H. Troncoso, 1983, "Seismic Pore Water Pressures in Tailings Dams," 7 Panam. Conf. SMFE.
- 3) Y. Ozawa & J. M. Duncan, 1973, "ISBILD," Report No. TE73-4, Univ. of California.
- 4) J. Lysmer et al., 1975, "FLUSH," Reprt. No. EERC74-4, Univ. of California.
- 5) P. Acevedo et al., 1986, "El Sismo del 3 de Marzo 1985 - Chile," Univ. de Chile.

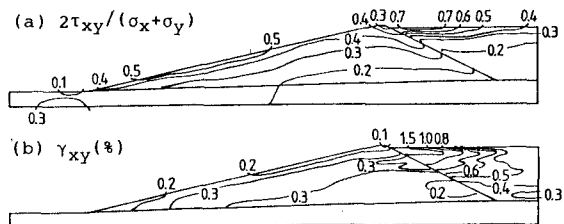


図-3 El Cobre No.4ダムの解析結果

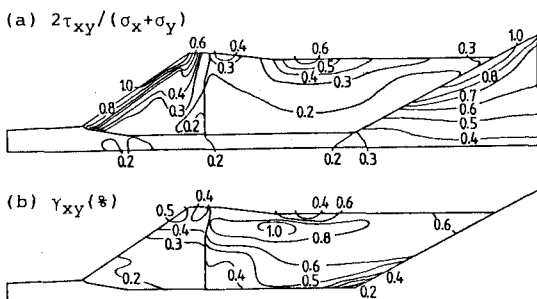


図-4 Cerro Negro No.4ダムの解析結果

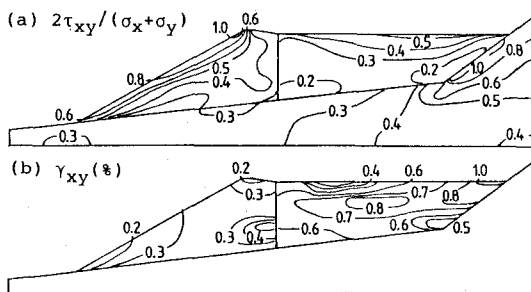


図-5 Veta del Agua No.1ダムの解析結果