

I-599

Loma Prieta地震におけるダムの挙動

建設省土木研究所 正会員 安田成夫

1. まえがき

1989年10月17日午後5時04分（Pacific Daylight Time）に北緯37.037'、西経121.883'を震央とする、マグニチュード7.1の地震が発生した。震源深さは18kmであった。地震は、Santa Cruz山脈におけるSan Andreas断層の一部が破壊したことによる。地震は震源近くの山の名に因み、Loma Prieta地震と命名された。

筆者は米国滞在中に今回の変状が報告されたダムについて調査する機会があったので、ここに報告する。

2. 現地調査の概要

California Department of Water Resourcesの報告によれば¹⁾地震による地盤加速度が0.05Gとなる震央距離で円を描くと、その中には120のダムがあり、Los Gatos 近くのAustrianダムが著しく被害を受け、その他にも6つのフィルダムで堤体表面に亀裂を生じたとしている。図-1に、Loma Prieta地震の震央、San Andreas断層、Hayward断層、Calaveras断層およびダムの位置を示す。ダムは、本地震において強震記録の得られたダム、変状が報告されたダムおよび現地調査したダムであり、震源付近のダム全てを網羅したものではない。以下に現地調査結果を報告するが、1ダムが複合型である以外は全てフィルダムである。

2.1. Austrianダム；本ダムは風化した砂岩、粘板岩が主体の均一型アースフィルダムで、震源に近いダムで、今回調査したダムで最も被害が大きかった。被害は、天端アスファルトにダム軸方向に無数の亀裂が入り、アスファルトをはがしてみるとクラックの深さは3.1～3.6m（最大6.1m）に達していた。堤体の沈下は、堤体全体に渡って61～92cmで洪水吐きのある右岸側で61cm、左岸側で15cmの沈下となった。水平変位は右岸の洪水吐きで下流へ36cm、左岸で15cm上流へ移動している。洪水吐きは図-2に示したように下方部分の2/3は、古い崖錐の上に載っている。地震によりこの崖錐が、長さ122m、深さ92cm、幅30cmの亀裂を残して滑ってしまったために洪水吐きも下方へ滑ってしまった。そのために洪水吐きの上方部分1/3に流水方向に垂直に無数の亀裂が生じた。洪水吐きと堤体の接合部は、呑み口が堤体を巻き込みコの字型になっており、上下流方向の壁面では幅10cm、深さ6.1mに亘って離れ、上下流方向には30cmずれてしまった。調査当時、堤体は天端から4.6mの深さまでを除去し、新たに材料を搬入し、機械で転圧していた。洪水吐きはエポキシ系樹脂あるいは、セメントグラウトで導流壁・床版の亀裂やその裏側に生じた空隙を埋めていた。

2.2. Newell Creekダム；主な変状は、ダム軸に平行な堤体上流面の2本の亀裂で、標高はダム天端から7m下である。なお地震時の貯水位は天端から16.8m下であった。ピットを掘った調査では亀裂は幅2cm、深さ3.1mであった。堤体上流面の貯水面下の変状を調査するために超音波探査が行われたが、法面の盛上がりや亀裂等の変化はなかった。沈下量は最大断面で3.8cmあり上下流方向の変形はなかった。

上流面の補修は、深さ3.1m、幅3.1mをダム軸方向に掘削し新たに材料を搬入し締固め、その上に碎石を置き波浪から保護している。地震時、貯水面は水底の有機物が攪拌され濁ってしまったが、その後4日できれいになった。堤体下流の漏水量も、32 l/minから182 l/minになったが、2週間後にはもとの状態に戻り、また漏水は濁りがなく清冽であった。

2.3. Vasonaダム；中央に重力式コンクリートダムを有するアースフィルダムとの複合型である。変状は重力部の右岸側アースフィ

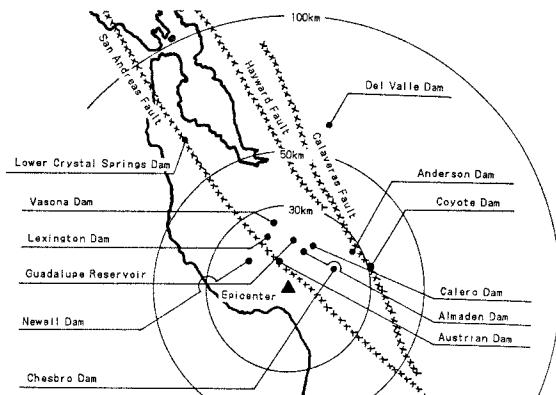


図-1 震央付近の主なダム

ル部に限られており、天端にダム軸に平行に幅5mm、最大深さ1.5mの亀裂が数条生じた。亀裂は、長いもので6.1～9.2mあり、それらには連続性があり総延長は45mである。基礎はSanta Clara層で、砂礫や粘土が流入し堆積したものである。基礎には、シルト層も存在するがピエゾメータに依れば不飽和状態であり、地震時に何等の変化もなく液状化の問題はなかった。

2.4. Lexingtonダム；上下流法面左右岸アバット沿いの亀裂は、深さは左岸で2.6m、右岸で1.2mであった。右岸の上流部でも基礎の取付き部で亀裂が生じ、天端を越えて下流に延びていたが（長さ150m）、幅1.8～2.1mのトレンチを掘り、採取材料を用いて締固め試験・含水比試験を実施した。亀裂の発生した場所は、材料を置き換え小型の振動機で締固めている。堤体の変形は、沈下量が天端で20～25cmであり、水平変位は下流方向へ7.6cmあった。

2.5. Guadalupeダム；上流面にコンクリート版が施工してあるが遮水壁ではなく貯水池の波浪から堤体を保護するためのものである。今回の地震でコンクリートに亀裂が入った他に、1971年に施工された押さえ盛土にも幅5.1～7.6cm、深さ1.5mに亘って亀裂が生じ、方向はダム軸に平行に数条である。

2.6. Chesbroダム；堤体上流面を波浪から保護するために厚さ3mでロック材を置いているが、締固め不足により地震で天端上流法肩のロックと従来の材料の境界に沿って亀裂が生じた。亀裂は幅10cm・段差10cm・総延長60mでダム軸に平行で雁行状である。

2.7. Andersonダム（正式名Leroy Anderson）；

風化した玄武岩が主体のセントコア型ロックフィルダムである。貯水池は、Calaveras断層上に湛水している。亀裂は上下流フィルタとコア部の境界に沿って2本生じた。

2.8. その他のダム；震源に近かったが被害のなかったダムにAlmadenダム、Caleroダムがある。型式は前述のGuadalupeダムと同じであるが規模は小さい。今回、ダムで記録された地震動は、Coyoteダム、Andersonダム、Lexingtonダムで最大加速度が天端で0.4G以上、Del Valleダム、Lower Crystal Springsダムで約0.1Gの最大加速度であった。特にCoyoteダムは1984年のMorgan Hill地震の際、左岸アバットで最大加速度1.29G³⁾を記録している。

3. まとめ

今回の地震で7つのダムに変状あるいは被害が報告された。Austrianダム以外は堤体にクラックが生じた程度の変状である。Austrianダムは、建設時に表土の掘削残しや洪水吐きが崖錐の上に載っているなどダム基礎にもともと問題があり、そのことが今回の被害となって現れたと考えられる。それに対してAustrianダムと震央距離がほぼ等しいAlmadenダム、Caleroダムが全く変状がなかったこと、あるいは1984年のMorgan Hill地震で直近のAndersonダムが天端に数条の亀裂の発生で済んだことは、確実に施工されたフィルダムが充分耐震性を有することを裏付けている。

参考文献

- 1) ASCE The Great Quake: On-Site Reports Civil Engineering, Dec. p. 47, 1989
- 2) A. Shakal, et al. "CSMIP Strong-Motion Records from the Santa Cruz Mountains(Loma Prieta), California Earthquake of 17 October 1989," Report No. Osm 89-06, California Strong Motion Instrumentation Program
- 3) The 1984 Morgan Hill, California Earthquake, Special Publication 68, California Department of Conservation, Edited by J. H. Bennett and R. W. Sherburne

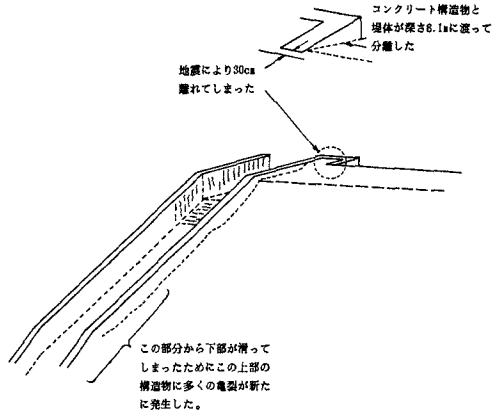


図-2 Austrianダムの洪水吐きの被害