

早稲田大学 正会員 浜田 政則 佐藤工業 正会員 吉田 望
清水建設 正会員 田蔵 隆 早稲田大学 若松加寿江
横浜国立大学 正会員 規矩 大義

1. はじめに 1994年1月17日午前4時31分(現地時間)、ロスアンゼルス北西部のサンフェルナンドバレーにマグニチュード6.8の地震が発生し、震源直上の町ノースリッジを中心に米国災害史上最大規模の被害が発生した。筆者らは、本震の2週間後および2ヶ月後に現地調査を行い、本震および3月20日の余震(M=5.3)による被害状況を視察した。本文では、震央の北東約10kmに位置するバンノーマンレイク周辺の被害状況について調査した結果を報告する。

2. バンノーマンレイク周辺の地形・地質 バンノーマンレイク(Van Norman Lakes, Van Norman ReservoirまたはSan Fernando Damとも呼ばれている)は、サンフェルナンドバレーの北端部に位置し、標高370~380mの沖積低地に造られた人工湖である(図1)。周辺の地盤は、第四紀更新世ないし新第三紀鮮新世のSaugus累層(軟質の砂岩またはシルト岩)を基盤として沖積層が最大約10mの厚さで堆積している。沖積層はシルト質砂および砂質シルトを主体とし、N値は20~25、原位置での相対密度は50~60%である¹⁾。地下水位は地表面近くにあるが、後述の浄水場や変電所の敷地では、沖積層の上に厚さ数m~10mの盛土(N値30~80のシルト質砂、砂質シルト、礫混じり砂)が施されており、水位が5m以深の所も少なくない。

3. サンフェルナンド地震による被害 この地域では、1971年のサンフェルナンド地震(M=6.4)の際に数箇所で大規模な地滑りが発生し、ダムの堤体に亀裂・沈下・滑りを生じたのを始めとして、周辺のジャンセン浄水場、シルマー変電所、ジュヌビエールホールなどの施設や埋設管に多大な被害を生じた²⁾。この地滑りは、湖の周囲のなだらかな傾斜地が湖の方向に滑ったもので、噴砂が確認されたことなどから、地下水位以深の沖積層の液状化によるものであると考えられている¹⁾²⁾。

4. ノースリッジ地震による被害

バンノーマンレイクの被害 バンノーマンレイクは上流(Upper)と下流(Lower)の二つの湖からなるが、Lower Lake南部は、1971年のサンフェルナンド地震による被害

災後は貯水されておらず、湖底の東部に小さな池が認められるのみである(図2)。今回の地震でも、湖の周囲や現在では干上がっているLower Lakeの湖底部に地割れや噴砂を生じた。図3にLower Lake南側ののり尻付近で採取した噴砂の粒径加積曲線を示すが、細粒分を34%含む砂である。Lower Lake北部には、堤体に無数の亀裂(大部分が幅3cm以下)を生じた。Lower Lakeの北側には、大小2種の導水管(高架)が通っており、架台の基礎周囲には噴砂が認められた。しかしながら、直径2m程度の太い方の導水管には被害は全く認められなかったのに対して、直径80cm程度の細い方の導水管の架台の基礎と地盤の間には振動変位によると思われる隙間(最大約25cm)を生じ、架台が傾斜して取付支承が破損しているものもあった。両者の被害の違いは、基礎の深さによるものと思われる。以上のほか、周辺では図2に示すような被害が認められたが、1971年の地震に比べて総じて軽微であった。

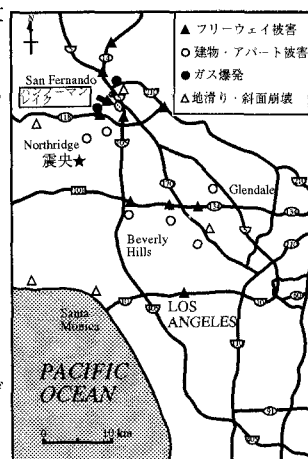


図1 主な被害地点



図2 バンノーマンレイク周辺の被害

なお、図中の塩素小屋は本震で亀裂が入った箇所をモルタルで補修してあったが、新たにブロックに亀裂が入り、ブロックの破片が落下するなどの被害が認められた。これは、調査の前日の4月20日に発生した余震によるものと思われる。

ジャンセン浄水場の被害 ジャンセン浄水場(Joseph Jensen Filtration Plant)は、Upper Lakeの北西に位置する貯留容量75000万ガロンの施設であり、ロスアンゼルス市の水道の80%を供給している。前回の地震では、地下

浄水槽や貯水槽、コントロールビルなどに垂直および水平方向の変位を生じ、不同沈下、配管類の破損・変形、浄水槽の支柱の亀裂、地下道のコンクリート打継ぎ部の離れなどの被害を生じた。復旧に際し、グラベルドレインや沖積層(液状化層)の置換、地下水位低下などの対策を行っている。今回の地震では、図4に示すような被害を生じたが、その程度は前回に比べてはるかに軽微であった。コン

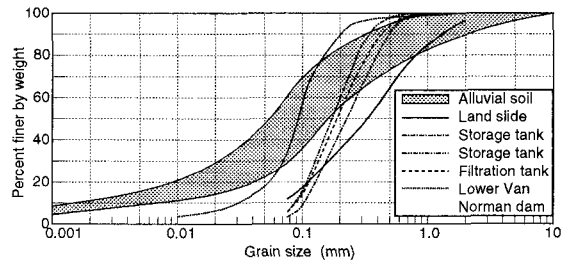


図3 噴砂の粒径加積曲線

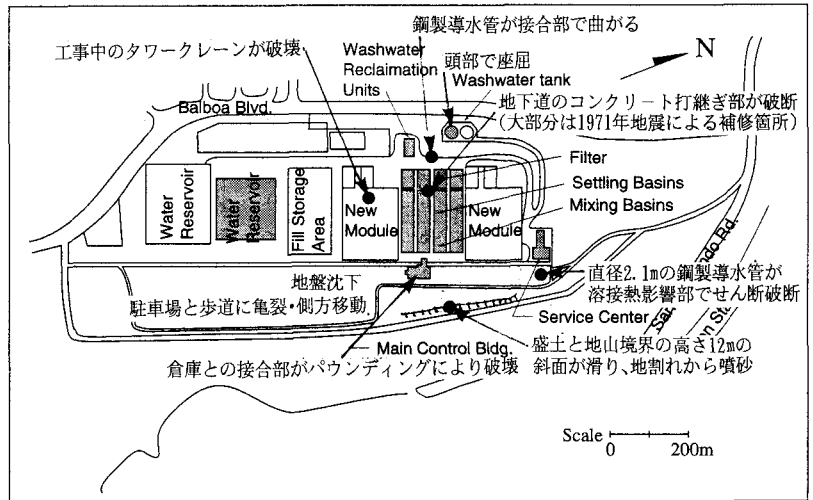


図4 ジャンセン浄水場の被害

トロールビルで観測された強震記録は、上下動が卓越しており最大1.62gを記録したとのことである。また、3月20日の余震によって、正面玄関のはめ殺しガラスが破損したり、本震によってできた地下道のコンクリート打継ぎ部の離れ(2~3cm)に充填したモルタルが剥離し落下するなどの被害を生じた。図2に敷地内の3箇所で採取した噴砂の粒径加積曲線を示す。図には、1971年地震の際に液状化したと推定される沖積層の粒度分布²⁾も併せて示すが、噴砂は沖積層とは若干異なる粒度分布を示しており、今回液状化した土層に関しては今後詳しい検討が必要と思われる。なお、図中の噴砂のうち、タンクの基礎周りで採取した砂はタンクを塗装し直した際のサンドブラストであるとの説もあるが、粒度特性は他の噴砂と類似している。

5. まとめ 1994年1月17日のノースリッジ地震および3月20日の余震によるバンノーマンレイク周辺の被害を現地調査により明らかにした。バンノーマンレイクの堤体や付近のDWPの施設、ジャンセン浄水場など、1971年のサンフェルナンド地震で液状化により顕著な被害を被った所は、今回の地震でも再度液状化が発生し各種構造物に被害を生じたことが判明した。ただし、1971年地震の被災後、液状化対策を講じていたことなどにより、今回の被害は前回に比べてはるかに軽微であることがわかった。

謝辞 本調査は、(財)地震予知総合研究振興会が組織する「ウォーターフロントの地震防災に関する研究会」の研究活動の一環として実施したものであり、調査に同行された研究会委員各位およびNKK上田裕志氏のご協力に感謝すると共に、現地を案内し被害についてご説明下さったDWPの善方氏およびMWDのShamma氏に深謝の意を表します。

参考文献 1) Dixon, S.J. and Burke, J.W.: Liquefaction Case History. J.SMFD, ASCE, Vol.99, No.SM11, pp.921-937, 1973. 2) O'Rourke, T.D.: Large Ground Deformations and Their Effects on Lifeline Facilities: 1971 San Fernando Earthquake, Case Studies of Liquefaction and Life line Performance During Past Earthquakes, Vol.2, Technical Report NCEER-92-0002, 1992.