

I-551

1985年メキシコ地震における上下水道施設の被害状況

久保田鉄工株式会社 正員 ○岩 本 利 行
 日本鋼管株式会社 正員 大 石 博
 東京大学生産技術研究所 正員 片 山 恒 雄

1. はじめに

1985年9月19日7時18分(現地時間)、メキシコ合衆国南西部の太平洋海底下を震源とするマグニチュード8.1の極めて大規模な地震が発生した。この地震により、震源から約350km離れた首都メキシコ市内においては、とくに、建物、上下水道施設に多くの被害が発生した。筆者らは、土木学会メキシコ地震被害調査団(団長:片山恒雄 東京大学教授)として、1986年1月6日から同15日までの間、同国に滞在し、一連の調査を行った。本報告は、その内のメキシコ市内での上下水道施設の被害調査結果の概要について述べたものである。

2. メキシコ市内の地盤概要及び地震動

メキシコ市は、第三紀の地殻変動や火山活動により、深い盆地上の地形ができ、それに水が溜って、大きな湖となり、その湖が火山の噴出物や流れ込む河の砂やシルトにより徐々に埋めたてられてできた都市である。地盤は、軟弱、中間、岩盤地帯の3つに分けられ、市内中心部と南東部の軟弱地帯は表層30~50mの砂、シルト、粘土、腐植土からなり、N値が0に近く、非常に軟弱である。また、後記するように、メキシコ市の主な水源は井戸であり、この汲み上げによる地盤沈下が大きな問題となっている。図1に、1976~1983年の7年間の地盤沈下分布を示すが、最大1.5mの沈下があり、とくに、管路等の地中構造物は被害を受け易い状況下にあると言える。メキシコ市内の地震動の大きさは、強震記録より、軟弱地帯で $69 \sim 168 \text{ cm/s}^2$ 、中間地帯で $42 \sim 44 \text{ cm/s}^2$ 、岩盤地帯で $28 \sim 29 \text{ cm/s}^2$ であり、卓越周期は、各々、2s、0.5~1.2s、0.2~3sであった。¹⁾

3. 上下水道施設の概要及び被害

メキシコ市の主要な水源は、市外西部、市内南東部、市外北東部の3地域の井戸と表流水である。井戸の数は、約1,400か所、表流水による供給量は全体の約10%である。流量を調整するため主要6か所のポンプ場と全容量が150万 m^3 の250個のタンクがあり、供給量は1日当り約300万トンである。水源からポンプ場への導水管は、口径500~4,000mmのプレストレストコンクリート(PC)管と鉄筋コンクリート(RC)管で延長距離数は430kmである。配水本管は、口径450~1,800mmのPC管とRC管で500km、配水小管は口径400mm以下の主に石綿セメント管で約12,000kmある。市内での送水圧は平均 1 kg/cm^2 である。

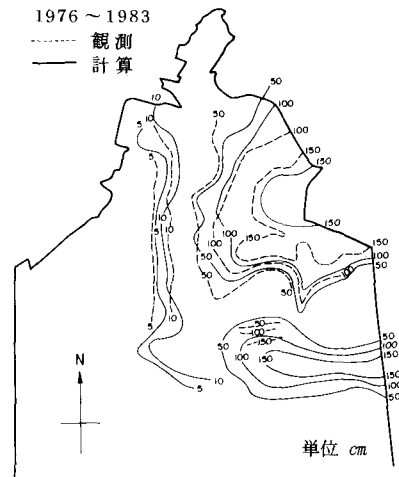


図1. 地盤沈下分布(1976~1983)

地震によって、井戸、ポンプ場等の施設には、ほとんど被害はなかったが、管路には多くの被害が発生した。図2に、導水管、配水本管、小管の被害場所を示す。導水管の被害は、市内南東部で発生し、その箇所は、軟弱地盤と岩盤との境界付近で継手部に集中した。配水本管、小管の被害は、市内中心部である東部の比較的、軟弱層の厚い地盤帯で多く発生していた。直管部では継手及びその周辺の管体の破損、弁室の取り付け部や異形管部では継手及び管体の破損などであった。導水管、配水本管、小管の被害数は、それぞれ、34件、167件、7,220件で、平均被害率は各々、0.08件/km、0.33件/km、0.60件/kmとなる。

しかし、軟弱層が非常に厚い地区の1つでは、小管の被害率は4.2件/kmであり、地域での著しい差が認められる。これらの被害の原因は地下水の揚水に伴う地盤沈下の影響に加えて、軟弱な地層や硬軟境界付近で、やや長周期の地震によって励起された地盤のひずみが継手部の可撓性能を大きく超えたことによるものと推測される。

4. 下水道施設の概要及び被害

上水道の水源としての地下水汲み上げによる地盤沈下のため、過去に築造された自然流下による下水施設による盆地外への排除が不可能になってきている。このため、ポンプアップが必要であり、下水の処理は深刻、かつ、重要な問題である。排除方式は合流式で、下水は口径300～600mm、延長距離数12,000kmの無筋コンクリート管きよ及び、口径600～2,500mm、延長距離数1,200kmのRC管の幹線管きよで集められ、64のポンプ場で、ポンプアップして市外北部の3ラインによって、メキシコ溪谷へ排除されている。ただし、汚水の5～7%(約22万トン/日)は市内10か所の施設によって処理され、農業用水等に利用されている。ポンプアップによる排除を軽減するため、地盤沈下の影響を受けない地表面下10～30mに、口径4,000～6,000mmのRCセグメントによる下水管きよが、現在、100km建設されている。

地震によって、下水処理施設や、人の入れる大口径管、シールドでは、明確な被害は認められなかったが、図3に示す各位置で次の被害がみられた。(Noは図と一致する。)

①:コンクリート製4×5mの長方形きよの継手部17か所に、1～4cm程度のずれが生じた。②:地下鉄の下に通っている下水道きよにクラックがみられた。但し、これは常時でもみられていたものが、地震でより大きくなった。③:常時の地盤沈下で下水道きよにクラックがみられていたものが、地震でより大きくなった。④:10m×30m(高さ3m)の遊水池の築堤にクラックが発生した。⑤:上水道の導水管の被害があった周辺で、コンクリート管の継手部4か所の被害があった。⑥:この地域でのポンプ場で、地盤とコンクリート長方形きよに、若干のクラックがみられた。

なお、小口径管きよについては、今後テレビカメラを用いて調査することになっている。また、地震時、停電になったが、各ポンプ場には、自家発電を備えており、問題にならなかった。

5. おわりに

以上、メキシコ地震の上下水道施設の被害概要について述べた。今後は、当調査結果等を用い、詳細な分析を行ってゆきたいと考えている。また、調査実施にあたって、種々、御協力頂いたメキシコ市上下水道局の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献:1)岩崎敏男,メキシコ地震報告(概報),土木学会誌1985年12月号。



図2. 上水道の導水管,配水本管,小管の被害場所

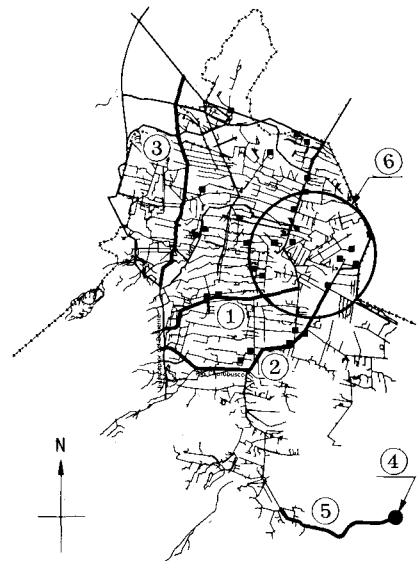


図3. 下水道施設の被害場所