

(135) 上水道における地震被害の経年的影響とその事例比較

京都大学防災研究所 正員 亀田弘行  
 京都大学工学部 正員 杉戸真太  
 京都大学大学院 学生員 〇神田仁

1. はじめに 上水道埋設管が地震被害をうけた場合に、細かな破損箇所が発見、修理されるまでには相当の期間を要するであろうことが予想され、総合的な地震被害の評価にあたっては、この「震害の経年的影響」の程度を把握することが重要となってくる。本研究はこのような観点から、地震被害をうけた5都市の上水道システム（人口0.66万人～1800万人）について、地震被害の経年的影響に着目して調査を行い、それぞれを比較、考察し、都市ライフラインシステムの耐震問題を講じる上での基礎的資料を作成したものである。

2. 1983年日本海中部地震における能代市上水道の配水量の日変化

図1は地震の前後における能代市上水道システムの日配水量の変化を示したグラフである。砂地盤の液状化により大きな被害を受けた臥竜山配水系統については、断水して修理を行い、地震後13日たって通水を再開した。通水率が100%に達した後、総配水量がほぼ横ばいとなった時点でも、その配水量は地震以前の平均配水量（1.0万t）のおよそ6割増しとなっており、地震後上水道が一応の復旧をみた時点においても、まだかなりの漏水が残存したままで通水しているという状況が推察できる。地震被害が完全に復旧した状態とは、この配水量が地震以前の状態にまで戻ったときであるから、この後、どのように修理が行われ、漏水が減少してゆくかを追跡することは興味深く、また総合的な地震被害評価のためにも有用であると考えられる。

3. 地震被害の経年的影響の特徴

①能代市 図1で紹介した能代市の給水実績

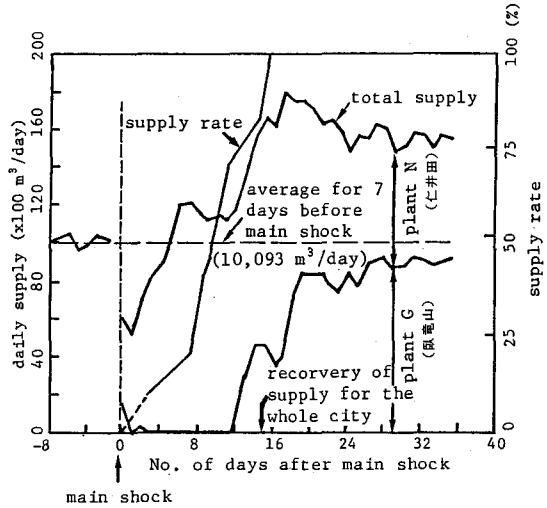


図1 能代市 地震前後における配水量の日変化

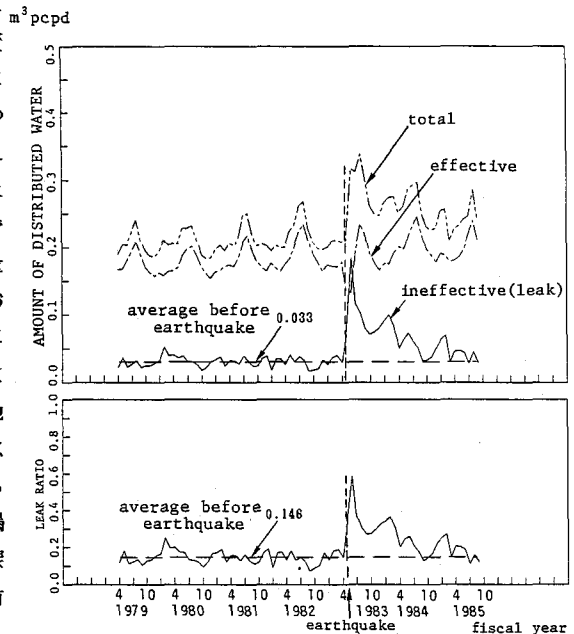


図2 能代市 配水量・有効水量・無効水量<sup>D</sup>  
 (1人当たり月平均1日量)

を長期的に調査した結果<sup>1)</sup>を図2に示す。破線で示される有効水量は、地震発生後断水のために減少したが、その後すぐに元の季節変動をとり戻している。しかし、漏水とみなせる無効水量に着目すると、6,7月に激増した水量は、季節変動を示しながら、地震以前のレベルに戻るまでにおよそ2年を要していることが分かる。これらは、地震時の損傷により誘発された漏水であり、広い意味での地震被害と考えられる。

また、下段に示した漏水率によれば、その変動の様子は漏水量とほぼ同じであるが、地震直後の漏水率が60%にも及んでいることが明らかになった。

②男鹿市 図3は1983年日本海中部地震で被災した男鹿市上水道システムの長期にわたる被害調査結果<sup>1)</sup>である。①の能代市ほど広範囲の液状化は発生しなかった男鹿市では、漏水率をとっていても地震直後で約35%と能代市と比べかなり低かったことが分かる。しかし、ここにおいても地震被害の経年的影響が現れており、漏水は地震後いったん下降したものの、翌年の冬期に再びピークを迎え、その後徐々に減少している。これは寒冷な地方の冬場におけるピークであるが、そのピークが他の冬期よりいくらか大きくなっていることに着目すると、これが地震の経年的影響を示しており、地震による破損箇所が翌冬の寒波によって現れたものであると考えられよう。

③仙台市 1978年宮城県沖地震による仙台市の被害調査結果を図4、5に示す。図4は地震前後数年間の給水実績であるが、この図からは、地震直後の漏水量でさえとび抜けて多いということはなく、経年的影響もほとんど見られず、漏水に関する限り、地震被害はほとんど現れていないということが分かる。この理由としては、都市の規模が大きく局所的な被害が都市全体として現れにくいということや、地盤の悪いところでは、あらかじめ耐震設計を施していたこと、耐震性の高い管を

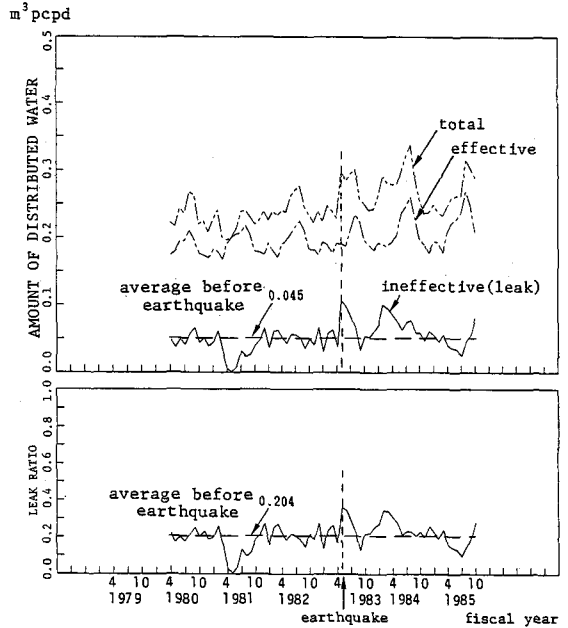


図3 男鹿市 配水量・有効水量・無効水量<sup>1)</sup>  
(1人当たり月平均1日量)

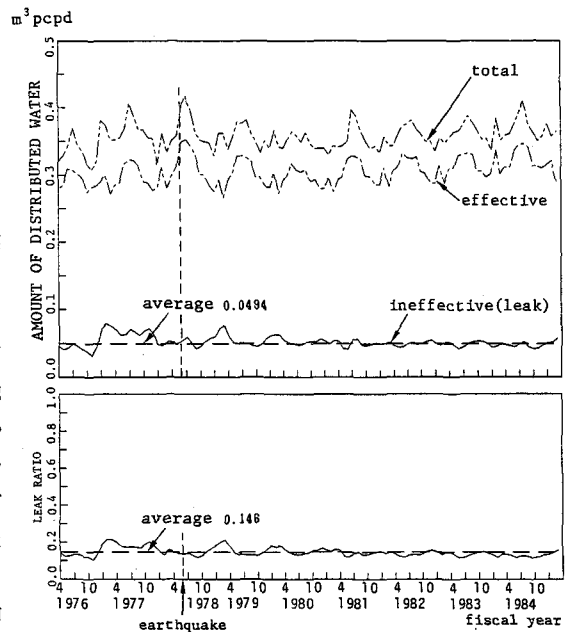


図4 仙台市 配水量・有効水量・無効水量  
(1人当たり月平均1日量)

使用していたことなどが挙げられる。

しかし一方、図5の修理件数の推移を見ると、こちらには地震の影響が表れており、地震発生後ピークを迎えた件数は翌年の4月頃までおよそ10ヶ月を要して、下降している。なお、昭和52年の冬には件数が突出しているが、これは異常寒波に見舞われたことが原因である。

仙台市においては地震後に漏水調査を実施しており、また日頃からの漏水防止調査にも力を入れているため、地震後には、本来ならば発見が遅れていたであろう細かな破損箇所が多く発見、修理されて、漏水の防止に役立った一方、それが件数の増加につながったということがこれらの図より推察できる。

④メキシコ市 1985年メキシコ地震については、地震被害を判断するに十分なデータが得られていないが、水源の井戸からの取水流量の月毎の推移を図6に示した。雨季、乾季により季節変動をしていた流量が地震後上昇し続けている様子が分かる。これらは地震後、新たな水源を確保して給水に努めているためであるが、1986年8月の時点でも地震の影響がなお残っていることをうかがわせる。

この後、漏水がどのように減少してゆくかのデータはまだ得られていないが、ここにも震害の経年的影響が現れていることは注目できる。

⑤コアリンガ市 Isenberg<sup>2)</sup> によるCoalinga地震(1983,5,2)で被災したCoalinga市の被害調査を図7に示す。上水道管路の破損箇所率の年度毎の推移を示しており、細い実線は地震以前5年間の平均値である。

同市は被災後も特別な破損箇所の修理などは行っておらず、地震の際に破損した漏水箇所が時を経ても頻発している状況がこの図からうかがえる、そして地震後2年たった時点でもまだ以前のレベルにまで戻っていないことが分かる。

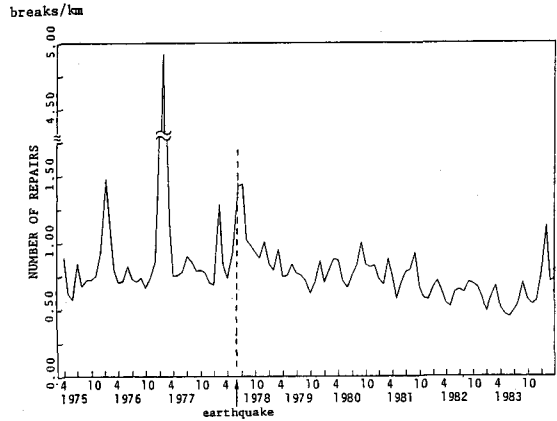


図5 仙台市 配水管の単位長さ当りの配水管・給水管工事件数

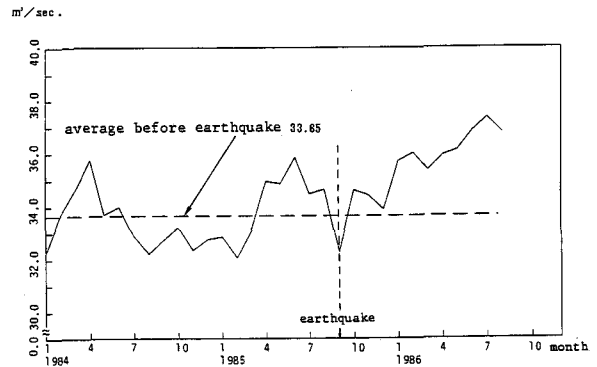


図6 メキシコ市 水源の井戸からの取水流量

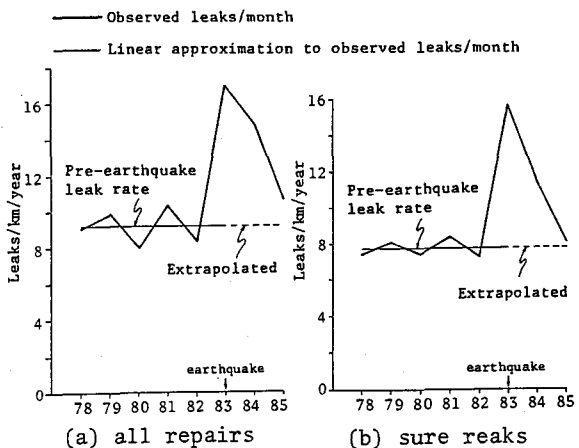


図7 コアリンガ市上水道の管路破壊件数<sup>2)</sup>

表 1 水道管路の地震被害の特徴

	能 代	男 鹿	仙 台	Coalinga, Calif. <sup>2)</sup>	Mexico City
① 対象地震	1983日本海中部地震 (1983.5.26) M <sub>s</sub> = 7.7	同左	1978年宮城県沖地震 (1978.6.12) M <sub>s</sub> = 7.4	1983 Coalinga地震 (1983.5.2.) M <sub>s</sub> = 6.5	1985 Mexico地震 (1985.9.19) M <sub>s</sub> = 8.1
② 給水人口	4.8 万人	2.8 万人	62.4 万人	0.66 万人	約 1,800 万人
③ 地震直前の使用水量 (配水量) (0.21 m <sup>3</sup> /人・日)	1.0 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /日	0.68 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /日 (0.24 m <sup>3</sup> /人・日)	21.8 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /日 (0.36 m <sup>3</sup> /人・日)	---	約 300 × 10 <sup>4</sup> m <sup>3</sup> /日 (0.17 m <sup>3</sup> /人・日)
④ 配水管延長	145 km	173 km	1,144 km	42.8 km	約 12,500 km
⑤ 管種比率	ACP 48% PVC 28% CIP 5% DCIP 16% SP 1% PP 2%	ACP 56% PVC 29% CIP 6% DCIP 6% SP 3%	ACP 4% PVC 28% CIP 62% DCIP } SP } 6%	ACP 48% PVC 1% CIP 32% WIP 12% RC 7%	ACP 96% RC } 4% PC }
⑥ 配水管破損数 (地震直後に 修理されたもの)	461	108	215(258) <sup>*</sup>	約 130 (推定)	約 7,400
⑦ 配水管破損率	3.2 件/km	0.62 件/km	0.19 (0.23)件/km	3.1 件/km	0.59 件/km
⑧ 地盤変状・破壊の特徴	広い範囲で液状化	局地的液状化	宅地地の崩壊・移動	---	軟弱地盤の沈下・大変形
⑨ 復旧期間	19日間	6日間	8日間	---	40日間
⑩ 管路修理件数の 復帰所要期間	1年	1年	約10ヶ月	2年	---
⑪ 漏水の復帰所要期間	2年	2年	顕著な影響なし	---	1年以上

\*漏水調査により発見されたものを含む。

4. 5つの都市における水道被害の比較 調査の対象とした5つの都市の上水道システムの規模と地震被害の特徴をまとめて表1に示した。給水人口が6,600人程のCoalinga市から、1,800万人のメキシコ市まで、大小の規模の罹災都市のデータを得ることができた。

しかし、規模の大小はあっても、給水人口と配水管敷設延長で正規化したものを比べると共通点が多く見い出せ、同一レベルで比較が行える。すなわち、⑤の管種比率や⑧の地盤変状が破壊率と密接に関連している。管種比率について見ると、石綿セメント管の比率がわずか4%しかない仙台市で破壊率が低く、石綿管の比率の高いメキシコ市、男鹿市、Coalinga市では破壊率も高くなっており、地盤の液状化が発生した能代市で、さらに多くの破壊が生じたことが分かる。そして、その物理的な破壊特性は、システムの規模とは無関係に、これらの要因にのみ支配されていると考えてよさそうである。

また、地震被害の経年的影響は、これら全ての都市で数箇月～2年間にわたり現れていることが分かった。仙台市の被害は、これらの中で最も軽かったが、これは上等の管路を使用していたことに加え、地震後の復旧体制も整っていたためで、非常に優れた模範的ケースであったと考えられる。

5. まとめ 以上の調査から、埋設管の地震被害には経年的影響が現れてくることが明らかになった。これを基に、より充実したデータの収集と、有用な震害の評価法、復旧戦略を講じることが今後の課題と考える。本研究の詳細については文献3)に投稿しているので、参照されたい。最後に、資料収集にあたってお世話下さった仙台市、能代市、男鹿市の水道局の関係各位に感謝の意を表します。

- 1) 亀田弘行・杉戸真太・安達徹：水道埋設管の震害の経年的影響，第5回自然災害科学会，昭61.10，pp69-70
- 2) J.Isenberg, "Post-Earthquake Performance of Pipelines in Coalinga," Feb.1986
- 3) 亀田弘行・杉戸真太・後藤尚男・神田仁：上水道における地震被害の経年的影響について，京都大学防災研究所年報，第30号B-2，昭和62年4月，