

1978年宮城県沖地震における水道管路網の破損と漏水量の推定

京都大学工学部 正会員 亀田弘行
 京都大学工学部 学生員 齊藤 宏

1. まえがき 本研究は、水道管路網の被害で重要な問題である破損とそれによる漏水に着目したものである。1978年宮城県沖地震により、仙台市の配水管路網の受けた被害を統計的に処理し、漏水量と配水管被害の関係、地震動強度と配水管被害の関係および漏水量と地震動強度の関係について調べた。

2. 漏水量と配水管被害の関係 本研究で水道管路網の被害の基礎資料としている仙台市水道局の資料¹⁾では、配水管被害を二段階にまとめている。一つは被害程度の大きいケ所(破壊ケ所)で、もう一つは漏水調査によって発見された比較的破損の程度が小さい被害ケ所(漏水発生ケ所)である。漏水量の内容としては、配水管の被害による漏水の他に給水装置からの漏水も考えられ、漏水量の内訳として、破壊ケ所からの漏水量、漏水発生ケ所からの漏水量、給水装置からの漏水量の3段階に分けて考えた。全漏水量、漏水発生ケ所からの漏水量、給水装置からの漏水量は水道局資料から推定できるので、これらを用いて破壊ケ所からの漏水量を次式によって求め結果を表-1に示す。また被害ケ所の分布を図-1に示す。

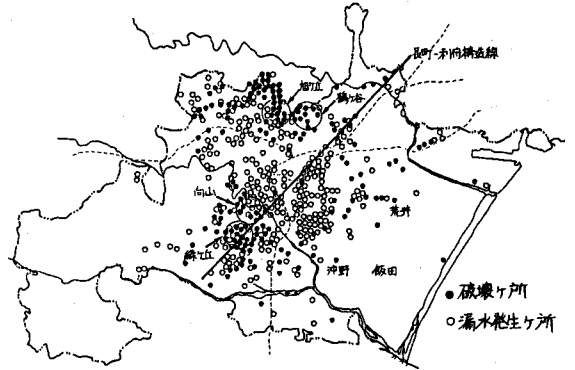


図-1 仙台市配水管被害ケ所分布図(宮城県沖地震)

次に破壊ケ所1件当たりの漏水量および次式で定義される漏水防止水量の時間的推移の推定を行おうと図-2,3のようになる。これにより復旧作業は漏水の大きい被害の大きいものから修理が行われたと推定される。

$$\left(\frac{\text{破壊ケ所1件当たりの漏水量}}{\text{漏水量}} \right) = \frac{\text{全漏水量} - (\text{漏水発生ケ所からの漏水量} + \text{給水装置からの漏水量})}{\text{破壊ケ所件数}} \quad (1)$$

次に破壊ケ所1件当たりの漏水量および次式で定義される漏水防止水量の時間的推移の推定を行おうと図-2,3のようになる。これにより復旧作業は漏水の大きい被害の大きいものから修理が行われたと推定される。

$$\text{1件当たりの漏水防止水量} = \frac{\text{漏水減少量}}{\text{復旧件数}} \quad (2)$$

表-1 1件当たりの漏水量

破壊ケ所からの漏水量	
日最大漏水量	379.9 m ³ (日件)
時間最大漏水量	808.8 m ³ (日件)
漏水発生ケ所からの漏水量	
	56.9 m ³ (日件)

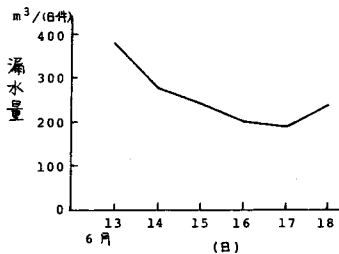


図-2 破壊ケ所1件当たりの推定漏水量の推移

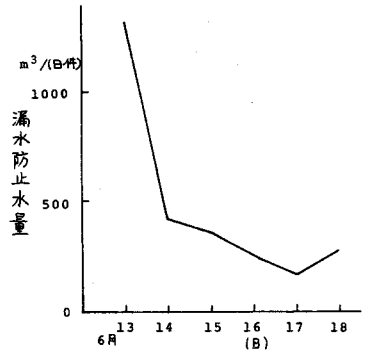


図-3 漏水防止水量の推定値の推移

Hiroyuki KAMEDA. Hiroshi SAITO

3. 地震動強度と配水管被害の関係 仙台市内の地震動強度について、地盤パラメータ S_n を用いたアテニュエーション式²⁾を用いた、仙台市内のマイクロゾーニング³⁾による地震動強度分布を基本に、観測された強震記録および国井・荏本⁴⁾による基石の転倒に基づく推定最大加速度による修正を加えて、地震動強度分布を決定した。

次に地震動強度と配水管被害の対応みるために、仙台市を $500m \times 500m$ メッシュで覆い、そのうちの38メッシュについてメッシュごとに口径75mm以上の管の埋設距離を求め、メッシュごとに破壊件数、漏水発生件数を管の埋設距離で割って、破壊率 r_f 、漏水発生率 r_L を算出した。この破壊率、漏水発生率とメッシュごとの推定速度との対応をみると図-3のようになる。図-3(a), (b)の傾向より、配水管被害は件数としては地震動強度にさほど影響されたいが、その被害内容は地震動強度が増加するにつれて、破壊率で示されるような大被害の占める割合が増加すると思われる。破壊率は約30kine以上ではその傾向が顕著になっている。これは管と土のすべりや土の非線形挙動により地震動エネルギーが消費されるためと思われる。そこで30kine以下のデータを用いて回帰分析し、30kine以上のデータについては相乗平均を求め表-2に示す。

表-2 r_f, r_L, Q の回帰式

ただし宅造地を含むメッシュなど、被害の多さが地震動強度以外に原因があると思われるものは回帰分析から除いた。

4. 地震動強度と漏水量の関係 表-1で示した1件当たりの漏水量を用いて、破壊率、漏水発生率に重みづけを行ない、次式によって管路長1km当たりの漏水量 Q を求め図-4で速度との対応をみる。これも r_f, r_L と同様に回帰式を求め表-2に示す。

(a)	$r_f = \begin{cases} 0.00396 \times 10^{0.0544v} & (v \leq 30.0), \delta = 0.6766 \\ 0.1818 & (v > 30.0) \end{cases}$
(b)	$r_L = \begin{cases} 6.910 \times 10^{-0.0601v} & (v \leq 27.9), \delta = 0.6288 \\ 0.1453 & (v > 27.9) \end{cases}$
(c)	$Q = \begin{cases} 7.377 \times 10^{0.0329v} & (v \leq 31.1), \delta = 0.5059 \\ 77.57 & (v > 31.1) \end{cases}$

$$Q = r_f \times 379.9 + r_L \times 56.9 \quad (3)$$

5. あとがき 管種による被害感度を考慮

した r_f, r_L, Q についても検討したがこれらは当日に発表する。以上に示してきた回帰式より、想定される地震動に対して被害件数、漏水量の概算値推定が可能である。

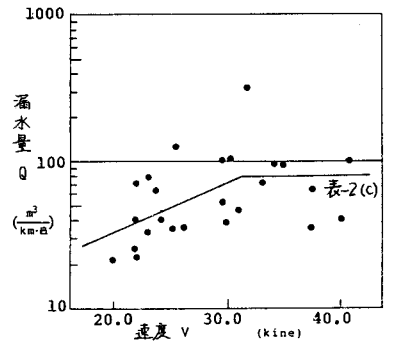
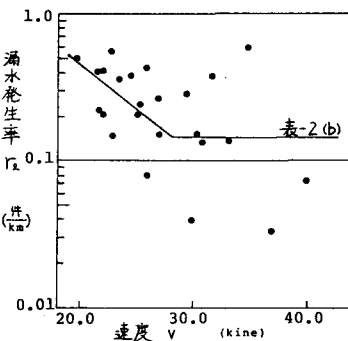
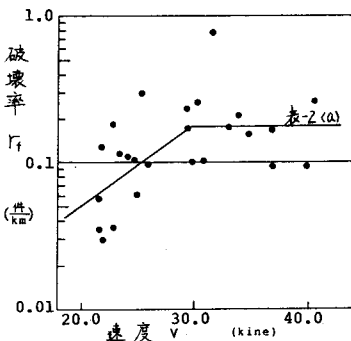


図-3(a) 破壊率と速度の関係

図-3(b) 漏水発生率と速度の関係

図-4 漏水量と速度の関係

参考文献 1) 仙台市水道局, 1978年宮城県沖地震による被害とその対策の記録。2) 後藤・鹿田・杉戸, 土木学会論文報告集, 317号, 1982.1. 3) 藤本, 京都市卒業論文, S57. 4) 国井・荏本, 総合都市研究, 第5号, 1978, PP103-114.