

京都大学工学部 学生員 ○斎藤 宏

京都大学工学部 正会員 亀田弘行

1. まえがき 本研究は、水道管路網の地震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って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では、配水管被害について二段階にまとめている。一つは破損程度の大まかい被害ヶ所(破壊ヶ所)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ヶ所(漏水発生ヶ所)である。これらの被害ヶ所の分布を図-1に示す。漏水量の内容としては、上記の配水管被害による漏水の他に給水装置からの漏水が考えられ、漏水量の内訳として、破壊ヶ所からの漏水量、漏水発生ヶ所からの漏水量、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、漏水発生ヶ所からの漏水量、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ヶ所からの漏水量を次式によって求め、その結果を表-1に示す。

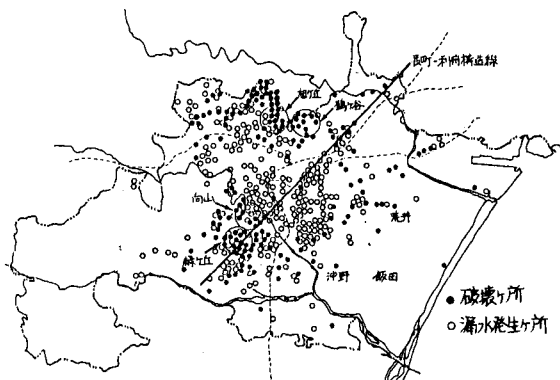


図-1 仙台市配水管被害ヶ所分布図(宮城県沖地震)

$$\left(\begin{array}{l} \text{破壊ヶ所1件当りの} \\ \text{漏水量} \end{array} \right) = \frac{\text{全漏水量} - (\text{漏水発生ヶ所からの漏水量} + \text{給水装置からの漏水量})}{\text{破壊ヶ所件数}} \quad (1)$$

次に破壊ヶ所1件当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なうと、図-2,3のようになる。これ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なわれたと推定される。

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

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をみるために、500m×500mのメッシュで仙台市を覆い、そのうちの38メッシュについてメッシュごとに口径75

表-1 1件当りの漏水量

破壊ヶ所からの漏水量	
日最大漏水量	379.9 $\text{m}^3/(\text{日件})$
時間最大漏水量	808.8 $\text{m}^3/(\text{日件})$
漏水発生ヶ所からの漏水量	
	56.9 $\text{m}^3/(\text{日件})$

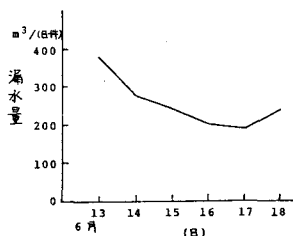


図-2 破壊ヶ所1件当りの推定漏水量の推移

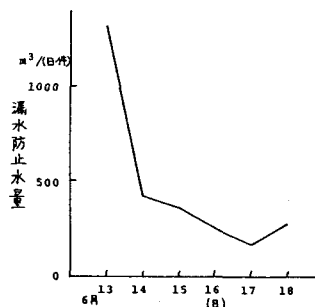


図-3 漏水防止水量の推定値の推移

mm以上の管の埋設距離を求め、メッシュごとの破壊件数、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。破壊率 r_f と漏水発生率 r_l の和を総被害率とする。この破壊率、漏水発生率、総被害率とメッシュごとの想定速度との対応をみると図-3のようになる。図-3(c)より配水管被害の総件数としては地震動強度にほぼ影響されないと思われるが、しかし図-3(a)(b)より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頭打ちになっている。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。ただし宅地地を含むメッシュなど、被害の多さで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。

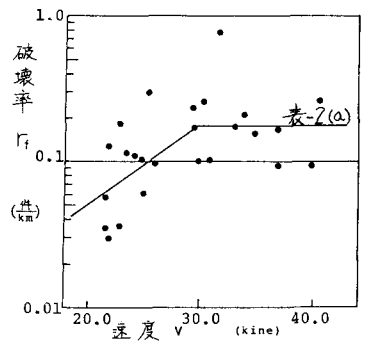


図-3(a) 破壊率と速度の関係

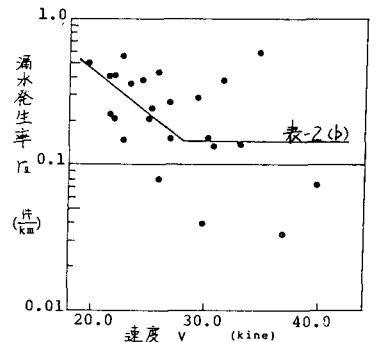


図-3(b) 漏水発生率と速度の関係

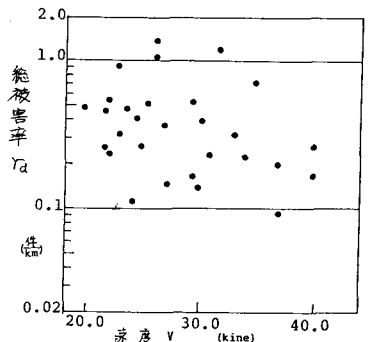


図-3(c) 総被害率と速度の関係

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。これも回帰式を求め表-2に示す。

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

5. 管種による影響 管種によって被害の受けやすさは異なり、同じ埋設距離でもその管種内容によって被害は異なってくると思われる。そこで鉄管、石綿管、塩ビ管について、埋設距離当たりの破壊件数について調べて、鉄管を1とした時の各管種の被害の受けやすさについて計算し表-3に示した。これより石綿管、塩ビ管についてはこれを鉄管に換算した埋設距離を用いることにより、破壊率、漏水発生率について管種の影響を考慮したものも得た。この破壊率、漏水発生率と速度との関係についても求めたが、管種を考慮しなかったものと同様の傾向を示している。詳しい値については当り発表する。

6. あとがき 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。

表-2 r_f , r_l , Qの回帰式

a	$r_f = \begin{cases} 0.00396 \times 10^{0.0554V}, & (V \leq 30.0), \delta = 0.6766 \\ 0.1818, & (V > 30.0) \end{cases}$
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	$Q = \begin{cases} 7377 \times 10^{0.0329V}, & (V \leq 31.1), \delta = 0.5059 \\ 77.57, & (V > 31.1) \end{cases}$

表-3 鉄管に対する各管種の被害の倍率

鉄管	1.0
石綿管	18.18
塩ビ管	1.74

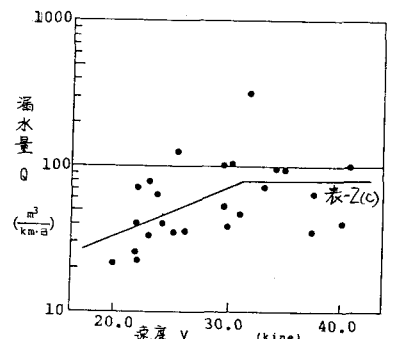


図-4 漏水量と速度の関係

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, 亀田, 杉戸, 土木学会論文報告集, 317号, 1982.1。3) 藤本, 京都大学卒業論文, S57。

4) 国井, 荏本, 総合都市研究, 第5号, 1978, PP103-114。