

上水道管路網の被害予測に関する研究

金沢大学大学院工学研究科

○生田目尚美

金沢大学大学院自然科学研究科 正会員

宮島 昌克

金沢大学工学部

正会員

北浦 勝

金沢大学工学部

津田 喜裕

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震においては、上水道管に多くの被害が発生し、復旧までに長い日数を要したことから、被災後の市民生活に大きな影響を与えた。これまで、管路の地震対策は、管体部の耐震強度の向上と継手部の改良等が積極的に行われてきた。しかし、この地震の被害によって、さらに属具類をも含めた管路網全体を捉えた構造的・機能的被害を論じなければならないことが示された。そこで、本研究では管体部・継手部・属具類からなる管路網全体をモデル化し、地震時の管路の応答計算を行い、実際の被害と比較することによって、管路を「網」として捉える必要性を検討した。

2. 解析方法・解析条件

解析には応答変位法を用い、その際の計算方法として修正伝達マトリックス法¹⁾を用いた。地盤ばね定数、継手ばね定数については文献²⁾などを参考にして非線形性を考慮した。解析対象管路網は兵庫県南部地震で被害が確認された東灘区役所前の管路網とした。図 1 に対象管路網と被害地点を示す。入力変位は、重複反射理論を用いて基盤加速度データから管路周辺での地表面変位波形を算出し、その最大値とした。入力変位を図 2 に示す。

図 1 に兵庫県南部地震による被害を示したが、属具類の被害についてはすべてが仕切り弁の破損であった。そこで属具類として、管路に挟まれて設置されている仕切り弁を考慮して解析を行なった。仕切り弁のモデル化にあたっては、図 3 に示されるようにその投影面積を管の投影面積の 2 倍になるものとした。

3. 解析結果

図 1 のような管路のうち、節点 24 のような異形管付近では応力が集中しやすい傾向がある。それは節点 24 から 41 の管路⑤や、枝管である節点 24 から 25 の管路⑥が管路④と互いに影響を及ぼしているためであると思われる。そこで、管路④に着目して、節点 24 や節点 2 に連結している管路が管路④に与える影響を見るために、表 1 に示すようなケースで解析を行なった。まず、図 1 中の管路④のみをとりあげて計算し (case1)、それから管路④の両節点に連結している管路を含め、図中の管路全体を計算した場合 (case0)、全体から一部の管路を差し引いて計算した場合 (case2, case3) について解析を行なった。

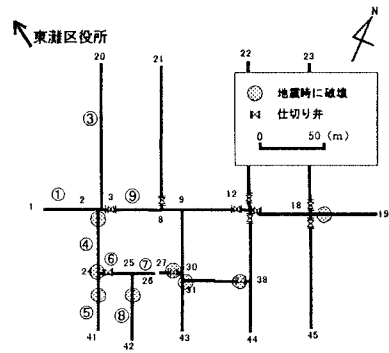


図 1 解析対象管路網

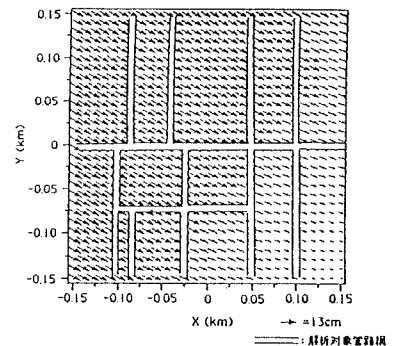


図 2 入力地盤変位

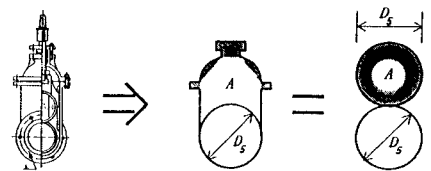


図 3 仕切り弁

結果を図4に示す。図4は図1の直線管路④における軸力を各ケースごとに示したものである。図は圧縮を正としている。実際の被害形態は節点24で異形管破損、節点2付近で継手離脱であった。図4のcase0を見ると、節点24付近で軸力が大きくなる傾向を示しており、実被害の異形管破損とよい対応を示している。

また、図4によると、管路④の両節点に接している管路を含めたcase0, case2, case3では軸力に変化はないが、管路④の両節点に連結している管路を無視したcase1では、case0などと軸力が大きく異なっている。対象管路④に対して、両節点に連結している管路⑤⑥①⑨の影響は大きい、それらの管路にさらに連結している管路③や⑧の影響はほとんどないことがわかる。したがって、管路⑤⑥などの対象管路の節点に連結している管路については考慮する必要があるが、それらの管路にさらに連結している管路については、対象管路に及ぼす影響がほとんどないので、特に考慮する必要がないと考えられる。今後は節点に連結している管路の形状、管径などによる影響を検討していく必要がある。

先で述べたように、本解析では仕切り弁をモデル化して管路網の解析に取り入れている。仕切り弁の地震時の破壊原因は、地震時に生じる管と地盤の相対変位による仕切り弁と弁キョウでの反力や、前後の管路より伝わる軸力や曲げモーメントによる可能性が高いことが報告されている。

図5は管路⑥の曲げモーメントを仕切り弁の存在を考慮した場合と考慮していない場合について比較したものである。同図より、仕切り弁を考慮したほうが仕切り弁部分では大きな曲げモーメントが発生していることがわかる。また、仕切り弁を考慮したことにより仕切り弁周辺の管路にも影響がみられ、仕切り弁を考慮した解析が必要であることがわかる。

4. おわりに

属具類を考慮した上水道管路網の応答解析を行なった結果、実被害と解析結果はよい対応を示した。また、モデル化にあたっては、対象管路の節点に連結している管路や仕切り弁を考慮に入れることが必要であることがわかった。今後は節点に連結している管路の形状・管径などによる影響を、解析対象地点を増やしてさらに検討を重ねる必要がある。

参考文献

- 1) 中村秀治：数値誤差の改善を考慮した伝達マトリックス法の提案，土木学会論文集，No. 289，pp. 43-53, 1979. 9.
- 2) (社)日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，1997. 3.

表1 解析ケース

case0	全体を計算
case1	管路④のみを計算
case2	管路⑧を除いて計算
case3	管路③を除いて計算

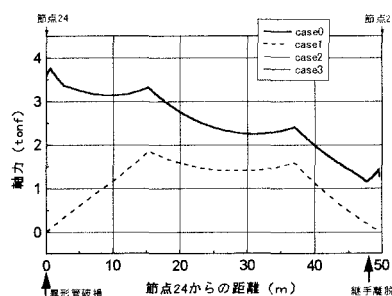


図4 管路④の軸力

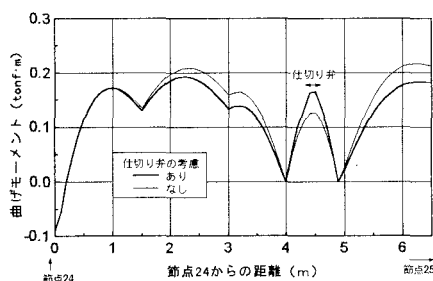


図5 管路⑥の曲げモーメント