

神戸大学大学院 学生員○北田敬広
 神戸大学工学部 7E10- 高田至郎

1. はじめに

ライフライン施設の耐震性向上を図るには、詳細なライフライン被災分析を行い、被災メカニズムを把握することが重要である。そこで本研究では兵庫県南部地震における配水管被害に着目して、配水管被害と配水管敷設方向および地震動との関連について分析を行う。

2. 神戸市の断層と配水管敷設方向および地震動の特徴

神戸市の配水管敷設方向は、北東～南西方向の管路と北西～南東方向の管路の 2 種類に分類される。神戸市北側の六甲断層系と呼ばれるいくつかの断層が北東～南西方向に走ることを考えると、神戸市の多くの配水管路は、断層に対して垂直に近い方向と水平に近い方向をなしているともいえる。兵庫県南部地震では、活動したと推定されている活断層がいくつかあり、断層周辺地盤において地中埋設管の被害が多いことが指摘されている。図 1 に示すのが神戸市域において観測された強震記録から、地震動変位の粒子軌跡をそれぞれスケールと方位を合わせて描いたものである。この図から淡路・六甲断層系の断層線に直交した方向に地震動が卓越しており、断層破壊進行に直交するせん断波成分が主震動となっていることが知られる【1】。このことは配水管路の被害に何らかの影響を与えていると考えてよい。

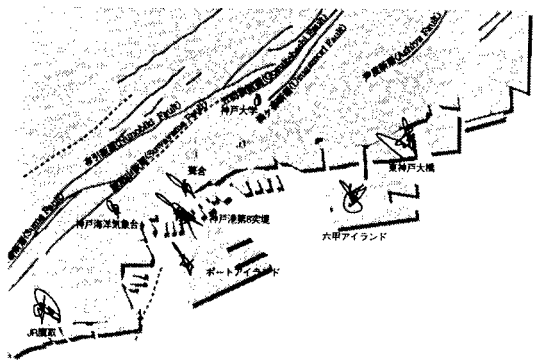


図 1 断層と地震動の卓越方向【1】

3. 配水管敷設方向と配水管被害率の関連

今回対象とする断層を五助橋断層とし、灘区・東灘区における配水管データを使用した。また沿岸部埋立地における配水管被害が、断層からの影響を受けるというよりも地盤の液状化による影響を大きく受けることを考慮して埋立地を除外して分析を行った。対象断層の五助橋断層は東西方向からおよそ 40 度北に傾いている。以下に五助橋断層と灘区・東灘区の配水管との間の角度の決定法について述べる。図 2 に示すように、この断層を水平軸にとったとき(実際、配水管は全て断層よりも南側に位置する),そこからの角度を 30 度ごとに 6 つのエリアに分割する。その上で配水管点データ 1 点 1 点の始点終点の x 座標, y 座標をもとに断層からの角度を決定し, エリアごとの敷設延長・被害数を算出した。

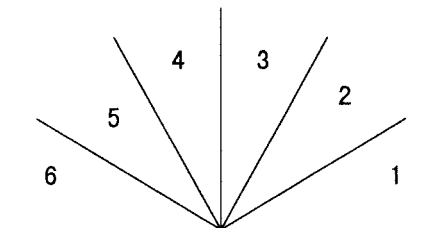


図 2 配水管敷設方向のエリア分け

表 1 配水管敷設方向別被害率

| エリア | 距離 (km) | 被害数 | 被害率 (件数/km) |
|-----|---------|-----|-------------|
| 1 | 26.84 | 21 | 0.78 |
| 2 | 33.65 | 35 | 1.04 |
| 3 | 152.05 | 150 | 0.99 |
| 4 | 19.39 | 16 | 0.83 |
| 5 | 38.05 | 21 | 0.55 |
| 6 | 228.83 | 166 | 0.73 |
| 計 | 498.81 | 409 | 0.82 |

その後エリアごとにまとめた配水管被害率を表 1 に示す。表 1 よりエリア 3 とエリア 6 における敷設距離が多いことが分かる。このエリアはそれぞれ断層に垂直, 水平に近い方向
 Takahiro Kitada and Siro Takada

になっている。エリア3の配水管被害率が0.99(件数/km)、エリア6の被害率が0.73(件数/km)となっており、断層に垂直方向であるエリア3の被害率のほうが1.4倍ほど高いことが分かる。また、図2の垂直軸に分けられるエリアでは、エリア1~3の被害率がエリア4~6の被害率よりも高い傾向がある。敷設距離は多少、少ないもののエリア2の被害率が高く、このエリア2に対して垂直軸に対象なエリア5の被害率が最も低い。また、口径別に被害率をまとめたものが表2である。口径は200mm未満を小口径管、200mm以上300mm未満を中口径管、300mm以上を大口径管と定義した。口径の区分は継手に関して引抜き量が300mmを境に大きく異なるとともに、300mm以上の口径管は周辺地域における幹線としての役割を果たしているといえるからである。また、200mm口径で区切りをつけたのは敷設距離を考慮に入れたためである。

敷設距離が長いエリア3とエリア6において、小口径管、中口径管では被害率に大きな差が生じ、逆に大口径管における被害率にはあまり差がなくなっていることが分かる。つまり沿岸埋立地周辺部を除いた地域では小・中口径管に関しては断層に対して垂直方向の配水管のほうが水平方向の配水管よりも被害が大きく、大口径管では敷設方向による影響はあまりないといえる。また小・中口径管よりも大口径管における被害率が低いことから、大口径管の地震に対する耐力が高いと言える。

断層に対して垂直方向の配水管被害が大きくなった原因として、配水管に入力される地震動の卓越方向が影響していると考えられる。地震動は断層に垂直方向が卓越するために、断層に垂直方向の配水管に対しては管軸方向の地震動が卓越することになる。このことにより配水管の管軸方向が引張あるいは圧縮され、とくに継手部において継手の抜け被害が多くなり、その他では管体において管軸方向座屈が生じるなど全体的に水平方向の配水管よりも被害率が高くなったと考えられる。今後、この地震波の伝わる向きが配水管被害に及ぼす影響をさらに詳細に確認するために、特定の断層だけでなく複数の断層系を対象にしてさらなる分析を行う必要がある。

4. まとめ

今回、配水管敷設方向と配水管被害について分析を行い、断層に対して垂直方向に埋設された配水管が断層に対して水平方向の配水管よりも被害が大きくなることが分かった。小・中口径管において、断層に対して垂直方向の配水管が断層に対して水平方向の配水管よりも被害が大きくなり、また大口径管では被害にあまり差がなかった。今後、配水管に対する地震波の方向卓越性に関連して、配水管被害への被災メカニズムをさらに解明する必要がある。

(参考文献)

【1】森 健：活断層近傍における地震動観測およびアスペリティーモデルによる強振動予測に関する研究，神戸大学大学院自然科学研究科修士論文，pp.7-8，1998.2

表2 配水管敷設方向別口径別被害率

| 小口径管 | | | |
|------|--------|-----|------------|
| エリア | 距離(km) | 被害数 | 被害率(件数/km) |
| 1 | 16.69 | 16 | 0.96 |
| 2 | 21.96 | 28 | 1.28 |
| 3 | 101.01 | 104 | 1.03 |
| 4 | 11.20 | 8 | 0.71 |
| 5 | 25.90 | 13 | 0.50 |
| 6 | 133.68 | 96 | 0.72 |
| 計 | 310.44 | 265 | 0.85 |

| 中口径管 | | | |
|------|--------|-----|------------|
| エリア | 距離(km) | 被害数 | 被害率(件数/km) |
| 1 | 6.10 | 3 | 0.49 |
| 2 | 6.10 | 5 | 0.82 |
| 3 | 20.52 | 26 | 1.27 |
| 4 | 5.10 | 8 | 1.57 |
| 5 | 7.04 | 3 | 0.43 |
| 6 | 46.31 | 37 | 0.80 |
| 計 | 91.16 | 82 | 0.90 |

| 大口径管 | | | |
|------|--------|-----|------------|
| エリア | 距離(km) | 被害数 | 被害率(件数/km) |
| 1 | 4.05 | 2 | 0.49 |
| 2 | 5.59 | 2 | 0.36 |
| 3 | 27.72 | 20 | 0.72 |
| 4 | 3.09 | 0 | 0.00 |
| 5 | 5.04 | 5 | 0.99 |
| 6 | 48.82 | 33 | 0.68 |
| 計 | 94.30 | 62 | 0.66 |