

京都大学工学部

学生員 ○渋谷 賢志

京都大学大学院工学研究科

正会員 小池 武

1 はじめに

東日本大震災はわが国に広域大規模被害をもたらしたが、西日本においても南海・東南海地震が今後 30 年以内に発生する確率は高く、同様の震災リスクに晒されていると考えられる。

広域に亘る震災に対してライフライン設備及びネットワーク全体がどの程度被害を受けるのか、又ライフラインの機能がどの程度損なわれるのかは、そのライフラインの規模と広域震災域との相対的な関係によって決まるものであり、必ずしも明確ではない。そこで本研究では広域ネットワークと地域局在型のネットワークという 2 種類のライフラインを対象に、地震時被害にどのような差異を発生させるのかを検討する。

ここでは関西地区を対象として、広域システムとして大阪ガス㈱のガス導管システム、地域局在型システムとして和歌山市水道局の水道管路システムを取扱う。図 1、2 に両システムの概略管路図を示す。

関西地区で代表的な広域巨大地震として南海・東南海地震、内陸直下型地震として中央構造帯、上町断層を選定した。それぞれの断層からの地震動分布は J-SHIS ハザードステーション¹⁾により算定し、南海・東南海地震では津波発生が伴うものとして、その津波浸水域内の施設はすべて機能停止するものとした。

2 水道管路システムの耐震安全性照査

和歌山市水道システムは他市から供給ラインがなく、地域局在型システムである。そして、加納浄水場を水源として各配水池への非ループ型ネットワークで構成されている。また、紀ノ川に 1 本の水管橋が通っており紀ノ川以北へは紀ノ川を横断する水管橋を経由して送水されている。

水道管路システムを構成する管路・配水池・浄水場などの基幹施設は地震動²⁾、地盤条件、強度特性それぞれのランダム性により一定の破壊確率に従って地震時被害を発生させる。そのとき、損傷を持つネットワークシステムを通じて、供給端（浄水場）から各需要端（配水池）にどの程度送水可能かはネットワークシステムの供給・需要端間の連結確率として評価することができる。また、



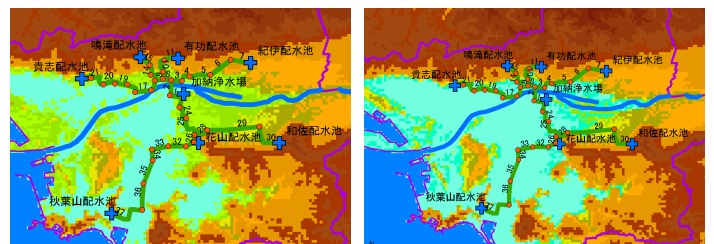
図-1 水道管路システム概略図



図-2 ガス導管システム概略図

施設の地震動による破壊確率は地震動の大きさと破壊確率の関係を与える Fragility Curve³⁾を用いて算定した。

南海・東南海地震で標高 3m, 5m まで津波がきた時の浸水域を図 3 に示す。標高 3m までの津波で水管橋は津波の被害を受け、標高 5m の津波で加納浄水場も被害を受けることがわかる。



(1) 3m 浸水域 (2) 5m 浸水域

図 3 津波浸水域

津波高 3m の津波浸水発生時の水道管路システムの非連結確率を図 4 に示す。同図には耐震対策として各施設の耐震性能を 200gal だけ向上させ、さらに加納浄水場と全く同一規模の浄水場を紀の川を挟んだ北部対岸の津波の被害を受けない場所に建設した場合を想定して新たに非連結確率を計算した結果も示す。同図によると、補強後は耐震対策前と比べ、水管橋以北の需要端への連結性能確

保の可能性が高まり,加納浄水場が機能損失しても水管橋以北の需要端への連結性能が向上することが確認できた。図5には、津波高5mの場合を示す。この場合は紀の川対岸地区での補強効果は見られるが、耐震対策未対応の南部地区は送水停止となる可能性が高いことを示している。

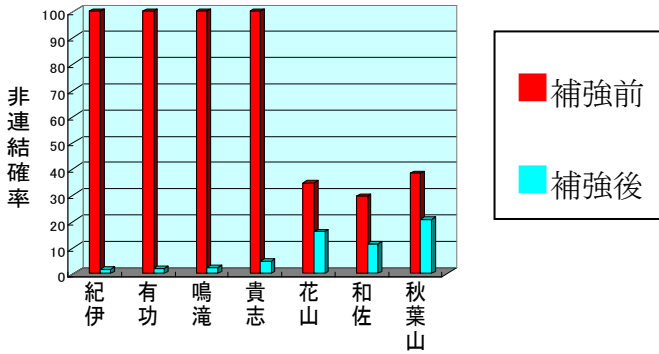


図4 補強前後の非連結確率(津波 3m)

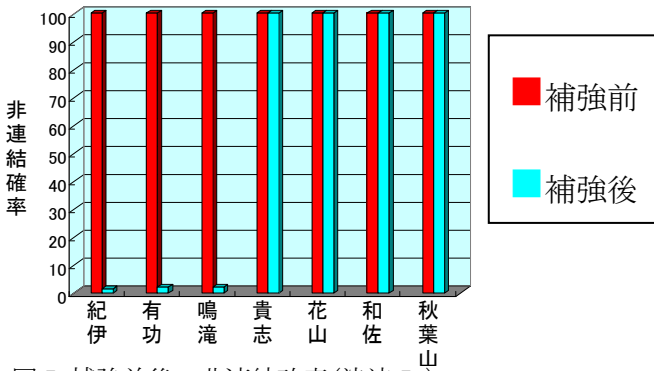


図5 補強前後の非連結確率(津波 5m)

3 ガス導管ネットワークシステム耐震安全性照査

ガス導管システムは関西圏をまたぐ巨大なネットワークであり製造所も複数あり,ルートも複数存在する.また他地域との緊急時ガス融通のためのラインも敷かれている.水道システム同様,供給端をガス製造所,需要端をガス中圧幹線へと繋がるノード部分6箇所として供給端から需要端へのガス導管システムの非連結確率を求めた.供給端・需要端の施設の破壊確率はガス施設に対するFragility Curveを用いて算定した.地震と津波の被害を受けた製造所の有無で表1に示す6ケースを検討した。

表1 解析ケース一覧表

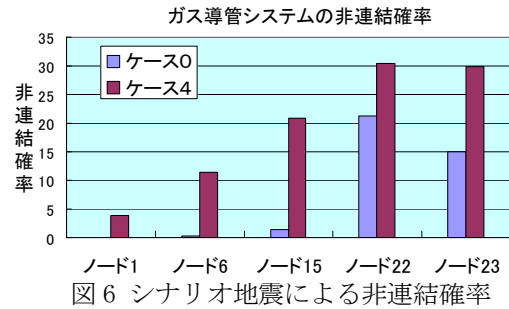
製造所	シナリオ地震					
	上町断層		南海道			
	0	1	2	3	4	5
四日市	○	○	○	×	×	○
姫路	○	○	○	○	○	×
泉北1&2	○	×	×	○	×	×

ここで、表中の○は製造所が津波の被害を受けなかった場合を示し,×は津波の被害により100%機能損傷した場

合を示す。

代表的な事例として、ケース0とケース4の場合の非連結確率を図6に示す。ケース0は上町断層からの地震発生の場合であり、需要端への非連結確率は大阪市内に位置するノード22,23への値が相対的に大きい。

一方、ケース4は南海・東南海地震で2ヶ所の供給端が津波で機能停止した場合である。両ケースを比較すると、ケース4の場合の非連結確率が全体的に大きくなる傾向を示している。



4 結論

本研究では広域巨大災害を受けた場合の広域ネットワークと地域局在型のネットワークという2種類のライフラインの地震時被害の特徴を比較検討した。

得られた成果は以下のとおりである。

- 1) 広域震災の場合は他市からの救援を期待できないため、当該水道管路システムのような地域局在型では、自己完結型の耐震対策を準備する必要がある。その送水機能被害は津波高に依存するため、津波被害を受けない施設立地など抜本的な対策が必要となる。対応策として津波の被害の及ばない場所への供給端(浄水場)の設置効果を検討したところ一定の効果が見られた。
- 2) ガス導管システムは複数の供給端が全て津波被災で機能停止しない限り、ある程度の連結性能を確保できる可能性があることが確認できた。したがって、広域巨大地震対策としては、ネットワークシステムの冗長性確保が有効な耐震対策と考えられる。

参考文献

- 1) 防災科学研究所: J-SHIS ハザードステーション <http://www.j-shis.bosai.go.jp/>, 2005.
- 2) 日本水道鋼管協会: WSP 水道用埋設鋼管路耐震設計準, WSP029-2006, pp24-40, 2006
- 3) .Federal Emergency Management Agency: HAZUS99 TECHNICAL MANUAL pp8-1-8-59, 1999.