

阪神大震災での中圧ガス架管の事例分析

安藤広和¹・小口憲武²・清水謙司³・小川安雄⁴

¹正会員 工修 東京ガス(株) 基礎技術研究所地盤工学チーム係長 (〒105 東京都港区芝浦 1-16-25)

²工修 東京ガス(株) 基礎技術研究所地盤工学チームリーダー (〒105 東京都港区芝浦 1-16-25)

³正会員 工修 大阪ガス(株) 商品開発部導管保全チーム (〒554 大阪市此花区西島 5-11-61)

⁴正会員 工修 大阪ガス(株) 商品開発部導管保全チームリーダー (〒554 大阪市此花区西島 5-11-61)

大阪ガスでは、1995 年阪神大震災後直ちに他の構造物にとっても甚大な被害が発生したエリアについて、河川等を横断する中圧ガス架管の全数(計 428 箇所)の状況を現地調査した。その結果、全て漏洩等は発生しておらず健全であったことが確認され、健全度に応じて A から D の計 4 ランクに分けた。地理情報システムを用いて、以上のデータと震度および液状化との相関を分析した結果、震度 7 地区でも他の地区と比較して健全度に差異のないことが確認された。一方、周囲の変状も大きくかつ管にも有害ではないが変形のみられたランク D の計 8 箇所(2%)はすべて液状化発生地区であり、液状化に伴う地盤変状に起因するものであることが分かった。

key words: earthquake, pipeline, gas supply system, liquefaction, GIS, case study

1. はじめに

大地震のときに被害を受けやすいガス架管を特定するため、1995 年阪神大震災における同部の状況と震度や液状化との相関について地理情報システムを用いて分析した。架管部の配管はすべて溶接接合鋼管であったため、管の被害や有害な変形は全くなかった。主として橋梁自身およびその付近の被害と管の状況を取り上げて健全度のランク分けを行い、地盤変状、震度との関係を把握することとした。

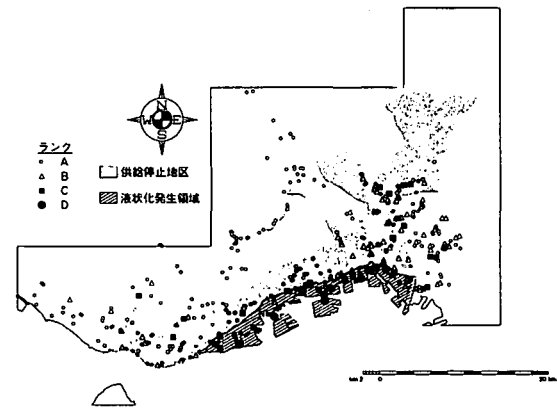


図-1 現地調査箇所

2. 現地調査結果の概要

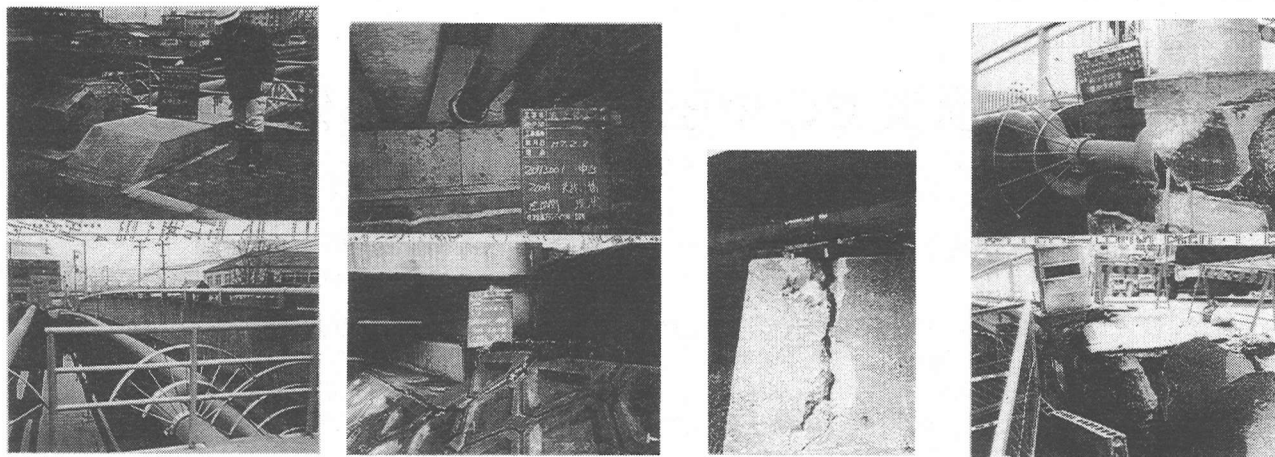
大阪ガスでは、地震後直ちに中圧ガス架管(以下、中圧架管もしくは架管と略す)の状況について現地調査を実施した。調査対象範囲は大阪ガス兵庫供給部の管轄内であり、被害が他の構造物を含め甚大であったエリアに該当する。調査はまず、370 箇所について行われた。次に周辺の環境や他の構造物の被害等で積み残しとなった 58 箇所について追加調査が行われ、当該地区の中圧架管の全数である計 428 箇所の状況について、非常に有益なデータが入手された。なお、全箇所について漏洩はなく健全であった¹⁾。また、架管はすべて溶接接合鋼管である。

現地調査は各箇所を踏査し、橋梁、管およびその付近の護岸、地盤等の状況を確認し、記録することにより行われた。現地調査箇所を図-1 に示す。健全度についてはその状況に応じて表-1 に示すようにランク分けした。

表-1 健全度ランク

健全度	具体的な状況	箇所数
ランク A	管および貫通部、橋梁またはその背面も特に異常なし	270 (63%)
ランク B	貫通部および貫通部背面の道路上、防護コンクリート等にクラックが発生	114 (27%)
ランク C	B より貫通部および貫通部背面の道路上、防護コンクリート等にクラック発生程度が大きい	36 (8%)
ランク D	貫通部・貫通部背面の道路上、防護コンクリート等の変状が大きく、管にも変形が認められる	8 (2%)
計		428

注) カッコ内は計 428 箇所に対する比率%を示す



ランク A

ランク B

ランク C

ランク D

図-2 現地調査による健全度毎の状況例

現地調査による健全度毎の状況例を図-2に示す。本調査により、全体の63%は周囲の状況も含め特に異状がないランク A であることが明らかになった。一方、橋梁の損傷や地盤変状等が大きく、管にも変形が認められたランク D は8箇所のみであり、発生比率でも2%と小さかった。なお、同ランクでも漏洩は発生しておらず、当面の供給に支障をきたすものではなかった。

3. 分析方法

今回は前述した現地調査結果に、以下に示す情報および手法を加えて、より詳細に計428箇所の中圧架管の健全性を分析した。

・橋梁管台帳

各架管について、口径・圧力を確認するとともに、設置年代・管長を調べた。また、架管の敷設形態は、橋梁架管（道路橋等公共施設あるいは他企業施設に添架された架管）と独立架管（ガス専用橋によるものを含む）の2種類に大別した。圧力は中圧A（3～10kgf/cm²未満）、中圧B（1～3kgf/cm²未満）の2種類である。橋梁架管については橋梁の設置年代は橋梁管台帳からでは確認できないため、ここでは架管の敷設年代とした。よって、属性は圧力、口径、敷設形態、敷設年代、管長の5分類とした。

・地盤変状等の調査結果

地盤変状調査については、濱田らによる調査結果²⁾を利用した。この調査は、地震直後に撮影された航空写真からの判読により、噴砂、亀裂等の発生状況を把握し地図上にプロットしたものである。調査対象領域については、神戸須磨区須磨公園周辺から尼崎市西部に亘っており、西側では六甲系の山すそより南、東側ではJR東海道線より南の地域である。本分析ではこの領域を液状化地区として分類することとした。なお、この領域については、液状化予測マップでも液状化の高い地域と判定されることが確認されている¹⁾。尼崎以东の大阪湾岸および武庫川の上流地域等でも多くの液状化が確認されているが、調査の対象範囲には含まれていないことに留意する必要がある。

震度については中央開発による震度分布図³⁾を利

用した。これは建物被害の状況に基づき、震度7分布を詳細に特定したものである。

・地理情報システム（GIS）

現地調査箇所と地盤変状、震度7の分布状況との相関を把握するため、それぞれを地理情報システムによりマップとして登録した。これにより、任意のマップおよび属性を重ね合わせることで目的とする分析が簡便かつ精度よく行うことが可能となる。

4. 分析結果

（1）架管属性別の比較

架管の属性別に健全度を比較した結果、圧力、口径、敷設年代が直接的に健全度に与える影響は小さいことが確認された。敷設形態については、ランクDのみ橋梁架管に集中する傾向がみられた。管長については、ランクDは全て15m以上であった。

（2）震度7地区での状況

震度7の分布状況を図-3に示す。併せて、活断層の分布状況⁴⁾を示す。また、震度7地区での健全度の内訳を表-2に示す。

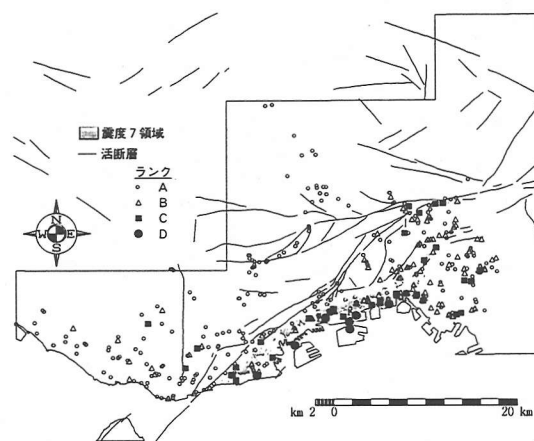


図-3 震度7の分布状況

表-2 震度7地区での健全度の内訳

健全度	震度7地区	その他
ランクA	10 (43%)	260 (64%)
ランクB	9 (39%)	105 (26%)
ランクC	3 (13%)	33 (8%)
ランクD	1* (4%)	7* (2%)
計	23	405

注) カッコ内は震度別計に対する比率%を示す

*ランクDはすべて液状化地区に該当

この結果から、震度7地区でもさしてその他の地区と差異はなく、震度が健全度に与える影響は小さいことが分かった。また、震度7地区における1箇所とその他の7箇所の健全度ランクDは後述する液状化地区にすべて属しており、このことから健全度が震度と直接に相関がないことが分かった。また、同図に示す活断層分布は今回の地震でどれが動いたかは現時点では特定されていないため、具体的な分析は行わなかったが、特にそれが健全度に影響を与えている傾向は見られない。

(3) 液状化と非液状化地区での状況比較

液状化と非液状化地区での架管の分布状況を図-1に示す。図中の液状化発生領域とは前述したように濱田らによる調査対象範囲に相当する。健全度を比較した結果を表-3に示す。

表-3 液状化と非液状化地区での健全度比較

健全度	液状化地区	非液状化地区
ランクA	21 (27%)	249 (71%)
ランクB	32 (42%)	82 (23%)
ランクC	16 (21%)	20 (6%)
ランクD	8 (10%)	0 (0%)
計	77	351

注) カッコ内は地区別計に対する比率%を示す

これにより、計428箇所のうち、77箇所(約20%)

が液状化地区にあり、同地区では非液状化地区と比較してランクAの比率が低く、ランクDについては前述したように計8箇所すべてが液状化地区であると判定された。一方、非液状化地区では、ランクAが71%と健全度が高いことが分かった。

液状化地区での地盤変状の発生状況²⁾を図-4に示す。各箇所について半径100m以内を対象とし、噴砂、噴砂口点、亀裂等の発生状況を把握した。この結果より、ほぼすべての架管付近に噴砂、亀裂等の地盤変状が確認された。特に、ランクDは計8箇所すべてにおいて、亀裂等の地盤変状の程度が大きいことが分かった。また、同箇所は液状化地区でも臨海部に集中していた。

(4) 健全度ランクDの状況

ランクD(計8箇所)については、すべて液状化地区にあり、現地調査および航空写真判読結果でも顕著な地盤変状が認められたことは前述した通りである。ここでは、同ランクについて詳細に現地調査での状況および架管属性を比較した。結果を表-4に示す。表中には、ここに示す8箇所のみ橋梁設置年について別途調査したので記す。

以上より、ランクDについては周囲の地盤変状や橋梁の損傷の程度が大きいことが再確認された。架管形態としては、橋梁架管が7箇所に対して、独立架管が1箇所であり、橋梁架管に集中して発生している傾向が見られた。これは、橋梁の変形の影響を受けやすいためと推察された。橋梁架管の計7箇所については、橋梁の設置年代は昭和55以前に限定されていた。また、管長(橋長)についてはすべて15m以上であった。添架橋梁の耐震診断をする際には、道路震災対策便覧⁵⁾などを準用して行いことがあり、そこでは昭和55年以降の道路橋示方書で設計されたものと一部の構造形式を除く橋長15m未満については耐震性ありと判断される。本結果でもこの判定方法の妥当性が示唆された。

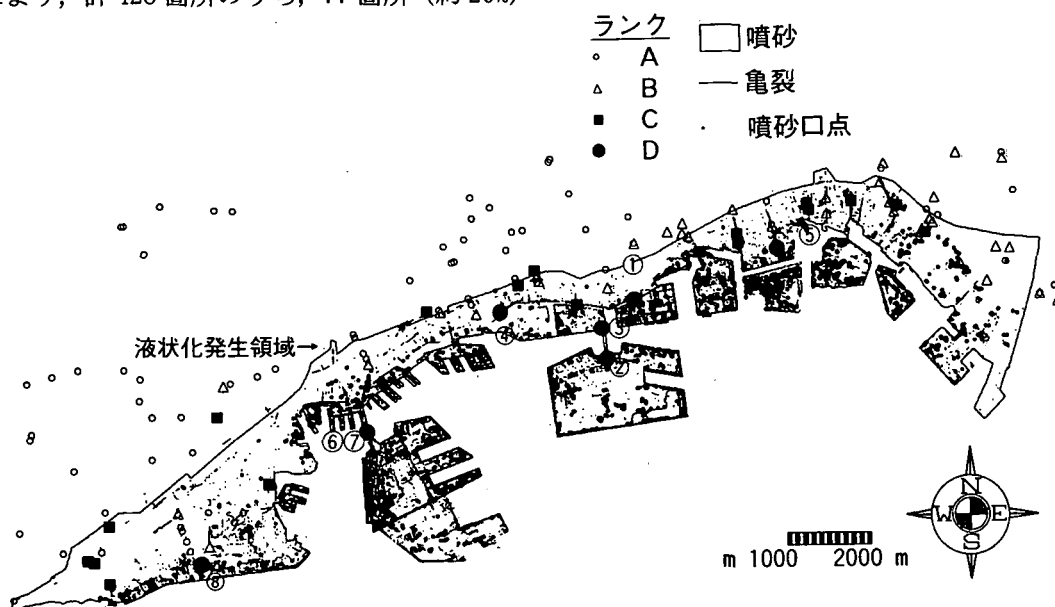


図-4 液状化地区での地盤変状の発生状況

表-4 現地調査結果による健全度ランク D の架管状況

番号	橋梁名	圧力	口径	架管形態	橋梁 設置年 (管敷 設年)	管長 (m)	状況					
							橋梁およびその付近			貫通部	架管	その他
							全般	橋台	視脚			
①	魚崎大橋	中圧B	150A	橋梁架管	S47 (S62)	55	・両側親柱にクラック、傾きあり ・背面沈下、護岸割れあり ・リングサポートずれ	—	—	北側の鞘管が露出変形 南側の鞘管が露出	多少の曲げ変形が発生	—
②	六甲大橋（西側）	中圧A	300A	橋梁架管	S51 (S55)	755	・島側で六甲ライナー落橋 ・地盤変状、沈下大 ・リングサポートずれ	—	—	立ち上がり部のアスファルトにひびわれを伴うねじれが発生	立ち上がり部のループ部に曲げが発生	水道管落下
③	六甲大橋（東側）	中圧B	300A	橋梁架管	S51 (S55)	744	・地盤変状、沈下大 ・リングサポートずれ	—	—	立ち上がり部のアスファルトにひびわれ	ブラケットがはなれ、管が大きくたわんでいる	水道管落下
④	新在家1号歩道橋の脇	中圧B	150A	独立架管	(S32)	17	・橋梁に異状なし ・背面に沈下あり ・護岸崩壊	右岸側ひび割れ多数	—	鞘管が露出	中央部で曲げ変形が発生	—
⑤	宮川大橋	中圧B	200A	橋梁架管	S54 (S54)	49	・護岸崩壊 ・橋台背面東側、西側ともクラック大 ・車両通行規制	コンクリート割れ	—	鉛直方向に芯ずれ	橋台背面の沈下により、鉛直方向に曲げ変形	水道、下水は貫通部で大変形し漏洩した模様
⑥	神戸大橋（東側）	中圧A	300A	橋梁架管	S45 (S45)	322	・陸側、島側とも地盤変状が大 ・車両通行規制	島側の橋台がずれている	—	ブラケットと管に軸方向ずれが生じている	—	島内の水道管（600A）に屈曲が発生
⑦	神戸大橋（西側）	中圧B	300A	橋梁架管	S45 (S45)	322	・陸側、島側とも地盤変状が大 ・車両通行規制	島側の橋台がずれている	—	ブラケットと管に軸方向ずれが生じている	立ち上がり部で曲げ変形が発生	島内の水道管（600A）に屈曲が発生
⑧	苅藻橋	中圧B	300A	橋梁架管	S37 (H1)	75	・護岸が崩壊 ・車両通行規制	コンクリート崩壊	—	北側の鞘管が露出	北側で管が曲げ変形	—

5. まとめ

大阪ガスでは、今回の阪神大震災後直ちに他の構造物にとっても甚大な被害が発生したエリアについて、中圧架管の全数（計 428 箇所）の状況を現地調査した。その結果、すべて漏洩はなく健全であることが確認された。併せて、その健全度に応じてランク A から D の 4 ランクに分類した。ランク A は橋梁およびその周辺、管にも異状が認められなかったものを示す。ランク B から D に従って橋梁の損傷や周囲の地盤変状が大きくなり、特にランク D については管にも変形が認められたものである。このデータに橋梁管台帳からの属性を付加し、さらに外部機関が実施した地盤変状等の情報を地理情報システム（GIS）を利用して重ね合わせて、詳細な事例分析を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

・健全度で計 428 箇所を分類すると、そのうちの 63% がまったく異状なしであることが分かった。また、地盤変状等も顕著であり、管にも変形が認められたランク D も 2% と小さかった。また、同ランクでも漏洩等は発生しておらず、当面の供給に支障をきたすものではなかった。これは溶接接合鋼管自体が十分な延性を有することや、ループ配管や二重管などの変位吸収措置が施されていたためと思われる。

・ガス管の圧力、口径、敷設年代が直接的に健全度に与える影響は小さかった。敷設形態についてはランク D のみ独立架管と比較して、橋梁架管に集中する傾向がみられた。管長については 15m 未満では健全度ランク D の発生はなかった。

・震度 7 地区でも、さしてその他の地区と差異はなく、震度が健全度に与える影響は小さかった。

・液状化地区では非液状化地区と比較してランク A の比率が低く、ランク D については計 8 箇所すべて

が液状化地区であり、また、8 箇所すべてにおいて、地盤変状が発生していたことが分かった。一方、非液状化地区では健全度が高いことが分かった。

・ランク D の状況を詳細に調査したところ、周囲の地盤変状や橋梁の損傷の程度が大きいたことが分かった。さらに、同箇所は液状化地区でも臨海部に集中していたことが明らかになった。また、計 8 箇所のうち、7 箇所が橋梁に添架された管であることが分かった。これらの橋梁の設置年代はすべて昭和 55 年以前であった。管長は計 8 箇所とも 15m 以上であった。

・添架橋梁の耐震診断をする際には、道路震災対策便覧などを準用して行っていることがあり、そこでは昭和 55 年以降の道路橋示方書で設計されたものと、一部の構造形式を除く橋長 15m 未満については耐震性ありと判断される。本結果でもこの判定方法の妥当性が示唆された。

謝辞：本分析を行うにあたっては、データの登録および整理作業については、東京ガス基礎技術研究所の小林氏、吉崎氏、CSK 長野システムの茅野氏に、GIS による処理については、CRC 総合研究所の大野氏、大門氏、久保杉氏の多大なるご協力をいただいた。ここに深く感謝の意を表す。

参考文献

- 1) ガス地震対策検討会編：ガス地震対策検討会報告書，1996
- 2) 濱田政則，磯山龍二，若松加寿江：阪神地区の液状化・地盤変状と地盤条件，地震予知総合研究振興会，1995
- 3) 中央開発株式会社：阪神大震災災害調査報告書，1995
- 4) 東京大学出版会：新編日本の活断層，1991
- 5) 日本道路協会：道路震災対策便覧（震前対策編），1989