地震時の供給停止に伴うガス導管網内の圧力振動解析

東京ガス（株）　正会員　○冨永　隆一　正会員　沼田　香織
正会員　猪股　渉　正会員　氏家　大介

１．はじめに

東京ガスの都市ガス供給エリア内には，整圧器（地区ガバナ）で 2.5kPa G 以下に整圧された低圧ガスを配給する導管網が敷設されており，その低圧ガス導管網は，個別にガス供給・停止ができる 136 個の地域ブロックに分割されている．1 ブロックのお客様数は平均 8 万件，大きさは東西・南北それぞれ 5～10km 程度である．

震度 6 弱から 6 強を超える地震の発生時には，これら地域ブロックへのガス供給は地区ガバナの感震遮断装置により自動的に遮断される．同時に，お客様毎に設置されているマイコンメーターも地震の揺れを感知してガスの供給を遮断する．二次災害発生の予防である．

一方，地区ガバナでは都市ガスの安定供給を目的にガバナ二次圧（地域ブロック最上流部における低圧ガス導管網内の圧力）が常時監視されている．現在，東京ガスでは，地震発生直後における低圧ガス導管の被害状況を兵庫県南部地震での被害実績に基づいて推定しているが，地域ブロックの状態が直接反映されるガバナ二次圧監視データが利用できれば，地震被害推定の精度向上，ひいては，地域ブロック毎の状況に応じた適切な措置および速やかな都市ガス供給再開が期待できる．ガバナ二次圧監視データを地震被害推定に利用するには，地震発生後 10 分程度で低圧ガス導管網内の圧力低下の有無，すなわちガス漏洩の有無が判定できるデータである必要がある．地震発生後 10 分を超えると，マイコンメーター復旧によりガス消費が始まるからである．

そこで本研究では，地震時に発生する低圧ガス導管網内の圧力振動を一次元非定常流体解析により明らかにするとともに，地域ブロックの被害状況推定へのガバナ二次圧監視データ利用の可否を検討することを目的とする．本報告では，地震により都市ガス供給が自動遮断された状態を模擬した小規模実験を行い，単一管路における数値解析の予測精度を確認した結果について述べる．加えて，実規模低圧ガス導管網に対して実施した数値解析結果の例を紹介する．

２．小規模配管系における実験方法および実験結果

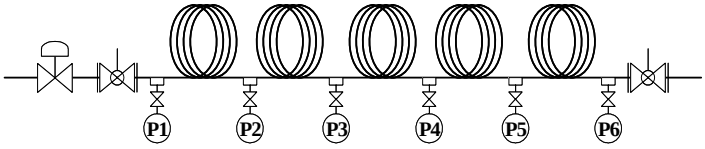

図-1 小規模実験の配管系

本研究で実施した小規模実験の配管系を図-1 に示す．管径 50A・管長 40m のポリエチレン管（コイル管）を 5 巻連結し，配管全長が概ね 200m の単一管路とした．試験流体は都市ガスとし，配管入口に配置した圧力調整弁にて供給圧力を調整した．配管の上流端（圧力調整弁の直後）と下流端にはボール弁を配置し，ガスの流入・流出を遮断できるようにした．ガスの流量調整は下流端のボール弁にて行った．圧力計は図-１に示す位置 P1～P5 に配置し，約 40m 間隔で配管内圧力を測定した．

本実験では，供給圧力を 2.2kPa G，供給流量を 20Nm^3/h とした．地震により地区ガバナとマイコンメーターが瞬時にガス供給を遮断する状況は，配管中をガスが流通している状態にて配管両端のボール弁を急閉鎖し，ガスの流入・流出を同時に遮断することで表現した．図-2(a)に，位置 P1 および P6 における配管内圧力の測定結果を示す．時刻 0.0 秒に配管両端のボール弁を急閉鎖した直後，位置 P1 で膨張波が観測されるのと同時に，位置 P6 で圧縮波が観測された．これら膨張波と圧縮波が配管内を往復することにより配管内圧力が振動していることが分かる．観測された圧力振動は，最大・最小圧力がおよそ 2.9kPa G，0.9kPa G であり，圧力振動の発生から 10 秒程度の時間をかけて緩やかに減衰していく様子が確認できる．

キーワード　ガス導管網，圧力振動，実験，数値解析，地震災害
連絡先　〒230-0045　神奈川県横浜市鶴見区末広町 1-7-7　東京ガス（株）技術研究所　Tel:045-500-8761

３．小規模実験の数値解析方法および数値解析結果

一次元非定常流体解析ソフトウェア Advance/FrontNet/Γ（アドバンスソフト社製）を用い，小規模実験の数値解析を行った．供給ガスはメタンとし，配管系の圧力損失は壁面摩擦損失 [1]により調整した．配管両端の閉鎖時間は 0.1 秒とした．解析結果を図-2(b)に示す．配管両端の閉鎖により発生する圧力振動の最大・最小圧力は実験結果とよく一致しており，膨張波および圧縮波の波形も概ね表現できていることが分かる．一方，圧力振動の減衰率は実験結果に比べて小さい．これは，管路の弾性や圧力計の分岐部など，圧力振動が減衰する各種要因が考慮されていないことが原因と考えられる．また，圧力振動の周波数が実験結果に比べて大きいが，その原因として，メタンガス中と都市ガス中の音速の違い，実験の配管全長の誤差が挙げられる．このように，圧力振動の減衰率や周波数が十分に再現されていないものの，配管両端の同時閉鎖による配管内圧力振動現象を一次元非定常流体解析により評価できることが分かった．

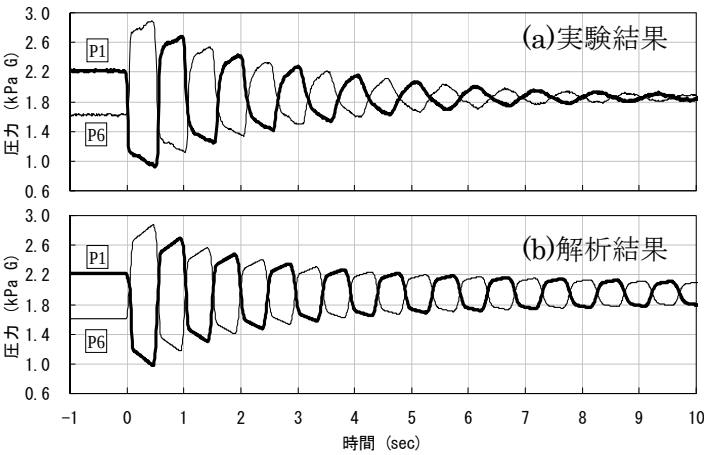

図-2 小規模実験の(a)実験結果および(b)解析結果

４．実規模低圧ガス導管網に対する数値解析

東西に約 0.9km，南北に約 0.6km の地域ブロック（図-3）に対し，地区ガバナとマイコンメーターが瞬時にガス供給を遮断した場合に発生する圧力振動を数値解析により予測した．本地域ブロックの配管全長は約 9km，平均管径は約 9cm である．また，ガス供給圧力は 2.3kPa G，供給流量は約 113Nm^3/h とした．

図-4 に，解析により得られた地区ガバナ二次圧に相当する位置の圧力変化を示す．地区ガバナとマイコンメーターの遮断直後から，圧力低下から始まる圧力振動の発生が確認できる．また，圧力振動は 60 秒程度経過するとほぼ収束している．これは，本解析対象の地域ブロックにおいては，地震によるガス供給遮断から 1 分程度経過すればガス漏洩による圧力低下の有無判定が容易になり，地域ブロックの被害状況推定にガバナ二次圧監視データが活用できる可能性があることを示している．

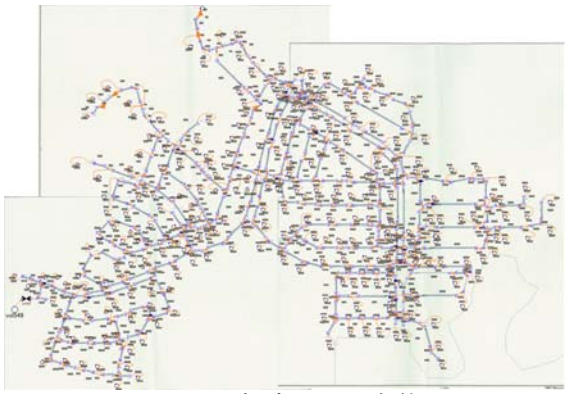

図-3 地域ブロック全体図

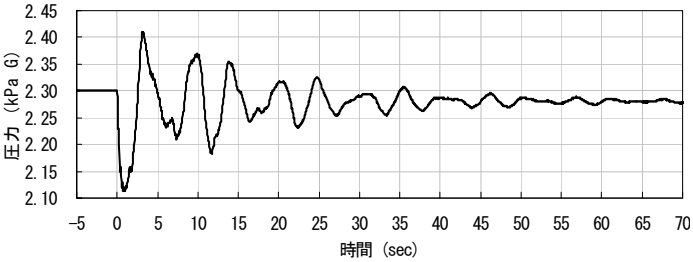

図-4 地域ブロックの解析結果

５．まとめ

本報告では，地震により都市ガス供給が自動遮断された低圧ガス導管網を模擬した小規模実験と，小規模実験に対する数値解析を実施した．また，実規模低圧ガス導管網に対する数値解析を実施した．

- 一次元非定常流体解析により，ガス供給遮断による配管内圧力振動を概ね表現できることが分かった．
- 解析対象の実規模低圧ガス導管網において発生した圧力振動は 1 分程度で減衰・収束した．
- 低圧ガス導管網の地震被害推定の精度向上に，地区ガバナにおけるガバナ二次圧監視データを利用できる可能性があることが分かった．

参考文献

1) 管路・ダクトの流体抵抗　（社）日本機械学会　1979 年 1 月