

「'03 十勝沖地震」に伴う管内発生水撃圧の分析

Analysis of Water Hammer Pressure observed at "The Tokachi-Oki Earthquake 2003"

植屋賢祐* , 徳井順* , 阿部匡弘* , 長谷川和彦** , 田頭秀和** , 秀島好昭**

K.UEYA , J.TOKUI , M.ABE , K.HASEGAWA , H.TAGASHIRA , Y.HIDESHIMA

1. はじめに

2003年9月26日未明、北海道の十勝沖を震源とするM8.0の強い地震が発生した。

当時、国営かんがい排水事業芽室地区ではパイプライン施設の通水試験を行っており、地震発生時刻には空気弁地点に設置した遠隔観測システムにより、1分間隔の管内水位（水圧）観測を実施していた。この地震により、施設近傍の芽室町で震度5弱の揺れが観測され、観測データには地震の影響と見られる管内水圧の変動が記録された。

本報告は、施設周辺における地震動の特徴および観測系の水理的条件の違いによる地震動の影響について分析を行い、耐震面から施設管理上の課題について考察した。

2. 水撃圧の観測記録

図-1は、管内に残存水圧がある状態で制水弁を閉塞（密閉）した系の観測記録である。地震発生（4:50:12頃）から約1分後の4:51に、初期値に対して負側に0.17MPa、その1分後の4:52には正側に0.33MPaの圧力変動を記録した。また、6:08には最大余震の発生に伴って再度の水圧変動を記録している。ただし、水圧変動はいずれも設計水圧の範囲内であった。

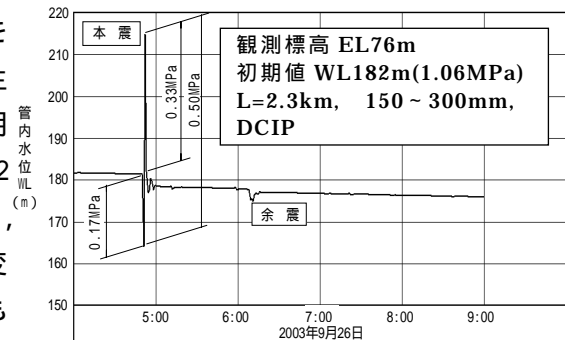


図-1 水撃圧の観測記録(1)

図-2は、管内の上流側一方に自由水面がある系の観測記録である（下流側は制水弁で閉塞）。この系は、本震発生直後の4:51から圧力センサーの故障により欠測となった（8:00前からの再記録はセンサーの交換による）。センサーの故障は、最大余震発生時に確認した観測地点空気弁における周期的な弁体の上下動の状況（上部から噴水）から、当該地点で負圧が発生するような大きな圧力変動が要因と推察された。

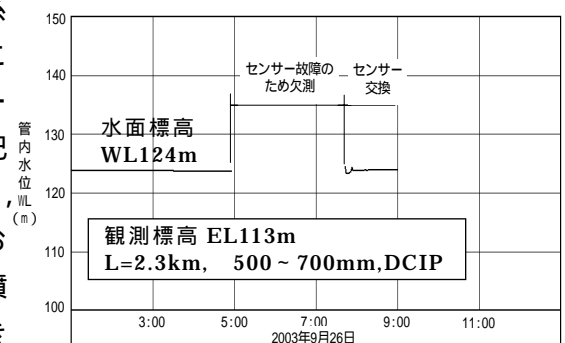


図-2 水撃圧の観測記録(2)

Record of Water Hammer Pressure's observations

3. 地震動の特徴と発生水撃圧の分析

施設近傍の地震観測点(北海道所管「芽室町東2条」)では、震度5弱、最大加速度250cm/s²（水平成分合成）が記録された。また、当該地点の水平成分加速度記録のスペクトル解析より、施設周辺の地震動は長大構造物など固有振動周期が比較的長い構造物に影響する、周波数0.15~0.5Hz（周期2~6sec程度）のやや長周期帯域の成分が卓越していた。

* (株)アルファ技研 Alpha Technical Consultant Co.,Ltd, ** (独)北海道開発土木研究所 Independent Administrative institution, Civil engineering research institute of Hokkaido.

キーワード：地震動，水撃圧，施設管理

図-3 は密閉した系の地震による圧力変動量を，弁操作による水撃圧として非定常水理計算¹⁾より再現した結果である。地震動によりこの系で観測された水撃圧の大きさは，流量変化量を $Q=0.050\text{m}^3/\text{s}$ とし，弁の開閉速度 50sec で操作した場合に発生する水撃圧に相当した。これは，弁開閉器の性能によっては人為的操作が十分可能な範囲の操作である。

図-4 は管内に自由水面があった系の圧力変動量（空気弁の噴水から推定）を，上記と同様に弁操作として推定した結果であり，この系の水理条件で圧力センサーの計測範囲（ 2MPa ）を超える圧力変動が発生する可能性を確認した。圧力変動の要因として，自由水面の1次固有周期²⁾（ 6sec 程度）と先述した地震動の卓越周期との一致から，自由水面の動揺（スロッシング現象）が推察される。現時点では，スロッシングの増大やこれに伴う管内水流の発生によるエアの巻き込みなどが水圧変動に影響した可能性が考えられる。

4. 施設管理上の課題の考察

弁類操作について，管理操作の中でもとくに，緊急時の管理ポイントになる制御施設は，被害拡大防止のため迅速な弁操作が要求される反面，操作に伴う2次災害の発生防止にも留意した操作が必要とされる。一方，本検討より管体の規模や開閉器の性能によっては，通常行われる人為的な操作によって，震度5弱の地震の影響に匹敵する水撃圧が発生する可能性が示された。このため，施設の安全管理技術の向上には，管理ポイントとなる制水弁の開閉試験を行うなどして，施設の規模、配管条件および水理特性によって異なる圧力波の規模，振動周期および減衰時間などを検証しておくことも有効である。

また，管内水位の管理について，パイプラインの管理では非かんがい期などに安全対策として一部区間の落水（降圧）が行われることがあり，管の布設勾配によって管内に水面長数十～数百m程度の自由水面が存在する。このとき，過去の地震記録の分析や地盤・地質条件などから，自由水面の固有振動周期と同程度の振動特性をもつ地震動の発生が考えられる場合は，自由水面の管理（水位管理）に十分注意が必要である。

5. おわりに

地震に伴う管路内の水理現象については現時点で観測データの蓄積が少ない。

施設の安全管理技術の充実のためには，その発生機構や施設に与える影響の分析精度の向上が今後の課題である。

参考文献

- 1) 岩崎和巳：講座パイプラインの水理設計（その12）- 非定常水理計算 - ，農業土木学会誌第50巻第9号，p.47.
- 2) 社団法人強化プラスチック協会：FRP水槽耐震設計基準 p.17, 1996.

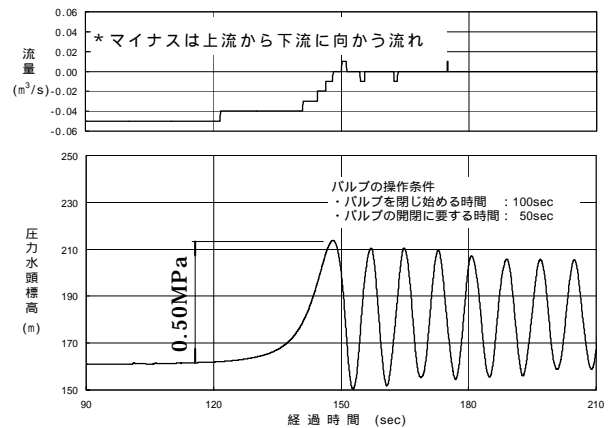


図-3 水撃圧の再現結果

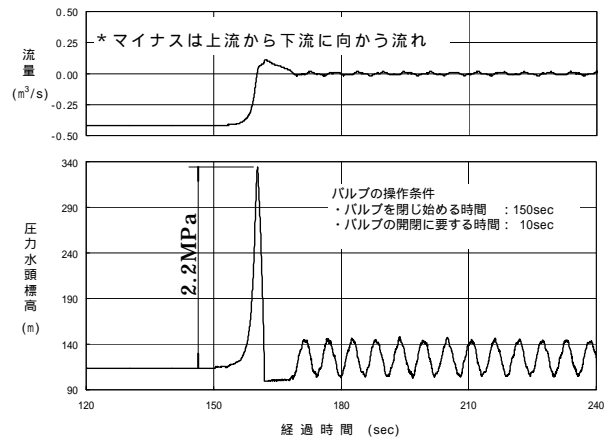


図-4 水撃圧の推定結果

Simulated Results of Water Hammer Pressure