

AE パラメータを用いた大規模送水パイプラインの圧力波伝搬特性の定量評価に関する研究

新潟大学 学生会員 ○高橋 健一

新潟大学 正会員 鈴木 哲也

新潟大学 学生会員 島本 由麻

1. はじめに

送水パイプラインは、上水道や産業用水などにおいて内水圧を有効に利用した水理システムである。

管種の選定や設計内圧の検討には、パイプラインとその構造に依存する水撃作用の検討は不可欠であるが、既存施設における精緻な非破壊計測が困難である技術的背景から、弾性体理論に基づく数値解析ないし経験則による推定評価が行われている¹⁾。

既存施設の適切な維持管理や突発災害に関する安全性向上には、水撃作用に代表される非定常的な水理現象起源を対象とした非破壊計測法の確立は技術的課題である。また既往研究により、AE 計測結果と数値解析結果との良好な関係を明らかにしている²⁾。本報では、内水圧型パイプラインで実施した圧力波発生実験を事例に、パイプラインでの圧力波伝搬特性へ及ぼす水理条件と AE パラメータによる検出・評価の可能性について検討し、緊急遮断弁に代表されるバルブ閉塞時の非定常流況における AE 計測の有用性と技術的課題を考察する。

2. 実験方法

計測は全 3 ケースを実施し、送水パイプラインの末端部の制水弁を閉塞することにより圧力波を発生させた。各検討ケースを表-1 に表す。

ケース 1 では非常に緩やかな閉塞条件とし、通常の管理を模擬した。ケース 2 では完全閉塞条件として通水量 $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ まで通水し閉塞させた。ケース 3 では完全閉塞条件として通水量 $0.2 \text{ m}^3/\text{s}$ まで通水し閉塞させた。AE センサには 150 kHz 共振型 (R15 α)、 60 kHz 共振型 (R6 α)、および 30 kHz 共振型 (R3 α) を用い、しきい値を 42 dB 、増幅値を 60 dB に設定し計測を行った。AE センサは各種 1 つずつ 3 個設置した。圧力波の周波数成分と時間的变化を明らかにするためにウェーブレット解析を行った。

表-1 各検討ケース

	計測時間 (s)	計測開始 ～全開 (s)	維持計測 (s)	閉塞開始 ～閉塞完了 (s)	閉塞完了 ～計測終了 (s)
Case1	4400	1800	120	1869	651
Case2	4140	2280	120	1389	351
Case3	2340	840	120	656	724

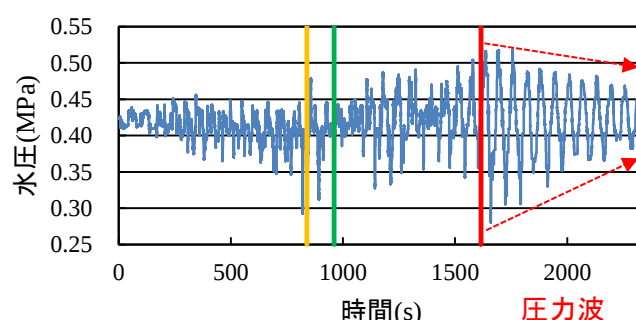


図-1 Case 3 バルブ操作地点

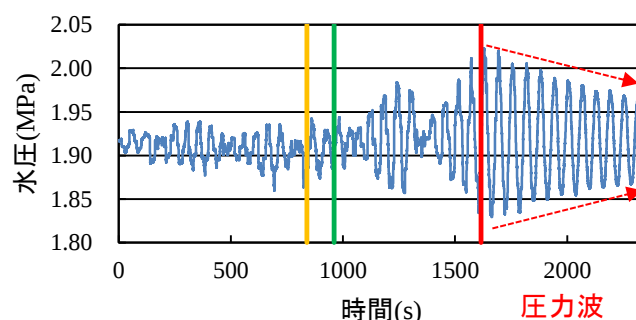


図-2 Case 3 バルブ操作地点より 7 km

3. 結果および考察

3. 1. 水圧計測

バルブ操作に伴う水圧変動の様子を図-1 および図-2 に示す。黄色線はバルブ操作地点におけるバルブの全開、緑線はバルブの閉塞開始、赤線はバルブの閉塞完了時間をそれぞれ表す。ケース 3 におけるバルブ操作地点での水圧変動 (図-1)、ケース 3 におけるバルブ操作地点から 7 km 先の地点での水圧変動 (図-2) はともに閉塞完了後に発生する圧力波によって水圧値の最大・最小値を示した。

キーワード 非破壊計測法, 圧力波発生実験, 水撃圧, AE 計測, ウェーブレット解析

連絡先 〒950-2181 新潟県新潟市西区五十嵐 2 の町 8050 番地 新潟大学自然科学系 (農学部)

TEL : 025-262-7395 E-mail : suzuki@agr.niigata-u.ac.jp

3. 2. AE 計測

バルブ操作時の AE エネルギー特性を示し、AE パラメータ解析の観点から考察する。バルブ操作地点における AE エネルギーの変動は山型のエネルギーが生じた (図-3 領域 1)。

バルブ操作地点より 7 km 先の地点では閉塞完了後に生じる圧力波起源の AE エネルギーが生じた (図-4 領域 2)。これらのことから大規模送水パイプライン上での圧力波起源による AE エネルギーの上昇は検出可能であると考えられる。

3. 3. ウェーブレット解析

バルブ閉塞完了後の AE 波形の周波数成分と時間的変化の特徴から考察する。バルブの閉塞完了から計測終了までの過程では縦波と横波がやや不明瞭ではあるが突発型の AE 波形が生じた (図-5)。その波形にウェーブレット解析を行った結果が図-6 である。

ウェーブレット解析の結果バルブ閉塞後で AE の周波数成分の変質が見られ、バルブ閉塞後には圧力波の特徴としての低周波の波が発生していることが確認された。このことから AE パラメータによる圧力波の状態評価は可能であると考えられる。

4. まとめ

本報では、内水圧を利用する送水パイプラインで実施した圧力波発生実験を事例に、圧力波伝搬特性へ及ぼす水理条件と AE パラメータによる検出・評価の可能性について検討した。検討結果を以下に列挙する。

- 1) 弾性波の強度を表す AE エネルギーが圧力波の発生によって閉塞前後で明らかに異なる強さで検出されることが確認された。
- 2) 閉塞完了後には縦波と横波がやや不明瞭ではあるが、突発型の AE 波形が見られたことで圧力波が管内を伝搬していることが確認された。
- 3) ウェーブレット解析によってバルブ閉塞前後で AE の周波数変質が明らかとなり、圧力波の特徴として低周波の波が発生していることが確認された。

以上のことから本研究によって大規模送水パイプラインに発生する圧力波 (水撃圧) を AE パラメータの観点から検出・評価が可能であることが示唆された。

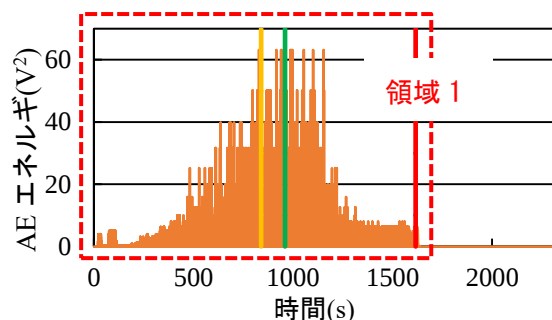


図-3 Case 3 バルブ操作地点 R15α

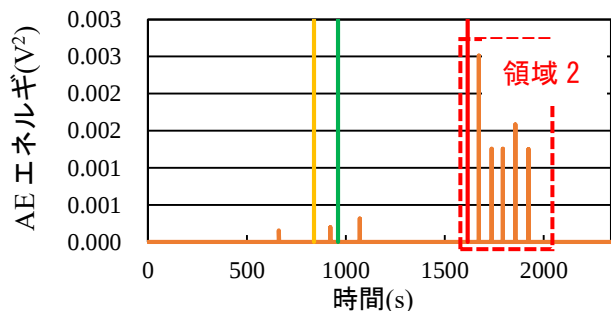


図-4 Case 3 バルブ操作地点より 7km R15α

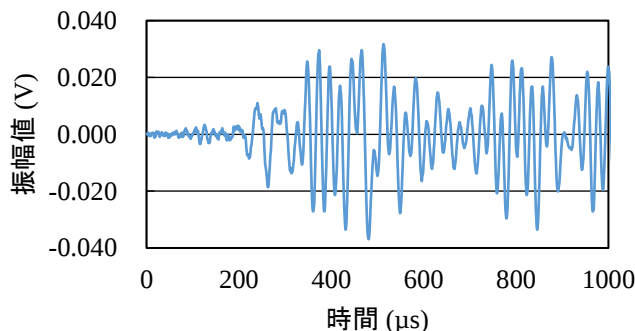


図-5 閉塞完了後の AE 波形 (突発型)

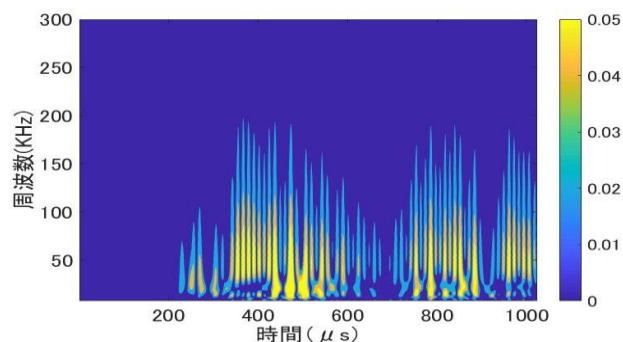


図-6 閉塞完了後の AE 波形 (周波数成分)

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修, 8.非定常流な水理現象の解析, 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」, pp.218-263, 2009.
- 2) 鈴木哲也: 送水パイプラインの事故後復旧過程の非破壊安全性診断に関する研究, 土木学会論文集 F6 (安全問題), 70 (2), pp.I_143-I_148, 2014.