

弾性波エネルギー指標を用いたパイプラインに発生した圧力波の検出 Identification of Pressure Waves in Pipeline using Elastic Wave Energy Parameter

○鈴木哲也*・島本由麻**

○Tetsuya SUZUKI and Yuma SHIMAMOTO

1. はじめに

農業用パイプライン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急務な技術的課題である。本論では、鋼管とダクタイル鋳鉄管で構築された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播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結果を報告する。

2. 圧力波検出と特性評価

2.1. 計測施設

計測対象は、システムが水槽～単一管路～バルブ系の送水パイプラインである。全長約 18km、管径 ϕ 1,000～600 mm である。管種は鋼管およびダクタイル鋳鉄管である。システム内部の設計最大水圧は 2.618 MPa（静水圧=1.868 MPa、水撃圧=0.750 MPa）である。

2.2. 計測条件

圧力波は、パイプライン末端部の制水弁を閉塞することにより発生させた。その際、制水弁側部に設置されているブルドン管画像を 30 Hz で取得し、管内の圧力変動を同定した。管内から発生する弾性波は AE 法を用いて実施した。AE 計測条件は、閾値 42 dB、増幅 60 dB、使用センサ 150 kHz 共振型、60 kHz 共振型、30 kHz 共振型である。AE 計測は、末端バルブ操作地点（以下、地点 A）に加えて、末端から約 7.0 km（地点 B）および末端から約 14.1 km（地点 C）の

2 地点である。検討ケースは、閉状態のバルブ全開し、全閉による圧力波を発生させるものである。AE 源はバルブ操作に伴う管体振動に起因するものと、バルブ閉塞後に発生する水撃作用による圧力波である。

3. 結果および考察

3.1. バルブ操作に伴う圧力変動特性と AE 発生挙動の関係

バルブ操作に伴う計測パイプラインに発生した圧力変動を図 1 に示す。計測時間は 2,340 秒間（39 分間）であり、全閉状態から開度 30 %まで通水（操作開始から 840 秒）した後に閉塞を開始し（操作開始から 960 秒）、全閉した（操作開始から 1,616 秒）。バルブ操作を実施した地点 A では、水圧変動がバルブ操作に依存し、計測開始から開度 30 %までの水圧変動が 0.16 MPa であるのに対して、閉塞開始から全閉までが 0.18 MPa、全閉後の水撃圧起源の第 1 波は 0.24 MPa であった。地点 B では、開放過程が 0.08 MPa、閉塞過程 0.18 MPa、全閉後 0.19 MPa であった。地点 C では、開放過程が 0.01 MPa、閉塞過程 0.03 MPa、全閉後 0.03 MPa であった。地点 A では明確にバルブ操作に伴う管体振動起源の圧力変動（開放過程、閉塞過程）と水撃圧（全閉後）との相違が明らかになった。地点 B と地点 C では、地点 A と比較して、水理現象起源の圧力変動の影響が縮小した。

そこで図 2 にバルブ操作時の 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。地点 A では、バルブ操作に伴う管体振動と考えられる AE がバルブ閉塞

*新潟大学農学部農学科 Faculty of Agriculture, Niigata University

**北里大学獣医学部生物環境科学科 School of Veterinary Science, Kitasato University

キーワード：パイプライン、圧力波、非破壊検査、弾性波エネルギー指標

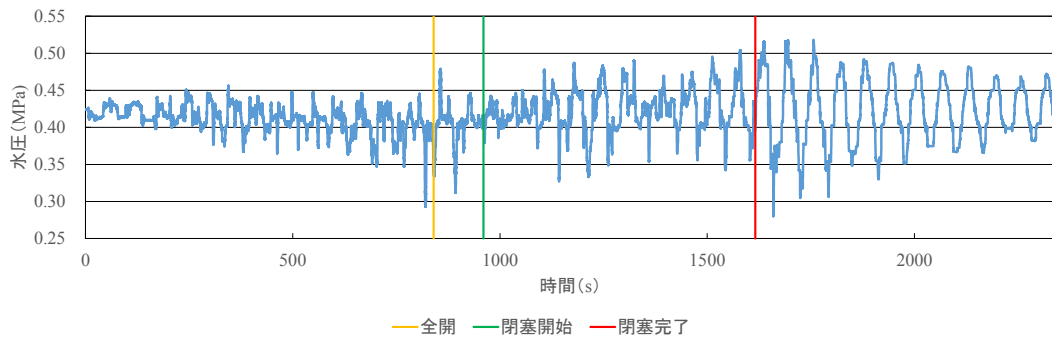


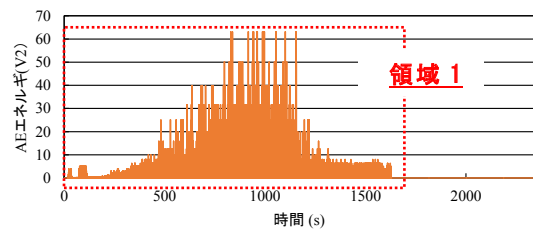
図1 検出した圧力変動特性 (地点 A: バルブ操作地点)

まで頻出した (図2 領域1). 地点 B では, 地点 A とは異なり, バルブ操作開始から 1,616 秒後の閉塞が完了した後に伝播した圧力波と考えられる AE が検出された (図2 領域2). 領域2における AE は閉塞後 57.1 秒で AE エネルギーのピークが観測された. それ以後, 平均 61.4 秒 (57.1~65.9 秒) 毎に AE エネルギーピークが観測された. バルブ閉塞後, 圧力計が検出した圧力波の第 1 波は 56.5 秒で到達した. これは AE エネルギーピークとほぼ一致した. 検出した AE を 図3 (地点 B) に示す. 地点 A における開放過程の AE は連続型 AE が頻出した. それに対して地点 A でバルブ閉塞した後に地点 B において検出された AE は, 地点 A とは異なり, 微弱ではあるが突発型 AE に近い波形形状が検出された.

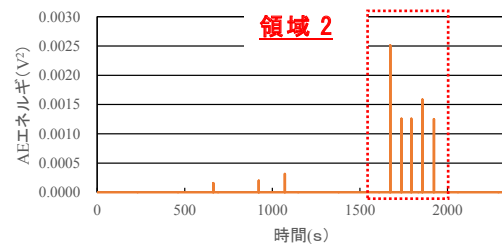
これらのことから, パイプラインを伝播する圧力波は AE として検出可能である. 検出波は, バルブ操作地点とは異なり突発型 AE の形状的特徴を有する.

4. まとめ

本論では, 内水圧を利用する既設送配水パイプラインで実施した圧力波発生実験を事例に, 圧力波伝播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考察した. 一連の試験結果から, 水理現象起源弾性波を検出し, その特性値からバルブ操作に伴うキャビテーションや圧力波を AE 法により検出可能であることが明らかになった.



(a) 地点 A: バルブ操作地点



(b) 地点 B: バルブ操作地点より約 7.0 km

図2 検出した AE のエネルギー特性 (使用センサ: 150kHz 共振型)

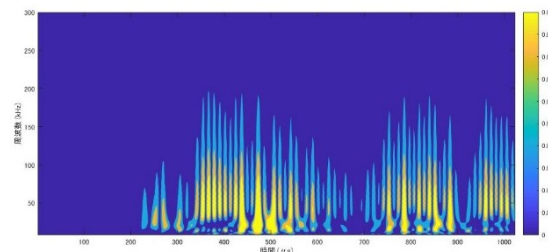
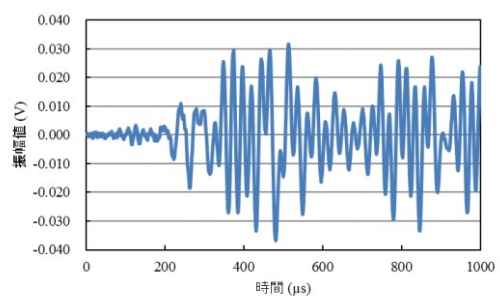


図3 検出波特性 (地点 B: バルブ閉塞後)