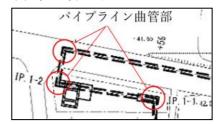
地盤の強度・剛性低下を考慮した解析によるパイプライン曲管継手部の耐震性能照査 Seismic verification of curved pipe joints by analysis taking into account reduction in strength and stiffness of the ground

○津川春人・亀井隆博・上島菜美子*七郎丸一孝**デュッティン アントワン***毛利栄征****
Haruhito Tsugawa, Takahiro Kamei, Namiko Ueshima, Kazutaka Shichiroumaru,
Antoine DUTTINE, Yoshiyuki MOHRI

1. はじめに

(独)水資源機構千葉用水総合事業所では、農業用水・都市用水供給のための水路施設の管理を行っている。そのうち、北総東部用水施設のパイプライン曲管部を対象として、継手の抜け出しに対する耐震性能照査を実施した。パイプラインでは、大規模地震時に曲管部の離脱などの甚大な被害が確認されていることから、曲管部を対象に水平変位を算定するレベル2地震

に適用可能な耐震設計方法が開発され紹介されている ¹⁾。この方法を活用し、算出したパイプライン曲管部の変位量から継手の抜け出しの可能性を判定した。これにより、大規模地震に対するパイプラインの事前対策計画策定が可能となる。



2. 耐震性能照査方法

2-1 スクリーニングとグルーピング

図-1 曲管部の設置例(平面図)

北総東部用水のパイプラインは、総延長約 42.5km と長大な延長を有し、管種、管径も多様である。このため、耐震性能照査を経済的かつ合理的に実施するためにスクリーニングとグルーピングを実施し、照査する代表断面の選定とその耐震性能照査結果の適用範囲を決定した。その際、「管種」、「管径」に加え、被害の程度に大きな影響を及ぼすと考えられる「曲管角度」と「スラストカ」にも着目した。継手の抜け出しが問題となる継手構造管(PC 管、ダクタイル鋳鉄管 K 型(以下、DCIP 管という))のうち、平面的な曲管角度が 30°以上の箇所を抽出(スクリーニング)し、発生するスラストカのレベルに応じてグルーピングを行った。

2-2 代表断面の設定と解析ケース

代表断面は、スラストブロック有り($PC \phi 2100$ 、ケース $A \sim F$)と無しの箇所($DCIP \phi 700$ 、ケース G)から設定した。各代表断面を図-2 に示す。地盤特性は原位置データまたは既存の試

験データ (剛性低下、強度低下) ²⁾から設定し、表-1に示す「液状化しない」と「やや 液状化しやすい」ケースとした。入 力地震動は地点で想定されるレベ ル2相当の地震動とした。 図-2 スラスト

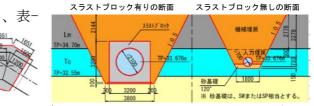


図-2 スラストブロックの概念図(左)と代表断面のモデル

2-4 水平変位量の算定と継手の抜け出しの有無の照査

選定した代表断面で、地震時におけるパイプライン曲管部の水平変位量の予測を目的とし *独立行政法人水資源機構 Japan Water Agency, **国土開発センター Kokudo Kaihatu Center CO.LTD., ***(株)複合技術研究所 Intergrated Geotechnology Institute****茨城大学 Ibaraki University キーワード パイプライン、曲管、耐震検討、強度低下

表-1 解析ケース

| <u> </u> | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------|---|-----|-----|--------|--------|-----|-----|--|-----------|-----|--------|--------|-----|--|--|
| 項目 | 解析ケース | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A | В | С | D | E | F | G | A' | B' | C' | D' | E' | F' | G' | | |
| 地盤条件 | | 液状化しない | | | | | | | | やや液状化しやすい | | | | | | |
| 解析モデル | | スラストプロック有り スラストプロック無し PC φ 2100mm DCIP φ 700mm | | | | | | | スラストプロック有り スラストプロック無 I PC φ 2100mm DCIP φ 700mm | | | | | | | |
| スラストカ (kN) | 100 | 200 | 300 | 500 | 1, 000 | 1, 400 | 400 | 100 | 200 | 300 | 500 | 1, 000 | 1, 400 | 400 | | |

た解析を実施した。解析は、曲管背面に仮想的なすべり面を設定し、曲管背面地盤が地震の非排水繰返し荷重を受けて強度・剛性低下する過程を考慮した(図-3参照)簡便な変位解析手法を用いて、内圧(スラスト力)による水平変位量を算定した。解析手法の

詳細は、毛利(2016)¹⁾、Duttine

図-3 せん断強度(左)とせん断剛性の低下特性の例

(2020)³⁾ を参照されたい。この解析結果と、管種・管径・曲管角度毎の継手の抜け出しに対する許容値(曲管角度に応じ解析で算出される水平変位量と同方向の値に補正)の算出結果よ

り、ケース毎に許容値を満足するかを照査した。

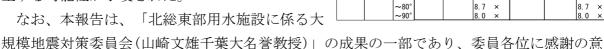
3. 検討結果

を表します。

スラスト力が大きい程水平変位は大きくなり、 やや液状化しやすいケースでは液状化しないケー スより水平変位が大きくなった(図-4)。スラスト ブロックが有るケースでは耐震性能不足となる箇 所は限定的で、スラスト力が1000kNを超える区間 のみとなった(表 - 2)。一方、スラストブロックが 無いケースでは、スラスト力を一定として曲管

角度10°ごとに許容値を算出(30°から 90°まで)しているが、50°を超える箇 所では設定した地盤条件にかかわらず 耐震性能不足となった(表 - 3)。これら の管種では、いずれも別途応答変位法

により横断・縦断面の耐震性能照査を実施して 耐震性能を満足しているが、曲管部では、液状化 しにくい地盤条件であっても継手の抜け出しが発 生する可能性が示唆された。



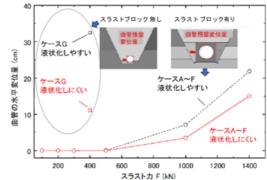


図-4 水平変位量の傾向

表-2 結果(スラストブロック有り(PC 管))

| スラスト力 (kN) | 該当デー タ数 | 液状化し ないケース | 水平変位量 (cm) | 許容値 7. 2cm | 化しやすいケース | 水平変位量 (cm) | 許容値 7.2cm |
|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|----------|---------------|--------------|
| 0~100 | 5 | Α | 0.000 | 0 | A' | 0.002 | 0 |
| 100~200 | 23 | В | 0.000 | 0 | B' | 0.003 | 0 |
| 200~300 | 9 | C | 0.000 | 0 | C' | 0.006 | 0 |
| 300~500 | 8 | D | 0.000 | 0 | D' | 0.068 | 0 |
| 500~1000 | 19 | E | 3. 506 | 0 | E' | 7. 112 | 0 |
| 1000~1400 | 4 | F | 15. 034 | × | F' | 21. 817 | × |

表-3 結果(スラストブロック無し(DCIP 管))

| スラスト力 (kN) | 該当 データ 数 | 曲管 角度 | 液状化 しない ケ-ス | 水平変 位量 (cm) | 耐震判定 許容値cm | やや液状 化しやす いケ-ス | 水平変 位量 (cm) | 耐震判定 許容値cm |
|---------------|----------------|--|-------------------|-------------------|---|----------------------|-------------------|---|
| 400 | 19 | ~30° ~40° ~45° ~50° ~60° ~70° ~80° ~90° | G | 11. 062 | 16. 5 O 13. 7 O 12. 7 O 11. 8 O 10. 5 × 9. 4 × 8. 7 × 8. 0 × | G' | 32. 460 | 16. 5 × 13. 7 × 12. 7 × 11. 8 × 10. 5 × 9. 4 × 8. 7 × 8. 0 × |

参考文献: 1) 毛利栄征他(2016)パイプライン曲管部の耐震設計の考え方,農業農村工学会大会講演会, 2) 上野和広他 (2018) ,非排水繰返し載荷を受ける飽和土の非排水せん断強度の簡易推定手法,地盤工学ジャーナル, 3) デュッティン アントワン他(2020),地震時のパイプライン曲管部の移動量予測,農業農村工学会大会講演会