

地震時における水道配水用ポリエチレン管と地盤との滑りに関する研究

セキスイ管材テクニクス株式会社 正会員 ○西川 源太郎
 積水化学工業株式会社 塩浜 裕一
 積水化学工業株式会社 正会員 鈴木 剛史

1. 研究の目的

地中埋設管の耐震設計において、地盤と管との境界面に発生する滑りの有無により評価手法が大きく異なる。即ち、直管に滑りが発生する場合には障害となる異形管部・バルブ・給水分岐などに歪が集中し、これらの詳細検討が必要となる¹⁾。一方、直管に滑りが発生しない場合は、管本体の伸縮性で地震動による地盤歪みを吸収するため、異形管部などに歪が集中しないため評価が容易になる。

滑り発生の判定は、地盤と管の境界面に発生するせん断応力 τ_G と地盤の限界せん断応力 τ_{cr} との比較によりなされる。即ち、 $\tau_G < \tau_{cr}$ であれば滑らない判定となる。通常、水道配水用ポリエチレン管（以下、青ポリ管とする）は $\tau_G < \tau_{cr}$ であり、滑らない配管材料として設計することとされている。

ここで、 $\tau_G = (2\pi/L') \times E \times t \times \alpha_1 \times \epsilon_G$ (1) 式

L' : 見かけの波長 (m)

α_1 : 管軸方向の地盤変位伝達係数

E : 管材料の弾性係数 (kN/m²)

t : 管厚(m) ϵ_G : 地盤歪み

一方、 τ_{cr} は日本ガス協会や日本水道協会の設計指針で示されており、土被りにより異なるが概ね $\tau_{cr} = 10 \sim 15 \text{ kN/m}^2$ である^{2) 3)}。そこで、各種条件下で青ポリ管の滑りに関する実験を行い、青ポリ管の滑りに関する境界条件を明らかにすべく研究を進めたものである。

なお、青ポリ管は通常 5m 毎に融着継手があり、これが障害となり滑りにくくなるが、本実験では厳しい条件を与えるため継手の無い「裸管」で実験を行った。

2. 実験概要

実験は、土槽内に青ポリ管を埋設し、軸方向に油圧ジャッキで载荷することで管と地盤との相対変位を生じさせ、限界せん断力 τ_{cr} を測定する。図1に実験装置および計測装置の概略図を示す。ひずみゲージは、軸方向に4断面(管頂部・管底部に各1つ)に設置した。実験は、青ポリ管 50A/200A (JWWA K 144 及び PTC K 03

規格品) に対して、土被りを 30 cm/60cm/120cm と 3 水準設定し、実験を行った。

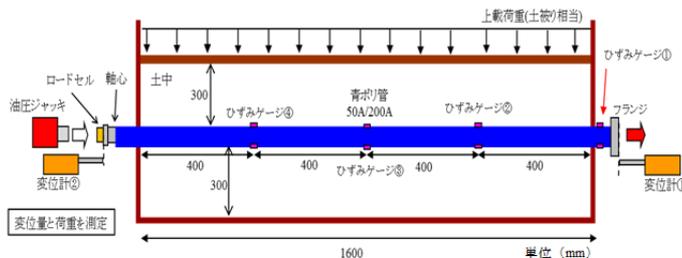


図-1 実験装置

埋戻し土は、標準的な埋戻しを想定して川砂を使用し、30cm の砂層ごとに締固め度 90%以上となるように RI 測定器を用いて締固め管理を行った。管頂部は、土被り 30cm を川砂で埋戻し、60cm 及び 120cm の土被りは、上載荷重を油圧ジャッキで負荷することで再現した(写真1)。また、载荷時に管体自身の変形による影響を軽減させるため軸心に鋼管を用いて端部のフランジと溶接し、その軸心に载荷した。载荷速度は、15mm/sec 以下と静的に近い条件に設定した。载荷中に歪み分布



写真-1 上載荷重の载荷

を計測したところ、土槽端(引張側)が最大となる三角形分布を示していることから、管軸方向に均等にせん断力が作用していることがわかり、実験方法の妥当性が確認できた。

3. 実験結果

呼び径別、土被り別の限界せん断応力 τ_{cr} の実験結果を図2、表1に示す。 τ_{cr} は、ロードセルの測定値を埋設部の管表面積で除した値とする。結果より、標準的な土被り 60cm において $\tau_{cr} = 8.7 \sim 11.23 \text{ kN/m}^2$ であり、水道協会の設計指針で採用している $\tau_{cr} = 10 \text{ kN/m}^2$ と大きな乖離は無いことがわかる。 τ_{cr} は土被りと一定の比例関係にあるが定量化のためにはデータが不足してい

キーワード 水道配水用ポリエチレン管、水道管路耐震設計、一体構造管路、滑り開始限界せん断力

連絡先 〒520-3081 滋賀県栗東市野尻 75 積水化学滋賀栗東工場 Tel 077-553-1370

ると考える。また、この傾向はガス協会の指針²⁾にも示されている。呼び径 200 の τ_{cr} が小さくなる傾向となったが、この原因としては、締固めの容易性や管の剛性の影響が考えられ、今後研究を深める課題である。

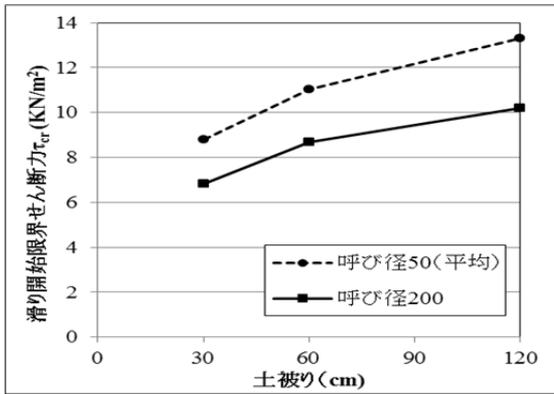


図-2 限界せん断力 τ_{cr} と土被りの関係

次に、管周面せん断力 τ_G と管と地盤との相対変位 δ の関係を図-3、図-4 に示す。バイリニアでの近似を考えると相対変位が 1~3mm 程度が変曲点となることが想定されるが、幅が大きいため、ここでは双曲線⁴⁾と等価なバイリニアで近似する。参考として、高压ガス導管耐震設計指針²⁾で示されたバイリニア近似を加える。但し、これは土被り 180cm における鋼管の実験データより近似したものである。

バイリニア近似に基づく変曲点までの地盤ばね係数 $k = \tau_{cr} / \delta_{cr}$ を表 1 に示す。土被り 60cm における青ポリ管の滑り開始変位は 2.4mm~2.7mm であり、地盤ばね係数は 3.22N/cm³~4.51N/cm³ である。データ数は少ないがガス協会における鋼管の地盤ばね係数 6N/cm³ と比べて小さい値と思われる。

地盤ばね係数が小さいことは、(1)式における α_1 が小さくなることであり、結果として τ_G が小さくなり、より滑らない方向に作用することになる。即ち、現行の評価手法を補強する材料となる。

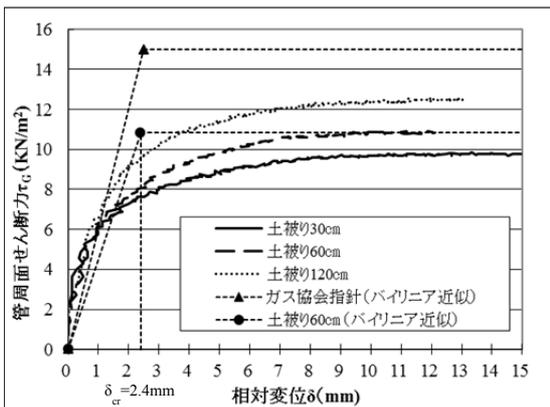


図-3 管周面せん断力と相対変位 (呼び径 50)

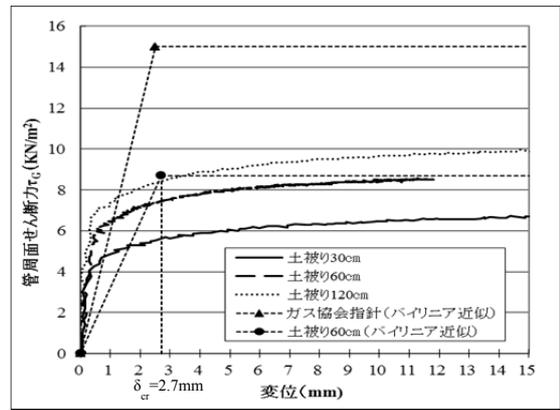


図-4 管周面せん断力と相対変位 (呼び径 200)

実験では時系列での τ_G の変化を測定している(図-5 参照)。呼び径 50 では、0.3 秒位までは時間と τ_G の関係は直線であるが 0.3 秒~1.0 秒位の間に変曲点 (滑り発生) があると考えられる。

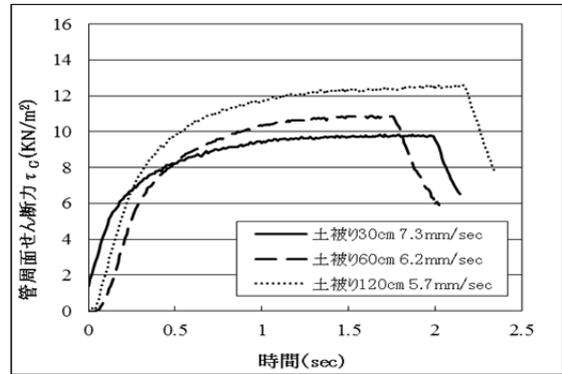


図-5 時系列での管周面せん断力 (呼び径 50)

表-1 実験結果まとめ

土被り(cm)	30			60			120			
	限界せん断力	滑り開始変位	地盤ばね係数	限界せん断力	滑り開始変位	地盤ばね係数	限界せん断力	滑り開始変位	地盤ばね係数	
	τ_{cr} (KN/m ²)	δ_{cr} (mm)	k (N/cm ³)	τ_{cr} (KN/m ²)	δ_{cr} (mm)	k (N/cm ³)	τ_{cr} (KN/m ²)	δ_{cr} (mm)	k (N/cm ³)	
呼び径50	n=1	7.86	N/A	11.23	N/A	N/A	13.99	N/A	N/A	
	n=2	9.75	3.0	3.25	10.83	2.4	4.51	12.63	3.6	3.51
呼び径200	n=1	6.81	2.2	3.09	8.70	2.7	3.22	10.20	3.2	3.19

5. まとめ

- 1) 青ポリ管の限界せん断力 τ_{cr} は、標準的な土被り 60cm において 8.7 kN/m²~11.23kN/m² であり、水道協会が採用している 10kN/m² と大きな乖離は無い。
- 2) 地盤ばね係数は、バイリニア近似に基づく 3.22 N/cm³~4.51N/cm³ である。

6. 参考文献

- 1) 小池 武：埋設パイプラインの地震時ひずみ評価，土木学会論文報告集 No.331,pp13-24,1983
- 2) 日本ガス協会：高压ガス導管耐震設計指針，2004
- 3) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・同解説，2009
- 4) 中川太郎：地盤の非線形履歴特性のモデル化，フジタ技術研究報告,第 47 号,2011