

地震時における水道配水用ポリエチレン管の限界せん断応力に関する研究

京都大学大学院 正会員 ○西川 源太郎

積水化学工業株式会社 正会員 塩浜 裕一

積水化学工業株式会社 正会員 鈴木 剛史

大沼水道技術研究所 正会員 大沼 博幹

京都大学大学院 正会員 清野 純史

1. 研究目的

埋設管に対する耐震性の評価は、管と地盤との境界面に発生する滑りの有無によって評価手法が異なる。直管部で滑りが発生すると分岐部などに応力が集中し、その影響を考慮した設計が必要となる¹⁾。

滑り発生の判定は、地震時に管と地盤との境界面に発生するせん断応力 τ_G と限界せん断応力 τ_α との比較によりなされる。 τ_α に関して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 $\tau_\alpha=10\sim15\text{kN/m}^2$ である^{2) 3)}。本研究ではこれまで実験報告の無かった水道配水用ポリエチレン管（以降、青ポリ管）を対象に継手部の無い直管（以降、裸管）と融着継手の影響に関する実験を行ってきた。今回の実験では給水分岐の影響と実験土槽における境界条件を評価し、これらの影響を加味した実管路に相応しい τ_α を提案することを目的とする。

2. 実験概要

実験は、図-1に示す鋼製の土槽内（長さ1.6m×幅0.9m×高さ1.2m）に青ポリ管を埋設し、軸方向に油圧ジャッキで載荷する。図-1に実験土槽および計測装置の配置図を示す。載荷荷重および変位量は管端に設置したロードセル、変位計①②で測定する。対象は呼び径50及び呼び径200の青ポリ管に載荷側から0.4mの位置に融着継手もしくはサドル付分水栓を設置し、管内0.5MPaの圧力を負荷した状態で表-1に示す載荷速度で載荷する。サドル付分水栓は標準締付けトルク40N・mで締付けた後、穿孔し分岐側を閉塞した状態とする。埋戻し土は、標準的な埋戻しを想定して川砂を使用し、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う。土被りは浅層埋設の最小土被り60cmとなるように40cmを川砂で埋戻し、残り20cm分を写真

-3で示す土嚢袋もしくは写真-4で示す油圧ジャッキを用いて土槽内に設置した鉄板に面的に必要荷重分を載荷する。2種類の載荷方法を実施した理由は実験の境界条件の影響を把握するためである。

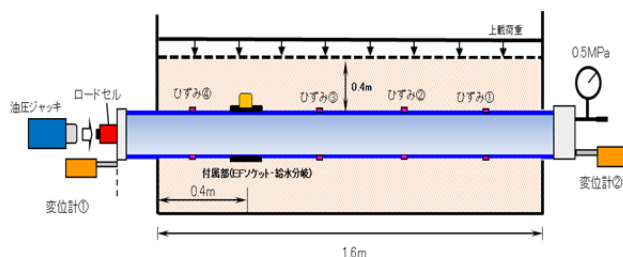


図-1 実験装置

表-1 実験条件と載荷速度

対象・境界条件		融着継手	給水分岐
載荷速度 (mm/s)	呼び径50	上載荷重①	11.4
		上載荷重②	11.5
	呼び径200	上載荷重①	10.8
		上載荷重②	4.4
			12.0

写真-1 載荷位置
(呼び径200)写真-2 融着継手付
埋設状況（呼び径200）

写真-3 上載荷重①



写真-4 上載荷重②

キーワード 水道配水用ポリエチレン管, 限界せん断応力, 相対変位

連絡先 〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂 E-mail : nishikawa.gentaro.78v@st.kyoto-u.ac.jp

3. 実験結果

(1) 実管路を想定したせん断応力-変位曲線

呼び径ごとにせん断応力と変位量（変位計①）の関係を図-2、図-3に示す。本実験では土槽長さが1.6mであるが、実管路では融着継手は5m毎、給水分岐は概ね10m毎に設置されることが一般的と考えられる。従って、図-2、図-3は実験で得た滑り開始以降のせん断応力の増分を実際の継手と分岐部の設置間隔に変換したものであり、合成グラフが実管路を想定したせん断応力-変位曲線である。

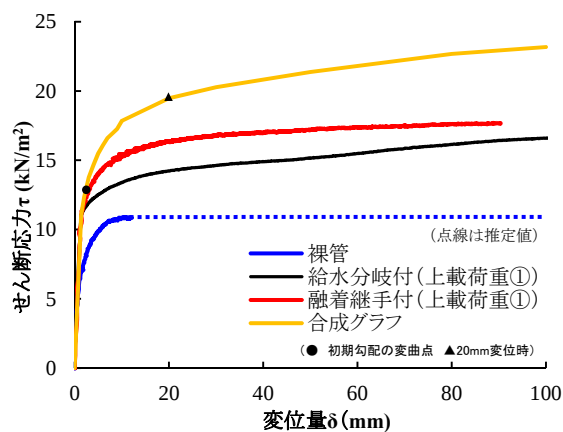


図-2 せん断応力-変位曲線（呼び径 50）

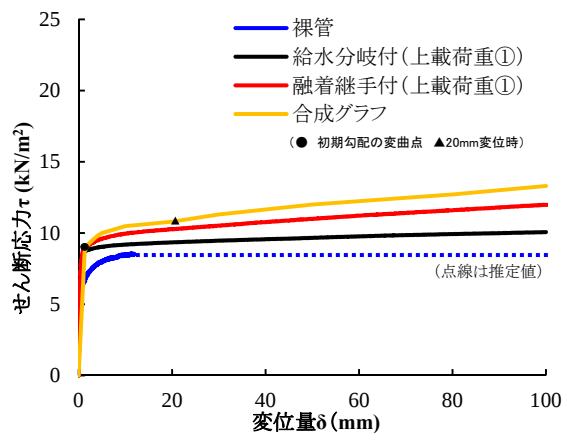


図-3 せん断応力-変位曲線（呼び径 200）

(2) 境界条件がせん断応力に与える影響

本実験では上載荷重①②で異なる境界条件を用いた。上載荷重①では必要荷重分の土嚢を載せ、突き上げ量を写真-5に示すマイクロゲージで測定した。上載荷重②では上部に設置したロードセル（写真-4）で載荷中の荷重の変化を測定した。表-2では載荷中の突き上げ量と上載荷重の増分を示す。突起部の張出面積の大きい呼び径200でより大きな突き上げ量と荷重増分を示した。これは上面の境界条件の影響と考える。また、図-2、図-3において変位量の増加に伴いせん断応力が若干上昇しているが、これは側

面と底面の境界条件が影響していると考えており、この境界条件を緩和することができれば滑り開始点が明瞭になると考えている。



写真-5 突き上げ量の測定

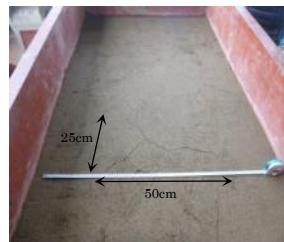


写真-6 上面に生じた亀裂

表-2 突き上げ量と増分荷重

	呼び径50		呼び径200	
	上載荷重①	上載荷重②	上載荷重①	上載荷重②
突き上げ量	0.1mm	荷重増分	突き上げ量	荷重増分
融着継手	0.1mm	0kN	1.9mm	1.3kN
給水分岐	0.25mm	0.5kN	1.4mm	1.5kN

(3) 実管路を想定した限界せん断応力

これまでの実験では側面と底面の境界条件の影響を受けていると考えられ、限界せん断応力 τ_{cr} は初期勾配の変曲点から、中低圧ガス導管耐震工法指針で示す分岐部等の抵抗を考慮した20mm変位時までの幅を持った限界せん断応力が適切と考える（表-3参照）。なお、各種地盤における青ポリ管の滑りの影響については τ_{cr} が 10kN/m^2 前後確保できれば影響が限定的であることを確認している⁴⁾。

表-3 実管路を想定した限界せん断応力（ kN/m^2 ）

	呼び径50	呼び径200
初期勾配の変曲点	12.5	9.0
20mm変位時	19.5	10.8

4. まとめ

- (1) 実管路を想定した青ポリ管の限界せん断応力は、呼び径50で $12.5\text{kN/m}^2 \sim 19.5\text{kN/m}^2$ 、呼び径200で $9.0\text{kN/m}^2 \sim 10.8\text{kN/m}^2$ となる結果を得た。
- (2) せん断応力-変位曲線（合成グラフ）において、厳密な限界せん断応力の確定には境界条件の緩和が必要であることが明らかになった。

5. 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：高圧ガス導管耐震設計指針，pp.26-49，2004。
- (3) 日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，I 総論，pp.257-272，2009。
- (4) 西川源太郎他：水道配水用ポリエチレン管の地震動に対する耐震性評価に関する研究，土木学会論文集 Vol.72 No. 4，2016。