

縦ずれ断層変位が埋設管に及ぼす影響に関する実験と解析

早稲田大学 学生会員 李 濟宇 鈴木 和仁
早稲田大学 フェロー会員 濱田 政則

1. 研究の目的

1999年トルコ・コジャエリ地震および台湾・集々地震は、地表地震断層に対する構造物の耐震性照査の重要性を示した。このため、研究課題として、地表地震断層の出現位置と変位量の予測手法の開発、断層による地盤変位に対する構造物の耐震性向上の方策の開発、を推進する必要がある。

本研究では、縦ずれ断層変位に対する埋設管の耐震性に関する基礎的知見を得ることを目的として、砂層中に埋設管を設置した模型実験および数値解析を行った。

2. 模型実験の方法

実験に用いた土槽は図1に示すように長さ3m、高さ1m、奥行き1mである。側面はガラス板で断層破壊の伝播状況をカメラにより撮影することが可能である。土槽底盤は2つに分かれており、一方の土槽が電動モーターによって、一定の角度で可動し、地下の断層変位を模擬する。本実験では基盤断層傾斜角 45° の逆断層を模擬している。

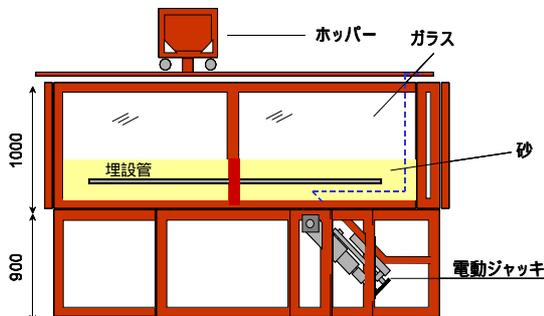


図1. 実験に用いた土槽図

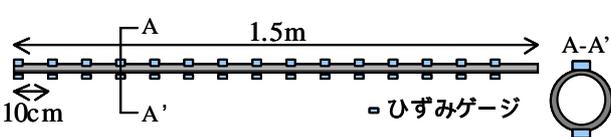


図2. 実験に用いた埋設管

埋設管模型には長さ1.5m、外径10mm、肉厚0.5mmのステンレス管を用いた。管には図2に示すようにひずみゲージを10cm間隔で貼り付け、底盤からの高さをcase1では15cm、case2では25cmの位置に設置した。

地盤材料は珪砂7号(平均粒径0.157mm)で、空中落下により層厚30cm、相対密度80%の地盤を作成した。

キーワード 縦ずれ断層、断層変位、埋設管、重力場実験、数値解析

連絡先 〒169-8555 新宿区大久保3-4-1 早稲田大学理工学部 濱田研究室 TEL 03-3208-0349

3. 実験結果と考察

底盤の変位によって生じる砂層地盤の変形は、すべり面が表層に達するまでは地盤が緩やかに撓み、すべりが生じた後はすべりによる地盤の変形が卓越する。case1では底盤鉛直変位量が11mm、case2では底盤鉛直変位量が13mmに達した時、すべり破壊が地表に現れた。

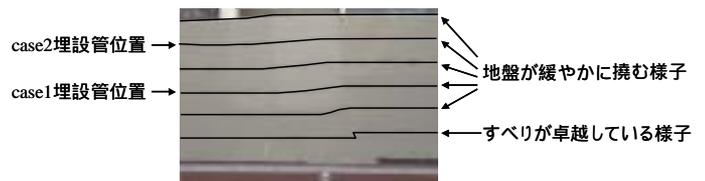


図3. 地盤の変形特性

図4にcase1の底盤鉛直変位量(D)の増大に伴う管の曲げひずみ、図5にcase2の結果を示す。

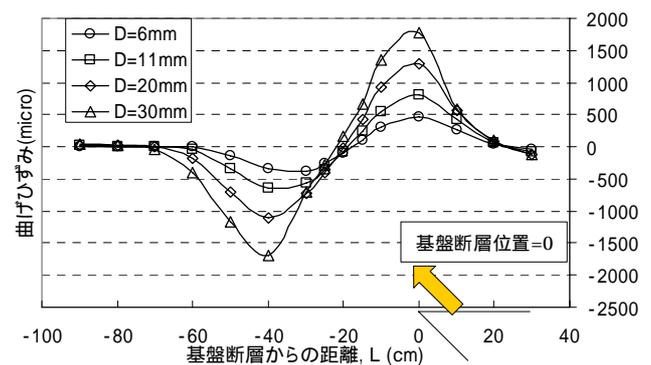


図4. 管の曲げひずみ(case1)

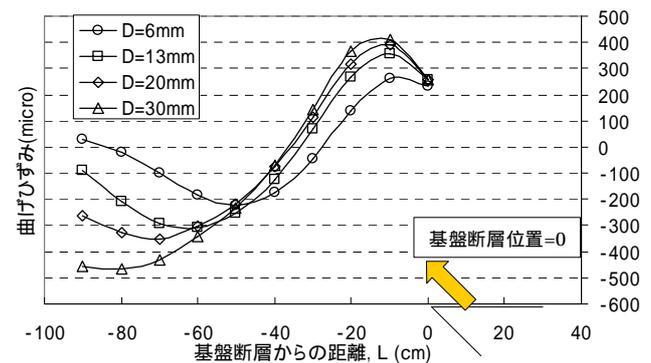


図5. 管の曲げひずみ(case2)

図4によれば、曲げひずみは中立点を中心に対称に増加している。一方、図5では底盤鉛直変位が6mmの時、曲げひずみは中立点を中心に対称であるが、底盤鉛直変位が増加するとともに、正の曲げひずみの領域に比べ、負の曲げ

ひずみの領域が大きくなる傾向があり,中立点を中心に非対称となっている。さらに,case2 においては,中立点の移動が顕著に見られる。中立点の移動は,地盤のすべりが卓越する前ほど顕著に見られる。そのため,この原因として,先に述べた地盤の破壊伝播特性の影響が考えられる。

図 6 に最大・最小曲げひずみの底盤鉛直変位歴を示す。case2 の最大・最小曲げひずみ値は,case1 よりも小さい。この原因の一つとして,土被りの影響が考えられる。土被りは case1 が 15cm,case2 が 5cm である。したがって,case1 に比べ case2 の地盤拘束力は小さく,管に作用する外力が小さくなると推定される。

図 7 に case1 の最大・最小曲げひずみが生じた付近の曲げひずみの底盤鉛直変位歴を示す。図 7 より,基盤断層からの距離が-30cm および 10cm の位置では,底盤鉛直変位の増加に伴い,曲げひずみが一定の値に収束している。このことから,これらの位置では,埋設管周辺の地盤拘束力が許容範囲を超えていると考えられる。

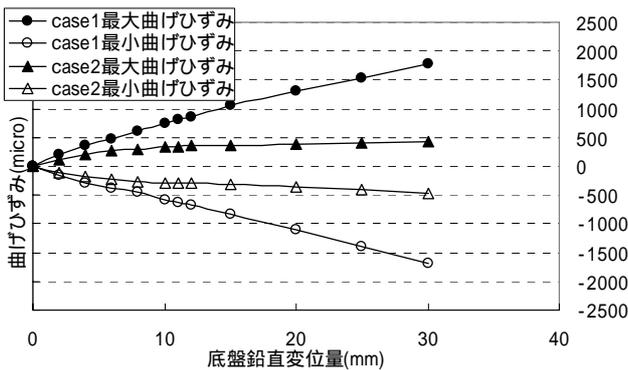


図 6.最大・最小曲げひずみの底盤鉛直変位歴

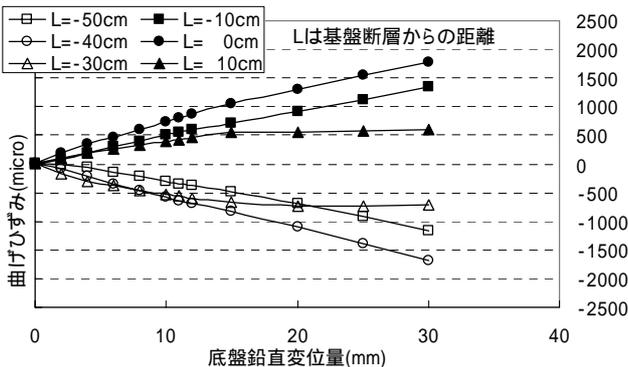


図 7.曲げひずみの底盤鉛直変位歴(case1)

4.管の曲げ応力の数値解析

本実験 case1 について,有限要素法を用いて数値解析を行った。図 8 に解析モデルおよび地盤応答変位を示す。埋設管を梁要素と地盤バネを用いた片持ち梁としてモデル化した。地盤変位は,実験で計測された変位を用いた。地盤バネ定数は,ASCE の提案値¹⁾を参考に図 9 に示す

値とした。

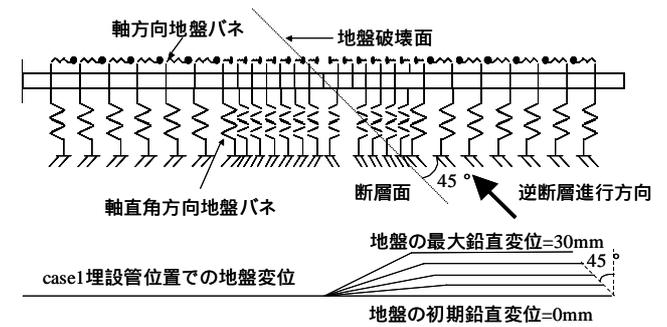


図 8.解析モデルおよび地盤変位

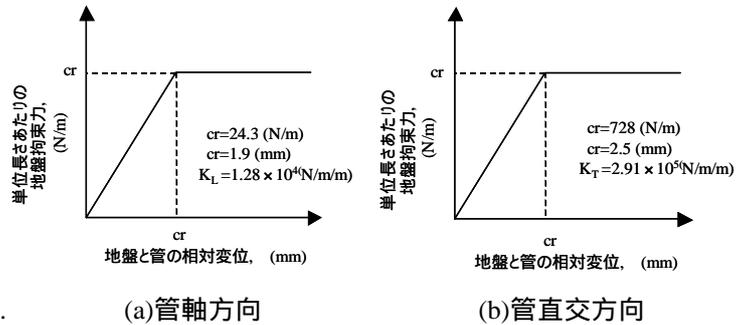


図 9.解析に用いた地盤バネ定数

図 10 に断層が地表に到達した時点(D=11mm)および最大底盤鉛直変位時点(D=30mm)での曲げモーメントの解析結果および実験結果を示す。解析結果は実験結果にほぼ一致しているため,解析モデルが妥当であったことが示される。

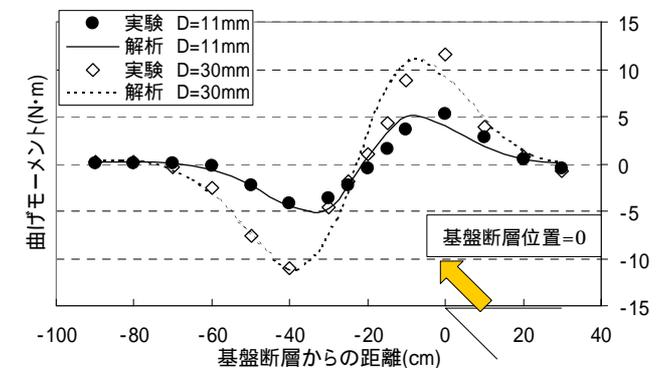


図 10.解析 実験の曲げモーメント比較

5.まとめ

基盤断層傾斜角 45° の逆断層の模型実験において,地盤の応答変位および土被りが,埋設管に影響を及ぼす要因であることがわかった。

実験 case1 をモデル化した数値解析において,曲げモーメントの値が実験値とほぼ一致した。このことから,本解析モデルが妥当であることがわかった。

6.参考文献

1) American Society of Civil Engineers, Guidelines for the Seismic Design of Oil and Gas Pipeline Systems, Committee on Gas and Liquid Fuel Lifeline, ASCE, 1984