新潟県中越沖地震におけるＫ形継手の引き抜けに関する検討

金沢大学大学院自然科学研究科　学生会員　○大塚敬太
金沢大学大学院自然科学研究科　　正会員　　宮島昌克

1.はじめに

2007 年 7 月 16 日に発生した新潟県中越沖地震においては，多くのライフライン施設に被害が生じたが，水道管の破損による被害も多数発生した．水道管の破損の中でも，幹線配水管に用いられていたダクタイル鋳鉄管の離脱防止機能が備えられていないＫ形継手の引き抜けによる被害が目立った．しかし，離脱防止機能を備えている SII 形耐震継手では被害が生じていなかったことから，本稿では，被害事例を元に弾性床上の梁理論を用い解析により管軸方向に地盤が変位した場合のＫ形継手と SII 形耐震継手の引き抜けに対する性能の比較を行った結果を報告する．

写真-１ アスファルトの亀裂

2.解析対象の概要

解析対象とする管路は，アスファルト舗装が施された道路下約 1.5m に埋設された配水管路である．管路は長さ 6mの直管がＫ形継手によって連結された呼び径 500mmのダクタイル鋳鉄管である．地震の影響により舗装下の地盤が流動したことでＫ形継手の抜けが発生した場合を想定して解析を行った．すなわち，**写真**-1 のアスファルト亀裂の周辺部に埋設されていたＫ形継手の抜けをモデル化することにする．

3.解析条件

解析においては，6mの直管が 16 本連結され長さ 96m の管路を形成しているとし，その両端は固定されているとした．継手部分は，鉛直軸周りの回転ばね，水平軸周りの回転ばねと管軸方向の伸縮ばねでモデル化した．また，管体に 10cm 間隔で管軸方向，管軸直角方向に地盤ばねを設け弾性床上のはりとした．**表**-1 に解析に用いた地盤ばね定数を示す．この管軸方向の地盤ばねに地盤変位を入力し管体変位，継手変位を求めた．管軸方向の地盤変位の大きさは，アスファルト舗装の亀裂幅が約 20cm であったことから，アスファルト舗装以下の地盤も同様に亀裂が生じているとし，管軸方向に周辺地盤が最大 20cm 変位したと仮定した．また，地盤変位が生じた分布は亀裂が生じた位置を最大とし，亀裂から離れるにつれて距離に比例して低下させた．さらに，地盤変位が生じた方向も考慮した．そのため，変位分布は亀裂から右方向に 6m，12m と亀裂から左方向に 6m，12m の 4 ケースとして解析を行った．**図**-1 に変位分布が右方向に 12m である場合の解析モデルの略図を示す．なお，管路位置に対する亀裂の位置は左端 48m の位置の継手から右に 1m の位置とした．

表-1 地盤ばね定数

		k1 (kN/m)	*k2* (kN/m)	*δ* (mm)
通常地盤	管軸方向	753.6	0.7536	16.7
	管軸直角方向	480	0.48	16.7
液状化地盤 (1/40)	管軸方向	18.84	0.01884	16.7
	管軸直角方向	12	0.012	16.7

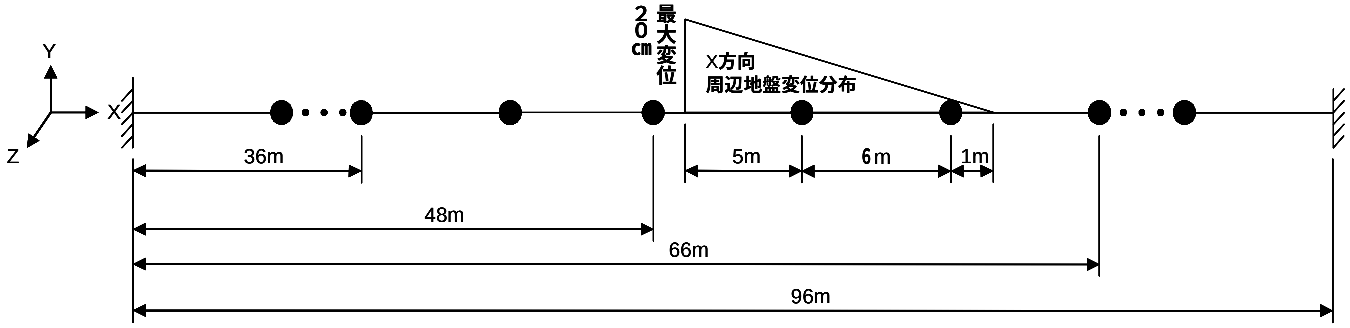


図-1 解析モデルの略図 (最大変位 20cm, 変位分布 12m, 右方向の場合)

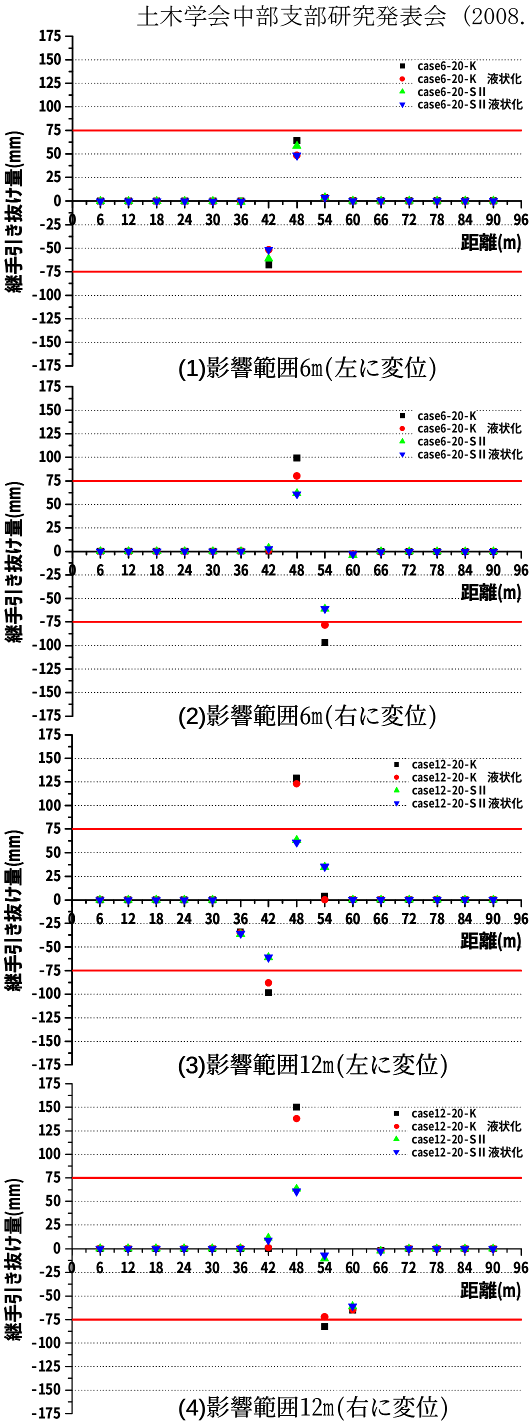
被害が生じた周辺地盤は液状化が発生しており，通常よりも周辺地盤の管体拘束が低下するため，地盤ばね定数を低減させる必要がある．液状化地盤では地盤ばね定数は通常地盤よりも1/40～1/50 に低下する[1]とされているため，本解析においても地盤ばね定数を 1/40 に低下させ解析を行った．なお液状化の範囲は，管路左端 30m から管路左端 66m までの 36m 間とした．

4.解析結果

解析結果を**図**-3 に示す．(1) ,(3)は，亀裂から左方向に地盤が変位した場合の解析結果である．(2) ,(4)は，亀裂から右方向に地盤が変位した場合の解析結果である．それぞれの解析条件で，継手を K 型継手と SII 形耐震継手に変更した場合について解析を行った．継手の軸方向変位の許容値は 75mm であり，これ以上の変位が生じると継手の引き抜けが生じ漏水が発生する．K 型継手と SII 形耐震継手の管軸方向のばね定数は**表**-2 に示す値である．また，**図**-4 に引張荷重と継手変位の履歴線図を示す．両継手とも第一勾配(Ka)と第二勾配(Kb)は同じ履歴を描くが，SII 形耐震継手は継手変位が 0.06m(δb)に達するとロックリングに挿し口突部が引っかかるため軸方向の動きが制限され急激に引張強度が増加し，第三勾配(Kc)のような履歴を描く．そのため，解析においても第三勾配(Kc)の離脱防止機構が働き SII 形耐震継手では引き抜けが生じないという解析結果となった．

一方，K 型継手では(2), (3) ,(4)の条件で継手の引き抜けが発生した．液状化地盤では管体を拘束する力が低下するため管路変位は低下するが，(1)以外で継手の引き抜けが生じるという通常地盤と同様な結果となった．(1)で引き抜けが発生しなかった理由としては，地盤変位の影響範囲が狭いことにより左端 42m 地点の地盤が変位していないため突っ込み量が少なくなり相対的に左端 48m 地点の継手の引き抜け量も低下したためである．

以上の解析結果から，地盤の強制変位が継手近くに生じる場合でも SII 形耐震継手が有効であることが確認出来た．



(1)影響範囲6m(左に変位)
(2)影響範囲6m(右に変位)
(3)影響範囲12m(左に変位)
(4)影響範囲12m(右に変位)

図-3 継手引き抜け量

表-2 管軸方向ばね

形式	Ka	Kb	Kc	δa	δb
	kN/m			m	
K	1000	10	-	0.001	-
SII	1000	10	230000	0.001	0.06

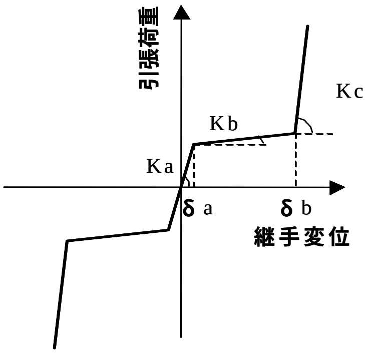


図-4 管軸方向ばね

5.おわりに

解析により得られた SII 形耐震継手の有効性から，新潟県中越沖地震の際に K 形継手の抜けにより漏水が生じていた地点でも，SII 形耐震継手が敷設されていれば被害を免れていたといえる．そのため，K 形継手から SII 形耐震継手へ更新することは災害時に通水機能を維持するために非常に有効である．

参考文献

1) 社団法人地盤工学会：地盤・基礎構造物の耐震設計，pp.435-486，2001.