

地震による傾斜地盤の崩壊が埋設管に及ぼす影響に関する遠心振動実験

独立行政法人 防災科学技術研究所 正会員 佐藤 正義
清水建設（株）技術研究所 正会員 ○田地 陽一

1. はじめに 埋設管が傾斜地盤の法線方向に埋設されている場合、降雨、地震動や地表断層変位に起因して傾斜地盤の一部が滑り崩壊すると、滑りが発生しなかった地盤と滑り土塊には相対変位が生じ埋設管は圧力を受け、破壊に至ることも懸念される。1995年兵庫県南部地震では、盛土が崩壊し埋設ガス管が露出する被害が報告されている¹⁾。本報では、地盤の滑り崩壊が埋設管に与える影響を遠心振動実験により検討した。

2. 実験概要 図-1に計器配置を示す。剛体土槽の内寸法は斜面方向の長さ80cm（加振方向）斜面法線方向の幅75cm、深さ35cmである。土槽の背面側の壁には、緩衝材としてシリコンゴムを配置した。模型サイズでのり法線方向幅75cmの傾斜地盤を作製し、中央部の幅25cmが崩壊するようにした。傾斜地盤の勾配は1:1.5で、高さは25cmとした。埋設管模型は、外径10mm、肉厚0.2mmのステンレスパイプ（SUS304）とし、図-1に示す位置にひずみゲージを貼り付けた。

遠心実験の縮尺は1/30とした。地盤材料は、両側の崩壊させない部分には関東ロームを、崩壊部分にはDLクレーを用いた。崩壊しない部分は、関東ロームをミキサーで練り混ぜたものを用い、タンピングによる締固めにより強固な斜面を作製した。崩壊しない部分を自然乾燥させた後、崩壊部分を初期含水比9%、密度 $\rho_t=1.4\text{g/cm}^3$ を目標にタンピングにより作製した。さらに1g場において斜面頂部から水を浸潤させることにより斜面崩壊しやすいようにした。

崩壊部分と両側の崩壊しない部分との摩擦を低減するために、境界にはテフロンシートを配置した。埋設管は、地盤作製後、実施工と同じように埋設管設置位置をトレンチカットして設置した。埋設管を埋設した後、関東ローム、DLクレーで埋戻した。崩壊させる斜面部分には、色砂を配置し、実験後の掘削により地盤の残留変形を計測した。

実験は表-1に示すように、傾斜地盤のみ（Case-1）とのり肩に埋設管を設置（Case-2）の2ケースを実施した。加振は、斜面方向に7.2～9g、周波数60Hz（g：重力加速度、実換算240gal～300gal、2Hz）波数30の正弦波加振により行った。表-1および図-2～図-7に示す物理量は実換算値にて表示している。

3. 実験結果 図-2は、Case-2の入力加速度と斜面頂部とのり肩における加速度応答時刻歴を示したものである。斜面では頂部で加速度応答が大きくなり、2～3倍程度の加速度の増幅が見られる。埋設管近傍ののり肩部分でも頂部と概ね同程度の加速度応答を示している。傾斜地盤や盛土のような形状の土構造物が頂部ほど応答加速度が増幅されるという現象は良く知られており、その現象が再現されている。図-3はCase-1、Case-2の傾斜地盤における水平変位、鉛直変位の時刻歴を示したものである。加振にしたがい、変位量は増加し、Case-2では、水平60cm、鉛直70cmの残留変位が生じている。Case-1も同様の傾向を示すが、入力加速度がCase-2より小さかったために残留変位量は小さくなっている。

図-4、図-5はCase-1、Case-2の実験後の残留変位分布図を示したものである。Case-1では、天端ののり肩から約2.3mの位置にテンションクラックが発生し、その下からすべり線が生じているのに対し、Case-2では、

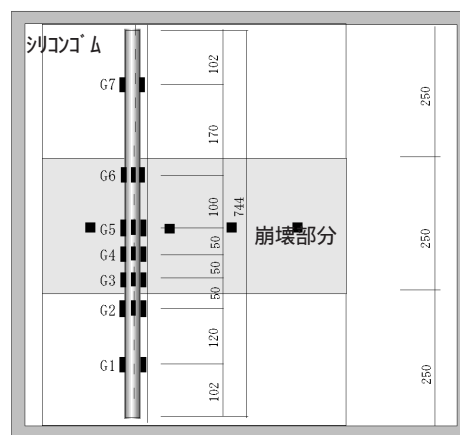
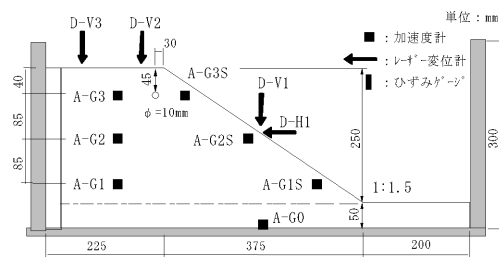


図-1 計器配置（上：側面、下：平面）

表-1 実験ケース

実験ケース	埋設管位置	密度 (g/cm^3)	含水比 w (%)	正弦波加振 加速度 (Gal)
CASE-1	無し	1.38	14.7	240
CASE-2	のり肩	1.43	15.0	300

* 含水比は実験後に計測

キーワード：遠心実験、傾斜地盤、埋設管、斜面崩壊

連絡先：独立行政法人防災科学技術研究所 総合防災研究部門 〒305-0006 つくば市天王台 3-1 Tel. 0298-56-9138, Fax: 0298-52-8512

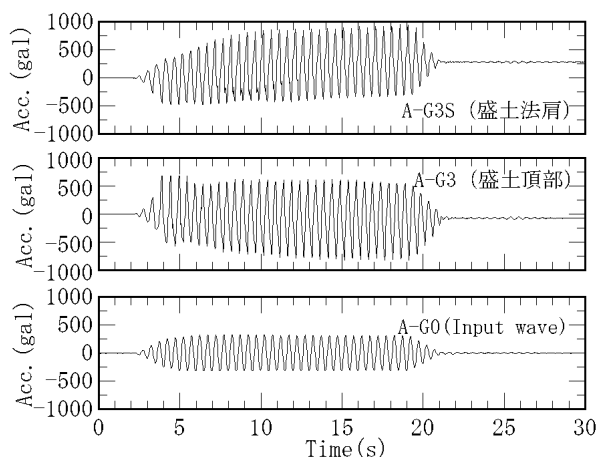


図-2 加速度応答時刻歴 (Case-1)

埋設管の直上から埋設管を通過するような形で、Case-1より浅い深度において滑り破壊が生じている。埋設管前面では空隙が見られ、背後では地盤の変形を拘束しており、埋設管が斜面補強の役割を果たしているため、埋設管を含んだすべり土塊は発生していない。こうした傾向は、静的に斜面を崩壊させた実験の結果²⁾と同様である。

図-6、図-7は、埋設管に生じた曲げひずみの鉛直方向と水平方向の時刻歴を示したものである。鉛直方向の曲げひずみは、管が下に曲げを受けるとマイナス、水平方向の曲げひずみは、斜面側に曲げを受けるとプラスである。加振が始まって1～2秒間に急に曲げひずみが増大し、その後の加振での曲げひずみの増加は比較的小さい。この傾向は、図-3の変位時刻歴において比較的15秒くらいまでは変位は時間の経過とともに増大して行く傾向を示しているのとは異なっている。これは、埋設管への作用力は崩壊の初期段階が大きく、変形が進んで塑性状態になったら作用力が低下するためと考えられる。水平方向、鉛直方向いずれの曲げひずみにおいても、崩壊部の中央に向かうにしたがってその絶対値は大きくなっている。図-5より、のり肩では水平変位よりも鉛直変位が大きくなっていることがわかる。その影響を受け、水平方向よりも鉛直方向の曲げひずみが大きく、その値は埋設管の破壊にまでは至っていないが $\varepsilon = \text{約 } 1,300 \times 10^{-6}$ と大きな値を示している。

4.まとめ 傾斜地盤ののり肩に埋設管が埋設されている場合に、地震時の地盤の滑り崩壊が埋設管に与える影響を遠心実験により検討した。実験により、埋設管が埋設されている場合、埋設管が地盤補強の役割を果たすため、埋設管がない場合に比べ滑り線が斜面側にできること、斜面崩壊による埋設管への作用力は崩壊の初期段階に大きい、ことがわかった。

参考文献

- 1) ガス地震対策検討会報告書：ガス地震対策検討会、1996.3.
- 2) 酢谷佳尚、佐藤正義：埋設管がある傾斜地盤の崩壊モードに関する遠心実験、土木学会第57回年次学術講演会 CD-Rom、2001.10.

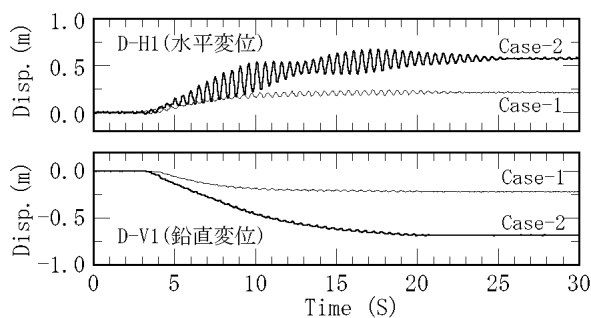


図-3 地盤変位時刻歴 (Case-1&Case-2)

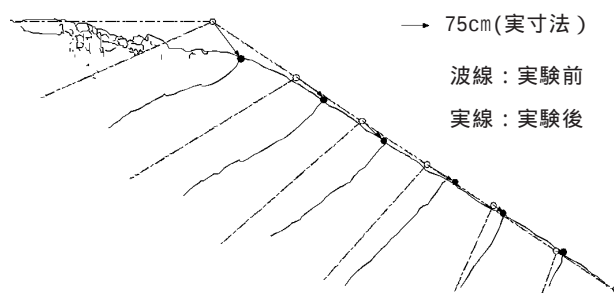


図-4 模型地盤の断面 (Case-1)

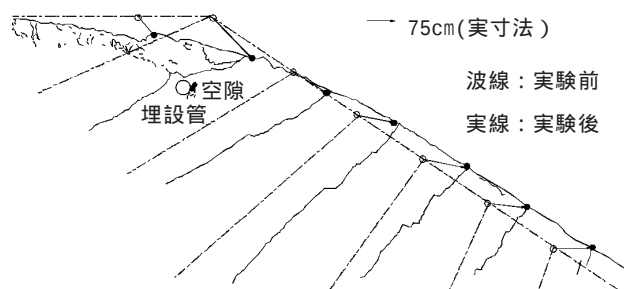


図-5 模型地盤の断面 (Case-2)

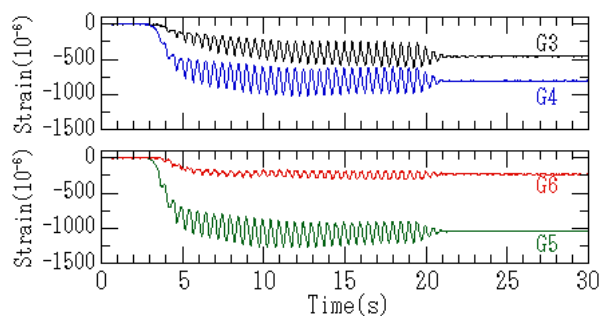


図-6 曲げひずみの時刻歴 (鉛直方向)

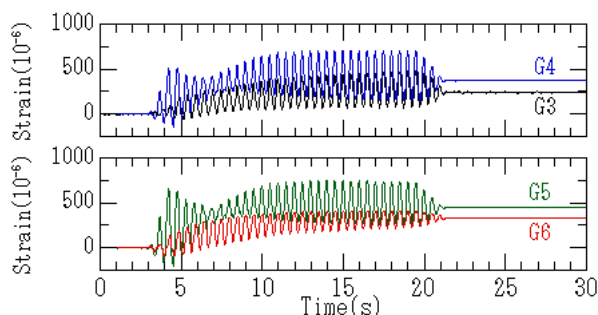


図-7 曲げひずみの時刻歴 (水平方向)