

## 砕石による圧力管路屈曲部のスラスト対策に関する遠心振動実験 Centrifugal model tests on seismic behavior of pipe bend buried in gravel backfill

○太田遥子\*, 喜多田恵\*, 澤田豊\*, 有吉充\*\*, 泉明良\*\*, 井上一哉\*, 毛利栄征\*\*\*, 河端俊典\*

Yoko OHTA, Megumi KITADA, Yutaka SAWADA, Mitsuru ARIYOSHI, Akira IZUMI,

Kazuya INOUE, Yoshiyuki MOHRI and Toshinori KAWABATA

### 1. はじめに

圧力管路屈曲部には内水圧による不平衡力（スラスト力）が作用する。埋戻し地盤の剛性が液状化により著しく低下した場合，スラスト力により曲管が許容変位量を超えて滑動することで，継手離脱が発生する<sup>1)</sup>。本研究では，遠心力により大口径管を想定した応力場での加振実験を実施し，屈曲部スラスト対策としての砕石基礎の有効性と，その埋戻し範囲について検討した。

### 2. 実験概要

本加振実験は，30Gの遠心力場で， $\phi 1800$ の曲管に150 kPaおよび300 kPa（屈曲角度45°の場合）の内圧を负荷した際の管の応力状態を模擬した条件下で実施された。実験模型の概略図を図1に示す。模型地盤の寸法は，1050 x 400 x 235 mmとした。現地盤の模擬にはD値93%の笠間土を，埋戻し地盤の模擬には相対密度60%の珪砂と5 mm単粒砕石を用いた。模型地盤はメトローズ水溶液を用いて飽和した。模型管には，外径60 mm，長さ400 mmのアルミニウム製直管を用い，模型管には，スラスト力を模擬した7 kgおよび14 kgの水平荷重を负荷した。埋戻し条件を図2に示す。地盤作製後，7 kgの水平荷重を负荷した状態で4回加振した。ここで，加振条件は原型スケールで200，400，600，800 gal相当の5Hz，60sの正弦波とした。Case CとDでは，さらに荷重を14 kgに増量し，同様の4回の加振を与えた。

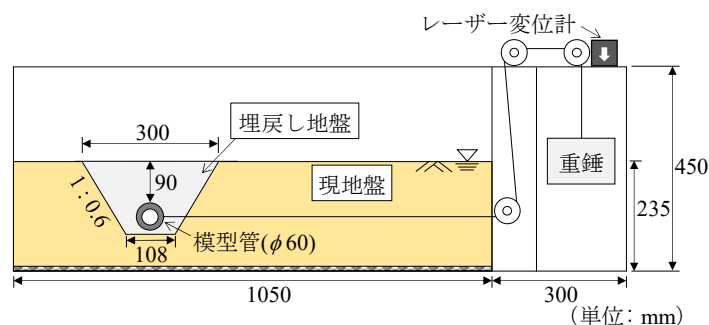


図1 実験模型概要  
Experimental setup

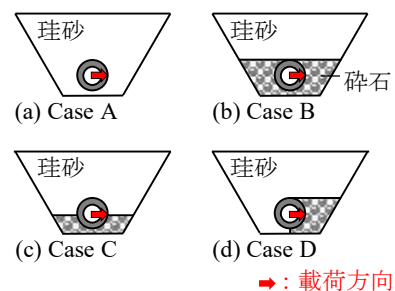


図2 実験ケース  
Test cases

### 3. 実験結果および考察

図3に管の変位量を示す。ここで，縦軸に示す変位量は，計測値を管の外径で無次元化した値である。また，点線で示す限界変位量は， $\phi 1800$ のFRPM管継手の曲げ角度と拔出し量から計算した，継手離脱を引き起こす無次元変位量である。7 kg水平荷重時の結果から，珪砂のみで埋戻したCase Aでは，400 gal加振時に変位量が限界変位量に達したことにに対し，砕石を用いたすべてのケースで，変位量は800 gal加振後でも限界変位量以内に収まっている。砕石による埋戻しは，大口径管を想定した応力条件下で，スラスト対策とし

神戸大学大学院農学研究科\* Graduate School of Agricultural Science, Kobe University 農研機構農村工学研究部門\*\* Institute for Rural Engineering, NARO 茨城大学農学部\*\*\* Department of Agriculture, Ibaraki University キーワード：埋設管，スラスト力，遠心力荷重模型実験

て有効であることがわかる。また、碎石の埋戻し範囲による管の変位抑制効果については、7 kg 水平載荷時では違いは見られなかったが、14 kg 水平載荷時では、Case Dの方がCよりも変位量が抑制される結果となった。

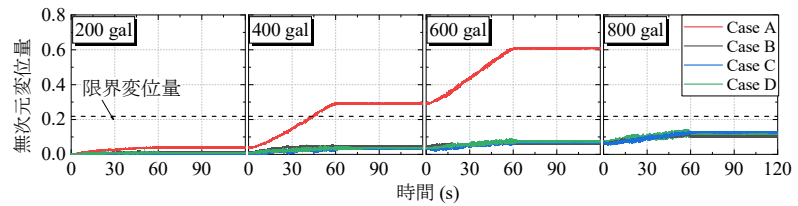
図4にCase C, Dでの、加振後の管周辺地盤の様子を示す。図4から、Case Cでは主働側の管底基礎の碎石は管の変位に全く追従せず、スラスト対策としては、管路受働側の碎石の埋戻し範囲が重要であることがわかる。また、受働側の碎石層は、特にCase Dでは管の変位に対して形状を維持している様子が見て取れる。変形剛性の高い碎石で受働側地盤を埋戻すことで、模型管は、碎石層を介して現地盤から反力を得ると考えられる。このことから、Case DがCよりも優れた変位抑制効果を示した理由として、受働側碎石層と現地盤間の接地面積が荷重に対して十分確保されていたことが挙げられる。

図5に実験時における管の軌跡を示す。図中の水平変位量と浮上量は、計測値を管の外径で無次元化した値である。管中央から管頂までの範囲も碎石で埋め戻しているCase BとDでは、管は水平変位に対してほとんど浮上していない。このことから、管中央から管頂までの範囲を碎石で埋戻すことで、管の水平変位に対する浮上を抑制する効果が期待できることがわかった。

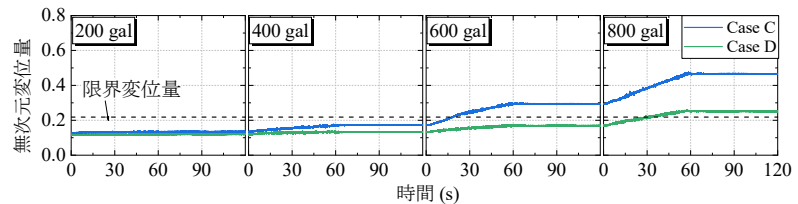
#### 4. おわりに

大口径管のスラスト対策としての碎石基礎の有効性と、その埋戻し範囲を検討するために、4種類の異なる条件で埋戻された模型管に対して30G場での加振実験を実施した。実験結果から、管路受働側を碎石で埋戻すことが、スラスト力を受ける管路の変位抑制に効果を発揮することが明らかとなった。特に管路受働側の管底から管頂までの範囲を碎石で埋戻すことは、碎石層と現地盤間の接地面積の確保と管の浮上抑制の点から、管路の安定性向上に重要であることがわかった。

引用文献：1) Mohri, Y., Masukawa, S., Hori, T. and Ariyoshi, M. (2014), Damage to Agricultural Facilities, Soils and Foundations, 54(4), pp. 588-607.



(a) 7 kg 水平載荷時 (Case A, B, C, D)



(b) 14 kg 水平載荷時 (Case C, D)

図3 管の無次元水平変位量  
Normalized displacement of the model pipe

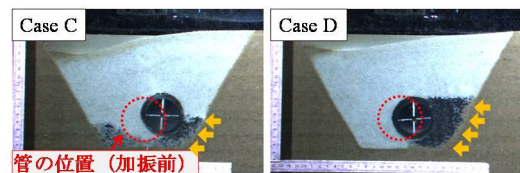


図4 加振後の管周辺地盤の様子  
(14 kg 水平載荷時, 800 gal 加振後)  
Images of the pipe after shaking

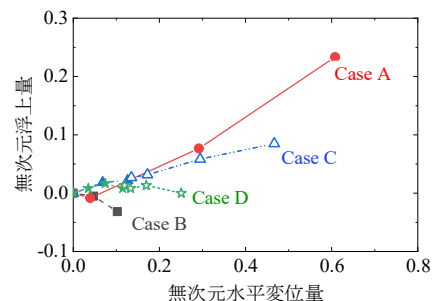


図5 水平変位量と浮上量の関係  
Relationship between lateral displacement and vertical displacement of the model pipe