

パイプラインの基礎材料剛性のばらつき評価 The dispersion in stiffness of backfill material of pipeline

有吉 充*・毛利栄征*・堀俊和*・松島健一*

Mitsuru ARIYOSHI, Yoshiyuki MOHRI, Toshikazu HORI, Kenichi MATSUSHIMA

1. はじめに 近年、鉄道や道路など、様々な構造物の設計手法に性能設計が採用されており、パイプラインにおいても、その導入が期待されている。性能設計では、確定的に変数を決めていたこれまでの設計手法とは異なり、基礎材料特性とそのばらつきを適切に評価することで、より合理的な設計を行うことが可能である。そこで、本稿では、パイプラインの構造安全性に大きな影響を与える地盤剛性とそのばらつきを明らかにするため、九頭竜川下流地区高椋新江2号用水路において、基礎材料の地盤反力係数 (K_{30}) などの測定や繰返し三軸試験を実施した。

2. 実験概要

(1) 基礎材料の特性 現場での基礎材料の特性を把握するため、振動ローラ(1t) (以下、ローラ) で締固めた箇所では、砂置換による密度とふるい分析による粒度分布の測定 (各20点) を行った。さらに、基礎材料を用いて、不飽和状態での繰返し三軸試験を実施した。

(締固め度 D 値=85%、90%、95%。拘束圧 100kPa)

(2) 地盤剛性のばらつき 図1に示す動的平板載荷装置 (ソイルテスト) を用いて、パイプライン ($\phi 1800$ 、FRPM管) の基礎材料の K_{30} 値を測定した。ソイルテストには加速度計が内蔵されており、地盤に接触させたときに測定される加速度波形から K_{30} 値を算出することができる。調査は、基礎材料に砂を用いた地区で実施し、転圧機械には、ローラと振動プレートコンパクタ (以下、プレート) を使用している。なお、ローラによる締固めでは215箇所 (調査区間: 右岸側と左岸側、それぞれ $0.5\text{m} \times 6\text{m}$)、プレートによる締固めでは448箇所 (調査区間: 右岸側と左岸側、それぞれ $0.5\text{m} \times 12\text{m}$) で測定を行った。



図1 ソイルテスト
Soil stiffness measuring device
(Soil Test)

3. 実験結果

(1) 基礎材料の特性 繰返し三軸試験の結果を図2、表1に示す。1回目の繰返し時の弾性係数は、締固め度が高いほど大きく、締固め度90%では85%の約1.25倍、95%では90%の約1.11倍となっている。なお、砂置換により測定した密度から求めた締固め度の平均は95.6%で、ローラで締固めた箇所は、設計での締固め度 (90%、締固め度 I¹⁾) よりも大きいことが確認でき

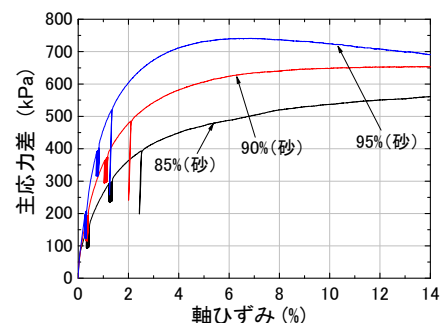


図2 繰返し三軸試験の結果
Cyclic triaxial test results

た。

また、基礎材料の粒度試験から得られた 20 カ所での粒度分布は、図 3 に示す上限値と下限値の間に収まっていた。同じ採取地から産出された基礎材料を使用する場合、変動係数は 0.03 と極めて小さく、粒度分布はほぼ均一な状態であることがわかった。

(2) 地盤剛性のばらつき 図 4、5 にソイルテストによる K_{30} 値の測定結果を示す。平均値は、ローラの方がプレートよりも 1.24 倍大きい。これは、ローラの方がプレートよりも締固め仕事量が多いので、基礎材料の締固め度が増加したためと思われる。変動係数で比較すると、転圧機械の違いによるばらつきの差はほとんどみられない。図 6 に示す地盤剛性の空間分布をみると、ローラで締固めた地盤の A の領域では剛性が低くなっているが、降雨中の実験であつたため、その影響を受けている可能性がある。また、プレートで締固めた地盤のパイプ近傍である B の領域では、周辺よりも剛性が低く、締固め度が小さくなっていると考えられ、パイプとの位置関係にもばらつきの原因が内在していることがわかる。ばらつきの他の原因としては、基礎材料の含水比、巻出しの初期密度や厚さの不均一性が考えられる。

図 4 K_{30} と度数の関係(ローラ)
Relationship between K_{30} and frequency (Vibrating roller)

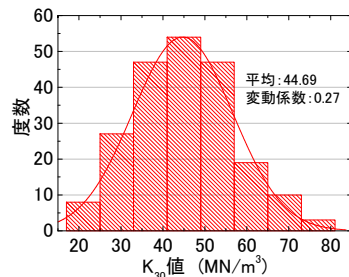


図 4 K_{30} と度数の関係(ローラ)
Relationship between K_{30} and frequency (Vibrating roller)

図 3 粒度分布のばらつき
Dispersion of particle size

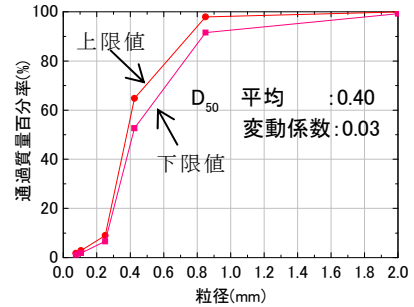
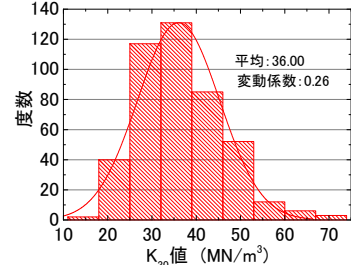


図 5 K_{30} と度数の関係(プレート)
Relationship between K_{30} and frequency (plate compactor)



4. まとめ プレートやローラで締固めた砂地盤の場合、地盤剛性の変動係数は 20~30% であることがわかった。今後、パイプの基礎材料に使用されている砕石や流動化処理土の地盤剛性を測定して、そのばらつきを明らかにし、性能設計に用いる指標としたい。

参考資料 1) (社) 農業農村工学会 土地改良事業計画設計基準及び運用・解析 設計「パイプライン」

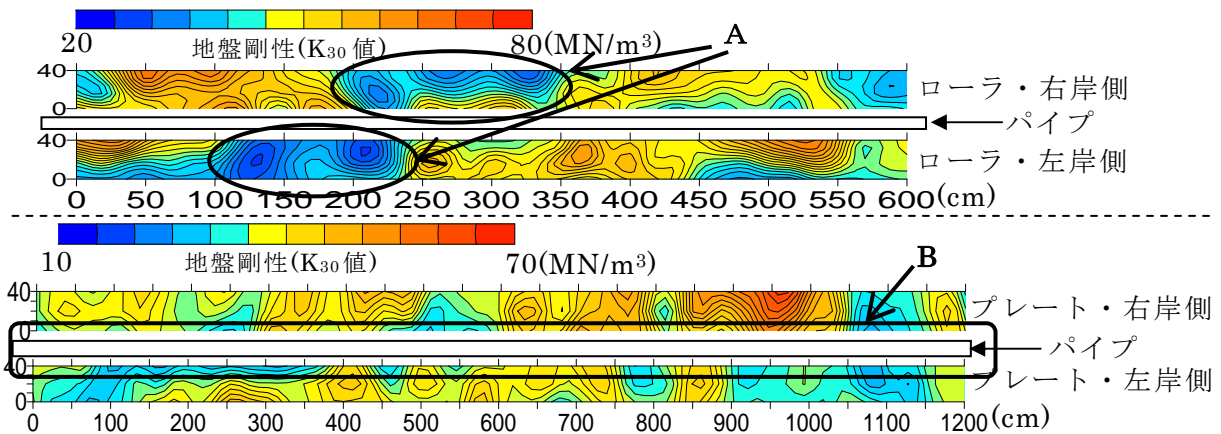


図 6 地盤剛性のばらつき
Dispersion of soil stiffness