

# 石混じり礫盛土における粒度特性，密度調査に関する一考察

石混じり礫盛土 密度 水置換

建設技術研究所 国際会員 李 圭太  
名城大学 国際会員 小高 猛司  
国土交通省高知河川国道事務所 北川 誠純  
建設技術研究所 正会員 ○田川 央，岡嶋 義行  
名城大学大学院 学生会員 梅村 逸遊

## 1. はじめに

河川堤防の築堤にあたっては多量な土を必要とするために経済性や施工性を考え，現場近くで材料を調達することがあり，特に河道の流下能力増大を目的とした河道掘削で発生した土を利用することが多かった。現在，堤体材料の選定では「河川土工マニュアル」<sup>1)</sup>に種々の土質材料条件が示されており，堤体材料として望ましい土は，粒度分布のよい土（均等係数  $U_c \geq 10$ ），最大寸法は 10～15cm 以下，細粒分は 15%以上 50%以下の土となっている。その中で最大寸法は，施工時のまき出し厚（締固め後 30cm）の制限から 10～15cm 以下とし締固め効果が十分に発揮されるように配慮されている。既存堤防には，この「河川土工マニュアル」適用以前のものが多く現存している。しかしながら，これまで高水を経験している堤防において被災に至っていないものも多い。本文では上流域に破碎された砂岩層を有している河川において，石分・礫分を含む基礎地盤を盛土材料に用いたと考えられる河川堤防を対象として，粒度特性，密度に関して調査した結果を示す。なお，本調査は旧堤撤去箇所であったことから堤防開削を伴う調査を行うことができ，調査以前に実施されたボーリング調査による地盤調査結果との比較検討を行う。ここで，河川堤防の評価・設計では「河川堤防の構造検討の手引き」<sup>2)</sup>を準用しており，この手引きでは浸透に対する構造検討は透水係数を用いて安全性を評価する。この透水係数の設定は，粒度試験から算出（ $D_{10}$ を用いる Hazen 式， $D_{20}$ を用いる Creager の方法）することがあり，粒度特性の把握を対象としたのは，既往ボーリング調査から得られた設定値との比較検討を行うためである。密度試験は，湿潤密度を検討に用いるためでもあるが，せん断強度特性を得るための三軸試験を行う際，このような礫分を多く含有する試料では不攪乱試料の採取が難しく攪乱試料により供試体を作成する場合，原地盤と同等の締固めの指標として密度を適用するためである。

## 2. 河川堤防盛土で実施した調査の概要

旧堤撤去工事に伴う調査であることから，既往ボーリング調査箇所において写真 1 に示す大型バックホーによる堤防開削を行った。対象地点の堤防高は約 4m となっている。堤防開削は堤防天端より下方 1m まで掘削し，平場を 4m 設け中央付近で約 1m 四方を写真 2 に示すように小型バックホーで約 1m<sup>3</sup>を採取（盛土上部：1,714.6kg）した。この採取ピットにおいて，速やかにビニールシートを 2 枚重ねたものを布設し，写真 3 に示すように河川水を注水した。この注水量を写真 3 の左上にある水道メーターを設置し満水になる量を計測した（水置換法）。この満水量で採取ピットの体積（0.84m<sup>3</sup>）とした。次に天端から下方 3m まで掘削し盛土上部と同様に平場を設け中央付近で試料採取（盛土下部：1,997.2kg）を行った。次に盛土下部試料採取ピットを対象として水置換による体積の計測（1.10m<sup>3</sup>）を行った。本調査箇所は，巨石を含む礫質土であったことから平地の整形に不陸があるため，正確な満水容量を計測することは困難であったが，掘削表面からの溢水が約半周となる時点を満水容量と設定した。ここで，約 1m<sup>3</sup>の試料採取を行ったのは，粒度試験において最小質量の目安として最大粒径が 75mm で 30kg と考えられており，本調査箇所では 75mm を超える粗石を含んでおり 300mm を超える巨石も点在していることによる。

これら採取した試料を試験室内においてビニールシート上に取り出し，写真 4 に示すように 53mm 以上，75mm 以上，125mm 以上，300mm 以上を取り出し各粒径範囲で重量を量り，その合計を全重量と



写真 1 調査状況



写真 2 試験試料採取状況



写真 3 水置換による体積の計測

A study on the particle size distribution & soil density of stone mixed gravel banking:

K-T.Lee,H.Tagawa,Y.Okajima(CTi Engg.), T.Kodaka,I.Umemura(Meijyo Univ.) and S.Kitagawa(MLIT.Shikoku Regional)

した。次に試料を乾燥させ写真5に示す様に石・礫分に付着している土を落とし、53mm以上・未満に分け乾燥密度を測り密度を計測する。その後、53mm未満を対象に四分法により約40kgを対象としてふるい分析、沈降分析を行った。この粒度試験方法を全量粒度試験と呼ぶ。ここで、53mm未満を四分法の対象としたのは、別途この試料を用いて大型三軸試験に用いることを考慮したためである。

### 3. 調査結果

図1に今回実施した全量粒度試験を用いて得られた試料（以下、本試料）と既往ボーリング調査で得られた試料（以下、ボーリング試料）による粒径加積曲線を示す。ボーリング試料の整理に用いた試料は、盛土上部と基礎地盤浅層部の試料を対象としたが、これらは同等の粒度特性であると想定されたためである。

粒径区分毎の重量百分率に着目すると、75mm以下の重量百分率は本試料では73.6～77.6%（75mm超過石分が22.4～26.4%）、ボーリング試料では100%、2mm以下は本試料では24.3～29.3%、ボーリング試料では30.8～40.9%、0.075mm以下は本試料では2.6～8.0%、ボーリング試料では5.0～9.0%である。また、写真4～7に示すように300mmを超える巨石が点在しており、本試料では300mm以下の重量百分率は94.6～100%（300mmを超える粒径が5.4%）である。ボーリング試料では75mm以上の石分は採取できていない。

粒度特性の指標となる $D_{10}$ 、 $D_{20}$ 、 $D_{60}$ に着目すると本試料では、 $D_{10}$ は0.1～0.5mm、 $D_{20}$ は0.6～1.0mm、 $D_{60}$ は26.5～40.0mmとなる。ボーリング試料では、 $D_{10}$ は0.1～0.3mm、 $D_{20}$ は0.3～0.9mm、 $D_{60}$ は6.0～10.0mmとなる。ここで $D_{20}$ に着目しCreagerの方法により透水係数を算出した。本試料では $D_{20}$ が0.6～1.0mmであることから $1.1 \sim 3.6 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 、ボーリング試料では $D_{20}$ が0.3～0.9mmであることから $2.2 \times 10^{-4} \sim 2.8 \times 10^{-3} \text{m/s}$ となった。 $D_{10}$ と $D_{60}$ に着目し均等係数を確認すると、本試料では $U_c=80 \sim 270$ 、ボーリング試料では $U_c=30 \sim 70$ となった。

### 4. まとめ

本研究では石分を含む礫盛土における粒度特性、密度に着目した調査を行った。得られた調査結果より以下の知見を示す。

不陸のある掘削箇所の密度試験は、水置換法を用いることによって測定可能である。一般的に行われるボーリング調査ではφ66mmの口径により実施されるため、本調査で確認された75mmを超える石分（重量百分率では最大26.4%）は確認できない。

本試料とボーリング試料は重量百分率が低い域（ $D_{10}$ 、 $D_{20}$ ）において0.1～0.5mmで粒径差が小さいが、高い域（ $D_{60}$ ）においては粒径の差が大きい。どちらの試料も均等係数は築堤材料の目標値となる $U_c \geq 10$ を満足しているが、大きな差が生じている。直接開削することによりボーリング試料で確認できなかった巨石を確認したが、浸透に対する構造検討に用いられる透水係数をCreagerの方法により確認すると $1 \times 10^{-4} \sim 10^{-3} \text{m/s}$ となっており両試料とも大きな差は無い。

本調査で得られた試料を用いた透水特性、せん断強度特性については続報にて報告する。

### 5. 参考文献

1)河川土工マニュアル 平成21年4月 財団法人国土技術研究センター 2)河川堤防の構造検討の手引き(改訂版) 平成24年2月 財団法人国土技術研究センター



写真4 全重量計測過程



写真5 試料の乾燥状況と石・礫分の処理



写真6 四分法の状況



写真7 堤防開削面

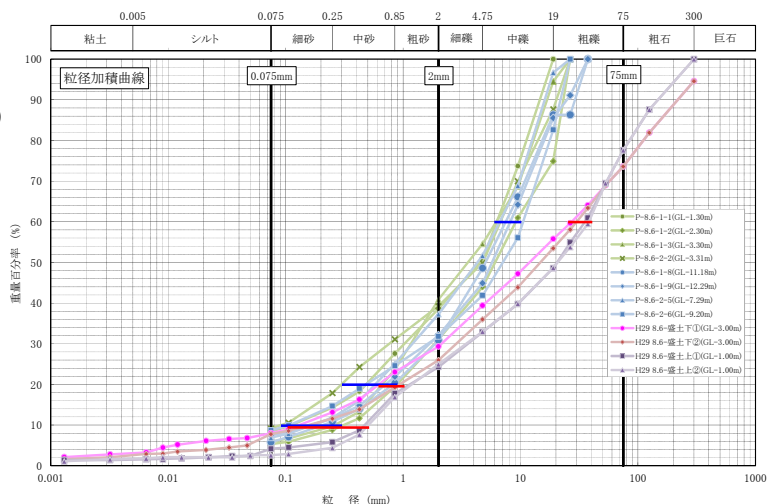


図1 粒径加積曲線