

# 堤防開削調査による電気探査の適用性検討

応用地質株式会社 ○横井 恵太, 大藪 剛士, 塚田 秀太郎, 小泉 慎太郎

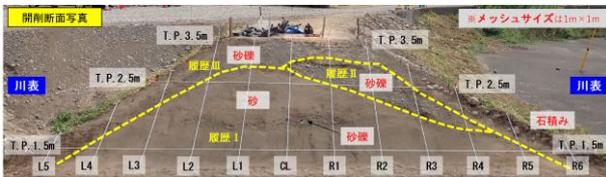
## 1. はじめに

河川堤防は、治水に際してその都度嵩上げや拡幅による補強がなされてきており、構造（築堤履歴）が複雑な土構造物である。堤防開削調査は、樋門等の河川構造物を構築する際に行われ、堤体の土層構成の把握、築堤履歴等を確認することで、堤防の質的向上を検討する際の基礎資料を得ることを目的に実施される<sup>1)</sup>。

本稿では、堤防の耐震対策工事に伴い開削した堤防断面において室内土質試験、現場透水試験、山中式土壤硬度測定及び、簡易電気探査を実施し、その結果、特に土壤硬度と比抵抗値に相関性がみられたことからその結果を中心に報告する。

## 2. 開削断面の築堤履歴及び調査方法

既往の文献資料をもとに開削断面の築堤履歴を調査した結果、築堤履歴は大きく3回に分けられ、江戸時代後期に築堤（履歴Ⅰ）された後、明治から昭和の中期にかけて2回拡築されている（履歴Ⅱ、Ⅲ）。開削断面の観察の結果、履歴Ⅰは粒径が均一な中砂主体の砂質土、履歴Ⅱ、Ⅲは砂礫や礫混じり砂を主体としている（写真-1）。



＜開削断面＞※メッシュは1m 格子



写真-1 開削断面および各築堤履歴の土質状況

表-1に、実施した室内土質試験内容一覧表を示す。現場透水試験の手法は図-1に示す GPI 法を用いた<sup>2)</sup>。また、簡易電気探査は電極棒を鉄丸釘 (N65) とした携帯型の装置（試作品）を用いて試行的に実施した（写真-2）。

表-1 実施した室内土質試験内容一覧表

試験項目	準拠する基準・規格番号
土粒子の密度試験	JIS A 1202
土の含水比試験	JIS A 1203
土の粒度試験	JIS A 1204
土の液性限界試験	JIS A 1205
土の塑性限界試験	JIS A 1205
土の湿潤密度試験	JGS 0191
突固めによる土の締固め試験	JIS A 1210

JIS：日本産業規格  
JGS：地盤工学会基準

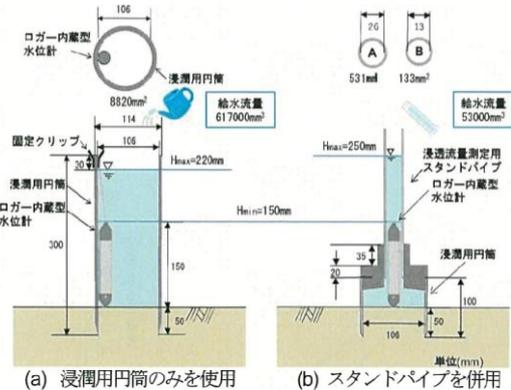


図-1 現場透水試験装置(GPI法)<sup>2)</sup>



写真-2 簡易電気探査状況

## 3. 調査結果

### (1) 物理特性

表-2に、築堤履歴毎の代表的な試験結果を示す。

履歴Ⅰは砂分を主体としているが、湿潤密度は  $\rho_t = 1.664 \text{ Mg/m}^3$  と相対的に小さく、履歴Ⅱ及び履歴Ⅲは礫分を含んでおり、湿潤密度は  $\rho_t = 1.914 \sim 1.942 \text{ Mg/m}^3$  と相対的に大きな値を示している。

図-2に、築堤履歴毎の粒径加積曲線を示す。履歴Ⅰの粒径加積曲線は立っており、均等係数  $U_c = 1.58 \sim 2.29$  の範囲にあることから粒径が均一な材料であるといえる。

表-2 築堤履歴毎の代表的な試験結果一覧表

築堤履歴	履歴Ⅰ	履歴Ⅱ	履歴Ⅲ
試料	OL1(-1)	R2R3(0)	OL1(0)
土粒子の密度 $\rho_s$ (Mg/m <sup>3</sup> )	2.722	2.715	2.714
自然含水比 $w_n$ (%)	5.2	4.3	3.3
粒度	礫分 (%)	0.1	60
	砂分 (%)	95.5	37.4
	シルト分 (%)	4.4	2.6
	粘土分 (%)	4.75	75
締固め	試験方法	A-c	B-c
	最大乾燥密度 $\rho_{dmax}$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.642	2.045
	最適含水比 (%)	17.2	7.3
分類	分級された砂	分級された礫質砂	分級された砂質砂
分類記号	(SP)	(SPG)	(SPG)
現場密度試験	湿潤密度 $\rho_t$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.664	1.942
	乾燥密度 $\rho_d$ (Mg/m <sup>3</sup> )	1.549	1.862
	締固め度 (%)	94.3	91.1

(2)透水系数

図-3に、現場透水試験結果を開削断面図上に示す。

開削調査箇所は全般に透水性が高い材料で構成されている。

履歴Ⅰの透水系数は $10^{-4}$ m/s オーダーであり、一般的な砂よりもやや透水性が高い。これは、粒形が均一な材料であり間隙が大きいことに起因している。

履歴Ⅱは $10^{-3}$ m/s オーダーと透水性が高く、履歴Ⅲは $10^{-4}$ m/s 程度を示す。

(3)土壌硬度および比抵抗値

図-4に、開削面のメッシュの交点毎に測定した土壌硬度のコンター図を示す。土壌硬度は、試験時に測定した貫入量から式-1により算出した。履歴Ⅰは、履歴Ⅱや履歴Ⅲと比較してやや緩い状態にあるが、履歴Ⅰの中でもばらつきがみられる。特に履歴Ⅰの下位のゾーンで相対的に土壌硬度が低いことから、当ゾーンは堤体土ではなく自然堤防の可能性も考えられる。

$$P=10X/0.7952(4-X)^2 \times 98.1 \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、P: 土壌硬度 (kN/m<sup>2</sup>)  
X: 貫入量 (cm)

図-5に、開削面のメッシュの交点毎に測定した比抵抗値の分布図を示す。比抵抗値は200~2000 Ω・m を示し、一般的な礫材の範囲にある。履歴Ⅰは、概ね履歴Ⅱ及び履歴Ⅲと比較し相対的に高比抵抗値を示す。特に履歴Ⅰの下位のゾーンでの比抵抗値が相対的に高く、これは図-4に示した土壌硬度による相対的に緩い箇所と概ね一致している。図-6に、土壌硬度と比抵抗値との関係図を示す。土壌硬度と比抵抗値との相関性が高く、今回の開削断面での比抵抗値の違いは地盤の締まり具合が大きく起因しているものと考えられる。

4. おわりに

河川堤防の開削調査は、通常ならばボーリング等の点データしか確認できない堤体の土層構成や築堤履歴等を現地で確認できる貴重な調査である。今回実施した開削調査では築堤履歴が大きく3回に分けられ、土質構成は砂質土～礫質土を主体とするが、江戸時代後期に築堤された履歴Ⅰは粒径均一な砂質土であった。開削断面において、室内土質試験のほか、現場透水試験、土壌硬度測定及び、簡易電気探査を実施した結果、土壌硬度と比抵抗値に相関性がみられ、地盤の締まり具合を比抵抗値で検出できる可能性も確認できた。一方、今回の調査では透水系数に大きな差異が見られなかったことから比抵抗値との有意な関係が把握できていない。

今後も現地調査を通じて各調査手法の適用性を検討していく。

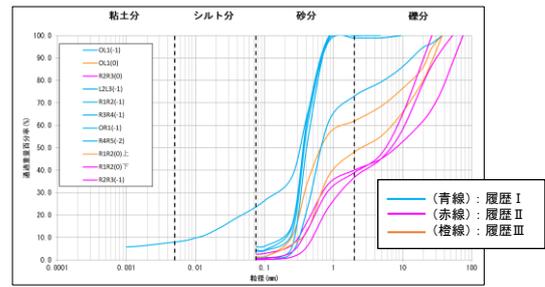


図-2 築堤履歴毎の粒径加積曲線

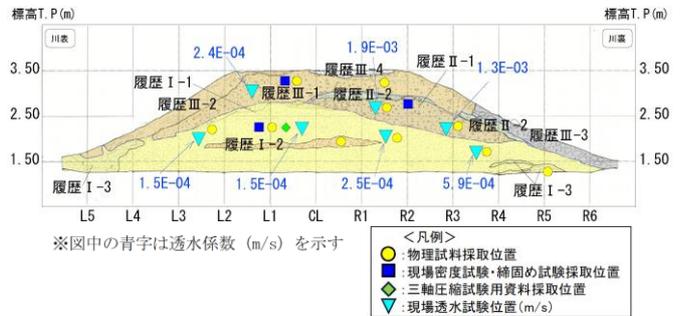


図-3 現場透水試験結果図

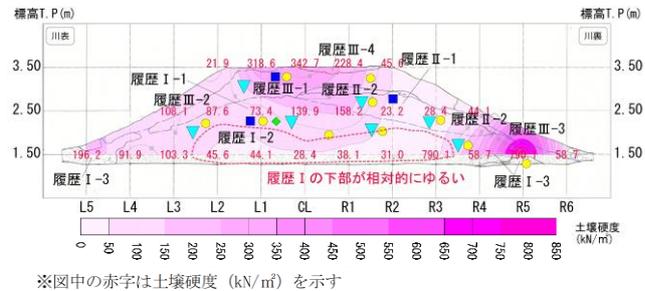


図-4 土壌硬度分布図

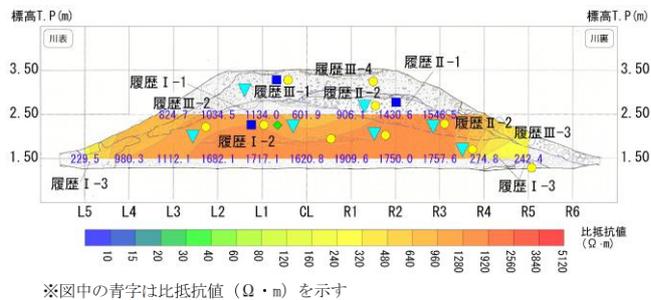


図-5 比抵抗分布図

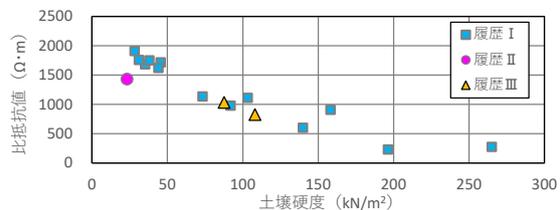


図-6 土壌硬度と比抵抗値の関係図

《引用・参考文献》

- 河川堤防開削時の調査マニュアル(2011)：国土交通省 河川局治水課。
- 竹下祐二, 三木愛実, 池田 結 (2021)：簡易型変水位透水試験による現場飽和透水系数の原位置測定方法, 土木学会論文集C (地圏工学), Vol. 77(No. 3).