

## 液状化層の分布把握のための電気式コーン貫入試験の活用事例

中央開発株式会社 ○石井 恵, 渡部 篤史, 松尾 賢太郎

## 1. はじめに

近年、気候変動の影響もあり令和元年の台風 19 号に代表されるような大型の台風や降雨継続時間の長い雨による洪水など水害が多発している。このような激甚化・頻発化する水害に対して、流域に関わるあらゆる関係者が協働し、ハード・ソフト両面の施策を展開する「流域治水」という考え方が広まりつつある。

本業務では、某直轄河川の「流域治水」プロジェクトの一環として整備される調節地越流堤とそれに随する減勢工の設計に必要な情報を得るために地質調査を行った。

なお、業務着手段階では、既往調査結果から、越流堤直下に液状化の恐れがある緩い砂質土層が点在することが指摘されていたが、その分布の詳細は明らかになっていなかった(図-1)。これに対して、本業務では、堤防基礎地盤の液状化リスクを適正に評価できるよう砂質土層の分布範囲を詳細に把握することが課題となった。この課題に対する具体的方策としては、ボーリングに加えて深度方向に詳細な土質判別が可能な電気式コーン貫入試験(以下、CPTU と示す)を実施することを提案した。本稿では、その成果について報告する。

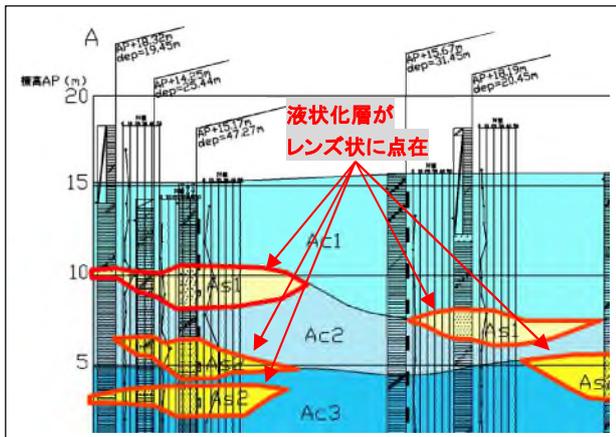


図-1 既往断面図

## 2. 調査計画

## (1) 調査位置の選定

河川砂防技術基準<sup>1)</sup>によると、河川堤防の新設時に関する本調査の場合、調査位置は「堤防法線付近に沿って1個所/100m 程度」の頻度で配置するという記載がされている。本業務では、上記を参考に計画越流堤幅約320m に対して約1個所/80m となるように調査地点を計画した(図-2)。ボーリング地点は既往調査位置を考慮しつつ、設計・検討用の断面となる越流堤標準部(中央付近)の川表法尻~天端~川裏法尻の範囲を均等にカバーできるように配置した。CPTU 地点は、液状化層の平面的な分布を把握するため、越流堤計画範囲の端部や減勢工を含めた範囲をカバーできるように配置した。なお、越流堤幅中心付近の天端では、相互のキャリブレーションを行うために、ボーリング、CPTU の双方を実施した。

## (2) CPTU 提案理由

CPTU では、深度方向2cm 毎に貫入抵抗、周面摩擦、間隙水圧を測定することができ、詳細な土質分類から柱状図の作成や物理特性、強度特性、圧密特性の推定が可能となる。本業務では、特にCPTU で深度方向2cm 毎に間隙水圧を測定できることに着目し、ボーリングだけの調査よりも液状化層の分布の詳細な把握ができると考え、CPTU を組み合わせて実施することを提案した。

## 3. ボーリングとCPTU による土層判定の比較

代表的な調査結果として、図-3に越流堤中心付近の天端で実施したボーリング結果(柱状図)とCPTU 結果(間隙水圧)の比較を示す。なお、CPTU 測定結果の一般的な傾向としては、液状化が懸念される砂質土区間では間隙水圧が小さく、粘性土区間では大きくなる。

ボーリング結果とCPTU 結果を対比すると、概ね両者の整合はよく、地盤情報を補間する手法としてのCPTU の有意性を確認できたと考える。

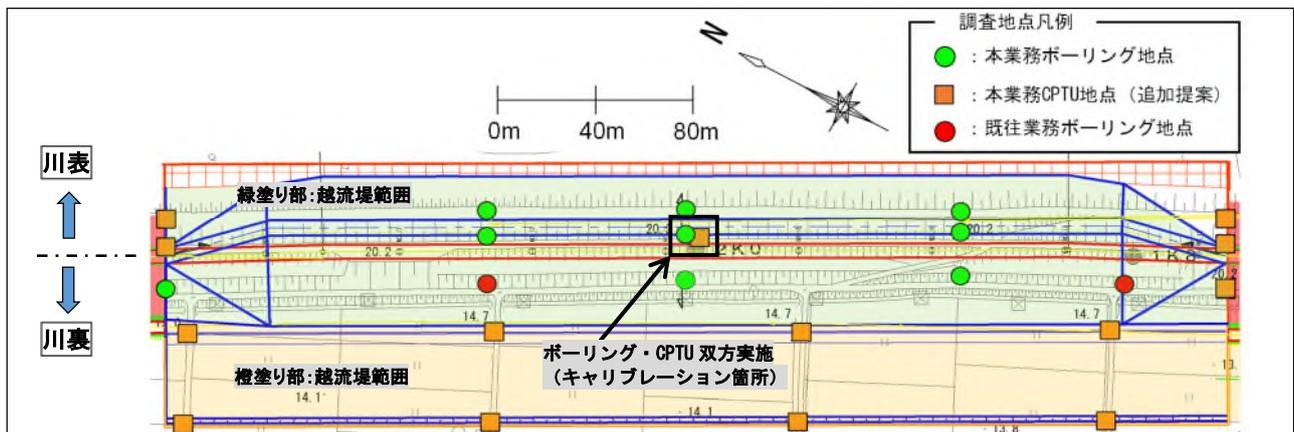


図-2 調査位置図

また、A. P. +14m～A. P. +8m 区間、A. P. +6m～A. P. +5m 区間や A. P. +5m～A. P. +0m 区間に着目すると、ボーリングでは単一の粘性土層(Ac1層, Ac2層, Ac3層)と判定されたのに対して、CPTU ではそれらの粘性土層の中や境界部に介在する砂質土層(As1層, As2層)を判別できている。このことから、CPTU を実施することで液状化層の深度方向のより詳細な分布を把握できたと考える。

さらに、図-4に CPTU 結果も踏まえて作成した想定地質断面図の一例(図-4上図)と液状化層(As1層からAs2層区間)の層厚カウンター図(図-4下図)を示す。断面図からは、減勢工範囲において As1層が厚く堆積していること、As2層が調査地全体に対して薄く堆積し、広範囲に連続していることが把握できた。層厚カウンター図からは、越流堤中心付近の天端や減勢工の北側において、液状化層の層厚が8m 程度と厚くなっていることが確認できた。

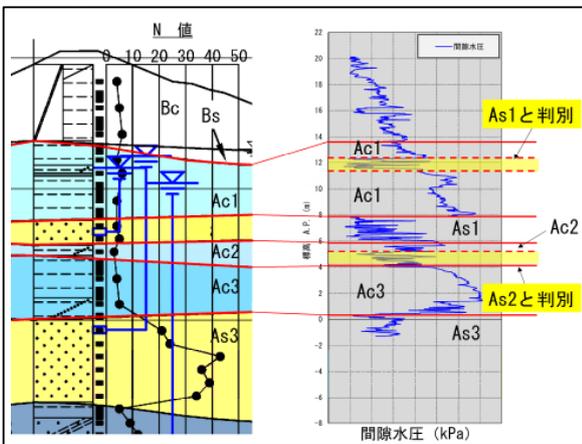


図-3 ボーリング柱状図と間隙水圧の標高分布図の比較

#### 4. まとめ

本業務の成果としては、ボーリング結果と CPTU 結果を総合することで既往調査ではレンズ状の分布として想定されていた液状化層が越流堤予定地から減勢工予定地に至るまで連続的に分布していることを確認できた。

ノンコアボーリングによる土質判別は、深度 1m 区間のうち、約 50cm のみの標準貫入試験試料の目視確認が主体となり、情報も限定的であり、かつ不正確となりがちである。そこで本業務では、ボーリング情報を補間する目的で CPTU を実施し、既往調査において局所的な分布と推定されていた液状化層の水平方向の分布範囲を精度よく見なおすことができた。また、ボーリング結果に CPTU 結果(間隙水圧)を組み合わせることで深度方向の液状化層の詳細な分布(層厚)を把握できた。

河川構造物のような線状構造物と対象とする場合、調査対象範囲が広範囲になるため、全ての地点でボーリングによる地層確認を行うのは難しい。しかし、補間的に CPTU を実施することによりボーリングが困難な地点において、ボーリングだけの調査よりも水平方向、鉛直方向ともに精度よく土層判定をできることが分かった。

以上より、今後も詳細な土層判定が必要な場合にはボーリングと CPTU を併用した調査を提案していきたい。

#### 《引用・参考文献》

- 1) 国土交通省 河川砂防技術基準 調査編(2023) : 国土交通省 水管理・国土保全局, p. 第15章 第2節-8

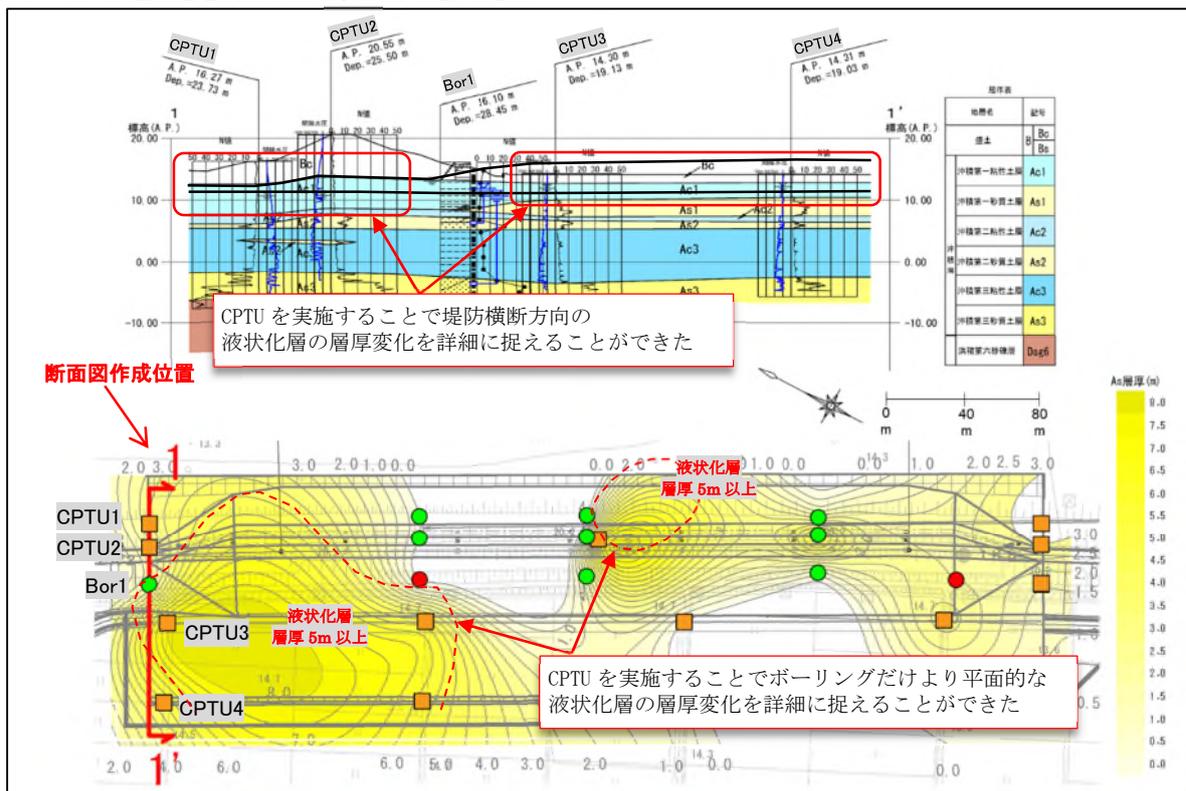


図-4 想定地質断面図(上図)と CPTU 結果も含めた液状化層(As1 層から As2 層まで)の層厚カウンター図(下図)