

# 熊本地震による河川堤防の変状要因の推定を目的とした堤体開削調査

株式会社 建設技術研究所 正会員 ○高田晋、松下俊樹 非会員 遠座昭  
国土交通省 熊本河川国道事務所 非会員 末吉仙英、長船建太郎

## 1. はじめに

熊本県熊本地方において、平成28年4月14日21時26分頃にM6.5(最大震度7)の前震、4月16日1時25分頃にM7.3(最大震度7)の本震が発生した。この地震により、緑川・白川水系の堤体で沈下やクラック、はらみ出し等171箇所の変状を確認した。この変状箇所のうち、大きな変状が生じ本復旧を行う緑川水系7箇所、白川水系3箇所で行った。

本稿では、堤体の沈下・法尻部のはらみ出しだけでなく近傍で噴砂を確認した緑川左岸9k350付近積迦堂地区と白川右岸8k750付近蓮台寺地区において実施した堤体開削調査により得られた知見を以降に示す。

## 2. 緑川・白川水系の堤体・基礎地盤の概要

緑川水系の堤体は、ボーリング調査により、砂質土主体の堤体と粘性土主体の堤体があることを確認した。大きい変状が確認された積迦堂地区の堤体は砂質土主体で構成されており、堤体下部のFcの平均値は35%以上だがIpがNP~7となっているため液状化判定の対象層である(図-1)。今次の地震において加勢川水門で

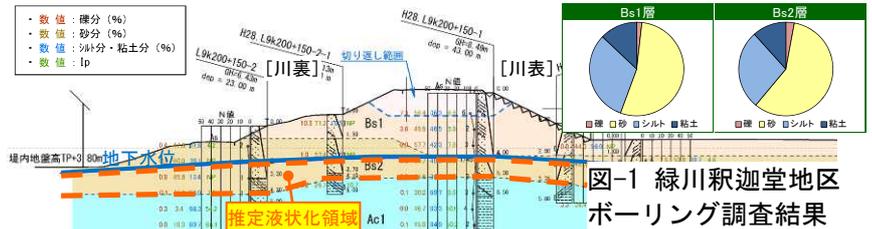


図-1 緑川積迦堂地区ボーリング調査結果

観測された加速度 426gal を用いた堤体下部の液状化判定では、 $F_L=0.46 \sim 0.58$  となり、今次の地震で液状化した可能性が高いと推測した。

白川水系の堤体はほぼ砂質土で構成されている。蓮台寺地区の堤体直下は粘土質砂層(Asc)であり、Fcは35%以上だがIpがNP、その下位の沖積砂質土層は上部(As1)、下部(As2)で構成されており、Fcの平均値は上部、下部ともに35%以下、IpもNPであるため、これらの層は液状化判定の対象層である(図-2)。今次の地震において熊本西区春日で観測された加速度670galを用いた液状化判定では、Asc及び上部(As1)では $F_L=0.20 \sim 0.69$ となり、今次の地震で液状化した可能性があり、下部(As2)の $F_L$ は概ね1以上となり液状化の可能性は低いと推測した。

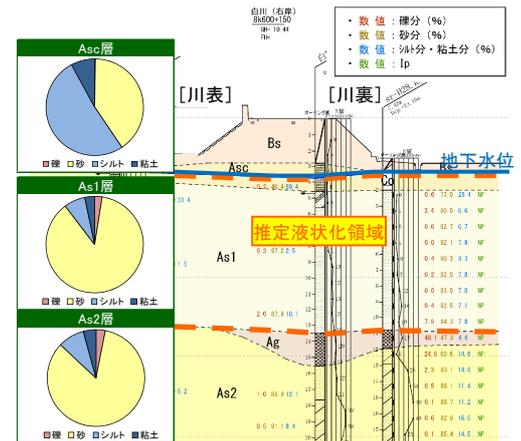


図-2 白川蓮台寺地区ボーリング調査結果

## 3. 堤体開削調査による堤体変状の要因と変状メカニズムの推定

### 3.1 開削調査概要

堤体開削調査は、堤体の構成材料及び築堤履歴、堤体の締固状況、液状化の発生による堤体変形状況の把握を目的とし、開削法面の撮影、スケッチ、現場密度試験、粒度試験等を実施した。



写真-1 緑川積迦堂地区開削法面



写真-2 白川蓮台寺地区開削法面

### 3.2 緑川積迦堂地区

(1) 堤体変状の要因 緑川積迦堂地区で堤体を開削した結果及び築堤履歴より、堤体の下部は直轄改修工事(T14~)以前の人力による締固めが行われていた時代の堤体であり、その上部の天端から川表側にS9年に施工された堤体、堤体上部は本震後に応急復旧で切り返された堤体となっていた。S9年以前の堤体の川表側において幅数cm~30cm程度の多数の砂脈を確認した(図-3)。また、

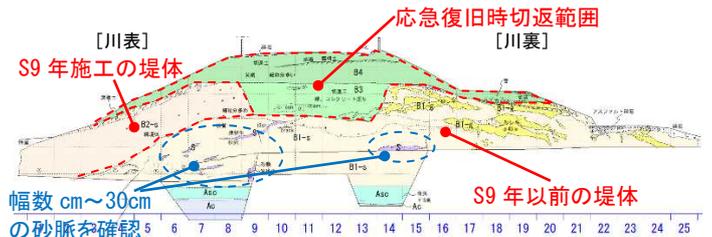


図-3 緑川積迦堂地区開削法面スケッチ図

キーワード 熊本地震、液状化、堤体変状、沖積砂質土、堤体下部、砂脈

連絡先 〒810-0041 福岡県福岡市中央区大名2-4-12 CTI福岡ビル (株)建設技術研究所 九州支社 水工部 TEL 092-714-2211

川表高水敷で噴砂、堤外、堤内法尻部ではらみ出しを確認した。堤体下部の締固度は75.7~78.8%と、地震後に切り返された堤体上部の締固度89.3%と比べ低い値を示しており、この緩みの要因は液状化によるものと推定した。

(2) 変状メカニズムの推定

堤体下部の地下水位以下となっている締固度が低い箇所において液状化を生じたことにより、この液状化領域のせん断強度が低下し、最も荷重がかかっている堤体天端下に位置する液状化した堤体が荷重の小さい堤内側、堤外側に移動、それにより堤体に川表側、川裏側へのストレッチが生じ、堤体の緩み、法尻部のはらみ出し、堤体中央部の沈下、堤体の川表側、川裏側法肩部にオープンクラックが生じたと推定した(図-4)。

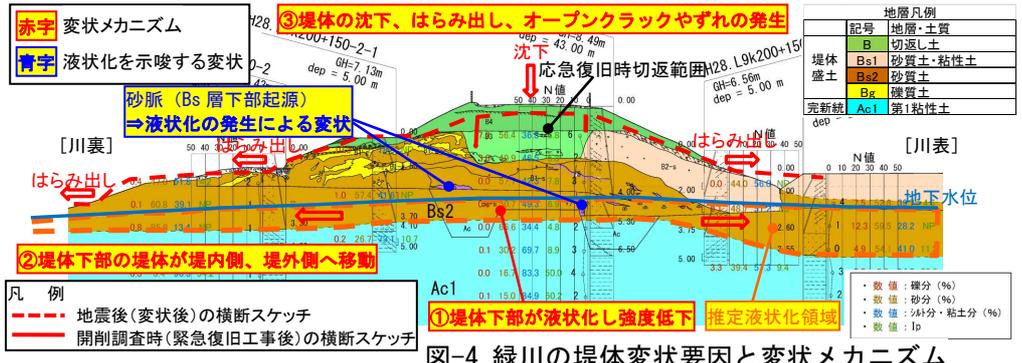


図-4 緑川の堤体変状要因と変状メカニズム

3. 3 白川蓮台寺地区

(1) 堤体変状の要因

白川蓮台寺地区の堤体を開削した結果及び築堤履歴より、堤体上部は直轄改修工事(S31~)としてH4年に築堤された堤体であり、川表側の下部はそれ以前の堤体である。H4年施工の堤体の川表法肩部に大きなクラック、H4年以前の堤体内に砂脈を確認した(図-5)。また、堤内側で確認された噴砂、堤体下部で確認された砂脈の粒度分布は堤体直下の沖積砂質土層の粒度分布とほぼ一致していることより、この沖積砂質土層が液状化したことが堤体変状の要因と推定した。



図-5 白川蓮台寺地区開削法面スケッチ図

(2) 変状メカニズムの推定

堤体直下の沖積砂質土層が液状化したことにより、この液状化領域のせん断強度が低下し、最も荷重がかかっている堤体天端下に位置する液状化した沖積砂質土が荷重の小さい堤内側、堤外側に移動、それにより堤体が沈下するとともに、堤体川表側法肩部にクラックが生じたと推定した(図-6)。

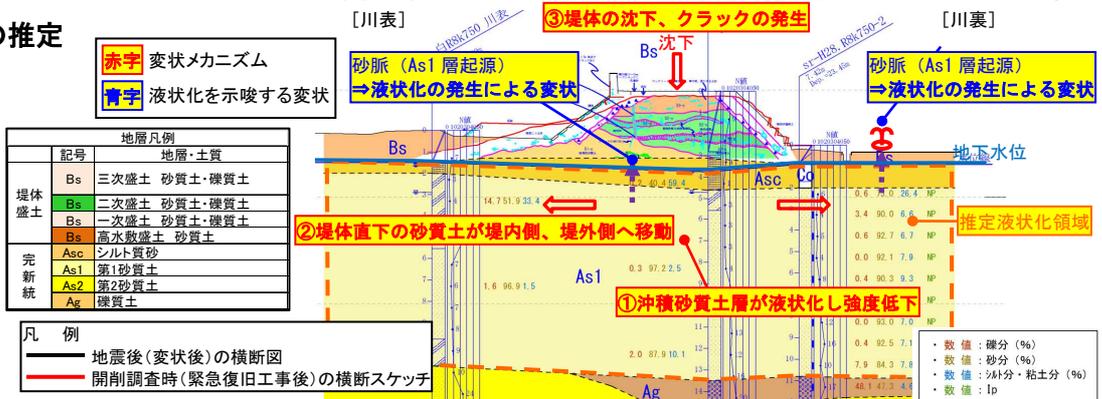


図-6 白川の堤体変状要因と変状メカニズム

4. まとめ

堤体開削調査前にボーリング調査による想定地質図の作成、液状化判定による液状化領域の推測を行った。その推測を踏まえ、堤体開削調査により緑川・白川の堤体においてクラックや液状化の発生を示す砂脈を確認したことで、今次の地震による堤体の変状は、緑川では堤体下部の液状化、白川では堤体直下の沖積砂質土層の液状化によるものであるという推定に到った。また、開削調査実施前に、はらみ出しを生じた箇所では堤体の緩み・堤体機能の低下という推測を行ったが、堤体を開削し面的な調査を実施したことで、推測した堤体内の緩みの状況を確認し、あわせて堤体の詳細な構成(築堤履歴等)、土層のズレを把握することができた。

開削調査より推定した変状要因、変状メカニズムを踏まえ、緑川の本復旧工事では、堤体下部に残る緩んだ層の除去のための堤体の切り返し、地下水位以下はその下位の沖積粘土層までの地盤改良、白川の本復旧工事は、沖積砂質土層の液状化により緩んだ堤体の切り返し、再度災害防止を目的に沖積砂質土層の地盤改良を行うこととした。

参考文献: 1) 河川堤防開削時の調査マニュアル, H23. 3, 国土交通省河川局治水課, 2) 河川堤防における震後対応の手引き(案), H27. 5, 東北地方整備局河川部, 3) 河川構造物の耐震性能照査指針, H28. 3, 国土交通省水管理・国土保全局治水課