

# 河川管理施設の被災事例報告 (桂川高水敷陥没事故)

国土技術政策総合研究所  
河川研究部河川研究室  
主任研究官 堀内輝亮

## 1. はじめに

平成19年7月6日淀川水系桂川で高水敷の陥没事故が発生した。当該地区は、平成9年に高水敷を造成した場所で、京都市が上野橋東詰公園として占用している。今回、人的な被害は幸いにして無かったが、一般の方々が自由に立ち入れる高水敷での陥没事故は、ひとたび間違えば大惨事を引き起こす可能性がある。

このため、現地調査を実施し高水敷陥没の被災原因の究明を行った。高水敷造成は、堤防保護と河川利用を兼ねる有用な方法であることから、今後同様の被災が再度発生しないよう、被災事例として報告を行うものである。

## 2. 被災概要

平成19年7月6日淀川水系桂川の左岸13.8kmで、縦1.4m横1.0m深さ1.0mにわたり高水敷の陥没が発生した。安全確保のため周辺部を立ち入り禁止とした上で、平成19年7月6日鉄筋棒による貫入試験、9日地中レーダによる空洞調査が行われ、結果3箇所で空洞を確認し翌日埋め戻しを実施した。

平成19年7月11日調査範囲を拡大し地中レーダによる空洞調査を実施したところ新たに15箇所で空洞の可能性が示唆された。

このため、平成19年7月17日国総研、土研、淀川河川事務所による試掘調査を実施し高水敷陥没の原因究明を行った。



図 - 1 被災箇所位置図

### 3. 被災箇所概要と工事履歴

当該地区は、河道が右に湾曲している場所で水衝部となっており、従前から護岸前面に根固めブロックが施工されていた。根固めブロックは、河床洗掘の度に幾度と無く施工されており種類も様々で乱積み状態となっていた。平成9年に、水衝部解消を目的に高水敷の造成が行われた。高水敷の造成範囲は、堤脚部から川側に、地表面勾配1/50で幅約40m(根固めブロック前面から幅約23m)上下流方向に約500mである。高水敷造成工事の施工状況は、以下の通りである。

#### 低水護岸兼仮締切の施工

低水護岸兼仮締め切りとして、捨て石(800mm)を天端:2m、川表側勾配1:2.0、川裏側勾配1:1.0で築造し、堤内側には吸い出し防止材を敷設した。高水敷の造成

横断方向に堤脚部から吸い出し防止材までの間の盛土を実施した。造成地は最深部で約4.5mあり、水中部(2.6m)と水上部(1.7m)と根付土表層部(0.2m)の3層になっている。水中部は水替えを行わず押土施工が行われた。水上部も基本的に押土施工であるが、既設堤防の周辺部10m幅と新設捨て石護岸の周辺部10m幅は、敷き均し締め固めが行われた。主な盛土材料は、大津放水路のトンネル工事で発生したズリ材である。

施工上の特質すべき事項は以下の3点である。

- ・ 盛土材料の不足から、造成箇所上流部の砂州を掘削し盛土材料として使用している。材質は河床材料と同等の砂質土で透水係数が高い事が特長である。使用数量は全盛り土材料の約37%を占める。
- ・ 土砂の再利用の観点から、他の箇所の工事で発生した玉石を袋詰めし盛り土材料として使用している。使用数量は32個(1袋あたり1t~1.5t)で、13.9kp付近(上下流延長の中間地点程度)の横断方向に根固めブロック頭部(計画高水敷高-約0.2m)までの高さで積み重ねられている。

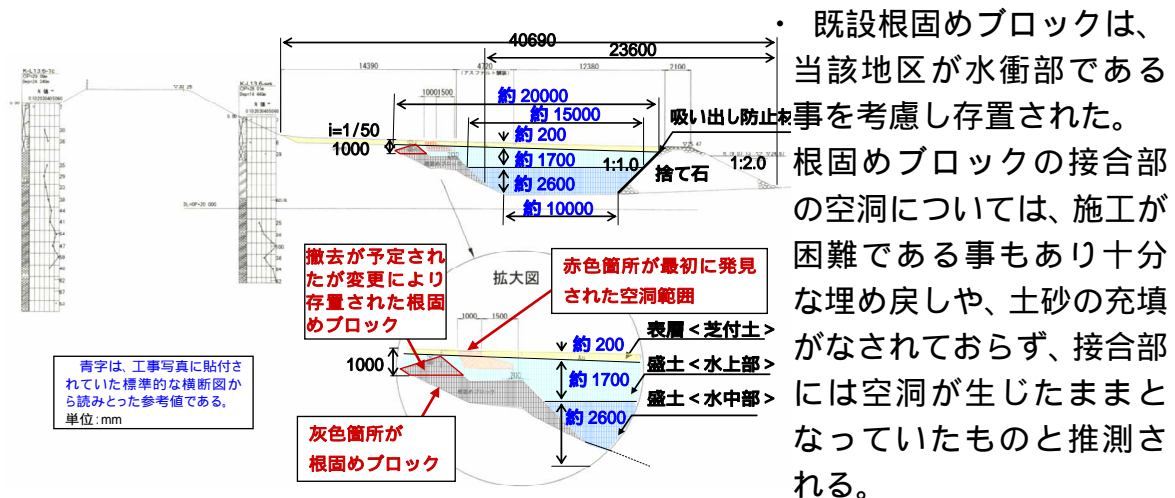


図 - 2 被災箇所断面図

#### 4 被災原因調査

地中レーダによる面的な調査を行った結果、空洞の可能性のある15箇所の部位の内、最大と思われる”J”地点(L13.8kp-126m)について、試掘を実施した。

試掘状況を以下に示す。当該地区の地層は、表層部は芝生のための芝付土(厚さ0.15m)で覆われており、その下に大津放水路で発生した砂分優勢のズリ材が非常に締め固まった状態で厚さ0.45mにわたり存在していた。ズリ層の下端(地表面-0.55m)付近には、根固めブロックの天端が確認された。根固めブロック周辺は、玉石0.05mを含む砂利によって覆われていた。当該地点の地層構造を図-4に示す。

掘削を進めたところ根固めブロック周辺部で開口部0.2mを通じて空洞が確認された。空洞内部には地下水位が確認され、地下水位は河川水位-0.16m、地表面-約1.6mの位置であった。このことから、空洞部内の地下水と河川水は透水係数の大きい砂利層を通じて連動している事が伺える。

その後、開口部の周辺の土砂を除去した所、空洞は縦1.2m、横0.8m、地下水位以下の深さ0.8mである事が判明した(写真-1、図-3)。上記の以外にも周辺部2箇所で、根固めブロックの隙間に鉄の棒や赤白ポールが手の力により貫入できるほどの空隙が生じていることを確認した。

陥没発生日および現地調査日を含む1ヶ月間の水位変動を当該箇所近傍の天竜寺水位観測所、桂雨量観測所より推測する。河川水位は1m程度の幅で昇降しており、根固め内の地下水も同様の幅をもって変動していたと考えられる。

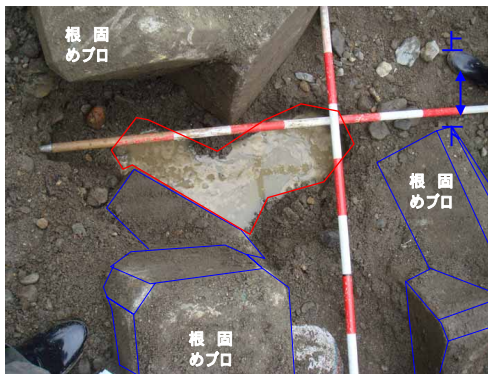


写真 - 1 空洞状況写真

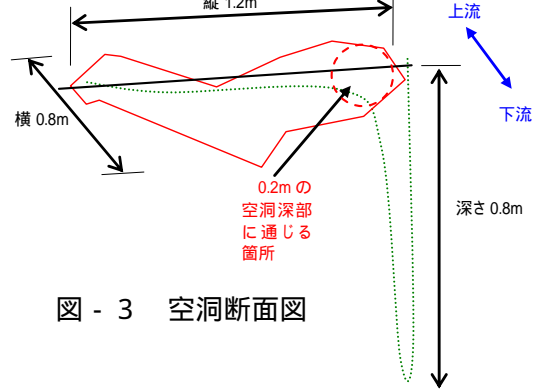


図 - 3 空洞断面図

概念図	No.	地表からの深度	土層または構成材料
	1	地表 ~ -0.15m	芝付土
	2	-0.15m ~ -0.60m	締め固められたズリ層
	参考	-0.55m	川側の根固めブロック天端
	3	-0.60m ~ -1.60m	玉石 0.05m を含む緩い砂利層、根固めブロック (根固めブロック周辺に3つの空洞を確認)
参考	-1.60m	地下水面(.....) (空洞は地下水面-0.8mまで確認)	

図 - 4 地層構造図

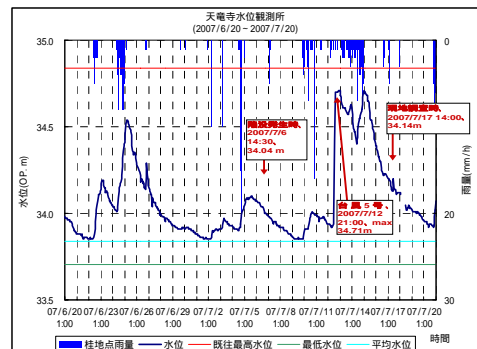


図 - 5 河川水位の状況

## 5. 被災原因

今回の被災原因として考えられる事象の整理を行った。

- 1) 根固めに由来する原因：根固めの空洞に土砂が流出し、高水敷が陥没した（図 - 6 の ）。または、根固の空隙に土砂が流出し、根固めの空隙を縦断方向に土砂が移動し高水敷が陥没した（図 - 6 の ）。
- 2) 高水敷土質に由来する原因：横断方向の透水係数の高い土層から、低水路側へ土砂流出し高水敷が陥没した（図 - 6 の ）。
- 3) 根固めと高水敷土質に由来する原因：根固の空隙に土砂が流出し、横断方向の透水係数の高い土層を経由し、低水路側へ土砂流出し、高水敷が陥没した（図 - 6 の ）。
- 4) 旧低水護岸に由来する原因：旧低水護岸と根固の境に形成された水みちから土砂が流出し、高水敷が陥没した（図 - 6 の ）。
- 5) 堤体に由来する原因：堤体内に発生したパイピングにより、堤内地側に土砂が流出し、高水敷が陥没した（図 - 6 の ）。

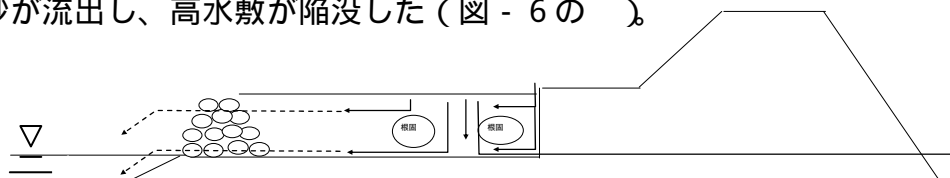


図 - 6 被災要因模式図

現地調査結果より考察すると、低水路への土砂流出は吸い出し防止材が施工されている事、堤防にパイピングが発生した痕跡も無いことから、土砂は高水敷の内部で移動していると考えられる。表層部は、固く締まっている事から横断方向への流れは考えにくく、空洞が根固め部分に集中している事から、根固めが直接的な原因となって陥没が発生したと考えるのが妥当であろう。また、河川水位と高水敷地下水の連動も大きな要因と考えられる。そこで、高水敷陥没の発生シナリオを以下の通り想定した。

( 1 ) 根固めは乱積みで施工された事から、根固めの隙間には、空間が生じていた。( 2 ) 高水敷き造成時に、根固め間の空隙は、土砂の充填がなされないまま、地中に埋められた。( 3 ) 根固めの空隙は、透水性の高い造成材料を通じて河川水とつながる事となり、洪水時の水位上昇下降に伴い、空隙内の水位は上昇下降を繰り返し、空洞上部を浸食。( 4 ) ある一定の浸食量に達した時、空洞上部土層の荷重が周囲との摩擦力を上回り陥没した。

## 6. おわりに

変状が不可視部で発生し、日々の外力により少しずつ進行してくタイプの被災は、どうしても発見が遅れがちとなる。被災を発生させない施設構造とすることはもとより、変状をいち早く発見できる監視体制も重要である。

今回の被災も含め被災事例を収集整理し、情報の共有化を図り安全な河川管理施設の整備・管理に努めてまいりたい。