

# 施工後長期を経た砂防施設に対する施設評価のための調査体系

国土交通省六甲砂防事務所 神野忠広  
国土交通省 近畿地方整備局 木下篤彦  
一般財団法人 砂防フロンティア整備推進機構 ○尾関信幸・星野和彦・大矢幸司・渡邊尚

## 1. はじめに

砂防堰堤を主とする砂防施設は、明治期から大正初期には空石積みを主体とし、大正中期から昭和30年代前半までは粗石コンクリート、昭和30年代後半以降はコンクリートを中心に施工されてきた。

粗石コンクリート構造の堰堤を主とする古い砂防施設は、谷出口や狭窄部など砂防計画重要な位置に立地するものが多く、砂防機能の維持とともに機能向上を求められる施設も多い。しかし、施工時期が技術基準類の制定前で、技術や物資の制約を受けた施設もあり、十分な品質を確保していない材料で施工された施設も想定され、堤体内部状況の確認が求められている。

本研究は、古い施設の被災特性を考察したうえで、六甲砂防事務所管内において実施された砂防堰堤の弾性波探査の測定結果を分析し、砂防堰堤の機能維持・向上を目的として、施工年次に着目し段階的な調査体系について述べる。

## 2. 近年の施工後長期を経た砂防施設の被災事例と構造的な課題

土木研究所(1979,1984)以後、砂防施設の被災事例を総合的に示した調査・研究事例はない。しかし、近年でも施工後長期を経た砂防施設が豪雨等により被災している。

石川県金沢市板屋谷川のNo.2堰堤(昭和8年竣工)は、平成20年7月28日の豪雨で水通し部分を主とする堤体主要部が流出した。この堰堤は水通し部の練石積み・玉石コンクリート部分が削られ、より弱い内部の玉石-敷モルタル部分が露出し、堤体の被災範囲が拡大したとされる(局所的豪雨に対応した新たな河川管理検討委員会砂防部会, 2009)。

昭和中期以前の砂防施設の多くは堤体表面が堅固な石積み、内部に粗石コンクリートが用いられている。粗石コンクリートは時としてコンクリートの充填不足などにより、流水に露出すると被災が容易に進行する状況にある。砂防施設の機能の維持・向上のためには堤体内部の物性を把握し、補強工法を選定することが重要である。しかしながら、石積み砂防施設などは内部材料を外側から観察ができず、他の調査手法による把握が必要となる。また、施設数が非常に多いことを考慮すると、簡易かつ廉価な調査手法が望まれる。

## 3. 六甲砂防事務所の砂防堰堤の施工時期の特徴

六甲砂防事務所(昭和13年に直轄砂防事業着手)では、粗石コンクリート構造とされる施設は108基ある。また、これと別に粗石混合堰堤が4基ある。物資が不足するとされた太平洋戦争中(昭和16年12月~昭和20年8月に施工期間が重複)の施設は40基ある。

これらの施設のなかには保全対象の直上に立地するなど、

砂防上重要な施設もあり、健全性の確認が望まれる。

## 4. 弾性波探査による健全性評価

六甲砂防事務所は31基の砂防堰堤に対して弾性波探査を実施した。内部材料による内訳は、粗石コンクリート22基、粗石混合:3基、コンクリート6基である。弾性波探査は堰堤の天端と下流端付近を結ぶ透過法により、水通部と両袖部の3測線を標準として実施された。一部、未満砂の堰堤に対しては、上流法から堤体を横断する測線で実施された。粗石コンクリートにおける弾性波速度の評価基準は設定されていないが、通常のコンクリートでは、3.6 km/s以上で良好、2.1 km/s未満で不良とされている。測定結果(平均値)について巡視点検結果、施工(着手)年代、施設の材料との比較を行った。

### 4.1. 巡視点検結果との比較

六甲砂防事務所の定期巡視点検は、点検員の目視により、異常の大きな方から、A、B、C、“判定無し”の4段階区分で評価している。“判定無し”は異常なしであり、外観からは健全とされる施設である。弾性波速度(3測線の平均値)と巡視点検結果の比較を図1に示す。

同図では、B判定に比べて、C判定、“判定無し”で弾性波速度の範囲が広がっている。特に“判定無し”とされる施設で1.3 km/sの低い施設があり、外観の状況から内部材料の状況把握が困難であることを示している。

### 4.2. 施工年代・施設材料との比較

砂防施設の施工年代・施設材料と弾性波速度との関係を図2に示す。

1970年以降のコンクリート堰堤はいずれも3.0 km/s以上あり、ほぼ問題ない。戦前の粗石コンクリート施設も同様に3.0 km/s以上ある。

物資の極端な不足が生じたとされる太平洋戦争中の粗石コンクリート施設で1.3 km/sの施設をはじめ、2.5 km/s未満の低いものがみられた。戦後混乱期(GHQによる占領期:1952年まで)でも2.1 km/sなど、低い施設がある。

弾性波探査の結果からは、六甲砂防事務所の戦前の粗石コンクリート堰堤は人力主体で施工されたが、1970年代以降のコンクリート堰堤と遜色ない測定値が得られ、先人達が適切な施工を行ったことが伺われる。

太平洋戦争中や戦後混乱期でも、例えば石積み堰堤は積み石間の間隙が少なくなるよう石材を加工し、非常に丁寧に施工されている。しかし、なかには弾性波速度の低い施設もあり、物資等の制約を受けたことが想定される。

### 4.3. 粗石混合堰堤における測線別の考察

粗石混合堰堤は、太平洋戦争中、戦後混乱期に六甲砂防

事務所で4基のみ造られたもので、六甲砂防事務所職員OBのヒアリングによると、水抜き穴の部分をはじめ数カ所でコンクリートの隔壁を造り、その間に粗石を充填し、堤体の強度確保を図ったとされる。図4にその構造図を示す。

粗石混合堰堤の1つについて測線別の弾性波速度を図3に示す。この堰堤では両袖部において、袖天端から下流法下限での測線以外に堤体上流法との測線を設定した。

水通し部は下流法表面付近と天端上流端の測線ではほぼ同じ測定値となっている。これに対して両袖部では、天端部

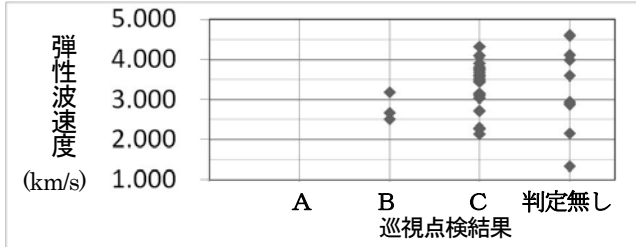


図1 巡視点検結果と弾性波速度の関係

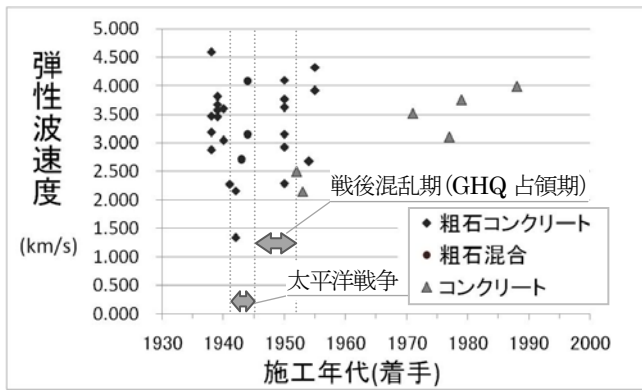


図2 施工年代と施設の材料、弾性波速度の関係

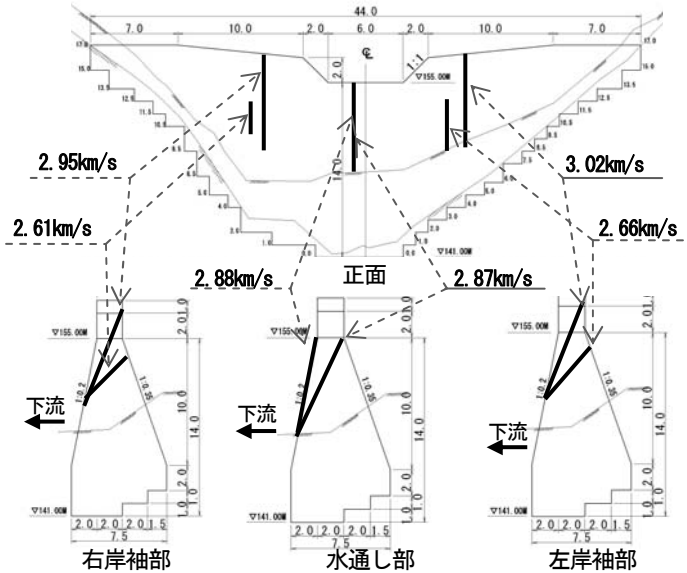


図3 粗石混合堰堤の測線別弾性波速度（事例）

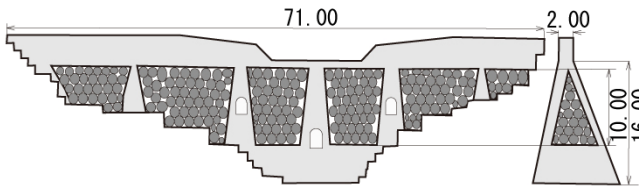


図4 粗石混合堰堤の構造図（図面が残る施設の事例）

に対してより堤体内部を通過する上流法の測線で遅くなっている。水通し部測線では、粗石充填部分を通過したとは判断できないが、両袖部の測線は粗石充填部分を通過した可能性が考えられる。水通し部の測線は水抜き穴の近くであり、この証言と符合している。

### 5. 弾性波探査を位置づけた施設評価のための調査体系

これまで弾性波速度の調査結果を施設の評価・管理に活かす提案が行われている（例えば、山中, 2011）。しかし、多数の施設を所管する機関では、全ての施設を測定することは困難である。

今回、特定の施工時期（太平洋戦争・戦後混乱期）において低速度の施設が認められ、施工時期による調査対象施設の抽出や優先度設定は有意義であると考えられる。また、施設の健全性をチェックするにあたっては、砂防上の重要性（立地条件・機能向上の必要性）に関する視点も重要である。このため、多数の砂防施設を所管する機関としては、施工時期と砂防上の重要性によって弾性波探査の測定施設として優先順位をつけ、そこで問題とされた施設をより詳細な調査段階に進めることが有効と考える（図5）。

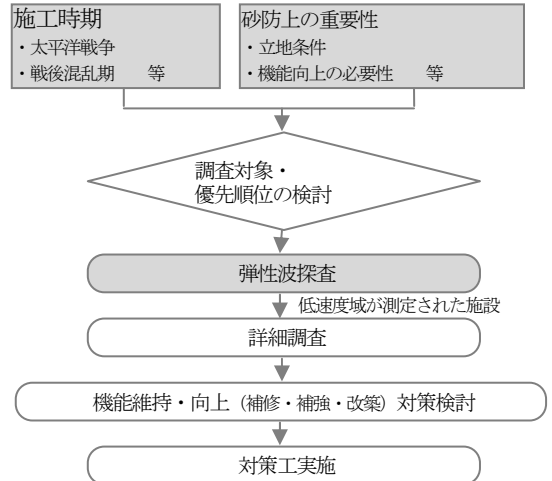


図5 施設評価のための調査体系（提案）

### 6. おわりに

六甲砂防事務所の砂防施設の弾性波探査測定値を比較検討し、古い施設でも戦前の施設は良好な数値が得られ、先人達の偉業を再認識させられた。しかし物資が不足する時期には丁寧に施工された施設であっても低い数値の施設を認めた。ここから、多数の施設のなかから効率的に機能維持、向上のための調査の体系化について議論した。

今後、施設の改築などに伴う要求性能に応じた閾値を設定するなど、運用に向けた考察を進めていきたい。

### 参考文献

建設省土木研究所砂防研究室 (1979): 砂防ダムの災害実態調査。土研資料第No, 1514  
 建設省土木研究所砂防研究室 (1987): 砂防ダムの災害実態調査(2)。土研資料第No, 5878  
 局所的豪雨に対応した新たな河川管理検討委員会砂防部会 (2009): No. 2 砂防えん堤の被災過程の検討。浅野川上流域の土砂災害報告書, 12-15  
 山中僚(2011): 非破壊調査による既設砂防堰堤の健全度評価。砂防学会誌, Vol. 63, No. 5, p. 73-77