

# 「世界文化遺産・宮島」における 災害関連緊急砂防工事

金子 弘 幸

この工事は、日本三景の1つである安芸の宮島の島内を流れる白糸川において、平成17年9月の台風14号に伴う豪雨により発生した土石流災害の災害関連緊急砂防事業である。

施工場所は、自然公園法に基づく瀬戸内海国立公園特別保護地域、文化財保護法に基づく特別史跡・特別名勝厳島、さらに国の天然記念物である「彌山原始林」といった法の保護のもとに「世界文化遺産」にも登録されている特殊な場所に位置している。このことから仮設道路が設置できず、資機材の運搬は、モノレール、ヘリコプターによって行った。また本堤の施工においては、工期短縮、掘削残土の有効利用、環境負荷の低減を図るため、本堤の内部材を砂防ソイルセメントを使用して盛立てを行った。このような特殊な環境の中での施工について報告する。

キーワード：災害関連緊急砂防工事、世界文化遺産、資機材運搬、工期短縮、環境負荷の低減

## 1. 土石流災害

平成17年9月6日の台風14号の接近により、宮島では連続雨量237mm、最大時間雨量33mm/hrを記録した。それに伴い発生した土石流が、白糸川を通り家屋一部損壊9戸、床上浸水11戸、床下浸水3戸という被害をもたらした。土石流の発生源である白糸川源頭部の崩壊箇所は幅30m、長さ90mの扇状の形をしており、崩壊土量は約1万8千 $m^3$ にまで達した。この源頭部にはまだ巨石が露出しており、斜面の途中

にも不安定土砂が堆積しているため、大雨等により、いつ土石流が発生してもおかしくない状況であった(写真1～3)。

このような状況下での災害復旧方法を以下に述べる。

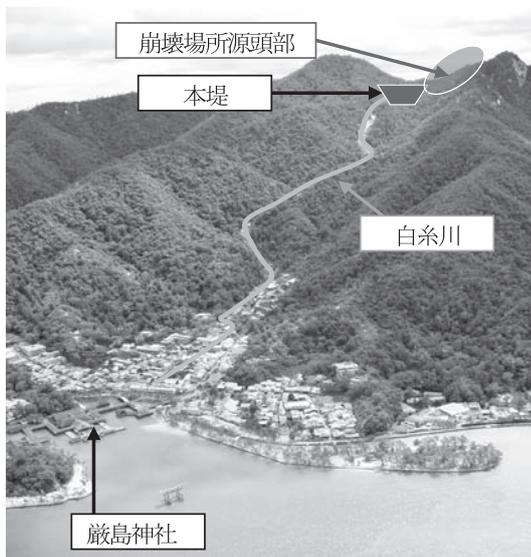


写真1 土石流流出ルート



写真2 本堤施工箇所



写真3 被災状況 (大聖院上部)

## 2. 工事概要

工事概要：砂防指定地内河川白糸川災害関連緊急砂防工事

工事場所：広島県廿日市市宮島滝町（1工区）

発注者：広島県

工期：自）平成18年3月21日  
至）平成19年3月30日

工事数量：砂防堰堤…1基

本堤（H = 7.5 m, L = 43.0 m, V = 1,821 m<sup>3</sup>）

垂直壁（H = 4.72 m, L = 20.0 m, V = 111.8 m<sup>3</sup>）

側壁（V = 157.5 m<sup>3</sup>）

水叩き（V = 104.1 m<sup>3</sup>）

付替え登山道…L = 198.6 m

修景工……………一式

本堤の側面図を図-1に示す。

900 m, 運搬期間8ヶ月という条件で、コンクリート材料（大型土のうで運搬1t/袋）、鋼材等常時3t（台車1両1t積を3両連結で運搬）を積載し、最大斜度16°の急勾配に耐えられる機種を選定することであった。耐久性を重視して選定したが、繰り返しの走行でレール上部がすり減り、工事途中でのレール交換という想定外の問題も発生した。また、ルート選定にあたっては、登山道を利用し、草木の伐採を行わないよう自然保護に配慮した。そのため、モノレールの走行に障害となる枝葉についても、紐で束ねる等の工夫をした（写真-4）。



写真-4 モノレール（3t積）

次にヘリコプターによる運搬であるが、モノレールで運搬できない長尺物、重量が1t積台車を超える資機材運搬にヘリコプターを使用した。ここで問題となったのは、民間ヘリコプターでの最大運搬重量は、3.5tのため、コンクリートミキサー、濁水プラントのような最小に分割しても5t近くある機材は運搬できないということである。そのため、自衛隊の所有する大型ヘリコプターによる輸送支援を、広島県が国土交

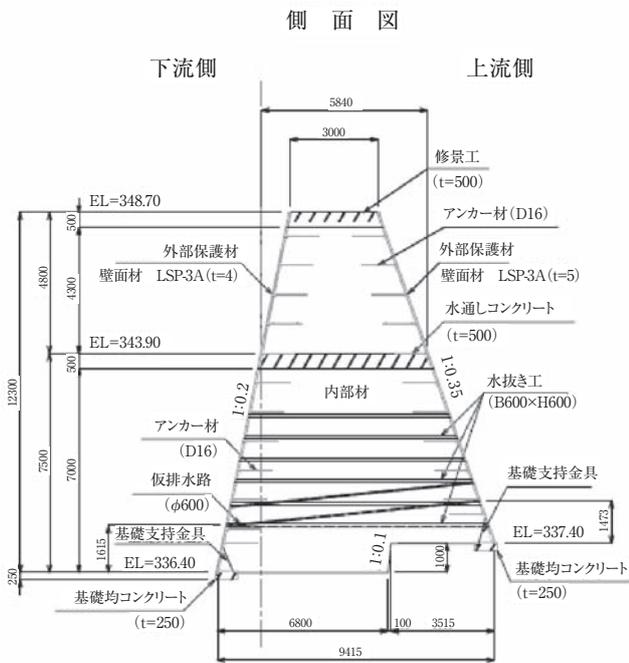


図-1 本堤側面図

## 3. 資機材運搬

資機材の運搬は、文化材保護法等の制約により施工場所までの仮設道路が設置できないため、モノレール（3t積）とヘリコプターを使用した。本堤の掘削作業機械、コンクリートプラント、仮設構台組立機械等は、モノレール及びヘリコプターで運搬できる重量、形状にして搬入しなければならないため、詳細な打合せを実施した。

まず、モノレールによる運搬であるが、モノレールの能力選定の中で特に考慮した点は、設置延長



写真-5 自衛隊による輸送

通省を通じ防衛省に依頼した。輸送支援に先立ち、運搬機材の荷造り方法やヘリの飛行経路、現場の状況等の様々な調整に3ヶ月を要したが、平成18年6月27日に無事に機材を設置箇所に搬入することができた（写真-5）。

このヘリコプターによる輸送で留意したことは、猛禽類であるミサゴの巣に対して、影響を及ぼさないように迂回ルートを選定したことである。また、落下物が無いように入念な資機材の荷造りを行う等、二重三重の対策も実施した。

#### 4. 本堤の施工

土石流対策として、白糸川に1号堰堤、大聖院の上流に2号堰堤を設置する計画である。1号堰堤は、厳島の景観に配慮し、宮島栈橋、宮島航路の船上からは、見えないように計画された。また、堰堤本体についても、以下のように景観に配慮した施工方法となった。

砂防堰堤の表面は、コンクリート、鋼材の露出を抑え、現地で採取した石を張る方法とした。植生については、移植による再利用を基本とし、登山道に敷く石畳も、1号堰堤により埋没する「女郎道」を移設して施工する等、現地発生材料を有効利用する方法を多く採用した。

当初、1号堰堤は、コンクリート堰堤の設計であったが、工期短縮、コスト削減、環境負荷の低減を図るため、現地で採取した土砂を利用し、セメントと混合した砂防ソイルセメントを堰堤の内部材として使用し盛り立てを行うINSEM (IN-situ Stabilized Excavation Materials) 工法に変更となった。

以下に、INSEMの施工方法と修景工について報告する。

##### (1) INSEM 工法とは

砂防ソイルセメントを活用した工法の一つで、バックホウを使用して、現地発生土とセメント材を混合攪拌機内で混合攪拌しINSEM材を作成する（写真-6）。INSEM材は堤体へ運搬後、小型のバックホウと振動ローラーを使用し、敷均しと転圧を繰り返して堰堤を盛り立てる工法である（写真-7）。

##### (2) INSEM 工法の特徴

- (a) INSEM 工法は堰堤掘削の際に発生した掘削残土（現地発生土）を有効利用することができる。現地発生土を有効利用することにより残土処分量の低減・コストの削減及び環境負荷の低減にも繋がる工法である。

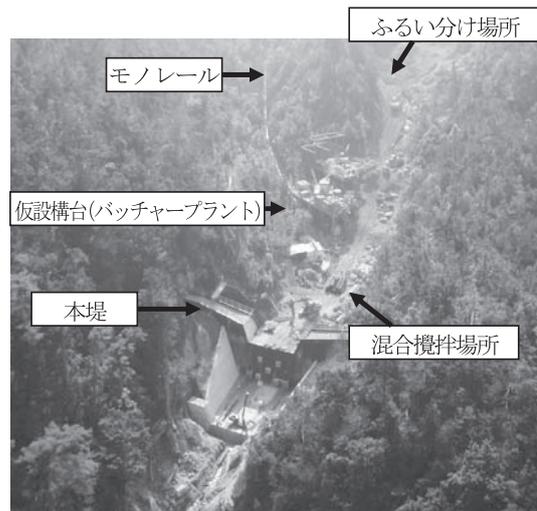


写真-6 施工ヤード全景



写真-7 施工状況

- (b) INSEM工法は現地発生土を有効利用するため、コンクリート堰堤の材料であるセメント・粗骨材・細骨材の材料運搬を低減することができる。このことによりコストの削減及び工期の短縮に繋がる。
- (c) INSEM工法は連続施工が可能であることからコンクリート堰堤に比べて工程を短縮することができる。

##### (3) INSEM 工法の配合

INSEM工法の施工にあたり、現場発生土の適正を確認するため現場発生土を採取し配合試験、六価クロム溶出試験を行った。配合上求められる条件として、配合強度 $\sigma_{28} = 4.5 \text{ N/mm}^2$ 、単位体積重量 $= 2.1 \text{ t/m}^3$ を確保することであった。また含水比は現地発生土の「突き固めによる土の締固め試験」で得られた最大乾燥密度に対して、95%以上の密度を与える含水比で設定し、10%（乾燥）、14%（最適）、18%（湿潤）を選定した。セメントの種類、セメント量については、六価クロムが不検出であったため、高炉B種とし、

単位セメント量は 150 kg/m<sup>3</sup>, 200 kg/m<sup>3</sup>, 250 kg/m<sup>3</sup> について試験を行った。

試験の結果強度について、含水比が乾燥側に近づく場合は急激に強度が低下し、湿潤側に近づく場合は強度低下が小さいという結果が得られた。各含水比での配合強度 = 4.5 N/mm<sup>2</sup> を確保する単位セメント量は、10%⇒約 160 kg/m<sup>3</sup>(図-2) 14%⇒130 kg/m<sup>3</sup>(図-3) 18%⇒160 kg/m<sup>3</sup>(図-4) であった。

密度については、単位セメント量の影響を殆ど受けず、含水比の変化に左右され、強度と同様に乾燥側で急激に密度が低下した。このため、含水比は所要密度 2.1 t/m<sup>3</sup> を確実に確保できる 12% から 18% とし、単位セメント量についてはこの含水比幅の中で、所要強度を確保可能な最大量である 160 kg/m<sup>3</sup> とした(図-5)。

高炉B まさ土

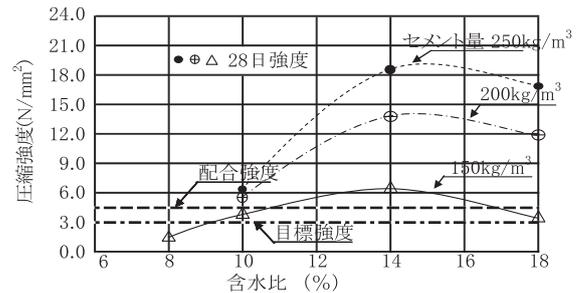


図-5

以上より、単位セメント量は、普通コンクリートの 2/3 程度まで低減することができた。

(4) 施工方法

施工場所は狭小で、資材置場、運搬路等の仮設ヤードも河川内に設置しなければならず、河川内に暗渠排水管(φ 600 × 2 系統)を配置し、その上にあふり分けした材料置場や攪拌場所、セメント置場等を工夫して配置した。

掘削した土砂は、80 mm 以下と礫材とにあふり分け、80 mm 以下は、セメントと攪拌する骨材に利用し、礫及び岩は、修景工に利用した。

ふるい分けした材料とセメントを攪拌機内でセメント 1 t に対して土砂 6.25 m<sup>3</sup> を投入してバックホウにて混合した。品質を確保する方法として、含水比の測定から加水量を決め、最適含水比の状態にして堤体へ運搬し、敷均し転圧を行った。

堤体の外側は、外部保護材として軽量鋼矢板に腹起し材及びアンカー材を使用して、人力で組立可能な加工を施し、設置した。

INSEM 工法は、各層連続施工が可能のため、コンクリート堰堤より急速施工が可能であり、また骨材の搬入量の大幅な軽減、コスト削減ができかつ大幅な地形改変を行うことなく施工できた。

(5) 修景工

堰堤の表面は、コンクリート、鋼材等を露出させずに、現地発生石材を使用する石張の方法が採用された(写真-8)。

石材は、島外からの持ち込みが禁止されていたため、石材の確保には苦勞を要した。流出土砂、掘削土砂、堤体基礎部の岩掘削から採取した掘削土から、土砂と石材にあふり分けることにより、その確保に努め、最終的には、現地発生材利用率 100% を実現することができた。

高炉B まさ土(含水比10%:乾燥側)

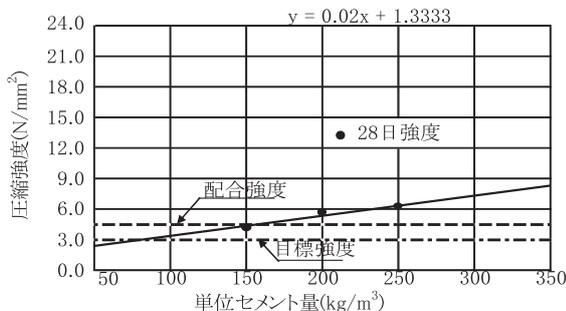


図-2

高炉B まさ土(含水比14%:最適)

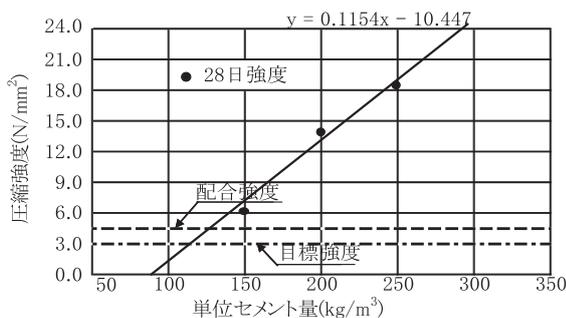


図-3

高炉B まさ土(含水比18%:湿潤側)

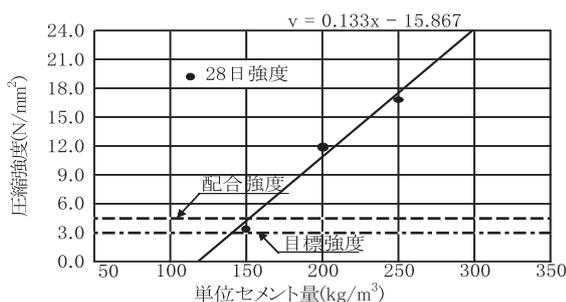


図-4



写真—8 堰堤完了全景

### (6) 登山道

1号堰堤の完成により、水没する登山道の一部を堰堤脇に沿って付替えるものである。

登山道の一部に石畳が広がる場所があり、この石畳は、宮島内外の遊郭の遊女が寄進して作られたと云われており、「遊女の石畳」や「女郎道」と呼ばれている。

そのため、新たに設置する登山道へ移設することにより史跡保存にも配慮した形としており、石に番号を書き、慎重に組み合わせ石畳を完成させた(写真—9)。



写真—9 登山道

## 5. まとめ

いつ土石流が発生してもおかしくない状況の中、一刻も早く下流域の安全・安心を確保するため、早期復旧に全力を挙げ、無事完成することができた(写真—10)。



写真—10 完成写真

前述したように、国の天然記念物である「彌山原始林」内で行った工事中の自然への配慮、自然公園法、文化財保護法等に基づく規制の中での施工は、周辺的环境や景観にも十分配慮した計画となっており、自然保護の大切さを強く実感した工事であった。

それと同時に「世界遺産の中で工事を無事に完成させた」という強い誇りも生まれた工事であった。

JCMA

#### 【筆者紹介】

金子 弘幸 (かねこ ひろゆき)  
大豊建設株  
東京支店 直江津作業所  
所長

