

木材チップを緩衝材に用いた 落石防護工の施工について

黒田 剛史¹

¹島根県 雲南県土整備事務所 (〒699-1396 雲南市木次町里方531-1)



全国各地で発生し増加の一途をたどる「ゲリラ豪雨」。近年では、平成21年7月山口県防府市や平成22年7月広島県庄原市で発生したゲリラ豪雨による災害は幾度となく報道がなされ、誰の記憶にも新しいところだと思います。

このゲリラ豪雨による災害が、平成19年8月末に島根県隠岐郡隠岐の島町において発生しており、被災金額約60億円、被災箇所約300箇所という未曾有の災害を記録しました。この多くの災害のうち、主要地方道西郷都万郡線（サイゴウツマコサセン）で行った道路災害復旧工事の施工事例について紹介します。

キーワード 離島、被災の産物、リサイクル、コスト縮減

1. はじめに

島根県隠岐郡隠岐の島町は、島根半島の北東約 80km の海上に位置しており、隠岐の島町の西北約 157km には領土問題で揺れる竹島があります。

この隠岐の島町はほぼ円形に近い火山島で、周囲の海岸全域は、大山隠岐国立公園に指定され、雄大な海洋風景や急峻な山並みなどが風光明媚な景観を醸し出しています。また、周囲を海に囲まれていることから釣り客が多く、釣り番組の撮影も行われるなど、良好なフィッシングポイントが多数存在し、釣り好きには最高の島と位置づけられています。

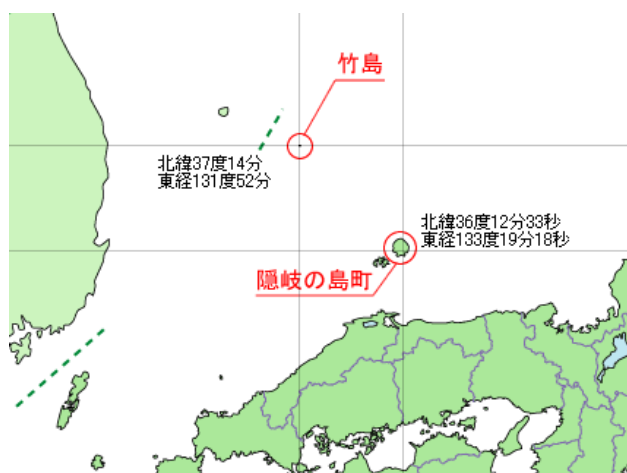


図-1 位置図



図-2 管内図

被災した西郷都万郡線は、隠岐の島町の西側海岸線を通る道路であり、通勤通学はもとより島内の観光ルートとして利用されている重要な路線（路線延長 35km）です。

被災箇所は図-2 に示しているとおおり、隠岐の島町の南西に位置しています。

2. 被災状況について

(1) 島内被災状況

平成19年8月29日から日雨量100mmを超える雨が降り続いていましたが、8月31日の未明に突然の猛烈な雷雨と暴風に見舞われ、最大時間雨量131mm、日雨量153mmという記録的な雨量を観測しました。この時には、水防当番で事務所に待機しており、雨雲の動きを気象レーダーで確認をしていたため、事前に大雨が降るであろうことは想像出来ていましたが、これほどの甚大な被害を受けることは想定外の出来事でした。

隠岐の島町では、過去にこのような非常に短時間での集中豪雨を受けたことがなかったため、道路が完全にえぐられている状況（写真-1）や土砂・立木が大量に流れ出し、島内各地で道路通行不能箇所が発生するなど（写真-2,3）島民の生活を麻痺させることとなりました。



写真-1 被災状況1



写真-2 被災状況2



写真-3 被災状況3

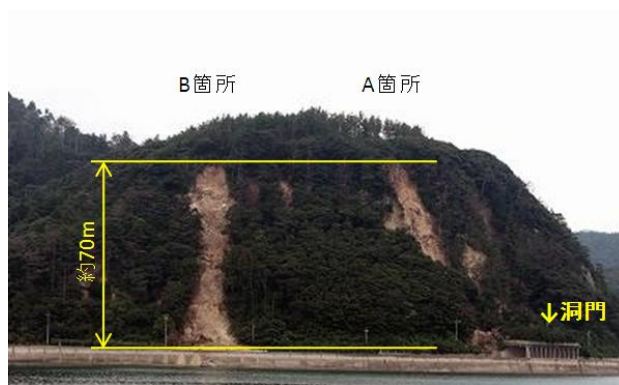


写真-4 被災状況（事例箇所）

(2) 事例箇所被災状況

事例箇所の被災状況は、直高約80mの急峻な斜面が続く箇所、直高約70m上方から2箇所の法面崩壊が発生しました。（写真-4）この崩落により道路に流出した土砂及び立木は応急工事で撤去しましたが、朝の数時間は道路を寸断することとなりました。

この災害復旧工事の概要は下記のとおりです。

- ・工事名 道路災害復旧工事（19災318号）
- ・工事箇所 隠岐郡隠岐の島町都万地内
- ・工事期間 平成20年4月23日～平成20年11月28日
- ・工事延長 L=131m
- ・主要構造物 RCF工法 L=61m
※高エネルギー吸収落石防護柵
SPC工法 L=50m
※スラブ・バケット・プレキャストコンクリート・ウォール工法
- ・総事業費 約1.2億円

3. 対策工法

対策工法として、

- ① 洞門工 (ロックシェッド)
- ② 落石防護柵工 (ロックキーパー)
- ③ RCF工法
- ④ SPC工法
- ⑤ 切土 (ロックライミング工法) + 法枠工
- ⑥ 法枠工+アンカー工

などの工法検討を行いました。長大斜面であることや、施工スペース及び全面通行止め不可などの制約から落石を構造物背後の落石スペースで待ち受ける③、④の落石対策工法を採用しました。なお、背後スペースの幅により工法の使い分けをしています。

(1) SPC工法 (A箇所)

法面・歩道間にスペースを確保出来ること及び既設洞門背後についても対策が必要だったため、全面に組立式擁壁パネルを設置し、その背面に気泡混合モルタルと緩衝材(砂)を使用した構造物を構築して、路面と既設洞門への落石を防止するSPC工法を採用し、復旧を行いました。

SPC工法とは、打設時の気泡混合モルタル圧とプレキャストコンクリート版の転倒を併せた力に対する抵抗力を、プレキャストコンクリート版内部を通る2本のPC鋼材による緊張力で受け持たせる工法です。

(図-3参照)

(2) RCF工法 (B箇所)

SPC工法を採用した箇所と比べて、法面・歩道間のスペースが狭かったため、前面に防護柵を設け、その背後に緩衝材(砂)を敷設して、緩衝材→防護柵で落石エネルギーを吸収し、路面への落石を防止するRCF工法を採用し、復旧を行いました。

RCF工法とは、防護柵背面に平場(緩衝材スペース)を設け、落石を一度緩衝材範囲内でリバウンドさせることにより、落石エネルギーを吸収させる工法であり、リバウンド後に防護柵へ衝突した場合についても、緩衝効果を得られる緩衝金具を横ワイヤーに取り付けているため、落石エネルギーを各部材に分散させることが出来る工法です。

(図-4参照)

SPC工法標準断面図

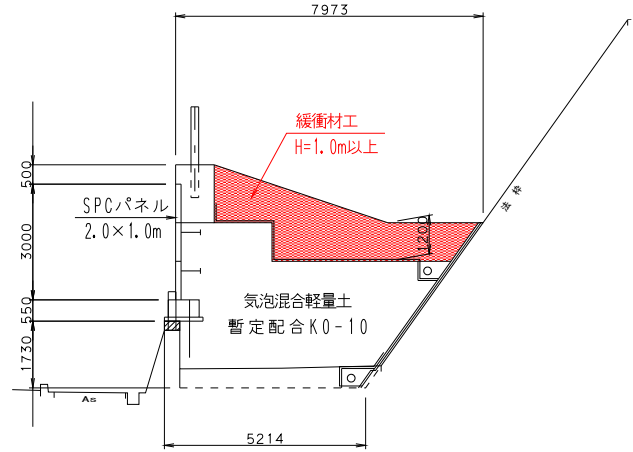


図-3 SPC工法

高エネルギー吸収落石防護柵標準断面図

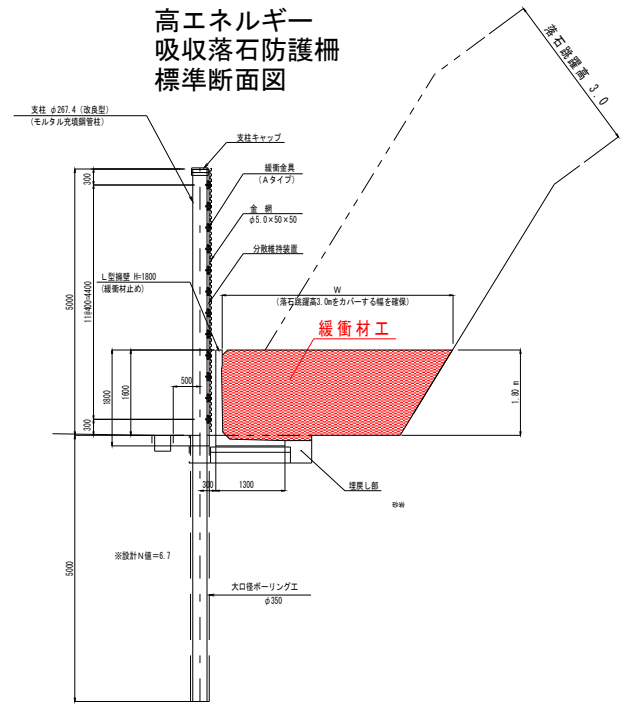


図-4 RCF工法

4. 地域事情による資材選定

図-3、4の網掛け部分は落石エネルギーを吸収させるスペースに設置する緩衝材です。この緩衝材は通常ですとサンドマット(砂)を使用しますが、この隠岐の島町では砂の採取、生産を行っていないため、本土から海上輸送しなければならないという離島ならではの事情がありました。ちなみに海上輸送を行った場合、陸上輸送50km+海上輸送100kmとなり、砂の単価は本土の単価と比べ約2,400円/m³の単価差となります。

そこで、この被災により島内全域で大量の立木が流出している状況を嫌というほど見てきたことや、島内にある2箇所の木材最終処分場では、持ち込まれた立木を全てチップ化しても離島という環境から、継続した需要がなく持ち込まれた木材やチップ材が大量に余っているという状況を聞いていたことから、私はこのチップ材が緩衝材に使用するサンドマットの代わりになれば、僅かではあれ『島内で発生した資材を有効活用（リサイクル）』出来るのではないかと考えました。

5. チップ材に関する検討

チップ材の検討を行うに先立ち、2点について確認を行いました。

1点目は「チップ材を敷設した後に降雨などにより水分を含んだ場合、悪臭がしないだろうか?」という不安があったため、チップ化施設やチップ材敷設実績箇所を確認を行いました。悪臭は確認されませんでした。ちなみに、チップ化施設によると悪臭はチップ材を堆肥化する過程において添加物を混合するがその際に悪臭が発生するとのことでした。

2点目は「施工箇所が海岸沿いであり、強風によってチップ材が飛散するのではないだろうか?」という不安があったため、海が一望出来る高台に位置する隠岐空港の敷地内にあるチップ材敷設実績箇所を確認を行いました。風通しも良く、うってつけの場所での確認でしたが、問題になるような飛散はありませんでした。

その後、チップ材が砂と同等の効果を得ることが出来るのかを検証するため、鉄球（6.2kg）を落下させ衝撃力を計測する実験と、チップ材は経年により厚さが薄くなっていくことから、経年変化に関する検討を行いました。

(1) 鉄球落下による衝撃力実験

下記5パターンの地盤を形成し、そこへ向けて5m上方から鉄球を落下させ、衝撃力の計測を行いました。

(図-5, 写真-5)

- a) 現地盤
- b) 砂 t=50cm
- c) 新チップ t=50cm
- d) 古チップ (3年経過) t=50cm
- e) 新チップ t=30cm

※衝撃力は、弾性波探査機の計測ピックを設置し、測定を行っています。

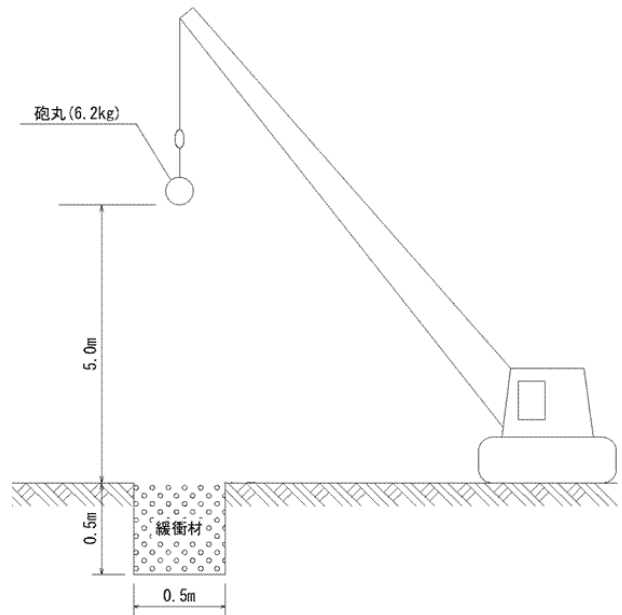


図-5

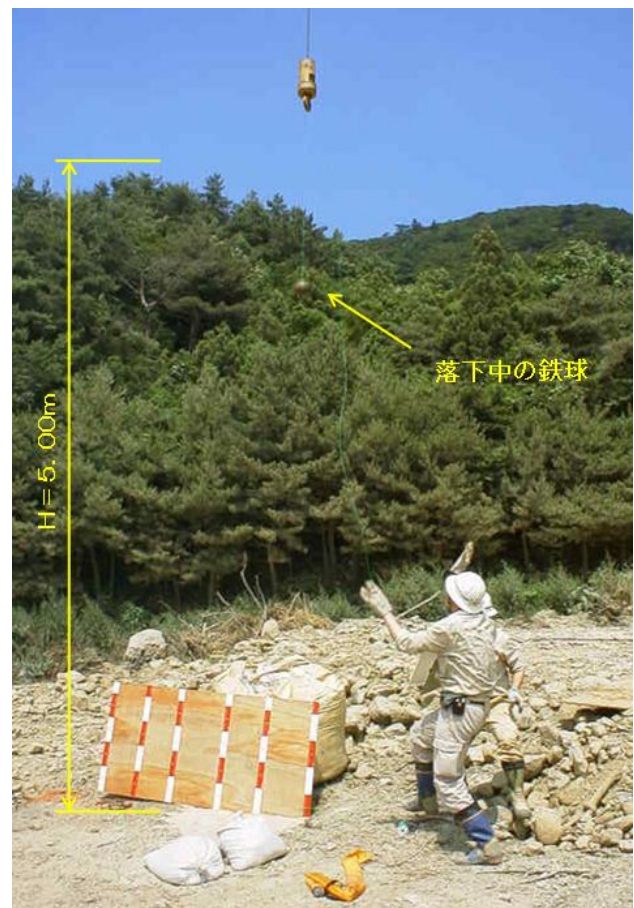


写真-5

この実験から以下のことが判明しました。

(図-6参照)

- ① 現地盤に比べて砂・チップともに緩衝効果大きい。
※落下の際、現地盤のみ鉄球がリバウンドしたが砂とチップは「ズボッ」という音を残しながら地中に埋まっており、このことから砂・チップともに緩衝効果が大きいことが分かります。
- ② チップは砂よりも緩衝効果が高い。
- ③ 新チップ50cmと古チップ50cmを比べると、緩衝効果にほとんど差が見られない。

※③については、次のようなメカニズムによると考えられます。(図-7参照)

【新チップ：材質は固く衝撃力を伝達しやすいが、空隙が多いため緩衝効果もある】

【古チップ：材質が柔らかくなり緩衝効果は上がるが、空隙が減り緩衝効果が低下する】

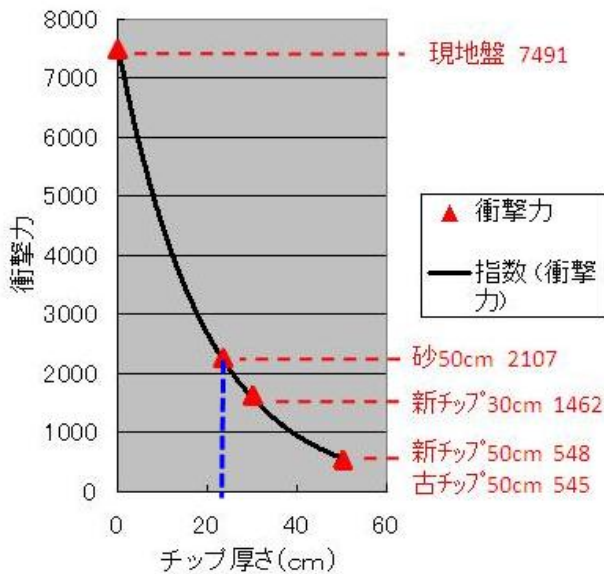


図-6

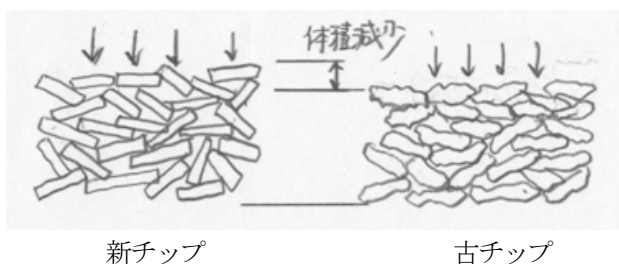


図-7

このグラフ(図-6参照)から、チップの厚さと衝撃力の関係が分かり、この関係から砂の衝撃力2107になるチップの厚さを算定すると $t=24.6\text{cm}$ となり、チップ24.6cmが砂50cmの衝撃力になることが判明しました。

(2) チップ厚さの経年変化

先にも記載をしていますが、チップ材は時間が経過すると薄くなっていきますので、過去のチップ材使用箇所の実績を基に、チップ材50cmが24.6cmになる期間の算定を行いました。

3年前にマルチングを行った施工実績箇所があったことから、計測を行ったところ敷設時厚さ25cmのチップ材が3年後には24cmであることが分かりました。

これにより、チップ厚さの経年変化は3年間で25cm→24cmとなり、毎年ある比率でチップ厚さが変化すると仮定し、チップ50cmが24.6cmになる期間を算定すると43.4年であることが導き出されました。

6. チップ材敷設厚さの決定

実験及び検討結果から、砂よりもチップ材がより緩衝効果を得ることが分かりましたが、チップ材の敷設厚さを決定する必要があります。

そこでまずチップ材が砂と同等の緩衝効果を得られる期間を決めることとしました。このチップ材はコンクリート構造物ではありませんが、災害復旧工事において施工する一般土木構造物であることから、税制上の一般土木構造物の耐用年数にも取り決められている50年という期間を耐用年数としました。

ここで実験結果からチップ50cmが24.6cmになる期間は43.4年でしたので、50年を満足するチップ厚さの算定を行いました。この結果、チップの厚さが60cmになった場合に50年を満足することとなったため、チップ材の厚さは設計の1.2倍($60\text{cm} \div 50\text{cm}$)の敷設をすることと決定しました。

7. チップ材を使用した成果

緩衝材資材をチップに変更したことにより次の3点について成果が得られました。

- ① 島内で発生した資材を有効に利用出来たことによりリサイクル出来た。
- ② 離島という事情から砂の単価が割高であったが、使用資材をチップに変更したことにより約6,000千円のコストダウンが図れた。
- ③ チップは砂に比べて軽量であるため、設置作業が容易に出来た。



写真-6 完成写真

8. 災害復旧工事完了！

工事は平成20年4月～12月にかけて実施し、写真6,7,8,9のとおり、無事に竣工しております。

余談ですが、本来であれば平成19年度中に早期復旧を図るところですが、離島であるため施工業者数に限りがあることと、被災直後から仮設防護柵設置を行って交通解放をしており、発注時期を調整したために平成20年度の完了となっています。

謝辞：最後に、災害発生から災害復旧工事完了まで、ご指導ご支援を頂きました国土交通省をはじめ関係機関の皆様。また、工事完了に協力して頂いた関係者の皆様に心から感謝を申し上げます。



写真-8



写真-7 完成写真



写真-9