

五島振興局 建設部 道路課 ◎草野 睦  
○野崎 泰智

## 1. 江上地区の概況について

江上護岸は、五島市奈留町唯一の県道である一般県道奈留島線の一部として、奈留島の玄関口である、奈留港ターミナルから北西約5kmの場所に位置し、大串湾に面している。

当該県道は、島の端部に位置する集落から、商業や医療施設、官公庁などが集中している島中央部へのアクセス道路として重要な役割を担っており、島内の地域間交通に欠かせない生活道路である。

本護岸付近には、1918年に建設され、国の重要文化財となっている江上天主堂がある。また、当教会を含めた江上集落が本年6月30日のユネスコ世界遺産委員会で「長崎と天草地方の潜伏キリシタン関連遺産」の構成資産の一つとして、世界文化遺産に決定したことから、今後、より多くの観光客で賑わうことが期待されているところである。



図-1 奈留島位置図



図-2 事業箇所平面図

## 2. 過年度の越波対策前後の背景と目的

江上護岸が面する大串湾は普段は穏やかであるが、風向きによっては沿岸部で度々越波が発生し、また、海底から巻き上げられた砂利が県道へ散乱する『飛び石』の現象も生じていたことから、車両の通行ができない状況となり、迂回路もなく、集落が孤立化することがあった。これを解消するため、平成23年度から26年度までの間で江上護岸の改修を防災事業により実施している。対策工法選定にあたっては、世界遺産入りを目指す江上天主堂の存在があったことから、周辺景観への影響を最小限に抑えるため、「長崎県公共事業等デザイン支援会議」の助言を受けながら進めた。最終的には護岸を直立式護岸として、従来の波返し工を20cm嵩上げした上で、護岸の前面に自然石を張って仕上げ、隣接する県道も20cm嵩上げしている。

しかしながら、護岸改修後は、『飛び石』の現象は無くなったが、護岸に作用して高く打ちあがった波が細かい飛沫となり、強風により後背地（道路）に飛散するという現象が頻繁に起こっている。この現象によって、車両の安全な通行に支障を来している状況であり、現在も地元から再度改修要望が上がっている。



写真-1 改修後の江上護岸



写真-2 江上護岸の飛沫発生状況

このため、飛沫の発生過程を解明し今後の対策工に繋げることを目的に、平成 29 年度に現地にて影響調査を行った。

### 3. 影響調査の手法について

#### 3.1 現地調査

現地調査については、風向風速・潮位・飛沫発生状況記録（ビデオ調査）・飛沫量測定・護岸目視調査を実施した。

#### 3.2 調査期間

調査期間は、平成 30 年 1 月 19 日（金）時点で、翌週に寒気が流れ込み風も強まることが予想されたため、平成 30 年 1 月 23 日（火）から 25 日（木）にかけて、3 日間連続で実施した。

### 4. 影響調査の結果について

#### 4.1 気象海象状況

##### 4.1.1 風向風速【現地の最大平均風速は 4.7m/s】

観測期間中、最も風速が大きかったのは 2 日目であった。平均風速は、3.0m/s、最大平均風速は 4.7m/s、最大瞬間風速は 14.1m/s であった。

風向は、SW（南西方向）方向が卓越しており、これは、江上護岸が大串湾に面しており、南西側に開けた地形であるためと考えられる。

##### 4.1.2 潮位【基礎コンクリート天端は越えず】

観測時間内で最も潮位が高かったのは 1 日目の 11 時 51 分で、潮位は +2.45m であった。対して、観測時間内で最も潮位が低かったのは 3 日目の 9 時 37 分で、潮位は +1.17m であった。なお、江上護岸の基礎コンクリート天端高は D.L.+3.00m であり、観測期間中に潮位が基礎コンクリート天端高を超えることはなかった。

#### 4.2 飛沫観測結果

##### 4.2.1 飛沫量観測及びビデオ解析【護岸中央部で最大】

飛沫量観測の為、図-3 の通り、雨量計及び集水桝を設置した。（それぞれ 15m 間隔で設置。）

最も飛沫量が多かったのは観測 2 日目で、護岸中央部に設置した集水桝には、合計 55.11 リットル/日の越波が流れ込んだ。

また、飛沫が最も多く発生した観測 2 日目を対象として、ビデオ記録をもとに画像解析を行った。（飛沫発生個所の設定は写真-3 のとおり）

飛沫発生回数を地点別に見ると、R-3 が最も多く 395 回で、次いで R-4 が 376 回であった。このことから、護岸中央区間における打ち上げ回数が最も多かった。

続いて、発生した飛沫の最大打ち上げ高を地点別に見ると、R-4 が最も高く 11.3m で、次いで R-3 が 11.0m であった。このことから、護岸中央区間における打ち上げ高が最も高かった。

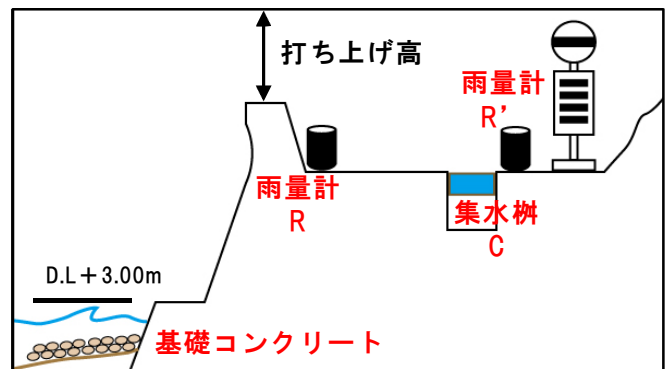


図-3 集水桝及び雨量計の設置箇所（断面の模式図）



写真-3 飛沫発生個所の設定（R-2'、R-3'、R-4'については、背後に雨量計を設置。）

#### 4.2.2 発生時間

飛沫発生時間は現地観測結果及びビデオ記録から求め、1日目が10:30～15:47、2日目が10:47～15:58、3日目が12:01～14:54であった。

### 5. 影響調査結果の解析と考察

#### 5.1 潮位と飛沫の関係

護岸の直背後に設置した雨量計 (R-1～R-6) に記録された飛沫量を1時間毎に整理し、飛沫発生時間と潮位の関係を整理した。

いずれの日も、満潮に向かって潮位が高くなる時間帯と、満潮を過ぎて潮位が低くなっていく時間帯に飛沫が多く発生していた。これに対し、最も潮が高い時間帯は飛沫が一度収まり、まったく発生していないか、ほとんど発生していなかった。また、干潮時には現地盤が露出しており、飛沫は発生していなかった。飛沫は、現地における潮位が D.L+1.60m～2.10m の時に多く発生している。この潮位は、来襲波が天端高 D.L+3.0m の基礎コンクリート壁面に直接当たる高さであり、「基礎コンクリートに当たって砕けた波が細かい飛沫となり道路に打ちあがった」現象であることが裏付けられた。

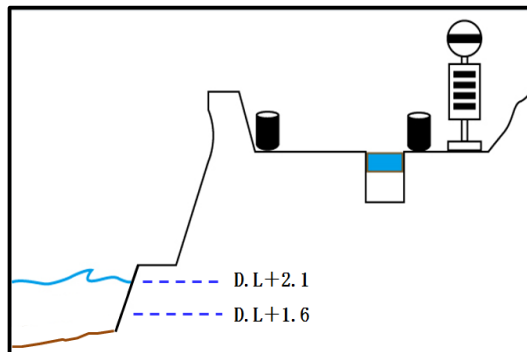


図-4 発生時の断面模式図



写真-4 干潮時の護岸前面の様子

#### 5.2 地盤高および護岸構造と飛沫の関係

いずれの日においても護岸両端で飛沫は見られず、主に飛沫が発生していた区間は SP3 から SP8 の間であった。(目地間でスパン分け) この区間は、地盤高が他の区間に比べて低くなっている。つまり、現状の礫浜が侵食され、護岸改修直後と比較して護岸堤脚水深が深くなったことで基礎コンクリート前面が露出し、飛沫が増大したと考えられる。

対して、SP1 と SP2 は地盤高が高いことから、堤脚水深が浅く (護岸改修直後と変わらず)、礫浜が波のエネルギーを吸収し飛沫が生じないと考えられる。SP9 と SP10 については、被覆石が前面に約 3m 並べられており、それが波のエネルギーを吸収しているため飛沫が生じないと考えられる。

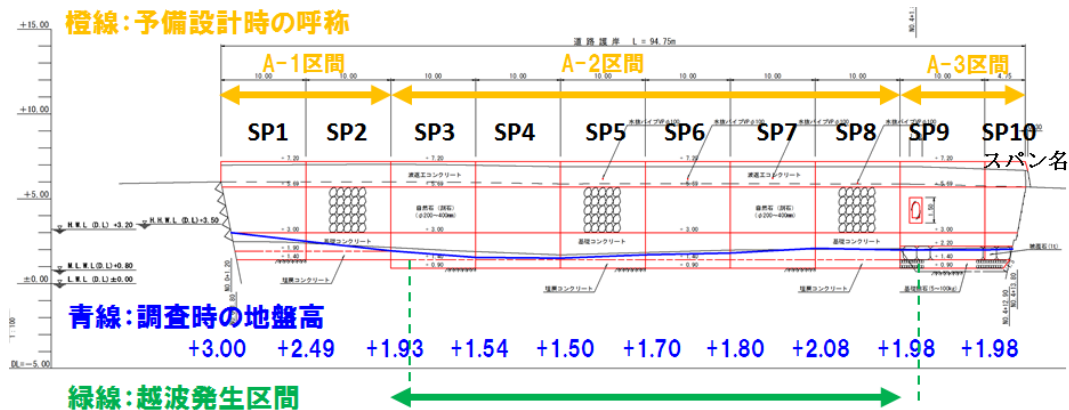


図-5 護岸側面図



### 5.3 飛沫の発生原因（ビデオ解析）

ここまでの調査結果及び解析により、江上護岸における飛沫は、主に基礎コンクリートの壁体部分に波浪が衝突し、飛沫となって打ち上げられ、背後の路面に落下することが確認された。このことから、直接的な原因は、波浪に対して基礎コンクリートの壁（ほぼ直立）が露出していることにあるといえる。（写真-5 参照）

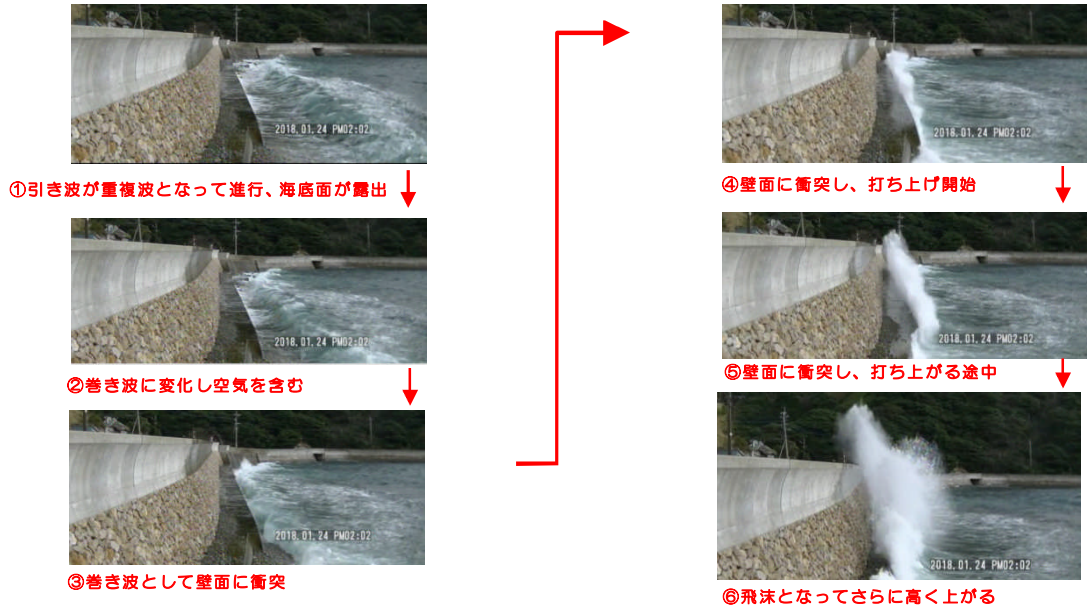


写真-5 ビデオ解析のコマ送り

## 6. 今後の対応方針

### 6.1 対策工法の選定

江上護岸における越波量は、設定した設計波浪に対してほぼ許容値を満足するものであり、これに対しては予備設計時に設定し改修した護岸天端の高さは問題ないことが分かった。

よって、江上護岸の課題は、許容越波量の対策ではなく飛沫の打ち上げにより背後の道路が浸水し、また、少量の飛沫であっても車両運転者の一時的な視界障害をもたらし、時として歩行者や車両が通行困難になることであり、「飛沫の打ち上げをどのようにして抑えるか」を考えることである。原因としては先ほどの考察で述べた、「基礎コンクリートに波が衝突する。」である。

一般的な対策としては、消波工の設置、護岸天端の嵩上げ、根固め工、養浜工（礫浜造成）、さらには離岸堤や潜堤など種々の方策がある。

しかしながら、対策工の選定にあたり、前述のとおり江上護岸付近に江上天主堂があるため、前回同様、周辺景観との調和に特に配慮する必要がある。前回の事業の際には『長崎県公共事業等デザイン支援会議』において、景観アドバイザーの方から下記のとおり助言を受けている。

- ① 景観に関する視点場は3点から検討する。（写真-5）
  - 1) 海からの眺望
  - 2) 江上天主堂からの眺望
  - 3) 旧江上小学校からの眺望
- ② 景観への影響、海域環境への影響を抑えるため、改変の度合いは極力小さい方が望ましい。
- ③ 護岸改良に関する地元の意見を確認する必要がある。

当時の地元からの意見は下記のとおり。

- ① 車が通れない時があり、非常に困っている。是が非でも整備をして欲しい。
- ② もともと、江上漁港は避難港としても使われており、潜堤などで整備することになると、荒天時に波が反射して避難をしている漁船に影響が出る。



写真-6 海・江上天主堂・旧江上小学校から視点場

現在、江上集落への観光客のほとんどが海上タクシーを使用しており、海側からの景観は特に認識されやすい。海側から江上天主堂を望むため、この景観を阻害することなく、また、護岸自体も周囲との調和を図り、出来るだけやわらかく見せる必要がある。

対策について、上記の助言等を踏まえた上で、評価を下記のとおり行った。

対応方針	対策工	特記事項	評価
来襲波浪の波力を減少させる。	消波工 離岸堤（傾斜堤） 潜堤	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 構造物を設置することで、物理的に波高または波力を減少させ、飛沫を低減させる工法。</li> <li>・ 有効ではあるが、護岸前面にコンクリート構造物が積み重なったものとなり、景観への影響が大きい。</li> <li>・ 潜堤等は、規模・工費がおおきく通行漁船に支障を来す恐れがある。</li> </ul>	△
基礎コンクリート壁の反射を抑える。	じゃかご工 被覆石工	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 基礎コンクリート壁前面に石材等を投入することで、進入波の反射を抑える工法。</li> <li>・ 護岸前面に自然石等を設置することで、周囲景観との調和も図れ、景観に優れる。</li> <li>・ 経済性では中位である。</li> </ul>	◎
護岸天端を改修する。	天端嵩上げ 波返し工 防止フェンス	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 護岸天端付近を改良することで、背後への飛沫を抑制する工法。</li> <li>・ 飛沫を抑えるには、天端上に 2m 以上の施設が必要となり、景観への影響が大きい。</li> <li>・ 経済性では最も優れる。</li> </ul>	×

評価結果より、対応方針としては基礎コンクリート壁の反射を抑える方針で検討を進めていく。

## 6.2 対策工の評価方法について

6.1 で決定した対策方針について、対策工の規模（被覆石マウンド幅、天端高）を設定する必要がある。

評価方法としては、現地の条件を再現しての水理模型実験が最適である。しかし、水理模型実験となると、費用と時間がかかり、実験ケースも限られてくる。そこで、これらを補う評価手法として、水理模型実験に比べて安価で、数多くのケースが検証できる、CADMAS-SURF（2次元数値水路による越波量確認数値実験）を採用することとした。CADMAS-SURF とは、水理模型実験をコンピューターの中で実施して、水理模型実験と同じような答えを得ることができる数値モデルになる。

今年度、被覆石のマウンド天端高を変えた2パターン（図-6 参照）について検証を行った結果、マウンド天端高 D.L+3.0m では飛沫の発生を抑える事が出来たが、天端高 D.L+2.2m の場合、多量の飛沫に繋がることはないと思われるが、風の条件等によってはある程度の飛沫が発生することが懸念される結果になった。（結果を図-7 に示す）

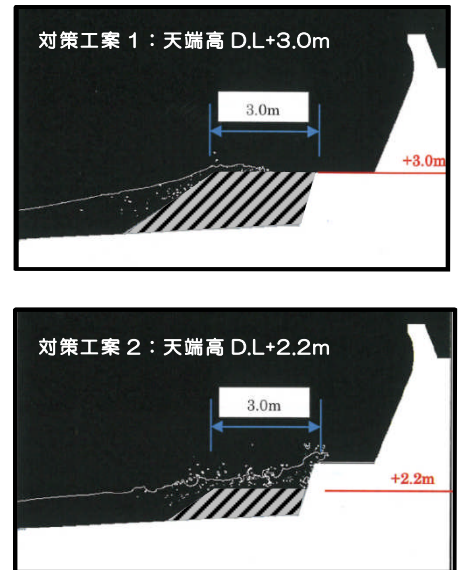


図-6 各パターンの検証結果

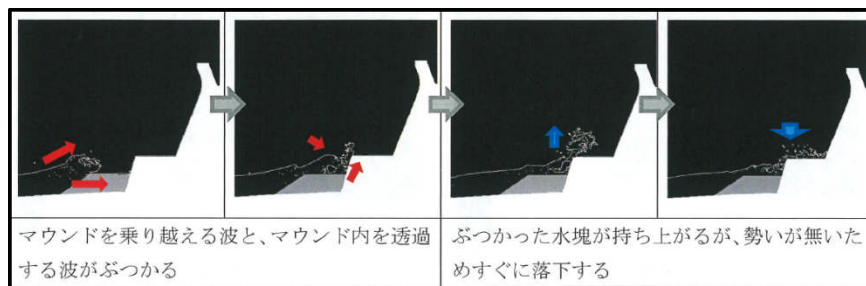


図-7 CADMAS-SURF による検討事例

## 7. おわりに

今回、江上護岸の調査・検討に携わってきたが、道路護岸における波に対する工法選定の難しさを感じた。護岸天端をかさ上げすることで、許容越波量には問題なかったが、想定していなかった礫浜の浸食等により飛沫が発生する現象が起きていた。今回の現象は稀なケースであり、前回の事業時には、景観に配慮するなかで、飛沫の発生までは想定できなかったのはやむを得なかったと思う。その中で、設計の総点検など第三者や専門家の意見を設計に取り入れるのは非常に重要であると感じた。

現在、検討した工法について、景観アドバイザーの委員と協議中であり、協議が整えば来年度には工事に着手したいと考えている。江上天主堂が「長崎の教会群とキリスト教関連遺産」の構成資産の一部として、世界文化遺産に登録されたことで、今後ますますの観光客の増加が見込まれるなか、地域住民や観光客の方が安心して安全に道路を利用できるよう、早期完了を目指して今後も事業に取り組んでいきたい。