

下新川海岸における離岸堤構造の変更 [基礎マウンド構造の強化・工期短縮]

大谷内 啓丞¹・吉田 和弘²・日下部 満¹

¹黒部河川事務所 工務課 (〒938-0042 富山県黒部市天神新173)

²富山河川国道事務所 流域治水課 (〒930-8537 富山県富山市奥田新町2-1)

ICT技術の活用により海中部を可視化したことで、下新川海岸における現行の離岸堤構造の「強化すべきところ」が明らかとなつたため、基礎マウンドを単純化し構造強化と工期短縮を見込んだ構造変更を検討し取りまとめた。本稿において、その検討過程と今後の展望について報告する。

キーワード 下新川海岸、離岸堤、基礎マウンド、ICT、構造変更、工期短縮

1. はじめに

富山県の下新川海岸は、その特徴的な地形や気象条件によって、しばしば護岸施設や背後地に深刻な高波被害をもたらしてきた。平成20年には大規模な高波災害が発生し、背後地に浸水被害が生じただけではなく、離岸堤・副離岸堤（以後、「離岸堤」）の沖合施設にも損傷が生じた。

それを機に、離岸堤の構造が見直され、現行の構造となった。平成29年に発生した観測史上最大の高波の際には、大きな被害を免れたことから、現行構造でも有効性が確認されている。

しかし、近年のICT施工技術の発展により、離岸堤施工後の変状がより明確に把握可能となり、従来構造の中にも改善すべき点が顕在化してきた。加えて、週休二日制度や工期短縮といった社会的要請から、施工性の向上も強く求められている。こうした背景を踏まえ、本研究では、離岸堤の施工性を高め、構造の強化を両立させた新たな離岸堤構造への変更について検討し、その有効性を報告する。

（1）下新川海岸の概要・特徴

下新川海岸は、富山県の東部に位置し、黒部市～朝日町（新潟県境）27.99kmのうち、黒部市、入善町、朝日町（西部）の総延長17.225kmの区間が直轄海岸保全区域となっている。当海岸は、生地海底谷をはじめとした多数の海底谷が形成されており、海岸線からすぐに海底勾配が急となるため、富山湾特有の「寄り回り波」や冬期季節風による高波の発生時には波の勢いを減ずることなく海岸線に押し寄せる。（図-1）

これにより下新川海岸では、度々、海岸保全施設や背後の住宅地等に多大な被害が発生している。



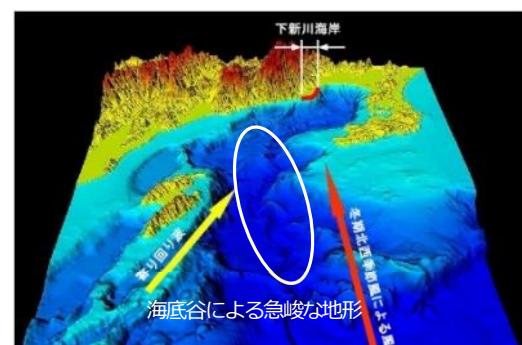
図-1 下新川海岸位置図

（2）富山湾特有の「寄り回り波」

「寄り回り波」は、富山湾特有の比較的周期の長いうねり性の高波である。暴風によって日本海北部で発生した波が伝播して周期の長い「うねり」となって富山湾に侵入する波である。

（3）冬期北西季節風による風波

冬期の日本海を低気圧がゆっくりと移動し、北西方向からの強風が連吹することにより発達する、比較的周期の短い波浪である。（図-2）



[基図：海上保安庁 第九管区海上保安本部海洋情報部ホームページより
http://www1.kaiho.mlit.go.jp/KAN9/sodan/kaiteitikei/toyama_wan.jpg]

図-2 下新川海岸に来襲する波浪

(4) 災害の事例

下新川海岸は、富山県内でも特に「寄り回り波」による越波の被害が大きく、住家の破壊や床上・床下の浸水被害が多数発生している。

また、過去には波浪により、堤体土砂の吸い出し（空洞化）による、直立堤の倒壊も発生した。（写真－1）



写真-1 下新川海岸に来襲する波

このようなことから下新川海岸では、越波・侵食対策として、沖合施設となる離岸堤の整備を進めている。

2. 離岸堤について

離岸堤は、海岸の沖合に設置される構造物で、波のエネルギーを弱めて海岸の侵食を防ぐために設置される。

離岸堤の構造は、以下のような要素から成り立っている。まず最下層には基礎マウンドと呼ばれる碎石や岩石などで構成された土台が設けられていて、堤全体の安定性を確保している。その上に本体ブロック（コンクリートブロック）が積まれ、離岸堤の主要な構造を形成している。本体ブロックの周囲には、構造の根元を保護するための根固めブロックが配置され、波の影響による基礎の侵食を防ぐ。さらに外側には、波の衝撃を吸収・分散するための被覆ブロックが置かれ、堤全体の耐久性を高めている。（図-3）

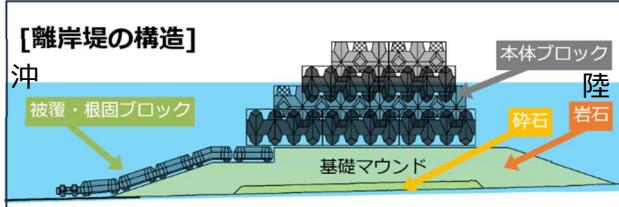


図-3 現行離岸堤の構造

3. 離岸堤構造の変遷

現在整備されている離岸堤の構造は、平成20年2月高波災害を踏まえた基本構造としている。その後、平成29年10月の台風21号で観測史上最大の高波が来襲したが、その際には、大きな被災は生じておらず、この構造変更の効果は発揮されている。

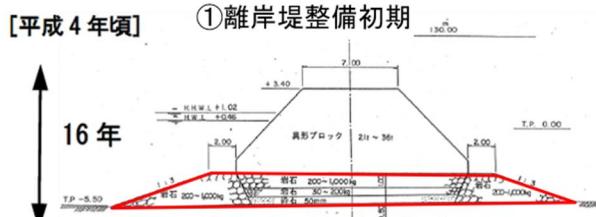
平成4年、平成20年と、基礎マウンド（石材）を建設機械の進化、施工性、経済性により変更してきた。

平成20年高波災害以降、離岸堤基礎マウンドの散乱を防止するために、被覆ブロック、洗堀対策としてアスファルトマット、根固めブロックを設置している。

【昭和50年頃】



17年



16年

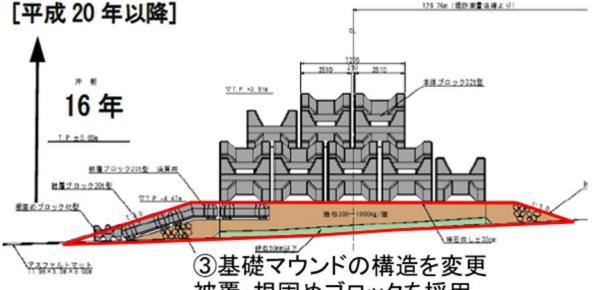


図-4 離岸堤構造の変遷

4. 現行離岸堤構造の課題

近年のICT施工による点群測量結果やCIMの普及により可視化され、離岸堤の施工後の変状を把握することが可能となり、構造の「強化すべきところ」が明らかとなつた。

また、社会的な要請（週休2日適正工期発注宣言）により「施工性」に対する課題もでてきているため、基礎マウンドを単純化し、構造強化と工期縮減を見込める構造へ変更する。

(1) 被災状況から見る構造上の問題

施工後15年経過した副離岸堤では、端部（沖側・東・西側）から本体ブロックが崩れ落ち弱点となることが分かる。（写真-2）



写真-2 離岸堤設置（15年後）

副離岸堤設置1年後の基礎マウンド状況からも、基礎マウンドの沈下（点群データの比較）には特徴的な3点の傾向がある。

1点目：岩石部（基礎マウンド天端）は、ブロック脚部の箇所以外は沈下していない。（図-5）

2点目：基礎マウンドの岩石部より沖側・東側の被覆ブロックの沈下量が顕著であった。

標準断面図より、マウンドの沖側・東側は、被覆ブロックがマウンド断面内に設置されているため、岩石層の厚さが薄くなっているため沈下に影響を与えていた可能性が高いと推察される。（図-5）

3点目：被覆ブロックの上に本体ブロックを設置する構造となっているため、被覆ブロックの穴やブロック隙間部の一部で本体ブロック脚部が落ち込み、本体ブロックが不安定になっていることが判明した。（写真-3）

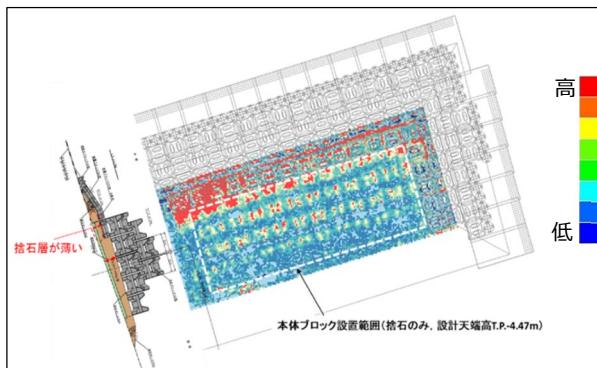


図-5 基礎マウンド天端部（設置1年後）



写真-3 本体ブロックの堤脚部

5 離岸堤構造の変更

現行の基礎マウンドは、マウンド内に被覆ブロックを設置しているが、今回の変更では、基礎マウンド外に被覆ブロックを設置する。

被覆ブロックをマウンド断面の外側に設置し、本体ブロックの下面に被覆ブロックを設置しない（縁切りする）構造とする。（図-6, 7）

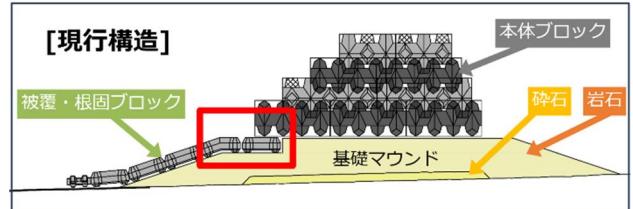


図-6 現行構造

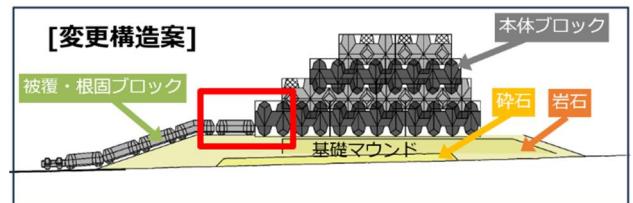


図-7 構造変更案（赤枠の箇所で縁切り）

これにより、本体ブロック下部の岩石層の厚さを均一にできる。また、被覆ブロックの隙間等へ本体ブロック脚部の落ち込みを防止できる。

さらに、本体ブロック周辺のマウンド部が単独に沈下・屈とうすることになるため、被覆ブロックが根固の役割となり、より粘り強い構造となることが期待できる。

（1）構造変更による施工上の利点

[丁張り作業の軽減]

基礎マウンドが単純化されることで丁張り設置（位置出し・基準高測定）が軽減される。

これまでには、被覆ブロック天端部（緑の旗）に丁張りが必要であったが、構造変更により丁張り設置回数が2回分削減される。（図-8, 9）

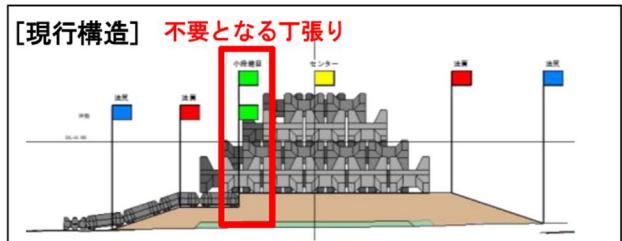


図-8 現行構造（丁張り）

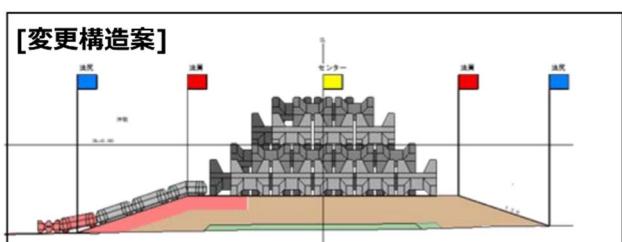


図-9 構造変更案（丁張り）

[岩石投入時の作業船の入替えがない]

これまでには、沖側の岩石投入後に、被覆ブロックを設置（設置面の均し）し、陸側の岩石投入を行っていた。

（図-10.1.1）

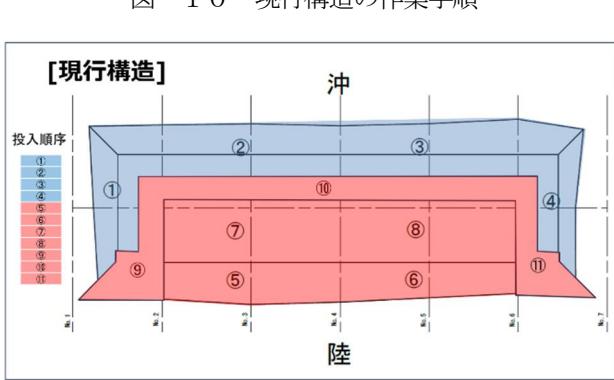
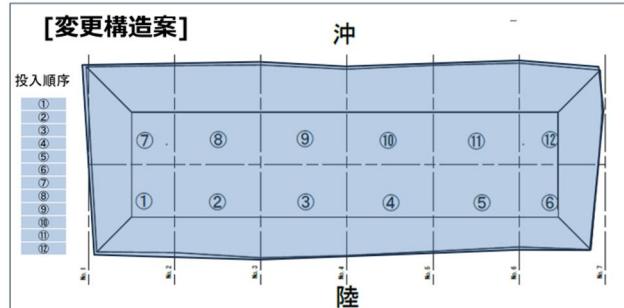
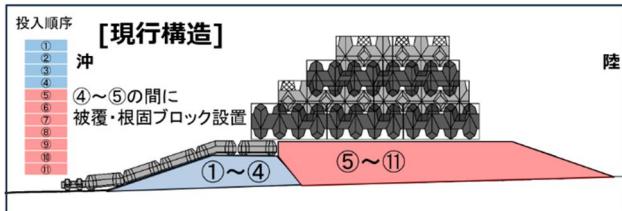


図-10においてガット船による岩石投入（①～④）→被覆ブロック設置（作業船）→ガット船による岩石投入（⑤～⑪）と作業により専用船の入替えを実施していた。しかし、構造変更により岩石投入後に被覆ブロック設置となることで、作業船の入れ替えがなくなり工期短縮を行える。また、構造変更によって、基礎マウンド外に被覆ブロックを設置することで、被覆ブロックと本体ブロックどちらからの施工も可能となり施工性が大きく向上する（図-12）

さらに、ガット船による岩石投入は、船数が少なく施工者間での取り合いになることも多いため、段取り替えがなく連続作業できることが好まれる。岩石投入回数も、これまで11回行っていたが、12回と岩石量は増えるが、陸側から沖側へ作業を進められることで安全面（喫水深を確保できる）が向上する。（図-11.1.3）

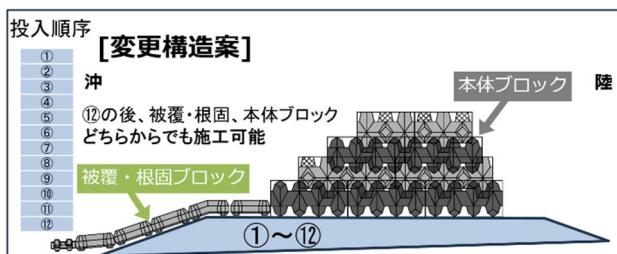


図-12 変更構造案の作業手順

[被覆ブロック（天端）の間詰、吊筋の切断]

現行構造では、被覆ブロックの上に本体ブロックが上載する構造のため、本体ブロック脚部が被覆ブロックの隙間に落ちる箇所があるため、層積では1層目の本体ブロックが傾かないように穴埋（間詰め）作業が必要となる。（写真-4）

また、被覆ブロックの吊り金具が干渉し、本体ブロック1層目を適正な位置に据付けできない場合は、吊り金具の切断を行っていたが構造変更により作業を排除できる。（写真-5）、（図-14）



写真-5 吊り金具の切断（現行構造）



[プロック積出基地の錯綜軽減]

海上工事は、プロック積出基地2箇所（入善町芦崎・田中地先）（写真-6.7）で、1年間に3～5工事を行っている。そのため、積出基地の錯綜が工程に大きく影響を及ぼしている。

現状は、マウンド完了後（被覆ブロック設置後）に本体ブロック設置となることから、基地の規模が比較的小さい田中積出基地からは被覆ブロック搬出。基地の規模が大きい芦崎積出基地からは本体ブロック搬出となり、積出基地が混み合い、作業台船の待ちが生じている。

構造変更により、基礎マウンド外に被覆ブロックを設置することで、被覆ブロックと本体ブロックどちらからの施工も可能となり作業台船の待ち時間が解消される。



写真-6 芦崎ブロック積出基地



写真-7 田中ブロック積出基地

(2) 構造変更による工事費・工期増分

構造変更により、基礎マウンド断面増により岩石量・被覆ブロック一列分の増工となる。

[基礎マウンド断面の増工]

副離岸堤1基あたり、岩石量が+25%（岩石1,800m³）の増工となる。岩石運搬も従来構造と比較して2航海分の工期を要する。

[被覆ブロック設置個数の増工]

副離岸堤1基あたり、被覆ブロック1列分（N=23個）分の増工となる。

ブロック製作の増工、ブロック運搬として1航海分の工期を要する。

6. まとめ

(1) 離岸堤構造

被覆ブロックの設置箇所の変更により、本体ブロックを基礎マウンド天端（岩石上）に設置できることで、沈下量が均一となり本体ブロックの崩れを抑制できる。

また、本体ブロックを囲む形状で被覆ブロックを配置できるため、本体ブロックの保護機能を有りし、粘り強く強固となる。

(2) 工期短縮

被覆ブロックをマウンド断面外とすることで3点の工期短縮を図ることができる。

1点目：基礎マウンド部の丁張り設置箇所の軽減による短縮。

2点目：被覆ブロックの鉄筋切断・間詰め作業が不要となる。また、被覆ブロック背面の岩石投入が不要となり作業船の入替えによる段取り替えが不要となる。

3点目：ブロック積出基地の錯綜を緩和できる。これからは、被覆・本体ブロックどちらからでも設置を行えるため作業船の錯綜による待ちが軽減される。工事量が増える中、令和4年度から導入を行ったICT施工と併せ、今回の構造変更により39%（36日間）の工期短縮を行える。（図-15）

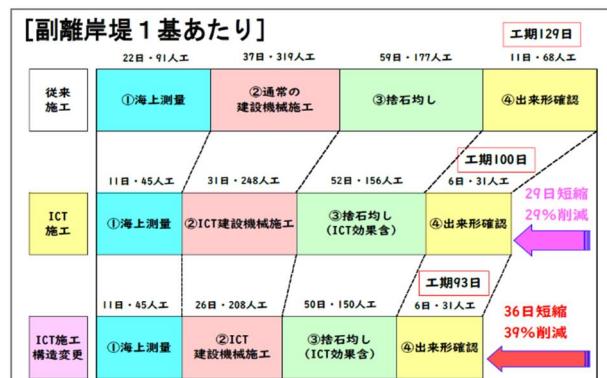


図-15 工期短縮効果

7 今後の展望

今回検討した構造変更により、施工量は増えるが構造を強固にできること、マウンド構造の単純化により工期短縮を図れることが確認できた。

海上工事は、波浪等の自然現象による工程確保（予測）が難しいが、ICT施工導入と今回検討した構造変更により従来工法と比較し39%の工期短縮を図れることが確認できた。

海上工事においても、今回の取組みにより完全週休2日制（週休2日適正工期）を実施できる目処が付いた。

今後も引き続き、今回検討した構造変更を現場へ反映させ、その効果を検証するためのモニタリングを継続するとともに新たな課題等を確認しながら離岸堤構造の改良に取り組んでいく。