

つりあい漂砂を考慮した高知海岸の ヘッドランド計画の検討手法について

高知河川国道事務所	工務課	立花	朱菜
高知河川国道事務所	地域防災調整官	富永	剛史
高知河川国道事務所	海岸係長	岡崎	聡

効率的、効果的な高知海岸保全施設の見直しに際し、岸沖漂砂による地形変化が卓越する高知海岸の岸沖漂砂特性、海浜特性に着目し、海浜変形予測及び水理模型実験を実施し、長期、短期の海浜変形モデルを構築し、新たな海岸保全のあり方として、つりあい漂砂を考慮した新たな海岸保全施設（ヘッドランド）の諸元を設定した。

キーワード: 海岸保全計画、ヘッドランド、沿岸漂砂、水理模型実験、高知海岸

1. はじめに

高知海岸は、土佐湾の湾奥部にあたる高知県中央部に位置し、西は土佐市荻岬から東は香南市夜須町手結岬に至る延長約30kmの砂浜海岸である。

高知海岸の背後地は高知市、南国市、土佐市、香南市の4市からなり、人口・資産が集中しており、多くの地域整備計画の中で重点整備地域として位置づけられている。早場米やハウス園芸による野菜栽培や花き園芸が盛んであるとともに、中央部には月の名所で知られる桂浜があり、桂浜花海道等の観光施設が整備されており、産業面、観光面ともに重要な地域となっている。

高知海岸では、仁淀川からの供給土砂の減少や、砂利採取等による砂浜海岸の侵食、海岸堤防の老朽化が進行しており、抜本的な対策を早急に講じる必要性から、昭和44年に南国工区、平成6年に長浜～新居工区が直轄海岸に指定された。(図-1)

本稿は、この内の長浜～新居工区を対象とした新たな海岸保全計画のあり方を検討するものである。

2. 高知海岸の海岸保全計画

(1) 計画の経緯

台風の常襲地帯である高知海岸は、過去幾度となく甚大な災害に見舞われてきた。昭和21年の南海大地震では津波災害と地盤沈下が生じ、その後も海岸侵食が著しく、高潮対策及び侵食対策を行う必要が生じてきた。そのため昭和44年、物部川河口から高知港境界に至る8.15kmの区間（南国、旧南国工区）が直轄海岸工事施工区域に指定され直轄海岸事業に着手した。また、平成7年度には離岸堤が完成した旧南国工区を高知県に移管し、平成16年に人工リーフが完成し、南国工区における沖合施設は完了した。また、桂浜から西側の荻岬に至るまでの約9.80kmの区間（長浜、戸原、仁ノ、新居工区）を砂浜の侵食、海岸堤防の老朽化により、平成6年度から直轄での保全施設整備に着手し、ヘッドランド、離岸堤、養浜工による高潮侵食対策を実施している。

(2) 高知海岸(長浜～新居工区)の現行計画

図-2は高知海岸長浜～新居工区における沿岸漂砂模式図である。仁淀川からの漂砂の下手となる長浜・戸原工区では春野漁港により沿岸漂砂が期待できないため、現行計画では海岸侵食対策として、移動限界水深（T.P-9.0m）までの全ての土砂を施設で制御し、ポケットビーチにより必要砂浜幅70mを確保する突堤延長300 m～400 mのヘッドランドと静的養浜の組み合わせによる静的均衡による施設計画としている。（図-3）

その後、平成9年の事業評価の開始により事業効果を検証しながら150 m突堤の施設整備（暫定計画）



図-1 直轄高知海岸の位置図



図-2 長浜～新居工区における沿岸漂砂模式図

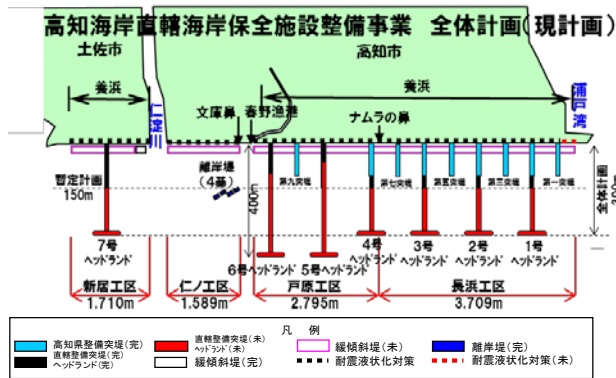


図-3 現行高知海岸保全施設計画の概要

が進められ、長浜工区の150m突堤の整備完了箇所では、砂浜が再生され、施設効果が確認されている。

(3) 現行計画の見直しの必要性

その中で、平成16年～平成17年に発生した高波浪により、これまでの移動限界水深（水深9m程度）を越える水深17m程度までの顕著な岸沖漂砂による海浜変形が確認され、岸沖漂砂による地形変化量が沿岸漂砂による変化量より卓越する場合があることが確認された(図-4)。このことより、現行計画の全ての土砂を施設で制御する為には、300mを超えるヘッドランド600m(突堤先端水深17m)が必要となり、施工性、経済性の観点から実現性がないことから、新たな海岸保全施設の見直しの検討が必要となった。検討の考え方として、保全効果を定量的に把握し、実現性、経済性、施工性が高く、保全効果の早期発現が可能な海岸保全施設計画を検討することとした。

3. 新たな海岸保全施設の検討

(1) 高知海岸の土砂動態特性の把握

a) 仁淀川からの土砂流出土砂量(長期)

仁淀川からの土砂流出は、仁淀川河口の地形変化及び一次元河床変動計算による流出量より推計した。

図-5は、仁淀川河口部の深浅測量及び河床変動計算結果に基づき整理した土砂変動の経年変化である。

昭和49年～昭和63年にかけては砂利採取により、低下傾向であるが、昭和63年～平成18年にかけて年間7.9万 m^3 /年の土砂が掘削穴に捕捉されている。平成18年以降、仁淀川河口の土砂量は安定しており、近年の仁淀川からの土砂流出量は、概ね4万 m^3 /年と推定できる。

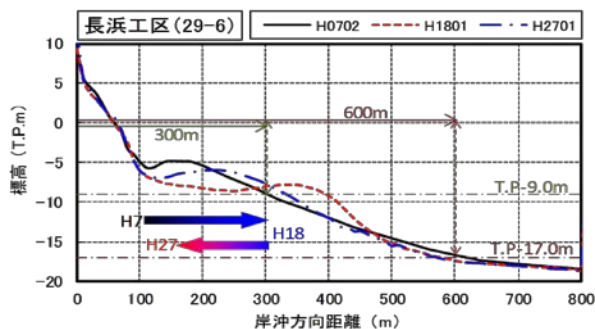


図-4 深浅測量結果（長浜工区 29-6 断面）

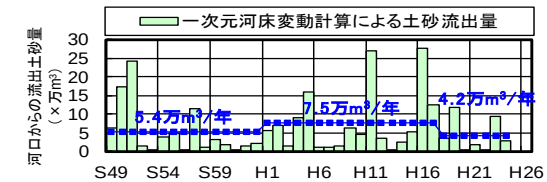
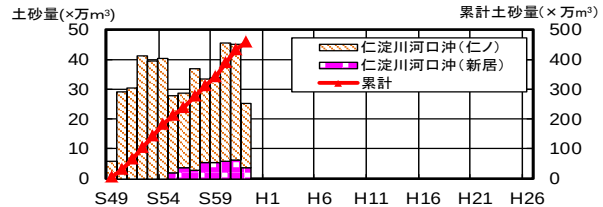
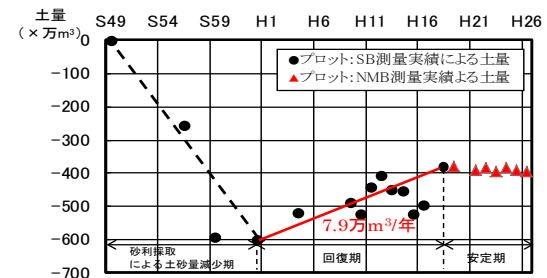
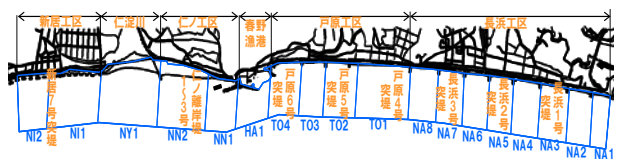


図-5 上段：土砂量変化（実績値）中段：砂利採取量（実績値）、下段：土砂流出量（計算値）

b) 高知海岸(長浜～新居工区)における土砂動態(長期)

図-6は、ナローマルチ測量による平成18年以降の深浅測量成果をもとに、工区別の土砂変動量を示す。

H9～H25にかけて、約4万 m^3 /年の土砂が減少しており、高波浪が来襲したH16～H17においては、約42万 m^3 /年の土砂が減少している。H18以降は、沖へ移動したT. P. -9m以深の土砂約11万 m^3 程度が岸側T. P. 0 m～T. P. -9mの水深帯に戻ってきている。H18以降、長浜・戸原における、T. P. -9m以深の土砂の系外への流出は、細砂であると想定される。仁淀川からの土砂流出、養浜、沿岸部土砂収支を踏まえて整理した高知海岸の土砂収支図を図-8に示す。



岸沖方向 領域分割	新居工区	仁淀川河口	仁ノ工区	香野漁港	戸原工区	長浜工区	合計
H9～H16 の年間平均 土砂変動量 (万 m^3 /年)							
①T.P.0m以上	-	0.2	-	-	1.9	-0.6	1.5
②T.P.0m～T.P.-5m	-1.7	-1.0	0.2	-	1.1	-0.7	-2.2
③T.P.-5m～T.P.-9m	-0.8	3.1	-0.2	-	-1.5	1.4	2.0
④T.P.-9m～T.P.-17m	-2.6	0.0	-0.1	-	-0.8	-0.5	-4.1
⑤T.P.-17m以深	0.0	0.0	-	-	0.0	-0.7	-0.7
合計	-5.2	2.2	-0.1	-	0.7	-1.2	-3.5

岸沖方向 領域分割	新居工区	仁淀川河口	仁ノ工区	香野漁港	戸原工区	長浜工区	合計
H16～H18 の年間平均 土砂変動量 (万 m^3 /年)							
①T.P.0m以上	-	-6.8	-	-	-1.4	-5.1	-13.4
②T.P.0m～T.P.-5m	1.5	-3.7	-2.6	-	-7.5	-15.8	-28.1
③T.P.-5m～T.P.-9m	-3.2	0.8	-3.8	-	-31.9	-39.3	-77.4
④T.P.-9m～T.P.-17m	2.4	35.2	0.9	-	2.6	39.2	80.4
⑤T.P.-17m以深	0.0	0.0	-	-	-0.6	-2.8	-3.4
合計	0.8	25.5	-5.5	-	-38.8	-23.9	-41.9

岸沖方向 領域分割	新居工区	仁淀川河口	仁ノ工区	香野漁港	戸原工区	長浜工区	合計
H18～H25 の年間平均 土砂変動量 (万 m^3 /年)							
①T.P.0m以上	0.5	0.5	-0.2	-	-0.4	-0.6	-0.2
②T.P.0m～T.P.-5m	-0.2	1.3	0.0	-	-0.9	0.6	0.8
③T.P.-5m～T.P.-9m	0.3	0.1	0.7	-	1.7	8.2	11.1
④T.P.-9m～T.P.-17m	0.8	-1.6	-0.8	-	-3.5	-9.8	-14.9
⑤T.P.-17m以深	0.0	0.0	0.0	-	-0.1	-0.6	-0.6
合計	1.4	0.3	-0.3	-	-3.2	-2.1	-3.8

図-6 工区別の土砂変動量

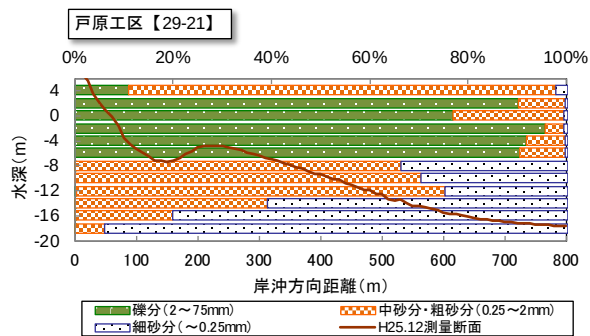


図-7 水深別粒度分布図

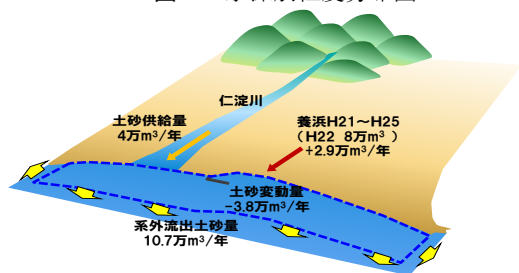


図-8 高知海岸の土砂収支の模式図

c) 高知海岸における土砂動態(短期)

高知海岸では、台風通過に伴う南、南南東からの波浪により突堤間の汀線がシーソーの様に大きく変化する現象（以降、シーソー現象）が確認された。平成25年9月台風17号時には南向きの波により、戸原5号突堤東側の堤防基礎部が露出し、その後直後の台風18号時には砂浜は回復した。



図-9 台風通過時の汀線変化状況

d) 高知海岸の土砂動態メカニズム特性(長期・短期)

以下に高知海岸の土砂動態、海浜特性を整理する。

- ① 仁淀川からの土砂流出量は年4万m³と想定される。
- ② 砂浜（汀線）付近を形成している土砂は粒径2mm以上で構成されている。
- ③ 沖合400m以上の系外に流出している土砂は0.25mm以下の細砂である。
- ④ 暫定150m突堤が整備された箇所では、高波浪による沖合の地形変動があっても、砂浜（汀線）付近は大きく侵食されていない。
- ⑤ 台風の進路（波向き）により、突堤間においてシーソー現象が発生している。

以上、5つの項目に着目し施設計画を検討する。

(2) 高知海岸保全計画の基本的な考え方

高知海岸の土砂動態特性を踏まえて、高知海岸保全計画の基本的な考え方を以下のとおりとした。

- ① 海岸侵食による施設倒壊や砂浜の減少に伴う面的防護機能の低下を防止することを目的とする。
- ② 高知海岸への土砂供給を最大限活用し、沿岸領域（沖側400m程度まで）を対象に漂砂バランスを確保（つりあい漂砂）しつつ、長期的に安定な砂浜の形成をつうじて国土を保全する。
- ③ 高知海岸の特徴である台風経路の違いで発生する「シーソー現象」を含む局所的な侵食に対しても、面的防護により地域の安全・安心を確保する。

以上より、土砂の供給源である仁淀川からの流出量、海岸の沿岸、岸沖漂砂量の土砂動態（長期、短期）を把握し、現行計画の静的均衡から、施設で漂砂を制御する動的均衡で整備する方針とした。

※補足：高知海岸の侵食メカニズムは、同一漂砂系の沿岸域における土砂供給量と漂砂量のバランスによりコントロールされている。供給量が漂砂量より少ない場合は侵食され、多い場合は堆積し砂浜幅が拡大する。この漂砂バランスを「つりあい漂砂」と呼ぶこととした。

(3) 海岸保全施設の検討

a) 検討手順

高知海岸の検討について、長期・短期の海浜変形解析と水理模型実験を併用し、突堤形状の検討及び、保全計画の立案をおこなった。図-10に、検討手順を示す。

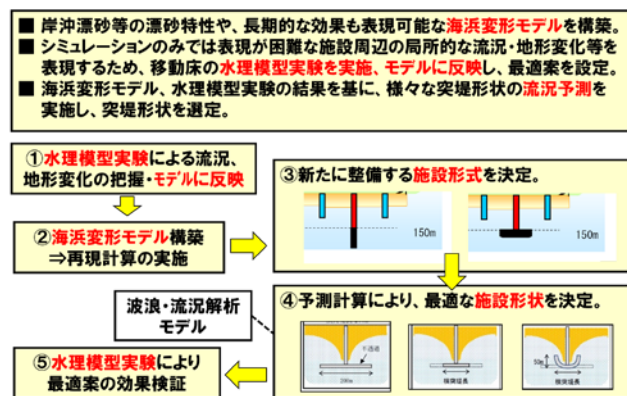


図-10 高知海岸の保全検討手順

b) 海浜変形モデルの構築（以後、海浜モデル）

海浜モデルは、高知海岸の特徴である岸沖漂砂を考慮した岸沖沿岸漂砂統合モデルとした。岸沖漂砂にファンデルワースらのモデル、沿岸漂砂に等深線変化モデルを適用し、岸沖沿岸統合モデルを構築した。また、海浜モデルの構築にあたり、シミュレーションのみでは表現できない局所的な突堤周辺の流速や地形変化等を把握するために、水理模型実験を実施し、海浜モデルに反映し精度向上を図った。

（図-11）

次に、新たな対策案として選定された4ケースを解析し、対策案の評価指標に基づき最適案を選定した。（図-12）

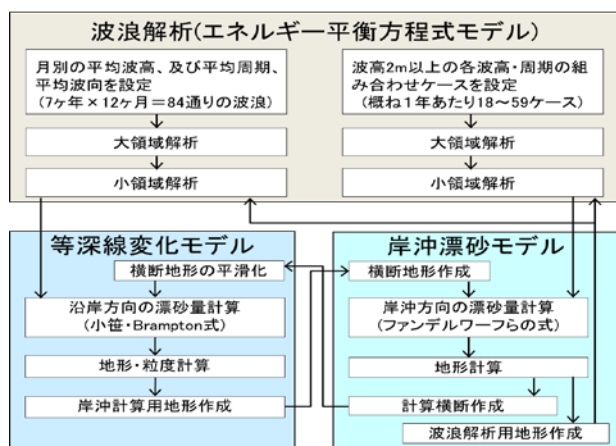


図-11 海浜変形モデルの構築の流れ

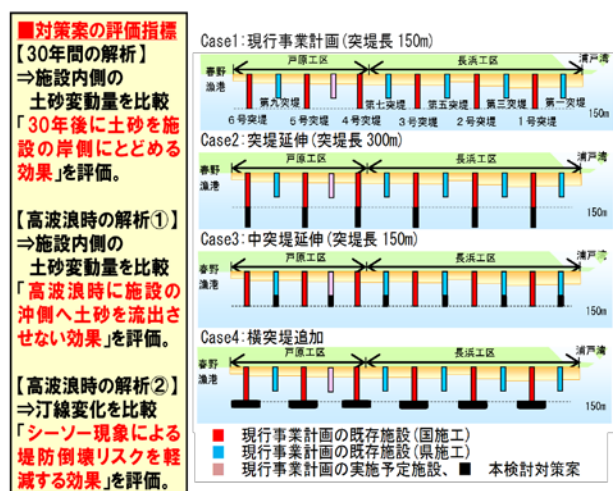


図-12 対策案の設定と評価指標

c) 水理模型実験の概要

実験は、国総研の実験水槽により地形縮尺1/80の移動床に木製突堤模型を設置し実施した。(図-13)

実験では、①海浜モデルの精度向上に必要な突堤周辺の岸沖方向流速、②ヘッド形状の違いによる土砂捕捉効果、③波高別の施設効果検証等を確認した。



図-13 国総研水理模型実験施設

d) 対策案の決定

海浜モデルによる波浪・流況、土砂変動等の解析により、ケース4の150m突堤+ヘッドランド追加案が施設効果が高いことが確認された。(図-14)

更に、施設形状・規模の決定の為、水理模型実験により土砂変動量の評価をした結果、横突堤の折返しがない場合よりも、150mヘッドランド(横突堤

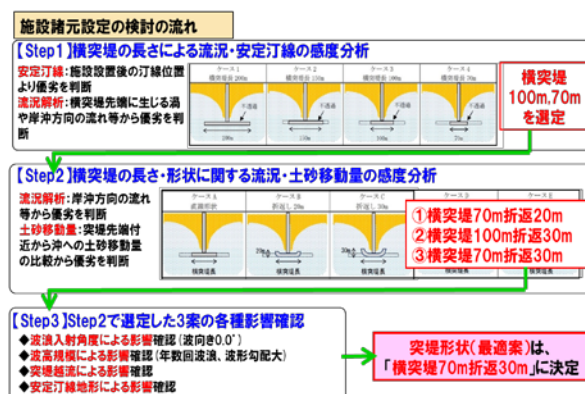


図-14 施設諸元設定の検討の流れ

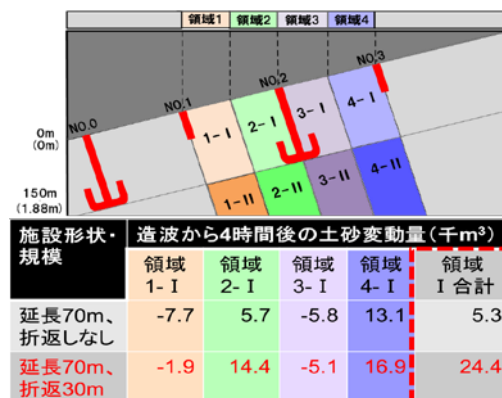


図-15 実験による高波浪時の土砂変動量比較

70m折返し30m) が沿岸漂砂の捕捉効果が高いことを確認した。(図-15)

4. おわりに

- ①水理模型実験及び、シミュレーションにより、高知海岸の海浜変形特性や長期的効果を表現できる海浜モデルを構築した。
- ②海浜変形予測解析により、横突堤案が土砂の捕捉効果が高いことを確認した。
- ③波浪・流況解析及び、水理模型実験を実施し、最適なヘッドランド形状案(150mヘッドランド横突堤70m折返し30m)を設定した。

以上より、汀線付近からの土砂流出を抑制し、かつ越波被害を解消する対策として、現行暫定計画にヘッドランドを追加した海岸保全対策が立案できた。

なお、本検討の施設整備には時間を要する。今後の課題として、海浜モニタリングを継続しながら、今回構築した海浜モデルの再現性の向上を図り、高知海岸の海浜変化に応じたより良い、侵食対策・越波対策の検討に努めるとともに、地域の方々の安心・安全が確保され、誰もが親しみやすい高知海岸を目指して、海岸保全施設整備を進めていきたい。

謝辞：本検討に際し、様々なご指導を頂いた「高知海岸保全技術検討委員会」(委員長：出口一郎大阪大学名誉教授)の皆様に深く感謝いたします。