

下新川海岸生地以東地区における越波対策施設の 性能評価と計画留意について

The performance evaluation of the shore protection facilities on overtopping waves
in the east of Shimoniikawa

福濱方哉¹・渡邊正一²・平野宜一³

Masaya FUKUHAMA, Syouichi WATANABE and Giichi HIRANO

In Shimoniikawa coast, validity of performance evaluation of shore protection facilities on overtopping waves by two-dimensional parabolic equation / runup heights on improvement imaginary slopes was confirmed by comparing a state of overtopping waves in high waves by using CCTV (Closed-circuit Television). We evaluated performance of the shore protection facilities on overtopping waves of Shimoniikawa coast with this method. Validity of overtopping quantity calculated by CADMAS-SURF (SUpEr Roller Flume for Computer Aided Design of Maritime Structure) was confirmed by comparing a field survey after the inundation. In addition, the coast where erosion continues had better consider plan of offshore breakwaters to scour the levee foundation.

1. はじめに

富山県の東端に位置する下新川海岸（図-1）では、2008年2月24日、有義波高6.62m、有義波周期13.9s（下新川海岸田中観測所）という、1958年からの観測以来最大の波の来襲に見舞われ甚大な被害を被った（中村ら、2008）。このような波の来襲と被害をふまえ、堤防等越波対策施設の性能照査法を検証するとともに、現況の施設の性能評価を行い、今後の海岸保全施設整備の方針を検討する。

2. 下新川海岸における越波対策施設

下新川海岸は、北東に向いた湾口を有する富山湾の東

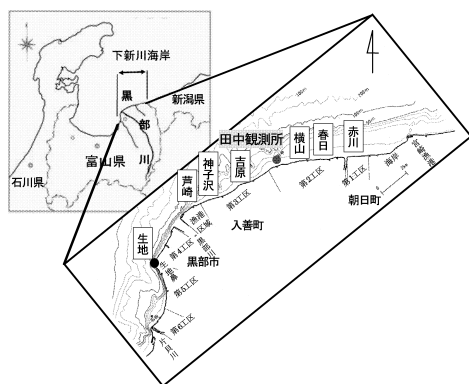


図-1 下新川海岸の位置図

端に位置しているため、生地以東地区では外海から伝播する北東からの波が卓越する。一方生地以西地区では、北東から伝播した波は、生地地先の凸地形により遮られ減衰する。そのため、下新川海岸における越波被害は、生地以東地区で主に生じる。2008年高波災害においても、浸水による被害は、黒部市生地地区、入善町芦崎地区等生地以東で発生している。

下新川海岸の生地以東における計画外力は、計画高潮位T.P.+1.02m、計画波高（有義波高）6.4m、計画周期（有義波周期）12.2sとして整備が進められている。国土交通省による直轄工事対象区間は17.2kmで天端高T.P.+5.7mの堤防・護岸の整備が行われている。ただし、生地地区の南部は、遮蔽により波浪が減衰されるので、堤防高T.P.+4.2mである。また、離岸堤72基、副離岸堤16基、人工リーフ6基、ジャケット式新型離岸堤1基、有脚式突堤2基、根固・消波工約2,000mなどが設置されている。下新川海岸における海岸保全施設の配置の例として、写真-1に入善町吉原地区の、写真-2に黒部市生地地区の整備状況を示す。

3. 2008年2月災害における越波の状況

黒部河川事務所では、海岸にCCTV（監視カメラ）を設



写真-1 吉原地区の海岸保全施設

1 正会員	工修	国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所
2		国土交通省北陸地方整備局黒部河川事務所
3	工修	株式会社建設技術研究所



写真-2 生地地区の海岸保全施設

置しており、波浪の状況や海岸保全施設の状況を24時間リアルタイムの動画で把握している。2008年2月高波においては、高波浪の来襲が昼間であったことから、波浪が堤防を越波している様子が捉えられている。越波が激しい暴浪時の海岸の状況を把握するには、CCTVの活用が効果的である。以下に主な地点の越波状況を示す。

写真-3は、生地地区における越波の状況である。来襲する波は連続して現況堤防高を大きく越えてうちあがっていることがわかる。生地地区の沖には消波構造物はなく、海際には突堤、消波工が設置されている（写真-2参照）。

写真-4は、神子沢地区における越波の状況である。CCTV映像により越波の頻度を解析すると、数波に1波の割合で越波している。神子沢の沖には離岸堤が設置されて、海際には消波工が設置されている。

写真-5は、吉原地区における越波の状況である。越波はほとんど見られず、波は堤防高を越えてうちあがっていない。

写真-6は、赤川地区における越波の状況である。十数波に1波の割合で越波している。赤川地区の沖には離岸堤・人工リーフが設置されて、海際には消波工が設置されている。

なお、CCTVでは、横山地区、春日地区においても動画映像が記録されているが、ほとんど越波は生じていない。



写真-3 生地地区の越波の状況



写真-4 神子沢地区の越波の状況

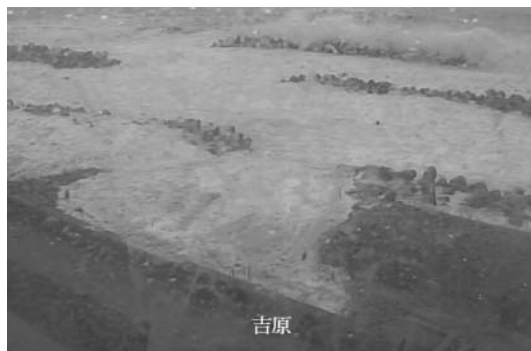


写真-5 吉原地区の越波の状況



写真-6 赤川地区の越波の状況

4. 波のうちあげ到達高の評価

2007年に測量された海岸地形をもとに、改良仮想勾配法（中村ら、1972）により、2008年2月高波について有義波と最大波のうちあげ高を求め、潮位に加えたうちあげ到達高を算出し、現況堤防高（T.P.+5.7m）との比較を行った。

対象とした外力は、潮位を、有義波高が最も高く越波が卓越した時刻14時の生地観測所での潮位T.P.+0.12mとし、波は田中観測所における同時刻の観測波を浅水係数と波向線法より算定した屈折係数により沖波を求め、有義波（波高7.2m, 周期13.9s）ならびに最大波（波高10.0m, 周期16.6s）とした。沖波の向きはN方向（間瀬

ら, 2008) として, 放物型方程式を用いた平面2次元波浪変形計算 (中村ら, 2008) により, 各測線の換算沖波を算定した。

なお, 消波工によるうちあげ到達高の低減率 (海岸保全施設技術研究会, 2004) は一般に用いられる0.7 (天端3個並び) とした。離岸堤等の沖合消波施設については, 開口部を通過する波を対象とし, 消波効果を見込んでいない。図-2に, 波のうちあげ到達高と現況堤防高の比較結果を示す。

以下に, 主な地点の計算結果ならびにCCTVによる観測結果との比較を述べる。

- 1) 生地地区では, 最大波のうちあげ到達高が, 堤防高を大きく越え, 有義波のうちあげ到達高も堤防高を越えている。有義波より小さな波でもうちあげ到達高は堤防より高いため, 多くの波は堤防を越波する。この結果は, CCTVで把握された結果と一致する。
- 2) 神子沢地区では, 最大波のうちあげ到達高が, 堤防高を大きく越え, 有義波のうちあげ到達高はほぼ現況堤防高程度である。有義波高は全体の1/3以上の波の平均値であることから, 有義波高を越える波は, 全体の数分の1程度であり, 数波に一度の越波の発生は, CCTVで把握された結果と一致する。
- 3) 吉原地区では, 最大波のうちあげ到達高が, 堤防高を大きく越え, 有義波のうちあげ到達高も堤防を大きく越えている。一方, 観測では, 越波はほとんど見られない。この理由は, 吉原地区では, 写真-1のように, 離岸堤の開口部を塞ぐように沖合に副離岸堤が設置されているため, 来襲波は必ず沖で消波されるが, その効果を計算に取り込んでいないためである。副離岸堤の消波機能は非常に大きいことが確認される。
- 4) 赤川地区では, 最大波のうちあげ到達高が, ほぼ現況堤防高程度であり, 有義波のうちあげ到達高は現況堤防高以下であることがわかる。そのため, ほとんど

すべての波は越波しないものの, いくつかの波は越波することがわかる。この結果は, CCTVで把握された結果とほぼ一致する。

- 5) また, 横山地区, 春日地区においては, 最大波のうちあげ到達高が現況堤防を下回っており越波は生じていない。この結果は, CCTVで把握された結果と一致する。

以上の計算結果ならびにCCTVによる観測結果との比較より, 平面2次元波浪変形計算・改良仮想勾配法等で波のうちあげ到達高を照査することは妥当であることが確認された。

5. 計画外力時の波のうちあげ到達高と堤防高

次に, 堤防や離岸堤等の越波対策施設の今後の整備方針を確認するため, 2008年2月高波を踏まえ現計画策定以降の外力資料を加え, 計画外力をあらためて設定して, 有義波のうちあげ到達高と堤防の高さの比較を行った。

対象とした外力は, 潮位を生地観測所における平均朔望満潮位 (T.P.+0.51m) に既往最大潮位偏差 (0.56m) を加えて計画高潮位はT.P.+1.07mとした。平均朔望潮位が現計画策定時より0.05m上昇しているため, 計画高潮位が上昇している。波高は, 2008年までに観測されている50年間の波についてグンベル分布, ワイブル分布等による極値統計解析を行い, 最も相関の高いワイブル分布 ($K=2.0$) の50年確率値として沖波波高7.4mを対象外力として設定した。周期は, 2008年2月24日の来襲波の最大有義波の有義波周期13.9sを用いた。卓越波向きはN方向からであるが, 波向きの違いによりうちあげ高が変動するため, $N+10^\circ$, N , $N-10^\circ$ の3方向からの波を設定し, 測点ごとに最大のうちあげ到達高となる波向きを採用した。なお, 離岸堤と副離岸堤がともに設置されている等, 波浪が直接入射しない範囲では, 消波効果を考慮し透過率を沼田 (1975) の式より算定している。

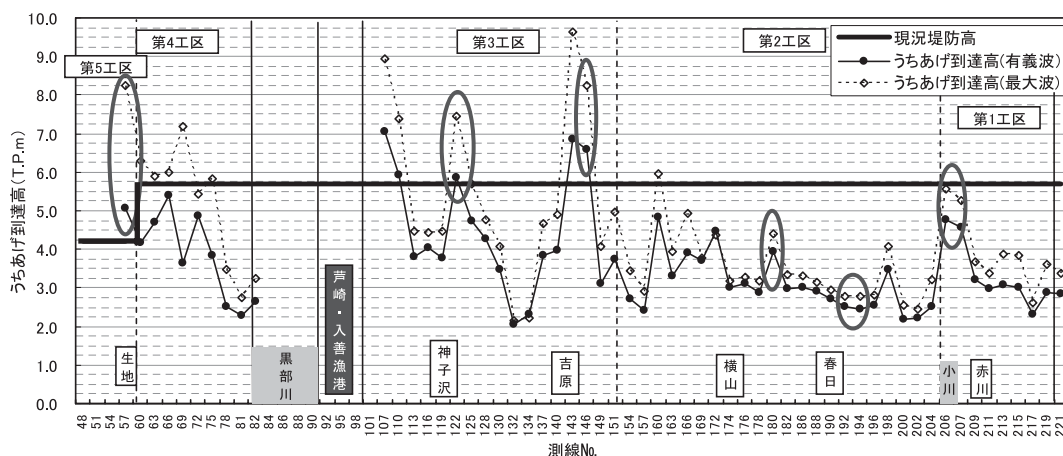


図-2 波のうちあげ到達高と現況堤防高

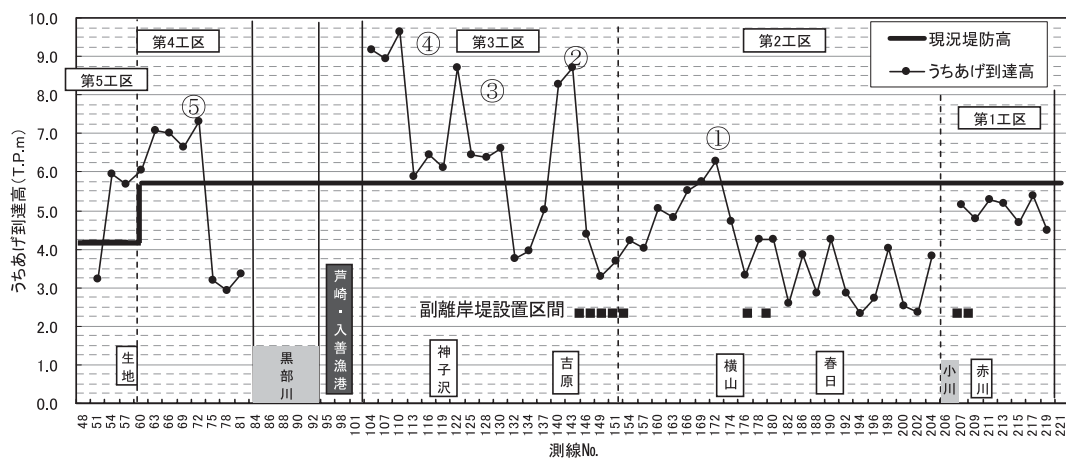


図-3 波の計画うちあげ到達高と現況堤防高

図-3に、比較結果を示す。図中5箇所、波のうちあげ到達高が堤防高を上回り、有義波でも越波が生じることがわかる。特に②、③、④の区間では、図-1の等深線に見られるように海底に凹凸地形が存在するため波の収斂が生じ、うちあげ到達高が局地的に高くなっている。

6. 越波対策施設計画にあたっての留意

このような越波による災害を防ぐためには、

- 1) 波のうちあげ到達高よりも高く堤防をかさ上げる案
- 2) 沖合に消波施設を設置し、来襲波浪を弱める案の2案が考えられる。

しかしながら、単に堤防をかさ上げた場合、不測の事態により破堤すると、堤内へ直接高波が来襲するなど災害ポテンシャルを増大させる。特に下新川海岸では、西向きの沿岸漂砂が卓越し、侵食の進行が激しいため、海岸堤防のり先の洗掘による基礎矢板の損傷が激しく(写真-7参照)、矢板損傷部からの堤体土砂の吸い出しによる破堤(写真-8参照)がこれまで見られている。

そのため、越波の防止にあたっては、のり先の洗掘の防止や緩和を同時に実現することが必要であり、来襲波浪を弱め砂の移動を抑えるよう沖合に消波施設を設置することや、のり先を土砂で保護することが不可欠である。

下新川海岸では、図-3中の①においては、沖合に設置されている離岸堤のさらに沖側に、適切な消波効果を有する副離岸堤を、開口部を塞ぐように設置することにより来襲波浪を低減させる。

②、③、④においては、①と同様に副離岸堤を設置する。副離岸堤を設置しても来襲波浪が十分低減されない区間においては、離岸堤の岸側に養浜を行い、消波機能を持たせるとともに堤防のり先の洗掘防止を図る。

⑤においては、現在沖合に消波施設が設置されていないため、離岸堤の整備を進めるとともに、黒部川の upstream ダム群より堆積土砂を排出することにより海岸への供給土砂量を増加させることにより砂浜を回復し消波機能を持たせるとともに堤防のり先の洗掘防止を図る。なお、⑤の西側には併せて堤防のかさ上げを行う等の対策を今後実施していく予定である。

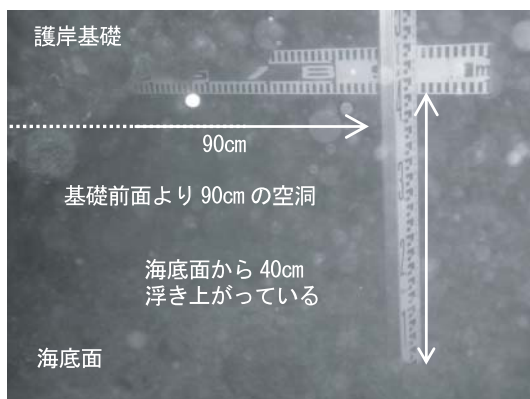


写真-7 洗掘による基礎矢板損傷



写真-8 堤体土砂吸い出しによる破堤

7. 生地地区有脚式突堤の効果の検証

写真-3の生地地区の越波の様子を詳しく見ると、越波は一様でなく、浸水が卓越するところと少ないところがある。写真-2のように生地地区には有脚式突堤が設置されており、波が遮蔽される突堤背後の約50mは越波が小さく、来襲波が直接堤防にうちあがる約50mの区間では越波が激しい。有脚式突堤が越波低減機能を持つことがわかる。

有脚式突堤の越波防止の効果について、数値波動水路（財団法人 沿岸開発技術研究センター，2001）を用いて検証した。CCTV映像より数波によって越波浸水が発生していたことから、高波来襲期間中最大波が最も高かった2月24日10時の最大波（ $H_{max}=9.49\text{m}$ ， $T_{max}=16.6\text{s}$ ，潮位T.P.+0.09m）を規則波として波向きに垂直な堤防法線を与え数値波動水路により越波量を算定した。その結果、有脚式突堤の背後の区間では越波量は $0.2\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ であった。一方、有脚式突堤に遮蔽されない区間の越波量は $2.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の越波量で、有脚式突堤は越波量を10分の1に低減させている。

この量を、CCTV映像による越波時間と越波発生後の浸水痕跡調査で検証する。CCTV映像によると、最大波とそれに続くほぼ同等の高い波が連続して4波、60s継続した。そのため、 $(0.2+2.0)\text{m}^3/\text{s}/\text{m} \times 60\text{s} \times 50\text{m}=6,600\text{m}^3$ 程度の越波量が高波で発生したものと推定される。これを、現地調査により測定された浸水面積 2.39ha で割ると平均水深約 0.3m となる。最大波を用いた越波量であること、断面2次元計算であることから実際より大きな結果であるが、痕跡調査による浸水深 $0\text{m} \sim 0.6\text{m}$ の値を満足している。

なお、有脚式突堤がもし設置されていなかった場合、突堤背後の約50mの区間においても、 $2.0\text{m}^3/\text{s}/\text{m}$ の越波量が発生したものと推定され、総越波量は概ね2倍となる。同じ程度の浸水深であれば、浸水面積は2倍程度となり、浸水家屋数も実際に被害の生じた42戸から2倍程度となるものと推測される（図-4参照）。施設の性能評価に加え、事業効果を検証することができる。

8. まとめ

以下に、本研究により得られた知見をまとめる。

- 1) 越波が激しい暴浪時の海岸の状況を把握するには、CCTVの活用が効果的である。



図-4 有脚式突堤がない場合に想定される浸水範囲

- 2) 波のうちあげ到達高は、平面2次元波浪変形計算・改良仮想勾配法等で照査するが妥当である。
- 3) 離岸堤の開口部を通過する波による越波対策には副離岸堤の設置が有効である。
- 4) 侵食が卓越する海岸では、堤防基礎が洗掘されるため、越波対策には沖合消波施設を採用するなど、洗掘対策に留意する。
- 5) 凹凸の激しい複雑な海底地形をもつ海岸では、地先毎にうちあげ高が極端に変化するため、地先に即した越波対策が必要である。
- 6) 数値波動水路により、構造物の有無による越波量の違いを概ね評価できる。

参 考 文 献

- 海岸保全施設技術研究会編（2004）：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，p.3-57。
- 財団法人 沿岸開発技術研究センター編（2001）：数値波動水路の研究・開発。
- 中村伸也・西川 一・山田秀夫・原 文宏・神保正暢・平野宜一（2008）：平成20年2月24日の高波による下新川海岸の被災実態について，海岸工学論文集，第55巻，pp.176-180。
- 中村 充・佐々木康雄・山田稔二（1972）：複合断面における波の打上げに関する研究，海岸工学論文集，第19巻，pp.309-312。
- 沼田 淳（1975）：ブロック堤の消波効果に関する実験的研究，海岸工学論文集，第22巻，pp.501-505。
- 間瀬 肇・安田誠宏（2008）：富山県入善町海岸被災時の広域波浪シミュレーション，京都大学防災研究所，http://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/web_j/contents/event_text/20080226.pdf。