

富山海岸の侵食と構造物破壊について

高知県土木部長 工学博士 矢 内 保 夫
建設省河川局防災課 技官 広 谷 寿 彦

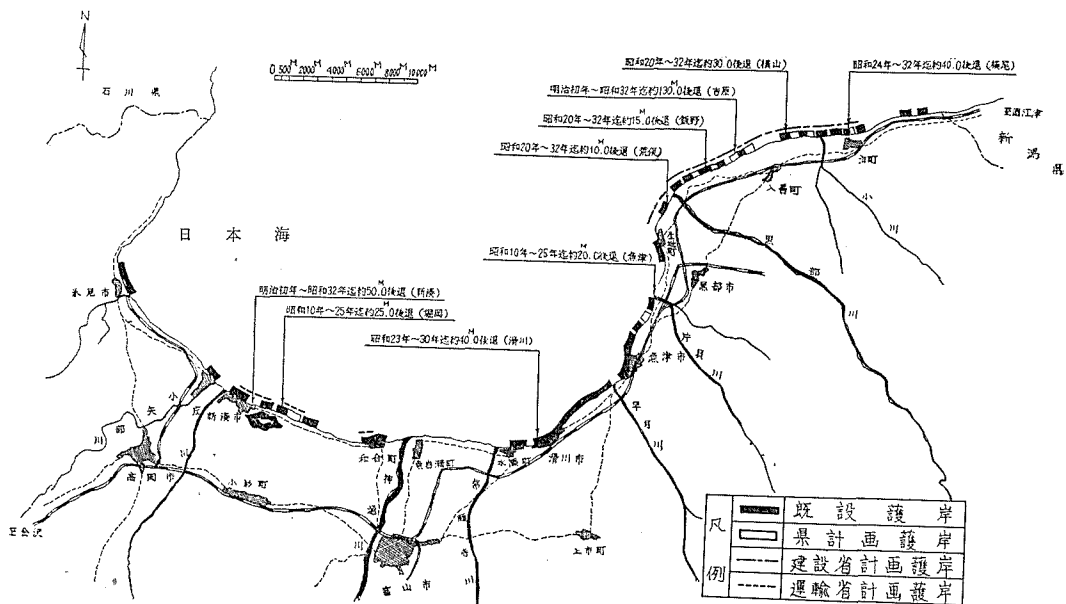
(本文は、筆者等が富山県在任中に調査検討したものの総括である)

1. 緒 言

富山海岸は日本海に面し、能登半島につづいて大きく彎曲して富山湾を形成している(図一1 参照)。その延長はわずかに 92 km であるが、延長の大半が全国的にもまれに見る激しい侵食海岸であつて、文献によつて見ても古来相当の面積を喪失しており、現在も侵食対策事業や災害復旧事業によつて海岸保全施設が積極的に築造されているが、一方波浪の破壊作用により海岸線の後退が続いており、むしろ激化している場所すら見受けられる。

本文においては、富山海岸の侵食状況とその原因について概括的に述べるとともに、最も破壊力の激しい区域の一、二を選び、構造物の破壊状況とその対策につき述べたいと思う。

図一1 富山海岸侵食状況と施設



2. 侵食状況とその原因

富山海岸の侵食状況を近年の調査によつて統計的に見ると、東部の方は毎年平均 1.5～2.0 m、西部の方は同じく 0.5～1.0 m 程度の侵食、後退と推定される。なお、おもなる地点について数値を示すと、図一1 のとおりであつて、特に黒部川河口より東においてその傾向がいちじるしく、場所によつては、年間 10～20 m の後退を見ることも珍らしくない。また古老の言や文献によれば、数 100 m の侵食を訴える地域も見出される。

富山海岸が以上のような激しい、しかも連続的な侵食を受ける原因については、なお引き続き各方面の調査研究がなされているが、現在までの資料にもとづく推論としては次のように考えられる。

まず富山海岸一般について述べると、

(1) 比較的高い波が頻繁に来襲すること

すなわち、台風あるいは有力な低気圧が日本海を通過する機会は、過去の気象統計から見ても、秋より冬にかけて年 5～8 回におよび、そのたびごとに低気圧が通過後約 24 時間後に、反動波「より廻り波」が相当高いうねりとなつて襲う。一方冬期間は西高東低の気圧配置により、常統的に季節風が吹き荒れ、相当高い波となり、こ

れらが交つて頻繁に來襲する。

- (2) 沈降海岸で急激に深くなっているため、深海部に発生した波浪は、ほとんどエネルギーを減殺されることなく、海岸に達すること

富山湾は、約 600 m 程度沈降したものと考えられ、その上に山地よりの排出土砂が堆積し、陸地が形成されていると推定される。すなわち、富山湾床は、深度 700~1000 m であり、それに至る斜面は幅 6~8 km で、急勾配をもつて傾斜しているので、上記の現象が生ずる。かつ陸岸は沖積層であり、その足は砂礫の安定勾配程度で深海に達しているため、激しいエネルギーを盛った波に対しては、きわめて抵抗がとぼしい。

- (3) 土砂の補給が少ないこと

峻険な山岳地帯から狭い平地を経て、ただちに深海に連なっており、かつ、大川はすべて洋谷と直結している。すなわち深海部（俗称「あいがめ」）が現在の大川の流路のみならず、そのあとと考えられるところも陸岸近くまで迫っているため、流出される土砂は激しい流速で深海部へ直送され、沿岸の補給土砂となる割合はきわめて少ない。

以上は富山海岸全体として考えられる原因をあげたのであるが、黒部川河口以東は富山海岸全般の侵食的な性格を一段と強く持っている。すなわち、

- (a) 本地域は深海が海岸近くに迫っている 大陸たなは最も短かく、急傾斜 (1/10~1/6) をもつて深海に達している。かつ、典型的な黒部川の扇状地帯であつて、波浪による侵食にはきわめて弱い。

- (b) 本地域は土砂補給が最も少ない 富山湾の東半分の海流は、東より西に向つて流れておるので、西部にある黒部川による排出土砂の恩恵は全く受けないし、東部に河口を有する笹川、境川、姫川等はいずれも排出土砂がきわめて少ないからである。

- (c) 本地域は、波浪が最も激しい 能登半島による遮蔽の影響を脱し、同湾岸でも最も外海に面している。フェッチはシベリヤ大陸からと考えられるもので最も長い。かつ、前述の「より廻り波」に対して、本地域は陸岸の向きの関係上最もこの影響を受けやすい。

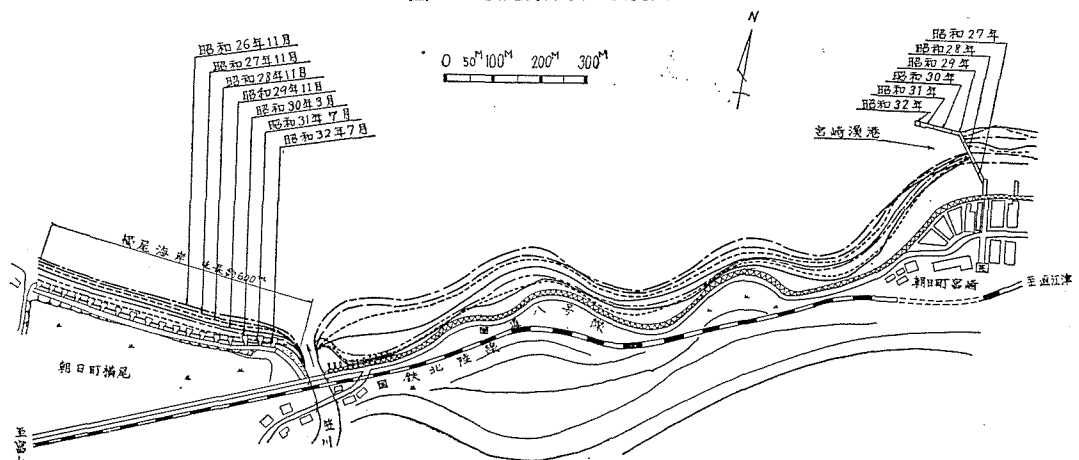
3. 施設の現況と侵食対策

富山海岸は、前述のように、その侵食の歴史はきわめて古く、かつ、不斷にくり返されているので、ほとんどすべての地区にわたつて、護岸を築造し、陸地の後退を防御している。特に東部地区、すなわち、黒部川河口以東の地域では、木造の波除合掌ワクの時代から河川式石積の時代を経て、今日のコンクリート構造となり、現在に至っている。

そのおもな工事は、国の補助事業である侵食対策事業と災害復旧事業であつて、近時築造されたものは、おおむねその効用を発揮しており、国土保全のため役立つているのであるが、条件の悪いカ所では、しばしば破壊をくり返している。

以下、侵食による被害の最もいちじるしい2地区を選んでその実状を述べ、検討の資料にしたいと思う。ただし、主として堤防および護岸の破壊状況に重点を置き、突堤については、別の機会にゆづることとしたい。

図-2 横尾海岸侵食状況図



4. 横尾海岸について

(1) 侵食速度と旧護岸の欠壊

横尾海岸は、前述の黒部川河口以東の海岸地域中最も東よりの部分で、東に接する宮崎海岸をふくめて見るとV字状に彎曲していることがわかる(図-2 参照)。

そのうち横尾海岸は、延長約 600 m であるが、昔から相当の侵食カ所であり、過去の記録によると昭和 10 年ころから 100 m 以上の侵食を受けている。背後は砂浜より 2~3 m 高く、耕作地、国道、民家が連なり、海浜は礫、砂利、砂より成る。図-2 は昭和 26 年 11 月よりの汀線の後退の状況であるが、6, 7 年間に中央部で 70 m、平均 50 m 程度の後退を示している。

本海岸は、昭和 10~15 年ころに、汀線より相当後退して、簡単な河川護岸程度の野面石積護岸が築造されており(図-3 参照)、護岸から汀線まで 50~70 m の砂浜を有し、わづかづつ後退しながらも、おおむね平穩に維持されていたのであるが、昭和 26 年度より着工された宮崎漁港(本地区より東方約 1500 m)の防波堤が伸長するにしたがい、汀線は急激に後退を始め、昭和 29 年に至り、海浜はほとんどなくなった。昭和 29 年 3 月 1 日来襲した冬期季節風による高浪のため、中央部が延長約 100 m にわたって欠壊を始め、その後波浪来襲のたびごとに欠壊をつづけ、昭和 31 年秋期までに海浜もろとも崩壊し去つている。これは、本地域が元来侵食を受けやすいという自然的性質を有していたところへ、沿岸流に伴う土砂の移動が、防波堤の築造によって阻止されたために起こつた人為的侵食が、重つておこつたものと考えられる。

(2) 第一次復旧工事の欠壊状況

そこで、災害復旧事業を以て着工し、被災部分のみを図-4 のような構造で施行した(図-4 参照)。ただし、図面の水平基準面は T.P. による。

すなわち、基礎ブロックを -1.0 m まで入れ、壁体は、玉石張のコンクリート壁として原位置に築造し、同年 8 月完了した。突堤の計画はあつたが、工事の都合上施行されなかつた。

昭和 29 年 9 月 26 日、台風 15 号が日本海を通過したため、翌 27 日に「ウネリ」(俗称「ヨリ廻り波」)

を生じ、波高 3.0 m に達し、復旧した護岸はその左右旧護岸が欠壊し、孤立の状態になつた。これに対処して前面にブロックを投入する等種々の対策を採つたが、引きつづき同年 12 月 23 日および翌 30 年 2 月 21 日の季節風にもなう「ウネリ」(波高 2.5~3.0 m)によりその大部分が欠壊した。

破壊原因は、新護岸の両側よりの欠壊にもよるが、護岸のエロージョンと、これにともなう脱石等によるものと考えられる。

(3) 第2次復旧工事の欠壊状況

復旧工事は図-5 のような構造とし、かつ、隔壁を設けて 1 カ所の欠壊が他におよばないよう配慮した。この工事は、昭和 30 年 4 月に着工し、9 月頃突堤若干を残して、護岸 125 m が完成した(図-5 参照)。

元来富山海岸の平穩な時期は、毎年 4 月末頃から 8 月上旬までのわづかの間で、4 月以前と 8 月下旬以後は海が荒れて、工事はほとんどできないのが普通であるが、この年も 8 月に入るや気象が悪く、護岸の竣工に相当の努力を要し、突堤の最後の仕上げが遅延していた。

図-3 横尾海岸構造図(昭.11~15)

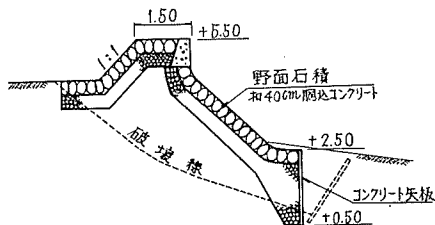


図-4 横尾海岸構造図(昭.29.8)

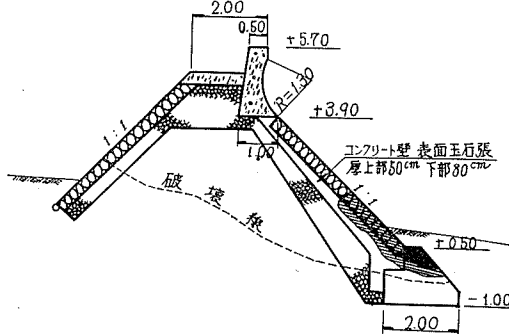
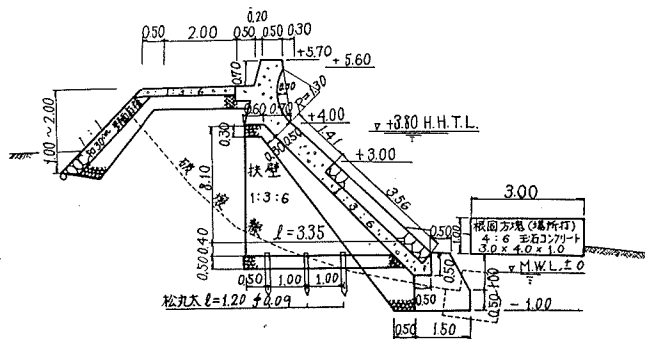


図-5 横尾海岸構造図(昭.30.9)



大型のブロックさえも沖へ移動し、漁撈の障害となつているものが多い。

5. 吉原海岸について

(1) 侵食の歴史と旧護岸の欠壊

吉原海岸は富山湾随一の侵食の激しい地区で、文献によつて一例をあげれば 240 尋場と呼ぶ海堆は、昔は陸地から 240 尋、すなわち、450~500 m の距離にあつたが、いまは 3 000 m 以上の沖合にあるといわれている。郷土誌

図-7 横尾海岸構造図(昭.33)

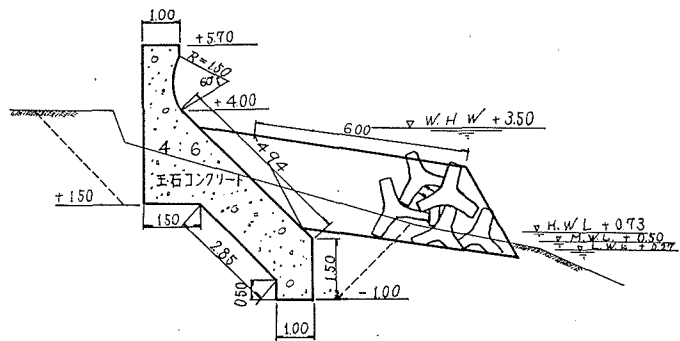
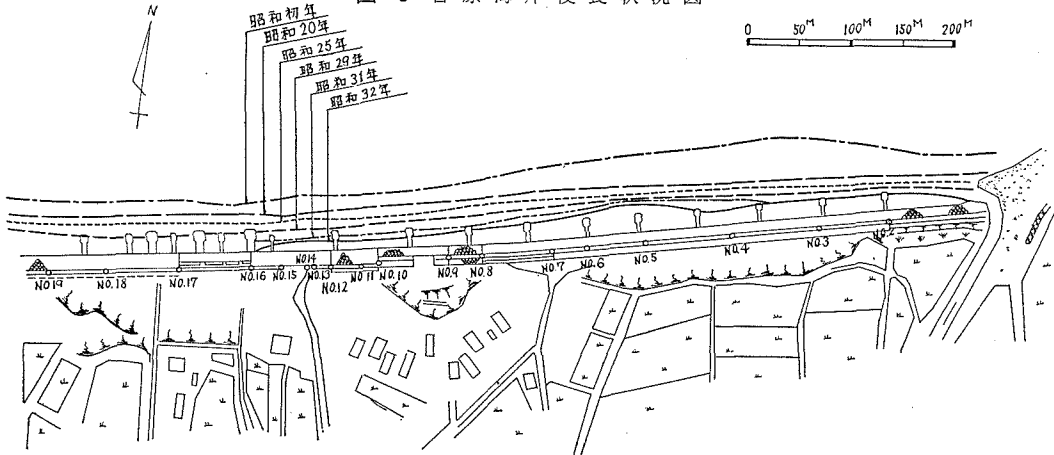


図-8 吉原海岸侵食状況図



あるいは古い図譜に徴しても、堂宇や集落が数回移動した状況が克明に述べられており、海に吞まれた美田や宅地人家の数のおびただしいことを訴えている。近年の調査によつても、昭和 26 年よりの侵食状況は図-8 に示すように、相当急激に海浜が移動しておることがわかる。

旧護岸は昭和 10~15 年頃に汀線より 30~50 m 陸地に入つた地点に、前述の横尾海岸同様の野面石積の練積護岸が築造されたが、漸次侵食を受けて昭和 28 年 1 月の「ウネリ」(波高 2.5~2.8 m) により延長 309 m が欠壊した。旧護岸は図-9 に示すような構造であるが、被害状況より判断すると基礎ブロックになんら被害を与えていないので、エロージョンにより一部脱石を生じ、これが原因して波圧に耐えられなかつたものと考えられる。

(2) 第一次復旧工事の欠壊

旧堤の破壊状況にかんがみ 図-10 のような構造として昭和 28 年 9 月に復旧工事は完了した。すなわち、波力を減殺する目的をもつて小段を設け、かつ、エロージョンに耐えるため壁厚を護岸上部で 50 cm、下部で 80 cm 程度に増強した外、延長 20 m ごとに突堤を配置した(図-10 参照)。

図-9 吉原海岸構造図(昭.10~昭.15)

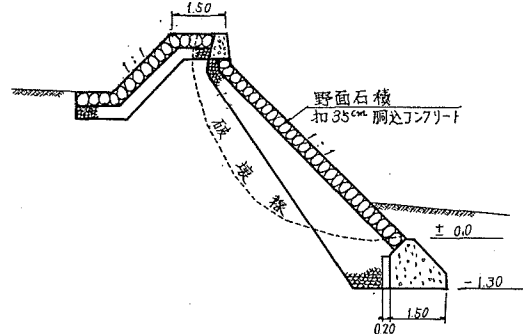
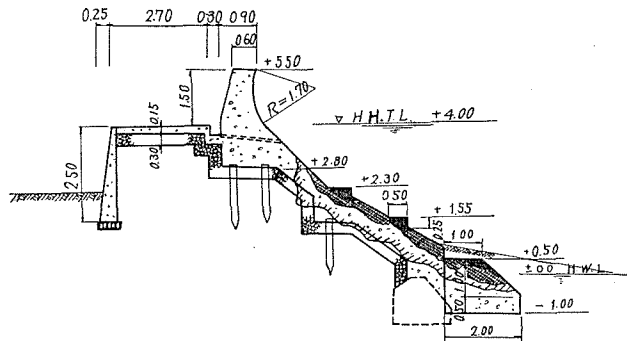


図-10 同上(昭.28.9)



この新設岸の位置は、吉原海岸中やや東よりの波浪の激しい地区に当り、前記工事完成後も年々エロージョンは激しく、徐々に小段が削られ壁体におよんでいたが、昭和31年2月12日に至り来襲した「ウネリ」(波高3.0~3.5m)のため延長55mの部分が欠壊し、これに引き続く区間にはなほだしいエロージョンの跡を残した。昭和28年9月完成以来2年5カ月の日時を経ているが、最大磨耗の場所は深さ約50cmで、特に砂礫の堆積が少ない場所に限られ、他の大部分には異状が認められなかった(写真-2参照)。

写真-2 吉原海岸護岸の磨耗状況

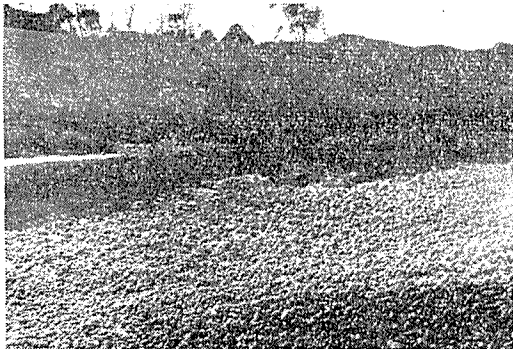
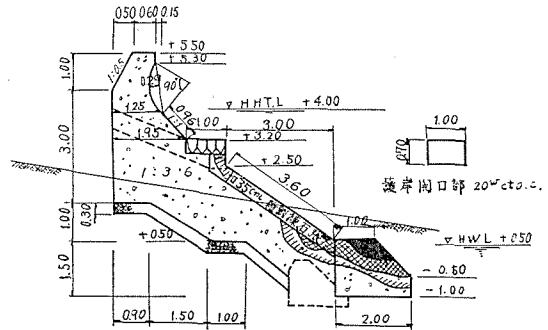


図-11 吉原海岸構造図(昭.31.8)



(3) 第2次復旧工事の欠壊

第1次復旧護岸の被災原因にかんがみ磨耗防止の必要を認め、図-11に示すような石張堤として昭和31年9月に完成した。

昭和31年12月5日より10日間にわたり2回の「ウネリ」が襲来した。これは日本海を低気圧が連続して通過したものに基因する。その結果、前回復旧した区間がはなはだしく洗掘され、かつ、激しいエロージョンのために25mにわたって欠壊するに至った。磨耗は前回の基礎ブロックに始まり、下部より張石を脱落せしめエロージョンを進行せしめたものである。その後も高波のためたえず他の部分にもエロージョンの進行による欠壊を見た。

本海岸の特色として「ウネリ」のため海浜にある砂礫が波浪の激突と共に吹き上げられ、護岸後部にうず高い小山を築き、ために同時に吹き上げられた潮が逆流して、背後の民家にはんらんすることである。これを防止する目的で護岸の腹部に吹き上げた砂礫を海浜に還流させるための穴をあけた。この穴は幅1.0m、高さ0.7mで延長20m置きに設けたのであるが、結果をみるに所期の効果が認められているようである。

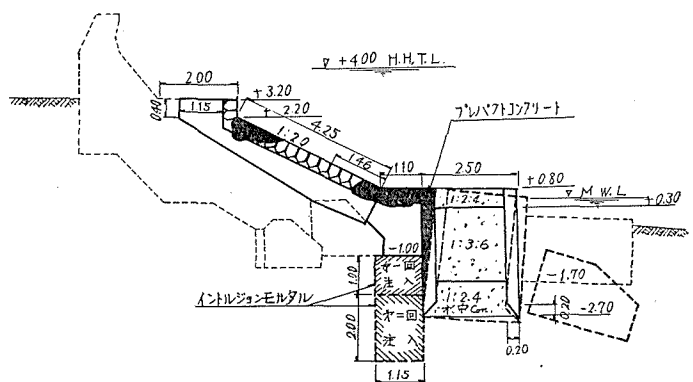
(4) 第3次復旧工事の状況

以上の被災にかんがみ研究の結果図-12に示すような構造とし、昭和32年4月着工した。すなわち、エロージョンに対しては壁厚を相当厚くし、かつ、張石張とし、洗掘に対しては無底ケーソン(深さ3.5m)を-2.70mまで下し、なお、しぶきや土砂吹き上げを減殺するために小段を設置し、しかも勾配をもとの1.5割を改めて2割とした。

昭和32年の夏期は気象状況が定まらず、6、7月にかけて2回にわたり中程度の高波を受けて手戻りを生じたが、8月下旬頃には一部突堤を残して竣功した。

昭和32年9月19日低気圧の通過にともなう高波が襲来した。その結果、基礎ケーソンが若干前傾し、前面の捨ブロックが移動してケーソン上に打ち上げられるものもあつた。気象の悪条件等もあつて、工事施行の順序が思つたとおりゆかず、この部分の突堤のみが未完成であり、ために侵食がこの部分に特にいちじるしかったのであると思われる。

図-12 吉原海岸構造図(昭.32.10)

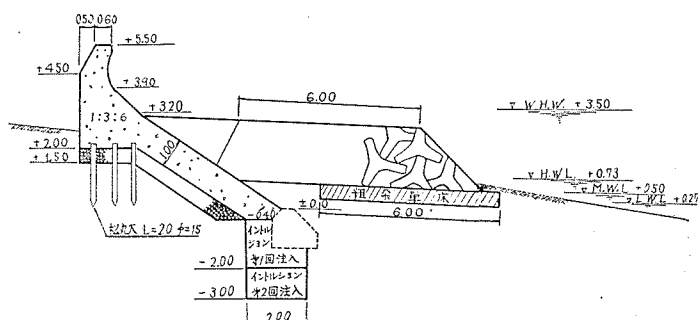


この対策として 10～11 月にかけて図-12 に示すように、護岸表層の剝離と根固めブロックとの間ゲキはプレキャスト コンクリートで修復し、護岸基礎の部分はイントリュージョン モルタルを注入して補強した。その結果、32 年秋から 33 年春にかけての高浪にも欠壊をまぬかれていたが、エロージョンの現象は各所に見られる。

(5) 考察と対策

本海岸では構造物の破壊原因は主に磨耗で、この磨耗に対抗するため断面を大きくし、石張りを行なう等種々の対策を講じたが、横尾海岸同様波力に直接抵抗することは困難、かつ、不利と考えられるので、テトラポッドの投入による工法を考え、図-13 のような工法を計画し実施をすすめている。

図-13 吉原海岸構造物図 (昭.33)



6. 侵食海岸における問題点

以上侵食海岸の代表的地区としての富山海岸について、その侵食原因と、本海岸中特に侵食の激しい二地点について、構造物破壊状況を述べた。

富山海岸では、昭和 23 年より「富山海岸侵食対策協議会」を設け、斯界の権威者の協力によつて調査研究がなされ、27 年に調査報告書を出しているが、侵食が激しさを加えているため、昭和 32 年に委員を更新して再開された。その会合における総合意見として、「海岸の侵食はさけがたい自然現象であり、国土および施設は侵食、あるいは、破壊されるのが自然の法則である。しかし、消耗、破壊されることは止むを得ないが、できるだけ侵食速度を遅らせ、構造物破壊をくい止めるよう対策を講ずべきである。そのためには、河川の改修、ダムを設置、港湾の築造等に対つては、海岸の保全を考慮して有機的に計画されねばならない。」と出されている。まことに至言であると思う。そして国土が侵食されるという自然の法則のなかにも、保全施設の破壊を少しでもくい止める方途を尽すことが、われわれに与えられた技術的宿題であると思う。

ここに、保全施設遂行上最も困難と思われる点、すなわち、技術上の問題点を掲げることとする。

a) 波力減殺をはかるにはどのような方法が適切か すでに述べたように、急深の海岸で、エネルギーロスがすべて陸岸で起こるような海岸では、堤防護岸によつてこの総てに抵抗することは、困難、かつ、不利であることはよくわかつた。すなわち、基礎を大にし、根入れを深くしても到底耐えるべくもない。この対策として最も有効なものは、並行堤であるとされ相当に採用されている。しかし富山海岸のように急深では、その施行は経済上、施工上困難であるので、残された方法として捨ブロックを幅広く配置すること、根固め兼並行堤式に設置することであると思う。これも波力が強いので大きなボリュームを要し、かつ急深のため転倒、流失しやすいので稜角が多く、その上波の吸収率のよい点より見て、テトラポッドが適当と思われる。この場合その大きさ、配列幅、重ね厚さはどのように計画するか等が、今後に残された問題である。

b) 磨耗に対する抵抗にはどのような方法を探るか 侵食海岸は多少ともエロージョンが問題である。特に海浜がおもに礫、砂利より構成され、これが波浪とともに護岸を削り、破壊の最大原因となるようなカ所には、どのような工法を探るか。前記の海岸で波力の激しい地点では 1:3:6 程度のコンクリート表面が、3 年間に 40～50 cm の磨耗を受ける。対策として野面石を前面に張るときは、目地コンクリートから磨耗されることによつて野面石を脱落せしめる。それで、止むを得ず割石を張つたが、これは最も耐久性があるようである。しかし波力の激しい地区ではこれも脱落を始めており、脱落することにより 40 cm 程度を一挙に磨耗されることになるので、必らずしもよい工法とはいえない。一般に磨耗を受けるカ所のコンクリートは、セメント使用量を少なくとも 320 kg/m³ 程度以上にすべきであるとされている(磨耗抵抗はコンクリートの強度に比例する)。

したがつて、張石にたよらず強いコンクリートを打つことが得策ではないかと考えられる。

c) 突堤はどのように計画されるべきか 波力の激しい海岸には、ほとんど例外なく突堤を設けている。現地状況より見て、突堤は波力減殺にどのように役立つのかというと、屈折して海浜に直角に激突する波に対して、同じく海浜に直角に設けられた突堤は、波力減殺の効用は直接的には認められない。ただ、突堤は波の横侵食に対して護岸を護り、あるいは、海浜土砂の流失を妨げ、あるいは、流砂を補捉するには大いに役立つとい

る。現に、漂砂の少ない海岸においては突堤を欠けば、護岸前面が急激に洗掘されることは、たびたび経験しているところである。

ひるがえつて、工費的に現在築造している突堤を見れば、突堤1基当り150~200万円を要し、これを、延長30m程度に設けるとすれば、延長1m当り5~7万円の工費を要し、中程度の護岸築造費とほぼ同額である。突堤の効用を勘案して、この工費はやや惜しいようにも思われるが、もしいままでの重力式突堤をテトラポッド式に切換えたとしても、延長15mでm当り12コ程度のテトラポッドを使用すれば、1基当り180~200万円を要し、稍同額となる。参考のため(i)に述べたように根固め式に使用した場合、テトラポッド12コ/mで12万円/mとなり(幅6m厚3m)、これも相当多額を要するのである。

要するに突堤は在来のように、護岸に次いで重点的に計画されるべきかどうかについては、疑問がある。

d) 根固め工の維持補修はどのようにするか 侵食海岸においては、構造上最も波力にさらされるのは並行堤であり、あるいは根固めである。これらは、最も消耗品的な性質をおびており、年々破壊消耗すると思われるが、常統的に維持補修がなされなければならない。したがって、この消耗される部分については、容易に補給しうるものを選ばなければならない。捨ブロック、または捨石による根固め等が経済的には好ましいが、波力によつて分散してしまう場合には、波力の減殺をもかねたテトラポッド等を使用するのが得策かと考える。

以上列举した問題点は、今後の調査研究の対象とされるとともに、現場施工上の研究課題とされることを切望するものである。

前記協議会において、最も波力を減殺し、構造物の消耗をくい止める一策として次の案が出された。すなわち、『根固め工をテトラポッド、あるいは捨ブロックとして弾力性を持たせ、在来の護岸式のものとは別に造らず上部の波走り止めのみ20m程度以上後退し、パラペット式の簡易なものとして根固め部と絶縁の上設置することである。このようにすれば根固め工の消耗に対して補給さえすれば、最も耐久性がある』という構想であるが、海岸付近に土地の余裕のあるところでは大変面白いと思われる。

さて、幸い富山海岸では、国の直轄施行予定区域としても採り上げられ、北陸地建の調査と、土木研究所の実験研究がなされているので、種々の問題点も歩歩解決されることが期待される次第である。

最後に本稿取りまとめに当つては、かねて、本海岸のことについて関係、あるいは指導された、建設省防災課長 山内一郎、土木研究所河川部長 佐藤清一、並びに同技官 富永正照等の諸氏の御指導、御援助を戴いた。ここに記して、深甚の謝意を表するものである。