

——千葉県白渚海岸の例——

高橋和彦*****・星上幸良*****・種崎晴信*****

千葉県の上白海岸を対象に岩礁帯に隣接する緩傾斜護岸の越波特性を考慮した保全対策について検討した。この海岸では近年既設直立護岸は緩傾斜化したこと、結果的に背後地の越波量と越波頻度の増大を招いた。このため早急な対応が求められた。また、従前の保全計画に位置付けられていた人工リーフに対しては、地元漁師や海岸利用者から環境や利用への影響の懸念が表明され、従来の設計手法にとらわれない新たな保全計画が必要とされた。そこで現地での緩傾斜護岸の越波状況や、沿岸地形や土地利用を勘案した越波特性について詳細に分析し、海岸環境への影響を最小限とし、かつ早急に安全度の向上が図れる越波対策工法を提案した。

1. はじめに

旧海岸法の下では、沿岸全体にわたってある程度以上の安全度が確保されるよう、沿岸方向に一定水準の整備率を設定して整備率の向上が進められてきた。このため、海岸護岸などの計画においては、同一地先海岸内において基本となる護岸天端高を定めることにより設計を簡便化し、一元的な施設整備が図られた。その結果、現在わが国の沿岸では、日常的に高潮などの脅威に晒されることはほとんどなくなり、ある程度以上の安全度の確保が可能となった。しかしその反面、施設設置位置の海岸地形や護岸背後の土地利用などの実態を十分考慮した越波対策や浸水被害の予測については、計画論として十分な検討が行われてきたとは言い難い状態にある。

また、護岸の緩傾斜化による越波量の増大については、既に合田ら（1975）や高山ら（1982）が明らかにしているが、近年、芹沢ら（2003）が指摘した通り、現地海岸では直立護岸前面への緩傾斜護岸設置に伴い、施設の改良後に越波が増大する例が多く見られ、越波の増大を短期間に低減させると同時に、環境や利用との鼎立が図れる具体的な対策工法が求められている。

本研究は、千葉県の白渚海岸を対象に岩礁帯に隣接する緩傾斜護岸の越波特性を考慮した保全対策について検討したものである。この海岸は、岩礁帯と砂浜の入り混じる複雑な地形を有した風光明媚な場所であるが、近年、更なる越波防止と海浜へのアクセス向上の要請から既設直立護岸を緩傾斜化したところ、結果的に背後地への越波量と越波頻度の増大を招いたため（写真-1）、早急な

対応策が求められた。また、従前の保全計画に位置付けられていた人工リーフに対しては、地元漁師や海岸利用者から環境や利用への影響の懸念が表明されたため、従来の設計手法にとらわれない新たな保全計画が必要とされた。

そこで本研究では、現地での緩傾斜護岸の越波状況や、沿岸地形や土地利用を勘案した越波特性および浸水被害について詳細に分析する新たな保全対策の検討手法、ならびに海岸環境への影響を最小限とし、かつ早急な安全度の向上が図れる越波対策工法について提案する。

2. 越波特性の詳細把握

(1) 白渚海岸の概況

白渚海岸は岩礁帯と砂浜が混在する海浜地形である。当海岸はここから千倉まで続く約7 kmの砂浜海岸の東端に当たり、軟岩で形成された露岩域が隆起しているため、砂浜幅は平均15 m程度と全体的に狭い。これに対し海岸中央部にある岩礁帯は全体的には朔望平均干潮面程度の標高と汀線から海側縁部までおよそ100 mの幅を有し、その大部分にはT.P.+2.0 m程度の天端高の突出した露岩(写真-2)が見られ、高波浪時においても高い消波機能を有している。



写真—1 2000年7月の台風3号による越波状況

* 正会員 海岸研究室(有)

正会員 工博 (財)土木研究センター審議役なぎさ総合研究室
長

*** 正会員 工博 東京大学助手大学院総合文化研究科広域システム科学科

**** 千葉県鴨川土木事務所次長

***** 千葉県鴨川土木事務所河川改良課長

正会員 国際航業(株)海洋エンジニアリング部

***** アジア航測(株)環境部

(2) 越波の現状

直立護岸であった当時の写真や緩傾斜化以降の調査結果、および地元住民の証言から、直立護岸であった当時の護岸からの越波は飛沫程度であったのに対し、護岸の緩傾斜化以降は越波というよりも越流に変化し、土砂や流木が背後地まで打ち込まれるようになった点が指摘された。現行の緩傾斜護岸の設計法では、その天端高は中村・白石の改良仮想勾配法（建設省河川局海岸課監修，1989）によりうちあげ高を求め、これに余裕高を加えて定められることが多い。そこで、まずこの方式によりうちあげ高の計算を行った（表－1）が、上述の越波の増大を再現することはできなかった。そこで、次項において越波量の検討を行った。

(3) 詳細ブロック毎の越波量算定

上述の露岩域の両端部には滞筋が形成されており、ここでは通常の時化においても護岸天端付近まで波が遡上している（写真－3）。このような緩傾斜護岸への越波の場所的な相違は、緩傾斜護岸ののり先水深に依存することが合田ら（1975）や高山ら（1982a）の実験的研究により明らかにされている。そこで、延長1.2 kmの海岸を地形や背後地の条件から図－1に示す11のブロックに区

分し、直立護岸当時と緩傾斜護岸建設後の越波量を算出した（表－2）。

緩傾斜護岸建設後の越波量については、海岸保全施設築造基準解説（海岸保全施設築造基準連絡協議会，1987）に示された高山ら（1982b）の実験による算定手法に、富永・佐久間（1972）の波返し工の効果、ならびに合田・岸良（1976）のパラペットの後退による効果を加えて算



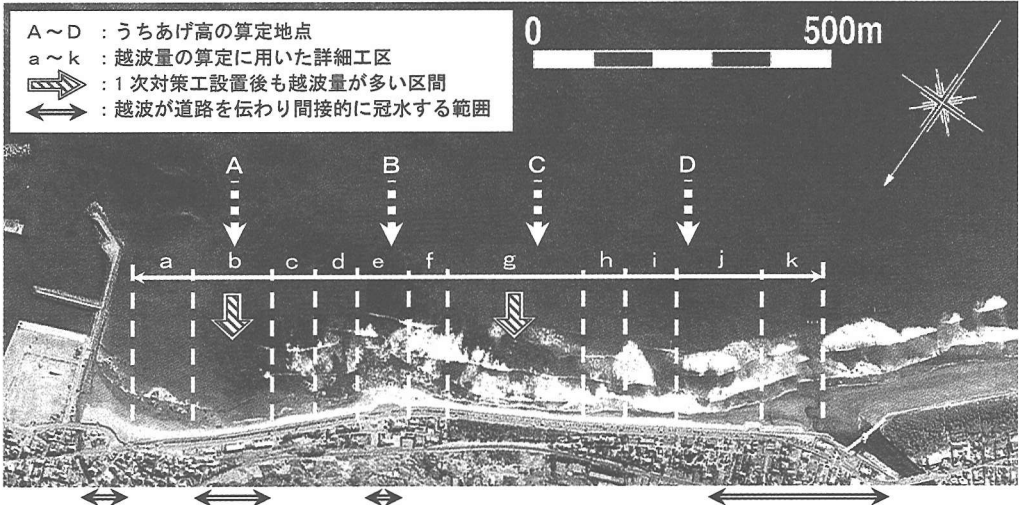
写真－2 岩礁帯に突出した露岩



写真－3 通常の時化における波の遡上

表－1 改良仮想勾配法による代表地点でのうちあげ高

波浪諸元	地点	うちあげ高 T.P.+m
$H_0=10.5\text{ m}$ $T_0=15.5\text{ s}$ 30 年確率	A	5.57
	B	5.54
	C	5.07
	D	5.31



図－1 越波量算定に用いた詳細ブロック区分

出した。その結果、30年確率波浪による直立護岸当時の越波量は、 $0.004 \sim 0.026 \text{ m}^3/\text{m/s}$ であり、岩礁脇の滞溺付近ではしぶきが背後地まで飛散する程度であったが、緩傾斜化後の越波量は $0.016 \sim 0.085 \text{ m}^3/\text{m/s}$ (3.3～4倍)に増大したことが明らかとなった。つまり、緩傾斜護岸の越波問題の評価では、うちあげ高だけでなく越波量による検討を行うことが必須であることがわかった。

(4) 越波特性の検証

さらに、嵩上げ後の越波量(表一2)と合わせて、現地観測や、富永ら(1972)の直立壁が汀線の陸側にある場合の直立壁に作用する波圧式に示された波圧作用高 R_0 を用いた計算結果($R_0=0.7 \sim 0.8 \text{ m}$)などを考慮し、1m程度の直立壁を追加すれば遡上波の大部分を抑止でき、従前の越波量程度に戻しつつ、越波の発生確率年を従前程度に回復することが可能と判断された。

3. 背後地の浸水特性

表一2の各ブロックでの越波量に対して、ブロック毎の延長を考慮した越波流入量と背後地の面的な標高を考慮し、実際の冠水被害について検証を行った。当海岸の場合、護岸背後には国道128号線が隣接しており、道路の縦断勾配はほとんどなく、既設の護岸天端高との標高差も数十cmと小さい。また、道路の陸側は宅地や農地として利用されているが、その標高には数mの差があり、一部の宅地は道路より標高が低く、図一2に示す位置に集中していることが分かる。この場合、最も越波の激しい区間では宅地へは直接浸水しないが、そこから流入した

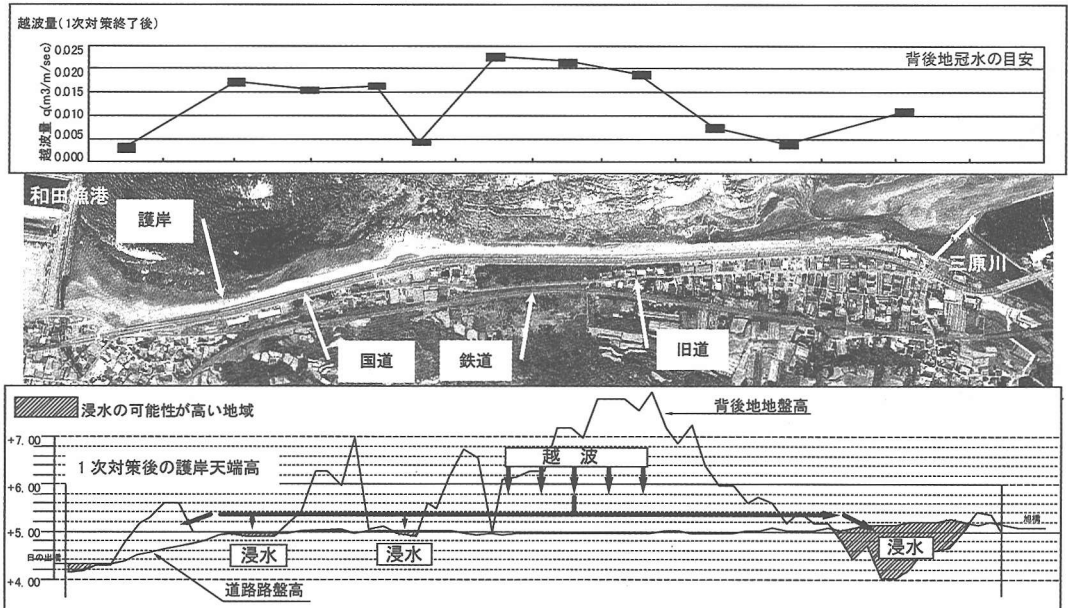
海水は背後の国道を縦断方向に流れ、隣接する地盤の低い宅地へと流入し、結果として冠水することが明らかとなり、越波による間接的な浸水被害についても配慮が必要と判断された。

4. 対策工の提案

以上の検討結果と、現状での越波頻度に対する緊急性を勘案し、海岸全域で緩傾斜護岸の上部に1m程度の波返しを計画した。ところで、この直立壁は陸上対応が可能のため、海岸環境や海域・海浜利用への影響はないが、背後地から海浜へのアクセスを分断することになる。このため、波返し建設の利害得失については住民参加による合意形成会議(清野ら、2001a, b)において議論を重ねた。この結果、壁高1m程度であれば早急な越波防止

表一2 詳細区画毎の越波量

区間	緩傾斜護岸の のり先地盤高 T.P. + (m)	堤前波高 H (m)	越波量: $q \text{ (m}^3/\text{m/s)}$		
			旧直立護岸	緩傾斜護岸 設置後	1次対策工 設置後
a	1.00	1.69	0.004	0.016	0.003
b	-1.02	2.65	0.021	0.070	0.017
c	-0.58	2.44	0.019	0.066	0.016
d	-0.80	2.55	0.020	0.068	0.017
e	0.66	1.83	0.006	0.023	0.004
f	-1.48	2.92	0.026	0.085	0.023
g	-1.42	2.88	0.025	0.083	0.022
h	-1.15	2.73	0.022	0.074	0.019
i	0.11	2.05	0.009	0.036	0.008
j	1.15	1.80	0.005	0.019	0.004
k	-0.19	2.22	0.013	0.049	0.011



図一2 越波に伴う背後地の浸水パターン



写真-4 1次対策前



写真-5 1次対策後 (写真手前は未施工区間)



写真-6 1次対策箇所の越波後の状況



写真-7 応急対策区域 (大型土のう) の越波後の状況

効果が発揮でき、かつ、景観にも影響がないとの見解が得られ、1次対策として採用され、現在建設中である(写真-4, 5)。この1次対策の波返しの建設中の2002年10月2日に台風の襲来があったが、完成区間では背後地への越波が阻止され、越波防止効果が格段に向上したことが実際に確認された(写真-6)。また、応急措置として未着工区間に設置した仮設の大型土のうは、写真-7に示したように波浪と風化によって表面が破損したものの、背後地側への浸水は免れた。

景観において特に議論になったのは、海岸に平行して走る国道128号線を走行中のクルマから海の視界が妨げられるかどうかにあった。何となれば現況では視界が良好であったからである。もちろん運転者が海を見ることは交通事故の原因になるので避けなければならないが、他の海岸のようにコンクリート壁に囲まれて全く視界を妨げられることは、この海岸の良さを大きく損なうと考えた。

また、前述の背後地への浸水特性に関する検証結果から、岩礁帯両脇の滞筋部分においては、30年確率波浪に対しては1次対策のみでは越波防止効果が若干低いことが明らかとなったが、この時の越波防止に対する不足高は、直立壁によれば0.5m程度で良いことが示された。さらに、この区間では通常荒天時程度の波で緩傾斜護岸の天端を越波するため、天端を利用する歩行者等の安全性確保も重要との指摘もなされた。

そこで、岩礁帯の両端部で越波の生じやすいB、G区間について2次対策が必要と判断し、物理的に実施可能な対策案を提案し、合意形成会議での更なる議論や実物大模型を用いた現地説明会を実施した結果(清野ら, 2003)、緩傾斜護岸の最上段のブロックを1個撤去し、L型の嵩上げ工を追加する改良断面(図-3)が採用された。

5. 結 論

護岸の緩傾斜化によって越波量が増大した場合、越波が越流型に変化する特性があることから、天端付近に直立壁を設けることが早急な防護の実現と海岸環境の保全を図る上からも有効である。本事例では1次対策の施工によって、少なくとも従前の防護レベルまで回復でき、安全性の向上が図られた。現在2次対策の実施に向けて工事実施レベルでの調整を行っている。

また、2次対策として採用された緩傾斜護岸の最上段のブロックを撤去し、直立壁に改良する方法は、設計上、波圧に対する安定性や吸い出し防止等の工夫が可能であり、効率よく対策効果を発揮できる工法である。

ただし、撤去したブロックの活用方法や、補助金等の適正化に関する法律(適化法)に抵触する場合がある上、本断面の越波量の定量的な検証が必要であるなど、いく

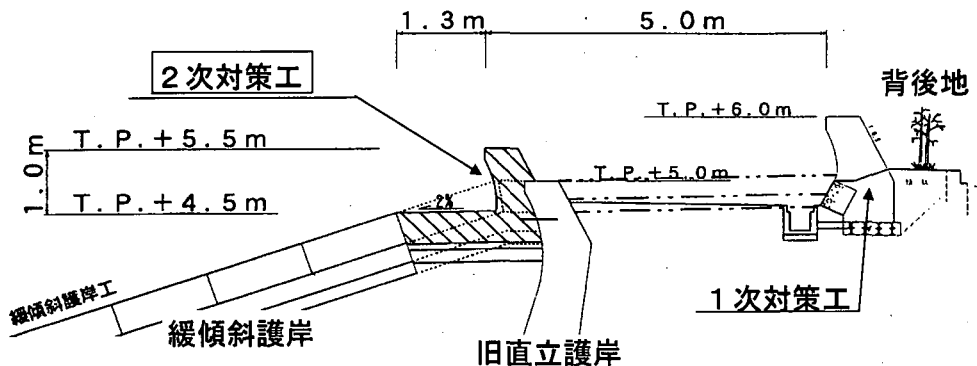


図-3 2次対策工断面(案)

つかの課題が残されている。しかし旧海岸法のもとで防護を優先して計画された大規模な人工リーフの代わりに、地域住民の合意をもとにした陸での護岸改良工事を行うことにより、防護目的を果たすことに加えて、外房特有の軟岩でできた機場環境の消失を免れたことで、新海岸法の精神に忠実にしたことができたと考えられる。このことは本事例のように、従来、防護を主目的として発達してきた海岸工学の技術や知見を用いて、自然の海岸地形や海浜の環境・利用、防護区域の状況などの特性を、詳細かつ適切に分析することによって、防護・環境・利用が鼎立するような綿密な保全計画の立案が可能であることを示唆している。

さらに、多くの海岸では、緩傾斜護岸が造られた結果海浜の消失が促進されるという事態が起きており(宇多ら, 1999; 宇多ら, 2001)、汀線近傍まで緩傾斜護岸ののり先が延びることによって海浜変動に対して緩傾斜護岸が脆弱化し、被災に至る例は無数にあるが、そのような場合に根本的な意味から緩傾斜護岸を大きく改変することの可能性も見えてきたと考えられる。実際にそれを実行するには超えるべき多大な障害があることも事実であるが、本研究により、将来的に見てより良い海岸条件に変えていく糸口の一つが見えたと考えている。

参考文献

- 宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼・清野聡子(1999): 緩傾斜護岸に係わる様々な問題点の整理, 海洋開発論文集, Vol. 15, pp. 523-528.
 宇多高明・芹沢真澄・三波俊郎・古池 鋼・清野聡子(2001): 緩傾斜護岸の望ましくない使用法とその是正法, 海洋開発論文集, Vol. 17, pp. 631-636.

- 海岸保全施設築造基準連絡協議会(1987): 海岸保全施設築造基準解説, (社)全国海岸協会, pp. 76-77.
 建設省河川局海岸課監修(1989): 緩傾斜堤の設計の手引き, (社)全国海岸協会, p. 48.
 合田良実・岸安良治・神山 豊(1975): 不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 運輸省港湾技術研究所報告, 第14巻, 第4号, pp. 3-44.
 合田良実・岸安良治(1976): 不規則波による低天端型護岸の越波特性, 港研資料, No. 242, pp. 3-28.
 清野聡子・宇多高明・芹沢真澄・渡邊義雄・吉田和幸・星上幸良(2001a): 住民との合意形成に基づく海岸整備計画の検討—千葉県白渚海岸の例—, 海洋開発論文集, 第17巻, pp. 517-522.
 清野聡子・宇多高明・芹沢真澄・渡邊義雄・吉田和幸・星上幸良(2001b): 合意形成に基づく越波対策・漁場保全・海岸利用の鼎立を目指した海岸整備計画の検討, 環境システム研究論文発表会講演集, 第29回, pp. 339-350.
 清野聡子・宇多高明・芹沢真澄・峰島清八・高橋和彦・星上幸良(2003): 住民との合意形成に基づく海岸整備計画検討の実践—千葉県白渚海岸の例—, 海洋開発論文集, 第19巻, pp. 95-100.
 芹沢真澄・宇多高明・小林昭男・星上幸良・三波俊郎・古池 鋼(2003): 直立護岸との比較における緩傾斜護岸の越波量の評価と問題点, 海洋開発論文集, 第19巻, pp. 237-242.
 高山知司・永井紀彦・菊池 治・西田一彦・関口忠志(1982a): 各種消波護岸の越波流量特性, 第29回海岸工学講演会論文集, pp. 370-374.
 高山知司・永井紀彦・西田一彦(1982b): 各種消波工による越波流量の減少効果, 港研報告, 第21巻, 第2号, pp. 151-205.
 富永正照・久津見生哲・佐久間 壤(1972): 海岸堤防に関する研究(11)—越波量一, 土研報告, 第143号, pp. 59-94.
 富永正照・佐久間 壤(1972): 海岸堤防に関する研究(11)—越波量一, 土研報告, 第143号, pp. 59-94.