

遊水部付緩傾斜消波工の潮風害防止効果について

大木喜久朗*・橋田 望*・吉井勝彦*・黒川忠良*・杉浦国男**

1. ま え が き

我国では、昭和30年代中頃から異形コンクリートブロックを利用した消波工が盛んに築造されるようになり、現在では全国津々浦々の海岸にこの種の構造物が設置されている。この種の消波工は、不透過な壁体からなる防波堤や、海岸堤防の前面に空隙の多い異形ブロックを台形上に積み上げ、波のエネルギーを砕波により減殺し、波のうち上げ高、越波量、波力等を軽減しようとするものである。また最近では、消波施設が水深の大きな場所に築造されるようになり、工事費及び占有面積を、できるだけ小さくするため直立型消波構造物が出現してきている。ところが台形断面消波工、直立型消波工では海水飛沫の発生・飛散の面からみると、必ずしも有効であるとは云い難い。このため飛沫の発生・飛散により塩害を受ける野菜等の農作物、人工島、変電所等の重要施設の防護には視点を変えた新しい型の消波工が必要である。香川県では、昭和41年度に完成し、野菜等を数多く栽培し、優良農地である三豊干拓地の塩害を防止するため消波施設を設置する計画で、その実験を高知大学に依頼し、その実験結果をもとに、遊水部付緩傾斜消波工を採用することとした。この工法により昭和59年3月に一部断面が完成されて以来、現地において種々の潮位、風速、波高について現地観測を行ない、隣接の堤防法線、地形等がほぼ同一の従来型台形断面消波工との消波効果の差異を比較検討してきた。その結果、遊水部付緩傾斜消波工は台形断面消波工に比較し、きわめて消波効果がすぐれていることが確認された。これらの観測結果から、人工島防護等の大水深区域での消波工についても応用できるものと思われる。

2. 観測位置・方法および断面の特長

図-1に示した三豊干拓地、隣接海岸の2ヶ所において、波高 H 、越波量 Q 、飛沫上昇高 S_p 、飛散距離 I_s を目視及び実測により観測し、風速については観音寺浄化

センターの自記、記録風速計により風向、風速を測定した。なお、三豊干拓消波工、隣接海岸消波工の断面は図-2、図-3のとおりである。

図-2の三豊干拓消波工断面の特長は

- ① 先端傾斜が緩やかなこと。
- ② 横断幅が広いこと。
- ③ 天端高が低いこと。
- ④ 遊水部を設けていること。

等々である。これら4つの特長が従来から一般的に築造されている図-3のような台形断面消波工に比較して海水飛沫の発生・飛散にどのような影響を与えるものかを4年間にわたり、現地で観測、考究した。

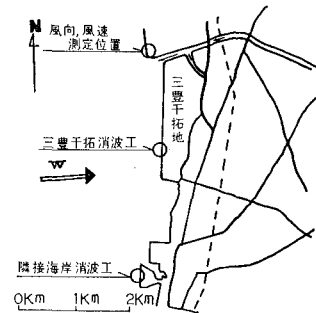


図-1 観測位置及び風向表示図

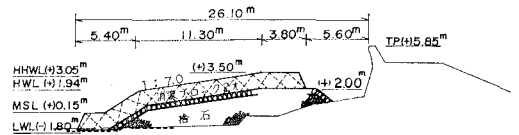


図-2 三豊干拓消波工（遊水部付緩傾斜断面）

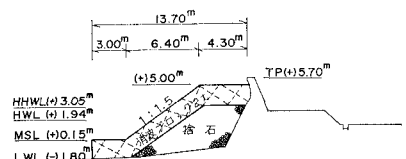


図-3 隣接海岸消波工（台形断面）

* 香川県三豊土地改良事務所 所長・主幹、副主幹、係長
 ** 正会員 農修 香川県三豊土地改良事務所 主査

3. 観測結果および考察

3-1 観測結果

a) 潮位が朔望平均満潮位附近, $TP+1.9\text{ m}$, 風向 W , 風速 18.0 m/s , 波高 2.0 m の場合, (S60. 2. 21 日発生)

この潮位, 風速, 波高の時, 三豊干拓消波工及び隣接海岸消波工の越波状況は, 写真-1~5 のとおりであり, また越波量 Q , 飛沫上昇高 S_p , 飛散距離 l_s は表-1 のとおりである。

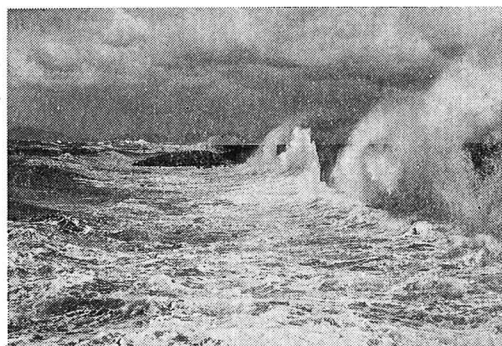


写真-1 三豊干拓堤防越波状況

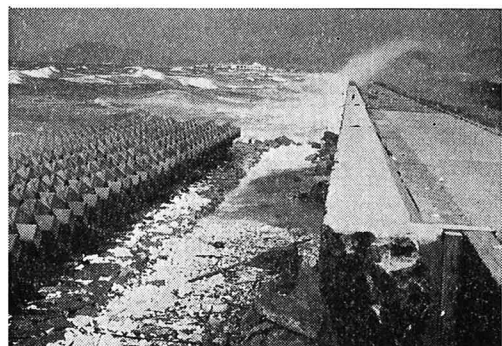


写真-2 三豊干拓消波工（飛沫侵入は零）



写真-3 三豊干拓消波工飛沫発生状況



写真-4 隣接海岸消波工越波状況

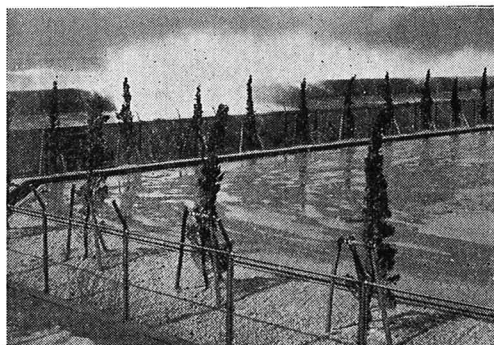


写真-5 隣接海岸消波工越波状況

表-1 消波工比較資料 ()内は消波工未設置の場合

地 区 項 目	三豊干拓消波工	隣接海岸消波工
越 波 量 Q	$(8 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec})$ 0	$2 \times 10^{-8} \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{sec}$
飛沫上昇高 S_p	$\left(\frac{S_p}{H} = 4.0\right)$ 0	$\frac{S_p}{H} = 1.5 \sim 2.5$
飛 散 距 離 l_s	$(200 \text{ m} \sim 250 \text{ m})$ 0	50 m 以上

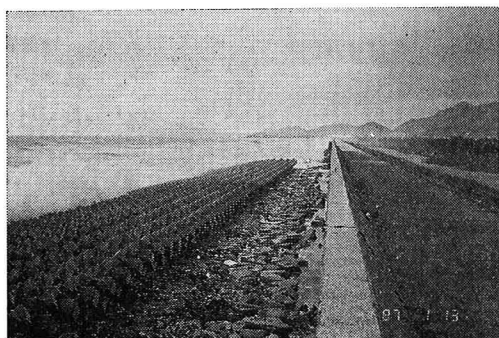
写真-1, 2, 3 および表-1 でわかるように, 三豊干拓地の消波工未設置区間では, 海水飛沫の発生, 飛散が著しく, 飛沫の地区内侵入は干拓地内 $200 \sim 250\text{ m}$ にも達し, 農作物, 特に葉菜類に大きな被害を与えている。一方, 消波工設置区間では, 波は先端傾斜部 (1:1.5) と緩傾斜部の海測2段目までのブロックで消波吸収され, 波が異形ブロック衝突時に生ずる飛沫の発生も少量であり, これが干拓堤防上を越えることはなく, 海水飛沫の地区内侵入は全くない。また, 隣接海岸の消波工については写真-4, 5 及び表-1 でわかるように, 三豊

干拓地の消波工未設置区間に比べ越波量、飛沫上昇高、飛散距離とも軽減されており、消波効果はみられるが、三豊干拓消波工に比べてみれば、その消波効果は著しく劣っていると思われる。

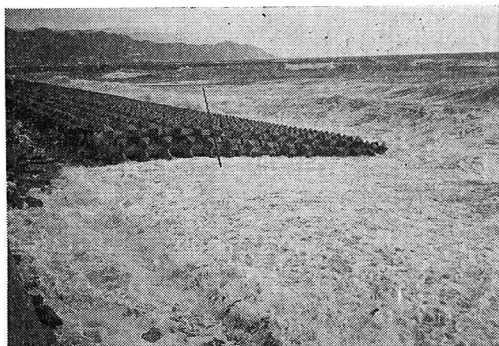
b) 潮位 $TP+1.5\text{m}$ 、風向 W、風速 15.0m/s 、波高 1.80m の場合、(S 62.1.13 日発生)

この潮位、風速、波高の時、三豊干拓消波工の越波状況は写真—6—8のとおりである。

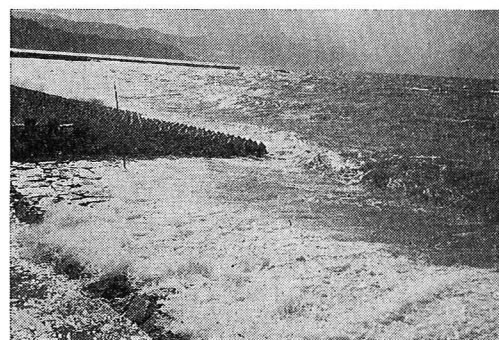
a) の場合に比べ潮位が低く、風向、風速、波高がほぼ類似している場合においては、写真—6—でわかるように消波工設置区間では、波が先端傾斜部 (1:1.5) で碎



写真—6 三豊干拓消波工飛沫発生状況



写真—7 捨石工による消波状況



写真—8 捨石工による消波状況

波され、飛沫の発生が a) の場合に比べて多くなる。ところが写真—7—8でわかるように捨石のみの所では波のエネルギーが緩傾斜 (1:7.0) 捨石マウンド上を遡上することにより、なめらかに減殺され、最後に遊水部にて、完全に消失する。このため海水飛沫の発生は無視できる程度のものである。このことは飛沫の発生と先端傾斜の関係を良く表わしているものと思われる。

3—2 考 察

写真—1—5、表—1 及び高知大学、技研興業KKの模型実験より、従来型の台形断面消波工と比較して、三豊干拓消波工の前述した4つの特長がどのような働きをしているかを観察したところ、次のような効果が確認された。

① 先端傾斜については、従来からの消波工では1:1.5程度を標準としていたが、三豊干拓消波工では1:7.0と緩傾斜としているため、波のエネルギー減殺がなめらかに行なわれ、海水飛沫の発生が少なくなる。

② 横断幅を広く取ることにより計画潮位、波高に対して異形ブロックの大部分が波のエネルギーを減殺し、消波工断面が有効利用される。

③ 天端高は、従来からの消波工では計画潮位以上の異形ブロックが消波に有効であると考えられていたが、現地観測によると、(計画潮位+半波高)以上の異形ブロックはあまり効果的ではなく、逆に消波工天端高を下げ横断幅を広くしたほうが効果的である。

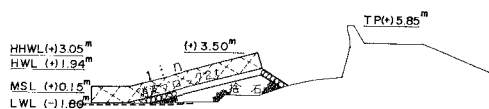
④ 遊水部を設置することにより、この遊水部がウォータ・クッションとしての役目を果し、また碎波点と堤防前面で発生する乱気流による吹上げを離すことにより、飛沫上昇高、飛散距離を減少させる効果がある。

ところが、この三豊干拓消波工は1.0m 当り 1,000 千円と隣接海岸の 1.0m 当り 650 千円と比較すれば割高となっているため、断面縮小の可能性について検討を行った。以下にこの検討結果について述べてみる。

この消波工の設計潮位は $TP+3.05\text{m}$ 、風向 W、風速 24.5m/s 、波高 2.55m であり、これは観測結果 a) の場合より潮位で $+1.15\text{m}$ 、風速で 6.5m 、波高で 0.55m と大きいものである。この設計潮位、風速、波高の時に、現在の消波工は十分な機能を発揮するだろうかと言う疑問がわいてくる。このため捨石工天端高が $TP+2.0\text{m}$ に対し b) の潮位 ($TP+1.5\text{m}$)、風向 (W)、風速 (15.0m/s)、波高 (1.8m) の時、捨石工のみの消波状況を示したのが写真—7、8である。この状態は消波ブロック天端高が $TP+3.50\text{m}$ に対する設計潮位 ($TP+3.05\text{m}$)、風向 (W)、風速 (24.5m)、波高 (2.55m) と対応していると思われる。写真でわかるようにこの状態の時、波のエネルギーは捨石上を遡上することにより大部分、減殺され、遊水部にて、完全に消失している。

このことは設計潮位、風向、風速、波高でも、現在の消波工天端高 $TP+3.50\text{ m}$ で十分であることを示しているといえよう。また異形ブロックの波吸収効果、粗度等が捨石表面に比べて大きく、波のエネルギー減殺能力が大であることを考慮すれば、現在の消波工横幅をもう少し縮小しても良いと思われる。このことは技研工業KKによる三豊干拓消波工断面の1/20 模型実験で、風速は与えていないが、設計潮位 $TP+3.05\text{ m}$ の時、波高を設計波高の2倍の 5.1 m を与えても越波量は零であったことから、その可能性が推測できる。

また、緩傾斜消波工の結経済性を追求するうえで、図一4に示した三角形断面の先端傾斜 n の値を消波効果の水準を考慮して、潮位、風速、波高、波長の関係で、どの程度、緩急が可能かを探ることが今後の研究課題であらう。

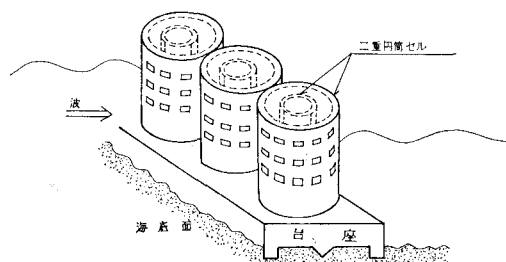


図一4 三角形断面消波工

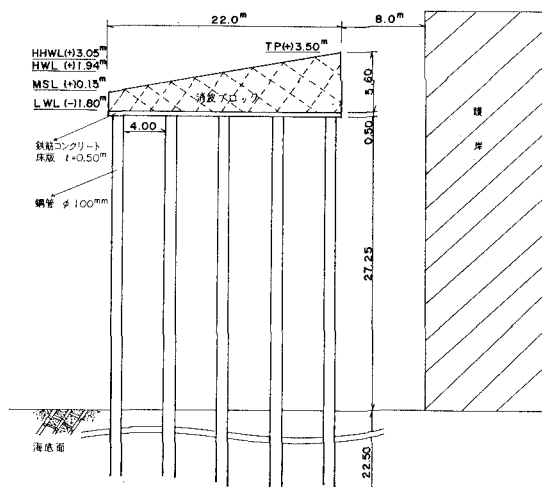
4. 大水深消波工への応用

大規模洋上プラント、海上都市、人工島、海上レクリエーションの基地等、外海に面した沿岸海域の高度利用が盛んになるにつれ、主に経済面から直立型の消波構造物が種々考案されるようになった。その中でも代表的なものが運輸省港湾技術研究所で開発されている二重円筒セル方式による波浪制御構造物であろう。これは図一5に示すように台座の上に半径の違う二つのコンクリート製円筒を載せた格好で、二つの円筒にはそれぞれ、小さな窓がいくつも開いている。これを防波堤のように海に並べ、波の弱い海域をつくり出そうとする試みで、水深 30 m 、円筒の半径 28 m とした場合の建造費は1基8億円とのことである。

一般的に直立型消波構造物はいくら空隙で波を吸収するとはいっても、波がコンクリート塊に衝突し、その時



図一5 波浪制御構造物(二重円筒セル方式)



図一6 波浪制御構造物(緩傾斜異形ブロック積)

に飛沫の発生・飛散が生じることは避けられず、これらは愛知県市原海岸(トライアン)、広島県豊島漁港(多孔ケーソンの)現地、聞きとり調査からも確認されている。このことから大水深区域での消波工については図一6のような消波構造物であれば消波効果も直立型消波構造物よりすぐれていると思われる。これは水深 30 m で概略設計をしてみると1基5億で施工が可能である。

5. 結 語

高知大学、技研興業KKによる模型実験結果、及び4年間にわたる現地観測により

① 従来の設計基準より消波工天端高を下げ、その部分の異形ブロックを利用して横幅を広げ先端傾斜を緩やかにするほうが消波に効果的であること、またその横幅は三豊干拓消波工では、現在波長の1/2弱をとっているが、その幅を1/3程度に縮小できる可能性があり、経済的にも現在の消波工に近い工事費で施工できること。

② 遊水部を設け、砕波点を沖側に移動させることにより、砕波点と乱気流の発生場所を離すことが飛沫上昇高、飛散距離を小さくすることにきわめて効果的であることが判明した。このことから、多くの海岸堤防で今までの台形断面消波工より、遊水部付緩傾斜消波工を設置することが、潮風害防止にはきわめて有利であると考えられる。また、大水深海域での消波工にも①、②の考え方は応用可能であろう。最後に資料収集に協力していただいた、技研工業KK河野茂樹氏、日本コーケンKKの広川勉氏に深く感謝をいたします。

参 考 文 献

- 1) 上森千秋: 三豊干拓潮受堤防水理模型実験, 1966.
 - 2) 玉井佐一: 三豊干拓模型実験報告書, 1981.
 - 3) 技研工業 KK: 香川県三豊干拓消波根固工水理模型実験報告書, 1982.
 - 4) 泉川利雄・玉井佐一・窪田公明・杉浦国男: 第40回農業土木学会中国・四国支部講演会, pp. 21~23, 1985.
 - 5) 豊島 修: 現場のための海岸工学, 1969.
 - 6) 近藤俊郎・竹田英章: 消波構造物, 1983.
 - 7) 土木学会: 海岸保全施設設計便覧, 1969.
 - 8) 農林省・水産庁・運輸省・建設省: 海岸保全施設築造基準解説, 1972.
-