

33. 環境共生に配慮した新型消波ブロックの開発と 現地調査による効果検証

廣瀬 紀一^{1*}・柴田 早苗²・西脇 一郎³・
昇 悟志³・中村 英輔³・三井 順³

¹株式会社不動テトラ ブロック環境事業本部技術統轄部（〒103-0016東京都中央区日本橋小網町7-2）

²株式会社不動テトラ ブロック環境事業本部東京技術部（〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7-2）

³株式会社不動テトラ ブロック環境事業本部総合技術研究所（〒300-0006茨城県土浦市東中貫町2-7）

* E-mail: norikazu.hirose@fudotetra.co.jp

近年の港湾、漁港、海岸施設の整備では、周囲の生態系への配慮が不可欠になってきている。これらの施設整備において、消波工が施工される水深帯は、藻場が形成される水深帯と重なっていることが多い。このため、消波ブロックには藻場の形成や魚介類などの生物の増集などの効果が望まれるようになってきた。また、昨今の経済情勢を反映して、一層の工費の縮減も求められている。そこで、耐波安定性や消波機能は従来の消波ブロックと同等以上の性能を有し、環境共生の効果および経済性に優れた消波ブロックを開発することとした。現地調査により、開発した新型消波ブロックへの海藻類の着生や魚介類などの生物の生息が観察され、環境共生の効果が確認された。

Key Words : wave dissipation block, seaweed bed, fish shelter, eco-friendly

1. はじめに

近年の環境意識の高まりにより、港湾、漁港、海岸等の施設整備に当たっては、構造物の波に対する安定性や消波機能のみならず、環境や生物に配慮することが不可欠となってきている。また、昨今の経済情勢の変化に呼応して、構造物としての機能を確保しつつ、工費の縮減といった経済性も求められるようになってきている。

消波ブロックを海域に設置すると、海藻類が着生し、藻場が形成されることが経験的に知られている。藻場は二酸化炭素を固定し、海水中の窒素やリンなどの栄養塩を吸収して、光合成により有機物をつくり、基礎生産を増大するなど、生態系を支える重要な働きを有することから、消波工における付加的な価値として、藻場の形成が要望されるようになってきた。しかしながら、従来の消波ブロックは防災を目的として開発されたものであり、海藻類の着生や魚介類などの生物の増集を考慮した形状ではない。そこで、環境保全に極めて重要な藻場の形成を促進し、かつ工費縮減につながる消波ブロックを開発することとした。

ここでは、新型消波ブロックの基本特性について述べるとともに、新型消波ブロックの施工が約3年前から開始され、現地調査によって環境共生効果を検証したので

報告する。

2. 新型消波ブロックの開発

(1)形状検討

我が国沿岸の藻場を構成する種として、アラメ、カジメなどのコンブ科海藻やホンダワラ類、テングサ類などがあげられる。このうち、特にコンブ科海藻は岩礁の凸部やブロックの稜線部に着生しやすいことが知られている^{1), 2)}。海藻類の生長には光が必要であり、太陽光のあたる稜線が長ければ、これらの海藻の着生に有利である。したがって、ブロック全体に長い稜線を持たせることとした。

生物の増集と工費縮減については、ブロック相互間の空隙（空隙率）に着目した。ブロック間の空隙は魚介類が生息場などとして利用している。空隙が大きく、複雑であることは多様な魚介類の生息に適すると考えられる。また、空隙率が大きいほど、工費縮減の効果が大きい。そこで、ブロックの頭部、脚先に突起部を設けることで空隙を大きくすることを検討した。また、突起部のかみ合わせによる耐波安定性の効果も確認した。

以上のような数々の検討を経て開発したブロックが



図-1 新型消波ブロック

図-1の新型消波ブロック（テトラネオ）である。

(2)安定性

消波ブロックの設計（所要質量の算定）は、一般にハドソン式（式(1)）により行われる。

$$M = \frac{\rho_r \cdot H_{1/3}^3}{K_D \cot \alpha (S_r - 1)^3} \quad (1)$$

ここで、

ρ_r ：コンクリート密度、

ρ_w ：海水の密度、

S_r ：コンクリートの海水に対する比重
($=\rho_r/\rho_w$),

$H_{1/3}$ ：設計有義波高、

K_D ：安定数、

α ：法面の角度

である。

安定数 K_D 値は実験により定められる。よって、新型消波ブロックの耐波安定性を確認し、 K_D 値を決定するためのデータを得ることを目的に水理模型実験を行った。実験条件を表-1、実験断面を図-2に示す。実験では、不規則波（有義波周期 $T_{1/3}=1.6s, 1.9s, 2.2s$ ）を小さい波高から、同一波高レベルで1000波相当の波を作用させた

表-1 実験条件

実験断面	海底勾配	1/30
	水深h(cm)	34.3
	天端高hc(cm)	8.7
	天端幅B(cm)	10.2
	法面勾配	1:1.3
	マウンド天端水深d(cm)	27.3
波浪条件	有義波高 $H_{1/3}$ (cm)	10～18
	有義波周期 $T_{1/3}$ (s)	1.6,1.9,2.2
ブロック	質量(g)	253.6
	ブロック高(cm)	7.06

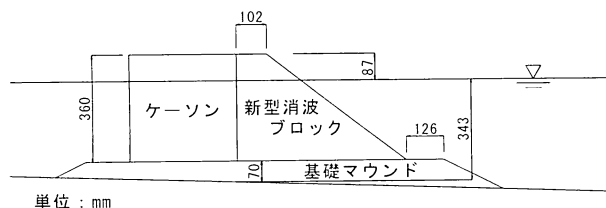


図-2 実験断面図

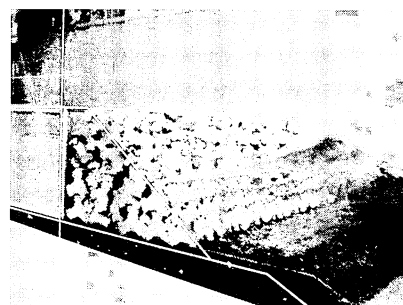


図-3 安定性確認実験状況

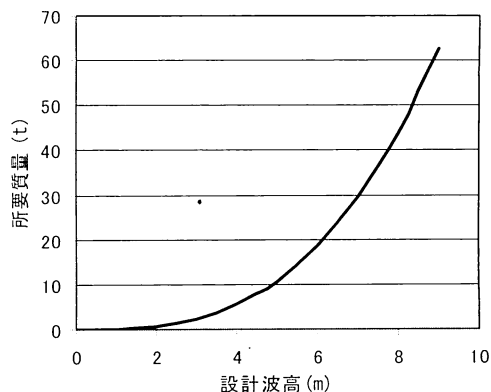


図-4 設計波高と所要質量

(図-3)．波高を大きくする際、ブロックの積み直しは行わなわず、被害ブロックを累積で計数した。実験の結果より、被害率1%以下の K_D 値を11とした。この値は従来の消波ブロックと比べて上位にある。参考として、図-4に新型消波ブロックの設計波高に対する所要質量を示す。

なお、波高伝達率、伝達率などの消波機能が従来の消波ブロックと同等であることも確認している。

(3)経済性

消波ブロックの工費には種々の要因が影響するが、空隙率が大きな要因となる。

新型消波ブロックの空隙率は、突起部の効果等により60%と大きくなることを実験等から確認した。この値は従来の消波ブロックと比べて最上位にあり、経済性についても最も優位なブロックである。

3. 環境共生効果の現地調査

(1) 調査目的

藻場の形成や魚礁効果などの環境共生効果の検証には実海域での調査が必要である。

新型消波ブロックの施工が平成22年より開始されたことから、環境共生機能を検証することを目的に茨城県茨



図-5 茨城港日立港区位置図

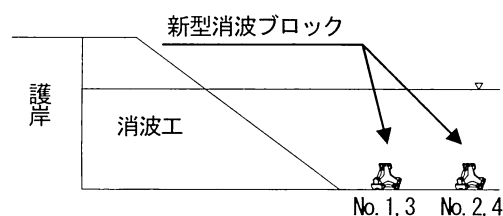


図-6 ブロック設置模式図

城港日立港区と静岡県宇佐美漁港で現地調査を実施した。

(2)茨城県茨城港日立港区

a)調査内容

茨城県茨城港日立港区（図-5）の第3埠頭の護岸前面には消波工が設置されている。その消波工の前面に新型消波ブロック4t型4個を平成22年9月に図-6に示すように試験的に設置した。ブロック設置箇所周辺は、コンブ科海藻のアラメが優占する場所である。調査は、平成24年2月、平成24年6月の2回実施した。

第1回調査は、潜水観察により、各ブロックのアラメの着生個体数、着生位置、着生しているアラメの上位3個体の全長を計測した。また、各ブロックの写真撮影を行った。第2回調査は、ブロックを陸上に引き上げた後、各ブロックの写真撮影を行い、アラメの着生個体数、着生位置、着生しているアラメの上位3個体の全長を計測した。

b)調査結果

アラメの着生個体数と上位3個体の全長の測定結果を表-2に示す。第1回調査では、すべてのブロックにアラメの着生が見られた。No.1が52個体、No.2が36個体、No.3が61個体、No.4が37個体であり、上位3個体の平均全長は69～88cmであった。

第2回調査でも、すべてのブロックでアラメが優占し、アラメの着生個体数は、No.1から順に47個体、32個体、60個体、41個体であった。

第1回調査に比べ、第2回調査ではNo.4を除き、着生個

体数が減少している。第1回調査の2月から第2回調査の6月にかけては、一般に新規加入は少ないため、生長に伴う自然減耗と考えられる。図-7に上位3個体の平均全長の推移を示す。第2回調査の上位3個体の平均全長は93～123cmで2月の第1回調査から生長していることがわかる。

表-2 アラメの着生個体数

ブロック			No.1	No.2	No.3	No.4
第1 回 調 査	着生個体数		52	36	61	37
	上位3個体	全長(cm)	83	65	85	92
			90	70	91	76
			92	72	76	84
		平均(cm)		88	69	84
第2 回 調 査	着生個体数		47	32	60	41
	上位3個体	全長(cm)	130	100	130	115
			125	90	120	105
			115	90	115	100
		平均(cm)		123	93	122

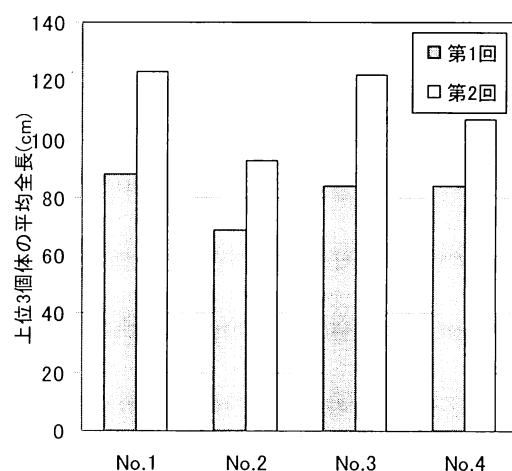


図-7 上位3個体の平均全長の推移

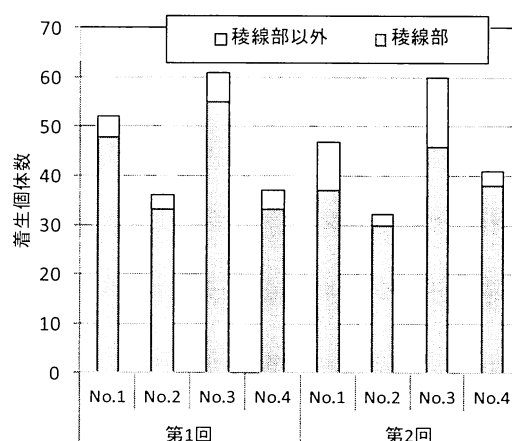


図-8 部位別着生個体数の推移



図-9 新型消波ブロックへのアラムの着生状況
(第1回調査)

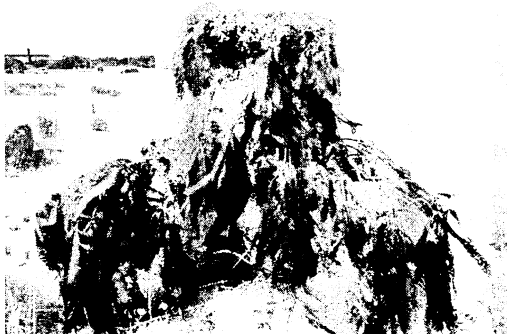


図-10 新型消波ブロックへのアラムの着生状況
(第2回調査)



図-11 稜線部に着生したアラム第2回調査)

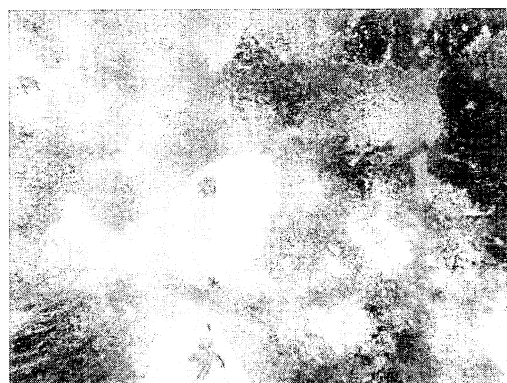


図-12 新型消波ブロック上に見られたアワビ

なお、アラムはブロックの稜線部に多く着生しているのが確認された。図-8にブロックの部位別のアラムの着生個体数を示す。稜線部へ着生したアラムの割合は、第1回調査では全体の88～92%、第2回調査では全体の77～93%であり、開発時に想定したとおりに稜線部が有効であることが示されている。図-9に第1回調査時の新型消波ブロックの稜線部へのアラムの着生状況、図-10に第2回調査時の海藻類着生状況、図-11に第2回調査時の稜線部へのアラムの着生状況を示す。アラム以外の海藻では、ホンダワラ類やテングサ類、トサカノリ、ツノマタなどの着生が見られた。また、ブロックにアワビ(図-12)、ウニやホヤ類などの生息を確認した。以上、2回の調査により、新型消波ブロックの稜線部へのアラムの着生が多いことが確認できた。また、アワビ、ウニなどの生息が観察でき、海藻の着生とあわせて新型消波ブロックの環境共生の効果が発揮されてきている。

(3)静岡県宇佐美漁港

a)調査内容

静岡県宇佐美漁港(図-13)の防波堤において、新型消波ブロック20t型が平成23年2～3月にかけて施工された。宇佐美漁港周辺は、良好なカジメの藻場が形成されている。

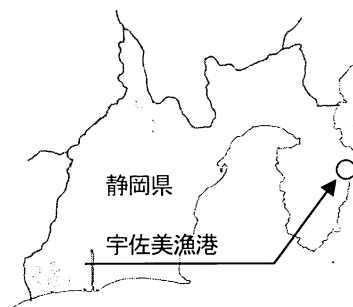


図-13 宇佐美漁港位置図

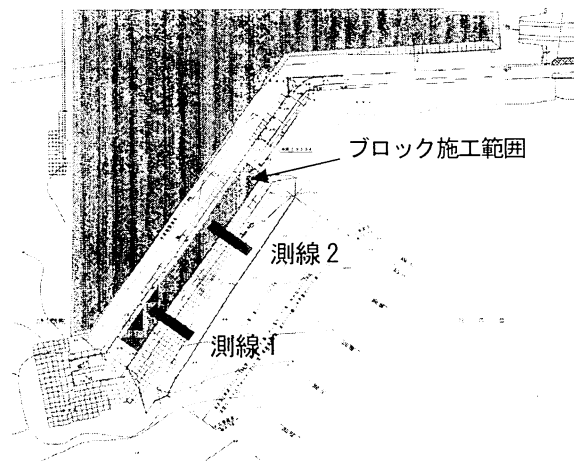


図-14 調査測線

表-3 カジメの着生個体数

	水深	測線1	測線2
第1回調査	2m	16	20
	3m	8	12
	4m	—	16
第2回調査	2m	16	32
	3m	20	136
	4m	24	20
	5m	28	—

* 1m²当たり

調査は平成24年6月、平成25年2月の2回実施し、カジメの着生を確認した。図-14に示すように、2本の測線を設定し、海底から水深2m付近まで、水深1mごとに50×50cmの方形枠をあて、枠内に着生しているカジメの個体数を計数し、上位3個体の全長を測定した。方形枠をあてる位置は新型消波ブロックの特長である稜線部を含む位置とした。また、カジメ以外の海藻類の着生や魚介類の生息状況をあわせて観察した。

b)調査結果

カジメの着生個体数を表-3に示す。第1回調査（平成24年6月）における1m²当たりのカジメの個体数は、測線1が8～16個体、測線2が12～20個体であった。ブロック設置後の経過年数が約1年3ヶ月と浅いことから、カジメの着生個体数はそれほど多くはなく、全長も20cm前後の個体が多いが、ブロックの稜線部や突起部に着生している個体が多く観察された。その他にはホンダワラ類や無節サンゴモなどの着生が見られた。

魚類では、ネンブツダイの群れ（図-15）やクロダイ、ブダイなどが観察された。

第2回調査（平成25年2月）における測線1のカジメの着生個体数は16～28個体/m²、全長は30～40cm程度であった。測線2では、20～136個体/m²と水深3mで多く見られた。図-16に第2回調査時の新型消波ブロックへの海藻類の着生状況を示す。着生個体数が多い水深2mと3mのカジメは

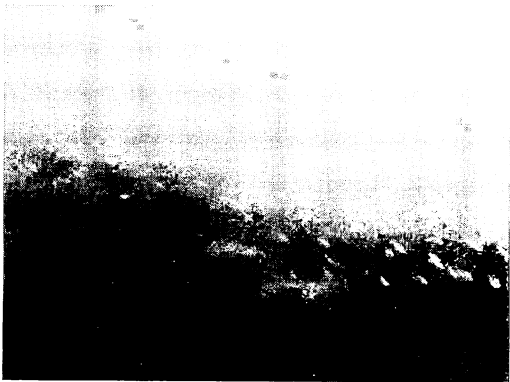


図-15 ネンブツダイの群れ

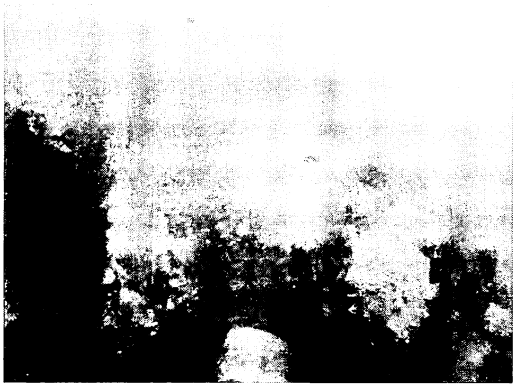


図-16 新型消波ブロックへのカジメの着生状況（第2回調査）



図-17 稜線部に着生したカジメ（第2回調査）

幼体であり、水深2mのカジメの最大全長は15cm、水深3mでは7cmであった。水深4mのカジメは2年目の藻体で、最大全長は32cmであった。これらのカジメは、図-17に示すよう、ブロックの稜線部や突起部に着生している個体が多いことが、第1回調査に引き続き観察された。

カジメ以外では、ワカメ、ホンダワラ類などの着生が見られ、徐々に着生している海藻類の多様性が高くなってきている。

また、メジナの群れやイシダイが観察された。ブロックが魚礁の役割を果たしていると考えられる。

2回の調査において、新型消波ブロックの稜線部にカジメの着生が多いことが観察され、新型ブロックの形状の効果が認められた。カジメの藻場が形成されつつあり、その他の海藻類の着生や魚類の蟄集も確認され、新型消波ブロックの環境共生効果が表れている。

4. おわりに

従来の消波ブロックに比較して、より高い安定性を有するとともに、海藻類の着生などの環境共生の効果に優れ、工費も縮減できる新型消波ブロックを開発した。

実海域に設置された新型消波ブロックを調査したところ、稜線への海藻類の着生、魚介類の蛸集などが観察され、環境共生効果が確認された。ただし、藻場の生物相が極相に達するには、数年の期間が必要である。さらに現地調査を継続し、環境共生効果を確認していく予定ではあるが、今後の港湾、漁港、海岸などの施設整備において、新型消波ブロックを使用することで、環境共生の点から従来以上により良い提案ができるものとする。

参考文献

- 1) 川島昭二：コンブの着生基質と着生様式についての提言，海藻魚礁ニュース，No.14,pp.35-41,1992
- 2) 廣瀬紀一，青田徹：和歌山県雑賀崎漁港における藻場造成，第10回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム，pp.61-66,2011