1. はじめに

現在,日本国内では防波堤に作用する波力や反射波, また防波堤を乗り越える越波量の低減を目的に図-1 に 示した消波ブロック被覆堤が数多く建設されている.

近年,港湾施設の大規模化により,防波堤はより水 深の大きい沖合へ建設され,到達する波高も大きくな っており,コンクリートケーソンやコンクリート製の 消波ブロックも大型化しつつある.

この施設の大規模化に対応するため、従来の消波ブ ロックでは対応出来ない波高の大きい領域(高波浪領 域)には図-2 で示したものに類似した無筋コンクリー ト消波ブロックが使用されている.従来の消波ブロッ クより大型化しつつも構造強度を向上させるべく考案 されたものであるが、消波ブロックに作用する様々な 荷重に対して十分な構造強度を有しているかは明らか にされていない.様々な荷重の一つとしては消波工の 最下層に置かれたブロックの上層に積まれる消波ブロ ック群による荷重(以降,上載荷重と呼ぶ)がある.

そこで本研究では、この図-2の無筋消波ブロックの 上載荷重に対する構造強度を評価するため、まずは脚 部の曲げ耐荷力に着目して静的載荷試験を実施した.

また,この脚部の曲げ耐荷力を既往の曲げ強度式を 用いて評価できるのか,その可能性も探ることとした.

2. 静的載荷試験

実験に用いた試験体は質量 50kg の大きさとし,図-2 の2 種類のブロックと,国内で最も多くの使用実績の ある図-3のTP型ブロックをそれぞれ 2~3体用いた. 使用したコンクリートは *W/C*=60%,最大粗骨材寸法



図-1 消波ブロック被覆堤

| キーワード | 消波ブロック | 7, | 静的載荷試験, | 曲げ耐荷力 |
|-------|-----------|----|---------|--------|
| 連絡先 | 〒300-0006 | 茨 | 城県土浦市東中 | 貫町2丁目7 |

(株)不動テトラ 正会員 ○昇 悟志
 東京工業大学 正会員 千々和 伸浩
 東京工業大学 正会員 岩波 光保



図-2 高波浪領域で使用される消波ブロック



図-3 TP型消波ブロック

20mm である. 載荷方法は, 図-4 に示したブロックの 天端面を鉛直下向きに載荷し, ブロックが破壊するま で載荷した. 載荷位置は, 事前に実施した線形 FEM 解 析にて接地した脚の基部における引張応力が一番大き くなる位置とした.

実験結果を表-1 に示す. ブロックは最大荷重到達後 に脚が折れ,急激に耐荷力が低下して破壊した.

最大荷重に着目すると, DL2 型は TP 型に対して約 13%最大荷重は向上している一方, DL1 型は逆に TP 型 のそれを約 30%下回っている.これは, DL1 型は DL2 型よりも断面積は同じであるものの断面係数が小さく, 且つ支点間距離が DL1 型のほうが長いためである.

高波浪領域で使用する場合,現状ではブロックの構 造性能に関する性能規定はないものの,少なくとも TP 型と同等以上が必要であると仮定すると,DL2 型は高 波浪領域での上載荷重に対して十分な構造強度を有し ている可能性があることが静的載荷試験から明らかと なった.

3. 消波ブロックの脚部の曲げ耐荷力の算定

消波ブロックは小型から大型まで数十種類の大きさ

(株) 不動テトラ総合技術研究所 TEL029-831-7411



図-4 載荷方法

| ブロック 名称 | 圧縮強度 <i>f'ck</i> (N/mm ²) | ヤング係数 E_c (kN/mm ²) | 最大荷重 P _{exp} (kN) | | |
|------------|---|-----------------------------------|----------------------------------|--|--|
| TP 型 | 21.7 | 19.9 | 53.1 | | |
| | 22.4 | 20.7 | 51.8 | | |
| | 16.3 | 19.2 | 43.6 | | |
| DL1 型 | 16.3 | 19.2 | 33.4 | | |
| | 21.5 | 21.3 | 38.7 | | |
| DL2 型 | 21.4 | 19.4 | 52.7 | | |
| | 24.6 | 21.3 | 55.3 | | |
| | 24.4 | 19.4 | 59.2 | | |

表-1 実験結果

が存在する.曲げ耐荷力を調査する上で実験は欠かせ ないものの,当然実験可能な大きさには限界がある.

そこで,曲げ耐荷力を既往の曲げ強度式を用いて計 算により評価可能かどうか検討を行った.

六郷ら¹⁾は、コンクリートの曲げ強度に対する寸法効 果ならびに断面形状効果(正方形断面および円形断面 の形状の違い)を、破壊力学的手法を用いた解析なら びに実験により検討し、曲げ強度 f_b と引張強度 f_t の比 f_b/f_t は、供試体高さ d と特性長さ l_{ch} (= E_cG_F/f_t^2)の比 d/l_{ch} の関数として表せるとし、以下の推定式を提案してい る.

$$\frac{f_b}{f_t} = 1 + \frac{1}{\alpha + \beta(d/l_{ch})}$$
(1)
ここに、 $\alpha = 0.74$ 、 $\beta = 2.3$ (円形断面)

また、図-5の計算モデルから消波ブロックの脚部の



図-5 曲げ耐荷力計算モデル(DL2型の例)

曲げ耐荷力は曲げ強度と断面係数Zを用いて,

で表せる. これら 2 式から消波ブロックの脚部の曲げ 耐荷力が計算できる.

図-6 に曲げ耐荷力の計算値と実験値の関係を示す. なお、計算にあたり、引張強度 f_i以外は表-1 の値を用 い、f_iはコンクリート標準示方書式から求まる値とした. 図より、計算値と実験値では 1.5 倍程度の差はあるもの の、両者は線形関係となっている.両者の差について は、脚部には曲げモーメントのみならず軸圧縮力やせ ん断力が同時に作用することから、ひび割れ面と骨材 の嚙み合いの影響が大きく出た可能性がある.これに ついては今後詳細に検討する必要はあるが、実験値と 計算値が線形関係であることは、消波ブロックの脚部 の曲げ耐荷力が計算にて評価できる可能性があること を示している.



4. まとめ

高波浪領域で使用されている 2 種類の無筋コンクリ ート消波ブロックの脚部の曲げ耐荷力に着目し静的載 荷試験を実施した結果, DL2 型は高波浪領域での上載 荷重に対して十分な構造強度を有している可能性があ ることが明らかとなった.また,既往の曲げ強度式を 用いて脚部の曲げ耐荷力を計算し,実験値と比較した 結果,両者は線形関係となり,計算により脚部の曲げ 耐荷力を評価できる可能性があることを示した.

参考文献

六郷恵哲,内田裕市,加藤英徳,小柳治:コンクリートの曲げ強度の推定に関する破壊力学的検討,コンクリート工学論文集,Vol.3, No.1, pp.57-63, 1992.1