

離岸堤の異形ブロック散乱の全国実態

宇多高明*・藪崎義之**・村上由高***・水野益宏**

1. ま え が き

現在、全国の海岸において侵食防止、波浪減殺等を目的として数多くの離岸堤が設置されている。その数は昭和 56 年度末で約 2500 基に達し、今後とも増加傾向にあると考えられる。しかし、一方では離岸堤の計画検討、施工等に関する未解決の問題点も多く、離岸堤の効果と安定性を得るための設計手法は確立されていないのが現状である。離岸堤の安定性にはブロックの散乱、沈下及び洗掘が関係する。このうち沈下や洗掘については現地試験や実験による検討もなされているが、ブロックの散乱に関する検討事例は少ない。

本研究の目的は、離岸堤のブロック散乱の原因究明を行うことにあり、このため昭和 58 年度に建設省河川局海岸課が行った離岸堤に関する全国実態調査¹⁾のデータを解析した。この実態調査は全国の直轄海岸及び補助海岸に設置された建設省所管の全ての離岸堤を対象に行われている。本報ではこの実態調査より得られた離岸堤 1 基ごとの調査票をもとに、自然条件、離岸堤の諸元、使用ブロック、散乱状況等の項目についてデータ化を行い、統計処理により離岸堤の散乱実態を明らかにする。

2. 調 査 方 法

昭和 58 年度に建設省河川局で実施された離岸堤の実態調査では次の項目について調査が行われている¹⁾。すなわち設置海岸名、設置年月等の一般項目、計画波浪、潮位及び海岸地形等の自然条件に関する項目、離岸堤の規模や使用ブロックの諸元等の構造に関する項目、及び離岸堤設置箇所周辺の地形変化やブロック散乱の有無等、離岸堤の効果及び被災に関する項目である。この実態調査により離岸堤の設置状況全般の把握が行われた。

本研究では離岸堤実態調査の結果より、離岸堤のブロック散乱に関係すると思われる項目を抽出し、統計解析の入力データとして用いるデータベースを作成した。データ化した項目は表-1 に示すように、一般項目、自然

条件、離岸堤の諸元、使用ブロック、散乱の有無に分類される。各項目において、高さ、距離などのように数値で表現されている項目は、記入されている数値をそのままデータ化した。地点名、種類、有無等の数値で記入されていない項目については、統計処理の都合上コード化により数値に変換してデータ化を行った。例えば県名、沿岸名は連続番号、有無で記入されているものは各々「1」、「0」のようにコード化した。各分類の項目は表-1 に記載されているが、そのうちの 2、3 の留意点についてまとめておく。離岸堤番号は対象となる 1552 基に No. 1 から No. 1552 の通し番号を付け、個々の離岸堤が識別できるようにした。離岸堤の種類については透過と不透透とに分類したが、結果的には全て透過堤であった。また設置水深や離岸距離では H.W.L. 時を基準としているが、天端高の基準は T.P. 0m とした。

3. 調 査 結 果

3.1 ブロック散乱の実態と被災原因

調査の対象とした離岸堤は昭和 57 年度までに全国に設置された建設省所管の 1552 基であり、それらのうち

表-1 データ化した項目

分 類	項 目	作成方法等
一般項目	県名	コード番号
	沿岸名 離岸堤番号 設置年月	海岸統計の沿岸番号 全離岸堤の通し番号
自然条件	計画波高 計画周期 海底勾配 設置水深 離岸距離	離岸堤設置前 H.W.L.時を基準 H.W.L.時を基準
離 岸 堤 の 諸 元	種類 積み方 天端高 天端幅 堤長 堤高 水面上高 基礎工	透過、不透透 層積み、乱積み T.P. 0 m基準 H.W.L.基準 有無
使 用 ブロック	種類 重量 ハドソン公式のKd	コード番号
散乱状況	沈下 ブロック散乱	有無 有無

* 正会員 工博 建設省土木研究所海岸研究室長
** 正会員 建設省中部地方建設局沼津工事事務所
*** 正会員 建設省中部地方建設局木曾川上流工事事務所

散乱の発生した離岸堤は213基(13.7%)であった。また、とくに直轄海岸に設置された266基についてみると、散乱は64基(24.1%)に生じた。直轄海岸の散乱発生率は全国海岸の約2倍となっている。これは、直轄海岸では来襲波高が高く、また海岸侵食も著しいなどの特徴があることから当然の結果と考えられる。

ブロック散乱について全国的な特性をまず把握する。図-1は、離岸堤設置基数が10基を越える沿岸について、沿岸別の離岸堤設置基数と散乱基数とをまとめたものである。沿岸は、海岸統計にしたがい、全国を62に区分している。設置基数は、北海道の南岸、陸奥湾沿岸及び新潟、富山沿岸などの日本海側に多い。散乱の生じている離岸堤は、日本海側では秋田沿岸から島根沿岸まで広範囲に見られ、加越沿岸では31基の離岸堤に散乱が生じている。これらのうち秋田沿岸での散乱は、そのほとんどが日本海中部地震津波によるものである。太平洋側で10基以上の散乱は駿河湾のみであり、また瀬戸内海では燧灘及び豊前豊後に発生が見られる。総じて日本海側の海岸において散乱が著しいのに対して、内湾に位置する海岸での散乱は少ない。

また被災原因の地域特性を調べると、秋田沿岸を除く日本海沿岸では冬期風浪によるものが、一方太平洋側では台風が原因となるものが多い。

次に、海浜断面形の特性によって海岸を5種類に分類し、各タイプごとに散乱特性を調べた。海浜断面タイプはA～Eまで5種類に分類したが、その各々の特徴は次のようである。

タイプA(例、青森、東播海岸); 内湾性の波の小さい海岸、移動限界水深が小さい。

タイプB(例、新潟、石川、遠州海岸); パー・トラフ地形が良く発達している。移動限界以浅の海底勾配が小さい。海岸線が平均的な波向に対してほぼ直角。

タイプC(例、下新川、駿河海岸); 移動限界水深以

浅の海底勾配が比較的急であり、パーは見られない。

タイプD(例、富士海岸); 海底勾配が急である。

タイプE(例、高知海岸); タイプCと良く似ているが、沖合にパーがある場合がある。

図-2は上記のように海浜断面形のタイプ分類を行ったとき、各海浜断面タイプごとの設置基数と散乱基数とをまとめたものである。海浜断面タイプ分類については、タイプBの海浜での設置基数が最も多い。タイプDの海浜は全部が富士海岸の場合であって数は少ない。また、散乱ブロック数を設置基数で割って散乱発生率を求めた(図-3)。全タイプの平均は14.2%である。散乱発生率はタイプAでは低い。これは当然予想されるように、波浪が弱くしたがってブロックに作用する波力が小さく、また同時に洗掘沈下をもたらず地形変化も小さいためである。一方、タイプD(富士海岸)では散乱発生率は52.9%と著しく大きな値となっている。この理由については前報²⁾で明らかにした通りであって、富士海岸では海底勾配が急で波があまり減衰することなしにブロックに作用するとともに、離岸堤周辺、とくに前面水深の変化が大きいためと考えられる。

次に、全国的見地より被災原因と散乱基数の関係を調べた。図-4は、災害申請の採択された離岸堤を対象にして被災原因を調べた結果である。被災の原因は、洗掘・沈下及び計画以上の外力によるものが多い。ブロック散乱が最も著しいのは、計画以上の外力が原因となる場合である。またブロック重量の不足、基礎工の不備不良によるものはブロック散乱の被災原因として高い率を示す。その他、洗掘沈下についても42基(35%)とかなりの散乱基数となっている。

3.2 離岸堤設置条件と散乱発生率

散乱発生率は離岸堤設置条件と密接に関連している。そこで設置条件を代表するいくつかの指標と散乱発生率の関係を調べた。設置条件としては、海底勾配、設置水

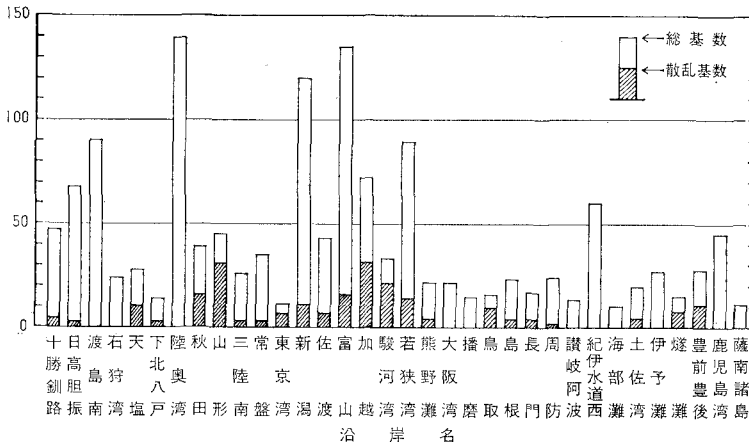


図-1 沿岸別離岸堤設置状況及び散乱発生実態

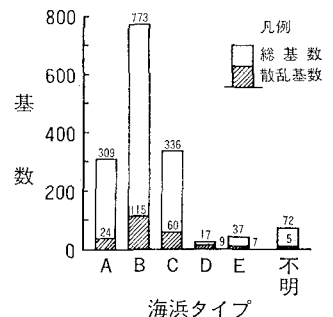


図-2 海浜タイプ別の散乱基数

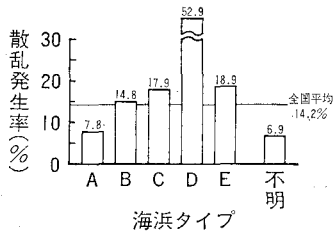


図-3 海浜タイプ別の散乱発生率

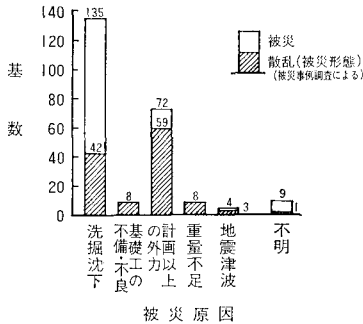


図-4 被災原因と散乱基数

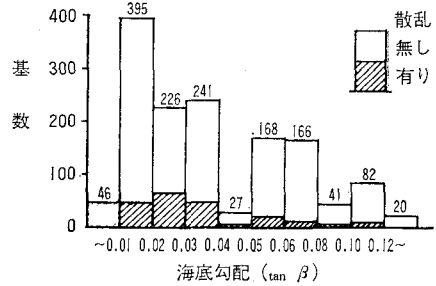


図-5 海底勾配別散乱基数

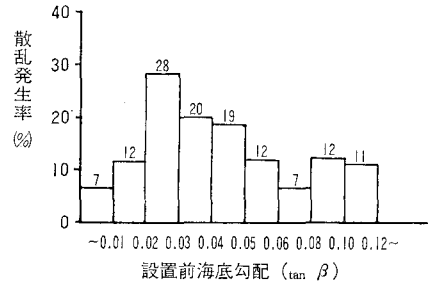


図-6 海底勾配別散乱発生率

深、離岸距離の3因子を選んだ。まず海底勾配別の総設置基数と散乱基数をまとめる(図-5)。海底勾配(tan β)は離岸堤設置前の設置地点付近の値である。設置基数は海底勾配が0.01~0.02のとき最大値を持つ。海底勾配が0.01より緩勾配の海岸に設置された離岸堤は少なく、また勾配が急になるに従って設置基数は減少する。各海底勾配ごとに散乱基数を設置基数で割って散乱発生率を求めると(図-6)、散乱発生率は海底勾配が0.02~0.03の28%をピークとする分布形を持つ。一般には急勾配の海岸ほど散乱の発生率が高くなるように思われるが、散乱の発生状況は勾配が急になると発生率は低下傾向を持つ。海底勾配が0.02~0.03のとき発生率がピークとなった理由として次の点が考えられる。すなわちこのような緩勾配海岸では底質は一般に細砂であって、パー、トラフが発生し易いが、これはまだ洗掘や沈下が著しいことを意味する。洗掘沈下が著しくなればブロックの安定性が損われるので、結局はブロック散乱が生じ易くなる。

設置水深別の総基数と散乱基数の関係を図-7に示す。設置水深は1mピッチでランク分けした。設置水深は3~4mにピーク(全体で472基)があり、これは全基数1552基の30%を占めている。それより設置水深が深くなると基数は急激に減少する。水深3m以浅ではかなりの基数があり、全体として見る限り分布形は歪んだものとなっている。各設置水深ごとに散乱基数を設置基数で割って求めた散乱発生率の分布を示すと(図-8)、水深1m未満の陸上に近い場合の発生率は0であるが、水深1m以上では6~27%の範囲で変化する。

変動はあるものの、水深4~5mまでは増加傾向にある。これは高波浪時の碎波点近くになるため、碎波力によってブロックが散乱し易かったためではないかと推測される。また水深6~7mでも発生率は高いが、この場合母数となる設置基数が41基と少ないので、必ずしも一般的傾向と断定するには疑問が残る。このデータが除外されるとすれば、5m以深では再び減少傾向を持つことになる。

最後に離岸距離と散乱の関係について調べた。図-9は離岸距離別の設置基数と散乱基数の関係である。離岸距離は、120m未満では20m、120m以上では40mピッチに区分した。離岸距離が20m未満(140基)を除き、20~40mの392基をピークに離岸距離の増大とともに設置基数は減少している。離岸距離が20~40mの基数は全体の約25%を占めている。図-10には散乱発生率と離岸距離の関係を示した。離岸距離80~100m、100~120mの24%をピークとする比較的整った分布形となっている。離岸距離が80~120mで散乱発生率が高くなる現象は、離岸堤の設置位置が碎波点の近傍となったため生じたものと考えられる。

3.3 ブロック重量、基礎工の有無と散乱発生率

被災原因と散乱基数の関係は図-4に示したが、被災原因の一つとしてブロック重量の不足がある。以下ではブロック重量と散乱の関係について検討を加える。図-11は使用ブロックの重量と計算重量の関係を示したものである。使用重量はブロックの公称重量である。また計算重量はハドソン式を用いて計算された重量であ

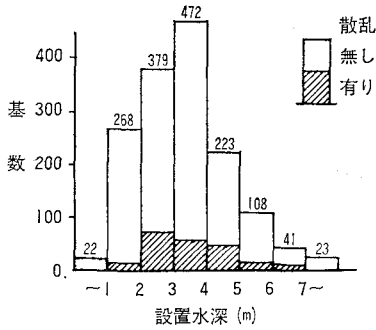


図-7 設置水深別散乱基数

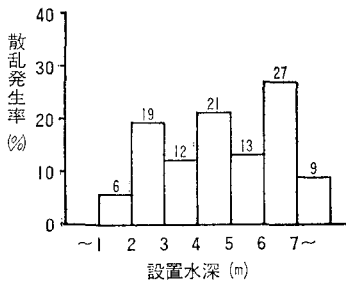


図-8 設置水深別散乱発生率

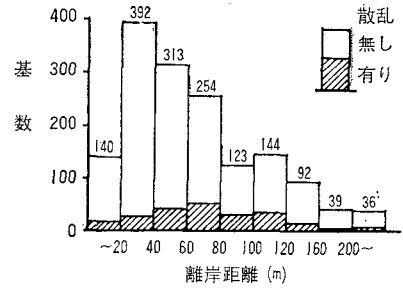


図-9 離岸距離別散乱基数

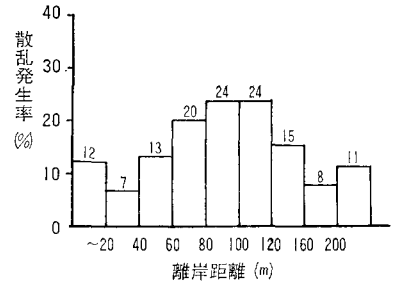


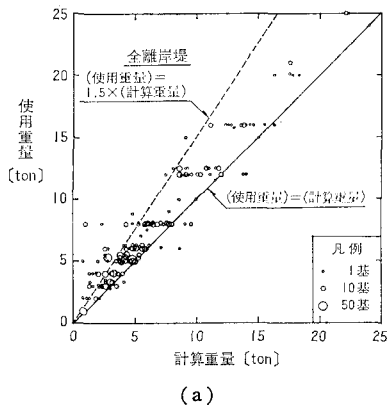
図-10 離岸距離別散乱発生率

る。図-11の(a)は計算重量と使用重量の関係を全離岸堤について調べたもの、また(b)は同様な関係を散乱が生じた離岸堤のみについて調べたものである。まず(a)に関しては、使用重量が計算重量より大きいものが大半を占めるが、その約半数は計算重量の1.2倍未満である。計算重量の1.5倍以上のブロックを用いている離岸堤は1%程度あるが、そのほとんどは10トン未満の条件である。(b)に示す散乱が生じた離岸堤では計算重量の1.5倍以上の重量のブロックを使用しているものは数が少ない。また1.5倍以上の重量のブロックを使用している離岸堤で散乱のあるものは、ブロックが1~2個転落したものが半数以上を占めている。

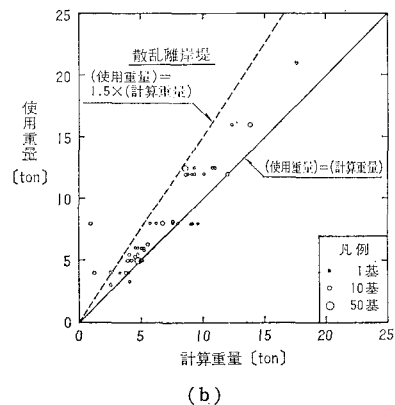
図-12はブロックの使用重量と計算重量の比と、散

乱基数及び散乱発生率の関係を示す。使用重量が計算重量の1.1倍未満では散乱発生率は高く、使用重量が計算重量に対して大きくなると散乱発生率が低下する傾向がある。計算重量の1.5倍以上のブロックを使用して散乱の生じた離岸堤の半数以上は散乱の規模が小さいので、これを除いて発生率を求め直すと、図中に破線で示すように3.1%となり、散乱の発生する割合は著しく低下する。

次に基礎工・沈下の有無やブロックの積み方と散乱の関係について調べた。まずブロックの積み方と散乱発生率の関係を調べると、層積みが11.6%、乱積みが19.5%であって、乱積みの離岸堤に散乱が発生する割合が高いことがわかった。しかし、ブロックの散乱にはその積み方だけでなく、基礎工の有無も関係し、それらが複合



(a)



(b)

図-11 ブロックの使用重量と計算重量の関係

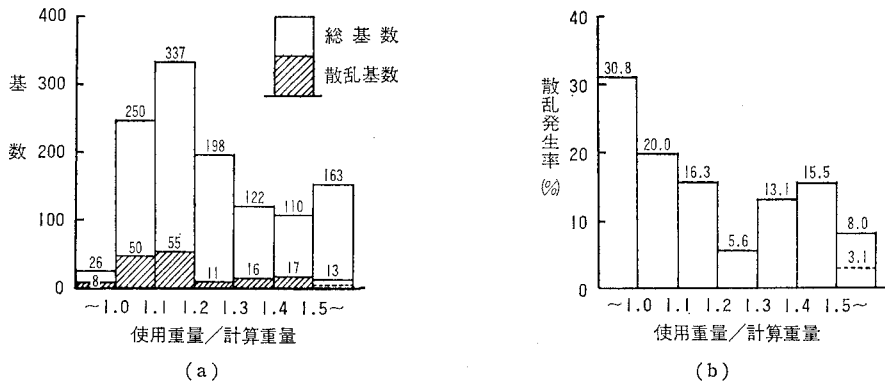


図-12 ブロックの重量比と散乱発生率

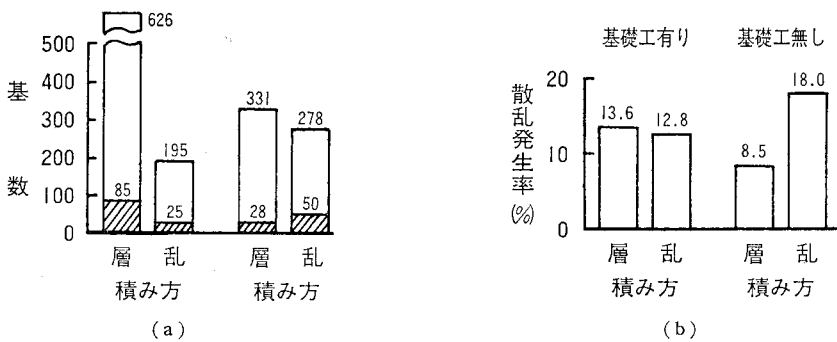


図-13 基礎工・沈下の有無と散乱発生率

した効果を持つ可能性も大きい。そこで基礎工の有無各々について層積み乱積を区別して集計し、散乱発生率を求め、基数とともに 図-13 に示した。なお基礎工有無の合計基数は 1430 基となって合計基数 1552 基より少ないが、その理由は積み方や基礎工の条件が不明なものがあつたためである。基礎工のある離岸堤では層積みと乱積みの発生率は同程度であるが、基礎工の無い場合では層積みの 8.5% に対して、乱積みでは 2 倍以上の 18.0% となる。すなわち、基礎工の有る離岸堤では積み方は散乱に影響しないが、基礎工の無い離岸堤では積み方の影響が著しいことがわかる。

さらに、沈下の有無と散乱の関係を調べたところ、沈下の生じた離岸堤の散乱発生率は 18% であつて、沈下のないものの 9.5% に比較して 2 倍近い値を示した。

4. 結 論

本研究によって得られた主要な結論をとりまとめる。

①昭和 57 年度までに全国に設置された、建設省所管の 1552 基の離岸堤のうち 13.7% の離岸堤に散乱が見られた。②散乱の地域特性を調べると、内湾では少なく、日本海側での散乱が多い。また被災原因としては、日本海沿岸では冬期風浪が、太平洋側では台風によるものが多い。③海浜断面タイプと散乱の関係では、タイプ A

(青森海岸等) では散乱が少く、タイプ D (富士海岸) で散乱が多かった。この理由は、前者では波浪が弱いこと、後者では海底勾配が急で地形変動が大きいためと考えられる。④散乱発生率は海底勾配が 0.02~0.03、設置水深が 4~5m (6~7m は母数が少いので除く) および離岸距離が 80~120m のときピークを示した。⑤ブロックの使用重量が計算重量の 1.1 倍未満では散乱発生率は 30% と高いが、1.5 倍以上のブロックを使用すると発生率は 3.1% とずっと小さくなる。これはブロック重量は計算値の 1.5 倍以上とすべきことを表す。⑥層積み、乱積みの散乱発生率は各々 11.6%, 19.5% と乱積みの方が高い。また基礎工の有る離岸堤では層積みと乱積みの散乱発生率は同程度であるが、基礎工の無い場合は層積みの 8.5% に対し乱積みは 18.0% と著しく高くなる。基礎工の有る離岸堤では積み方は散乱に影響しないが、基礎工の無い離岸堤では積み方の影響が著しい。

参 考 文 献

- 1) 離岸堤の効果及び安定性に関する研究, 建設省河川局海岸課・建設省土木研究所, 第 37 回建設省技術研究会報告 (昭和 58 年度), pp. 749~772.
- 2) 河野 宏・宇多高明・藪崎義之・水野益宏: 離岸堤, 消波堤の異形ブロックの散乱実態, 第 32 回海岸工学講演会論文集, pp. 475~479, 1985.