

消波ブロックに作用する波力について

島根県庁 正会員〇佐々木 謙 二
鳥取大学工学部 正会員 瀬山 明
鳥取大学大学院 学生員 糟谷 恭 啓

§1. はじめに 本研究は、海岸堤防周辺、堤体のり面での波の水理学的特性について詳細な検討を行ない、堤防への打ち上げ現象と消波ブロックの安定性との関連を検討したものである。

Brunnによれば、消波ブロックの安定性は入射波の特性によつて異なり、堤体のり面上での入射波の碎波型式が、Collapsing 型か、それに近いPlunging型の場合に最も危険となる。また、彼等はこれらの碎波型式が出現するのは、Surf Similarity Parameter $\xi (= \tan \theta / \sqrt{H/L_0})$ が2~3の範囲内であると報告している。しかしながら、この結果は比較的大水深(水深波高比 $d/H > 2.5$)で行なわれた実験から導かれたものであり、より浅海においてこの結果が適用できるかどうかは不明である。本研究では、この点についても検討を行ない、更に波力測定装置を考案して、実際の波の作用下で消波ブロックに作用する波力を測定した。そして最後に波力測定結果をもとに、消波ブロックの安定限界波高の算定を試みた。

§2. 実験方法 はじめに、本実験はすべて1/40勾配海底模型上に堤防模型(のり勾配: 水平面に対し、1:4/3)を設置し、堤体のり面上にテトラポッド模型(3.2t 1/40模型; 184g)を2層整積みして行なつた。テトラポッドに作用する波力は、揚圧力 P_L (堤体のり面に対して垂直方向に作用する波力)と平行力 P_H (堤体のり面に対して平行方向に作用する波力)を別々に検出するように工夫した。波力測定装置の概要を図-1に示す。測定時には、これらの波力測定用ブロックが2層整積みの上層ブロックとなり、かつこれらの振動系が周囲のブロックによつて拘束されないように配慮した。

§3. 結果および考察 波力測定実験を始める前に、先のBrunn等の結果と比較する目的で、消波ブロック被覆堤への波の打ち上げ状況を詳細に検討した。その結果次のことが明らかになった。Collapsing、あるいはそれに近いPlunging型の碎波が発生している状況のもとでは、堤防への打ち上げ高が大きくなる。この点については、Brunn等と同様であり、この碎波型式のもとでは堤体のり面上での打ち上げの流速が大きいため、消波ブロックの安定性にとつて危険になると考えられる。観測の結果、水深波長比 d/L_0 を一定にして相当沖波波形勾配 H_0/L_0 を徐々に変化させると、ある H_0/L_0 で相対打ち上げ高 R/H_0 の極大値が出現し、その状況で碎波型式がCollapsing、あるいはそれに近いPlunging型になることが判明した。図-2は、 R/H_0 の極大値が出現する点をプロットしたものであり、これは同時に、Collapsing、あるいはそれに近いPlunging型碎波の発生条件であると考へてよい。図中の実験は次式で示され、この実験付近の条件をもつ波の来襲時に、後で示すように消波ブロックは大きな外力を受ける。

$$\left. \begin{aligned} H_0/L_0 &= 2.68 \times (d/L_0)^{1.26} \quad \dots\dots d/L_0 \leq 5\% \\ H_0/L_0 &= 6.2\% \quad (\xi = 3.0) \quad \dots\dots d/L_0 \geq 5\% \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

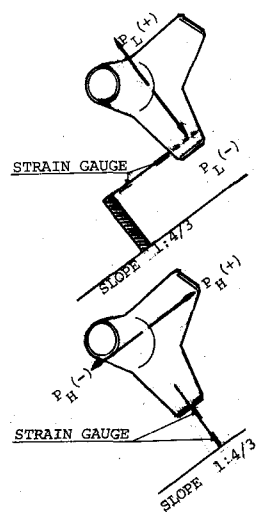


図-1 波力計説明図

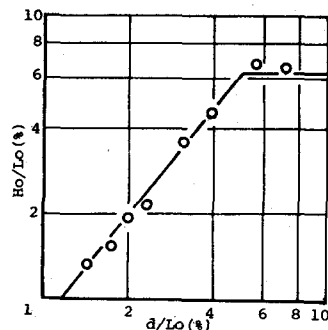


図-2 R/H_0 の極大値の発生条件

Brunnの打ち上げの極大値の発生条件は $\xi = 2 \sim 3$ であり、波形勾配では

一義的に決まる性質のものであるが、図からわかるように、このことがいえるのは $d/L_0 \geq 5\%$ の領域であり、それ以下の領域では d/L_0 が関係することがわかる。

波力測定結果の一部を図-3に示す。上部の図は、各設置水深での P 、下部は上図に対応する点の P をそれぞれ正規化したものである。図から次の2つの特徴が見られる。すなわち、第1に、衝撃的に力が作用するとき（碎波時）を除くと、ブロックに作用する力はほぼ浮力に相当する力、あるいはそれ以下の力である。これは、碎波時の衝撃波力がブロックの安定性を支配する大きな要因であることを示すものである。第2点は、静水面以下の測点とそれ以上の測点で測定された揚圧力 P とを比較すると、衝撃力の作用方向が静水面付近を境として逆転することである。これは、前波によって打ち上げられ、消波ブロック層内に滞留している水の量と関係していると考えられる。つまり、ブロック層内のせげさが、水で飽和されている部分では、碎波時の表層流によって衝撃的に向上きの揚圧力が作用する。一方、飽和されていない部分では、碎波衝撃力はブロックを下に押しつけるように作用すると考えられる。

図-4は、先の(1)式と衝撃波力の大きさ（衝撃時の P と P_0 の合力； P_0 ）との対応関係を調べたものである。図中実線（陰影部破線）が(1)式を示すが、やはりこの範囲で大きな衝撃力が作用する傾向がある。

最後に、波力測定結果をもとに消波ブロックの安定限界波高 H_{ZD} を算出してみた。V.T.R.を用いてブロックの動揺、転落の様子を観察した結果、ブロック動揺の原因は、衝撃波力作用時の上方ブロックとの接点を中心とする回転モーメントであることがわかった。安定限界波高は、ブロック設置位置、波力の作用位置にかかわらず、上方ブロックとの接点を中心とする波力によるモーメントと、重力によるモーメントの差が正にならない最大の波高で定義した。また、ブロックに作用する波力は、その作用方向の断面積×流速の2乗に比例するものとし、ブロック位置が同じであれば、衝撃波力の作用方向は碎波型毎に定まると仮定した。図-5がその結果であり、碎波型式が、Surging→Collapsing→Plungingと変化するにつれて、小さい波高の波で動揺する可能性が大きくなる。図中には、Bruunの実験結果と従来から用いられているHudson公式による算定結果も示したが、3者は比較的近い値を示しており、 K_D （ここでは N_{ZD} ）に対して従来から指摘されている問題はここでは見られなかった。ただし、補足的に行なった乱積みブロックの安定実験では、ここで示したものよりかなり流速の小さい段階でブロックの転落が見られ、この方は、図-2にも見られるように d/L_0 等、波の特性が大きな影響を与えるようであった。詳細については、講演時に報告する。

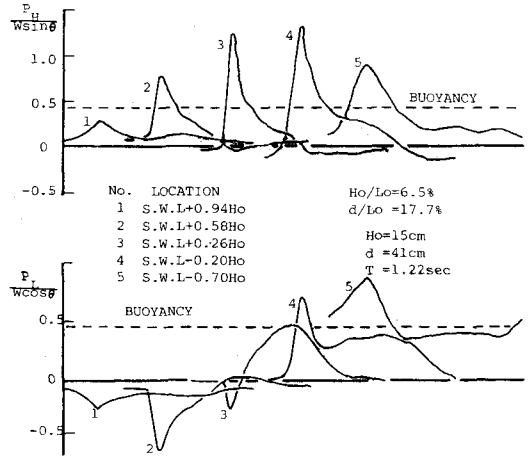


図-3 波力測定例 (W:ブロック重量)

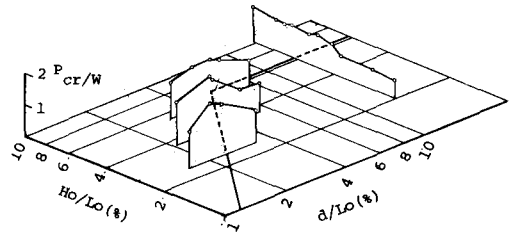


図-4 衝撃波力と(1)式との対応

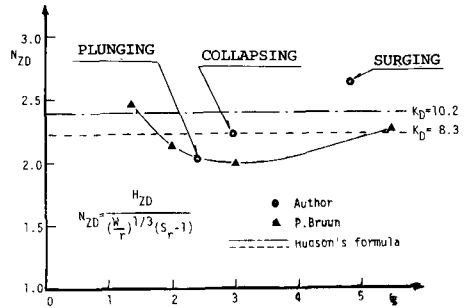


図-5 安定限界波高算定結果