

東北電力(株) 総合研究所 正員 奥野 敏彦
(株)東北開発コンサルタント ○佐藤 啓二

1. まえがき

消波堤被覆ブロックの安定性は、従来からハドソン式のKD値で評価されている。KD値は実験的にブロックの積み形式や碎波の有無により求められているが、堤体設置水深の影響は考慮されていない。斜面上を伝播する入射波は、浅水・碎波変形を受けて波高が時々刻々と変化するため、同一ブロックを用いても堤体設置水深が異なるとKD値も変化することが懸念される。

そこで、本研究では不規則波による被覆ブロックの安定性実験を行ない、堤体設置水深の変化に伴う同一被覆ブロックの安定性および斜面上での入射波の波高変化と被覆ブロックの被害発生との関係について検討した。

2. 実験水路および模型

実験は、全長35m、幅0.7m、深さ1.0mの二次元水路で行なった。造波機は電動油圧サーボ弁方式によるピストン型で入力信号に追従して不規則波を造波できる。水路床は、造波板位置から19.6m以降に1/30勾配の模型床を設けておりそれ以外は水平床である。堤体模型はこの斜面上に設置した。堤体断面は図-1に示したとおりで、被覆ブロックには平均重量118.9gのテトラポッドを使用し二層乱積み(空ゲキ率50%)で被覆している。

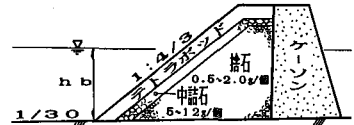


図-1 堤体断面

3. 実験条件および方法

実験に用いた不規則波は、Bretschneider・光易型のスペクトルを目標とし表

表-1 実験条件

有義波周期 : 1.59s, 1.81s, 2.44s			
設置水深 hb(cm)	一樣水深 h(cm)	法勾配 cot α	使用ブロッ ク数 N(個)
17.5	45.0	4/3	290
20.0	50.0	4/3	318
27.5	50.0	4/3	418
35.0	60.0	4/3	480

1に示した3種類の有義波周期についてそれぞれ位相をランダムに与えた場合と現地波のSIWEHを与えた場合との2種類の手法により作成した。実験中模型に作用する波高は、堤体設置以前に一樣水深部(測点1)と堤体設置地点(測点2)との間で波高の相関を調べておき、模型設置後もその関係が成り立つものとして測点1で得られた測定波形から、入・反射の分離計算により求めた入射波高を用いて推定している。また、堤体設置水深hbの変化は模型を前後に移動させるか一樣水深を変化させることにより行なった。なお、実験波の作用時間は40分間としている。

実験は、ブロックが移動しない程度の小さな波を数百波作用させたのち波高レベルの小さい方から順次作用させるようにし、各実験波ごとに3~5回の繰り返し実験を行ない結果を得た。今回の実験における被害率nは、断面を構成するブロックの総数に対する被害累計個数の比(%)で定義している。被害(c)の判定は、当初の位置より1個分以上移動したブロックを被害とし、若干移動したとしても結果的に元の位置に戻ったものは移動したブロック数に数えていない。

4. 入射波の波高変化と被覆ブロック被害発生との関係

図-2は、有義波周期 $T_{1/3} = 1.59$ 秒の場合の模型位置での入射有義波高Hmと被害率nの関係を示したものである。各曲線は、波群性の異なる2種類の波による実験結果の平均値を表わしている。図より、hbとHmの間には、同一の被害率に対してhb=27.5cm, 20cm, 17.5cm, 35cmの順でHmが小さくなる傾向がみられた。これは、hb=27.5cmの位置でブロックの安定性が最も良く、hb=35cmの位置で最も悪いと言う結果となり、hbの変化によって被覆ブロックの安定性が変化することがわかった。

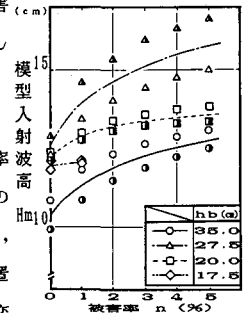


図-2 被害率相当波高

すなわち、入射波の伝播に伴う波高変化が被覆ブロックの被害発生と密接に関わっていると考えられる。

図-3は、被害発生波高比 $H_m / (H_{1/3})_{\max}$ と被害率 n の関係を示したものである。ここで、 $(H_{1/3})_{\max}$ は測点2での最大有義波高であり、合田の砕波限界波高式¹⁾中の係数 A を0.1430とした場合と等しくなる。この図を見ると、 hb が小さくなるに従って最大有義波高に近い入射波高で被害が発生し始めることがわかる。

図-4は、有義波周期 $T_{1/3} = 1.59$ 秒の場合の波高比 H/H_b (H_b : 砕波限界波高)と水深波高比 hb/H_o の関係を示している。図中、点線は規則波の場合である。これを見ると、不規則波の場合、 hb/H_o が約1.80より小さくなると H_m/H_b のラインが規則波のラインから外れる。これは、波群中の高波が砕波し始めるためであり規則波のように鋭いピークが存在せず、緩やかな増加傾向を示すようになる。すなわち、 $hb/H_o < 1.80$ 領域が砕波帯内と考えられる。ゆえに、 $hb = 35\text{cm}$, 27.5cm の実験では非砕波状態、 $hb = 20\text{cm}$, 17.5cm の実験では砕波状態の入射波の来襲によって被覆ブロックの被害が発生していることがわかる。

以上のことから、同一の被覆ブロックを用いた実験でも堤体設置水深を変え、ブロック被害の発生領域 ($n = 0 \sim 2\%$) は、図-4に斜線で示したとおり入射波の波高変化過程において異なることがわかり、 hb が浅くなるほど最大有義波高により近い有義波高の波で被害が発生するようになる。

5. 堤体設置水深の変化による被覆ブロックの安定性

図-5は、被害率0%におけるブロックの安定定数 N_s と水深波高比 hb/H_o の関係を示したものである。図中には、ゲネルが与えたテトラポッドの場合の砕波・非砕波条件でのKD値も示してある。図より、 $hb/H_o = 2$ 付近で N_s はピーク値を持ち、 $hb/H_o < 2$ 領域では N_s はほぼ一定、 $hb/H_o > 2$ 領域では N_s は徐々に低下し、ゲネルの値より小さくなる。

この結果を図-4と合わせて考えてみると、 $hb/H_o = 2$ 付近は最大波高程度の波の砕波地点となり、被覆ブロックに過大な衝撃力が加えられ安定定数は一旦低下すると考えられる。さらに、 hb/H_o が減少すると、入射波の高い波から順次砕波し、ブロックは常に砕波による衝撃力(砕波帯内)を受けることになる。従って、 $hb/H_o = 1.0 \sim 1.8$ の領域では安定定数がほぼ一定値を示すと考えられる。一方、 $hb/H_o > 2$ 領域では沖で持つ波群性が砕波変形せずに直接被覆ブロックに作用するため、波の不規則性、特に、最大波の影響や高波の連などの要因により安定定数が低下するものと思われる。²⁾

以上の結果より、堤体設置水深を変えた場合の被覆ブロックの被害発生は、入射波の浅水・砕波変形と言う物理的現象と密接な関係を持ち、砕波を受けない地点 ($hb/H_o > 2.0$) に堤体を設置する場合、入射波の波群性を十分考慮する必要がある。

7. 参考文献

- 1) 合田良寛：港湾構造物の耐波設計 PP.56 鹿島出版会
- 2) 奥野敏彦・佐藤啓二：消波堤被覆ブロックの安定性に及ぼす入射波の波群効果に関する研究，第34回海岸工学講演会論文集 PP.512~516, 1987

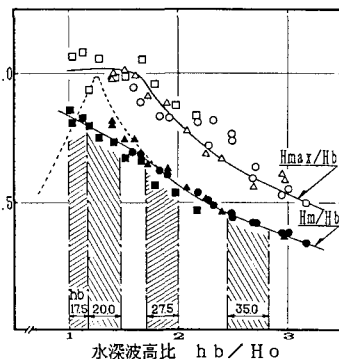
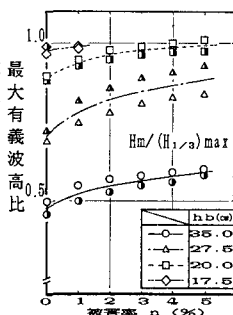


図-4 砕波限界波高比と水深波高比

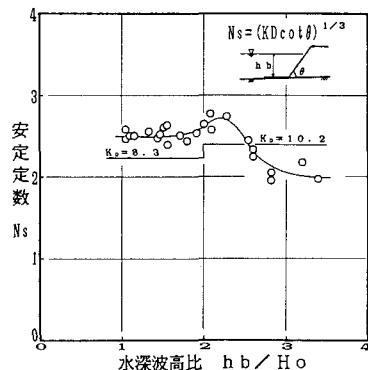


図-5 安定定数と水深波高比