

ソリトン分裂津波による異型ブロック堤の破壊

長崎大学工学部 学生員○福本 正

長崎大学工学部 学生員 藤沢和隆

長崎大学工学部 正 員 富樫宏由

長崎大学工学部 正 員 平山康志

1. 緒言

昭和58年5月の日本海中部地震津波は、非常に珍しいソリトン分裂津波であったが、これによって秋田県沿岸の随所で汀線付近の異型ブロック堤の一部が破壊された。本研究は、このソリトン分裂遡上津波による消波ブロック堤の破壊機構を実験的に解明することを目的とする。前論文では、陸上の消波ブロック堤(4 t型3連ブロック)の安定性に関する水理模型実験を行い、同時にブロック堤の中にあるブロックに働く波力を測定し、従来のハドソン公式による安定限界の評価、並びに、転倒と滑動に対する安定性の評価などを比較検討し、この種の津波による破壊力は従来の波浪によるものより格段に大きく、消波ブロック堤は実験で用いた配列例では容易に破壊することを明らかにした。次いで本年度は、異型ブロック堤の模型を変えて、前年度の消波堤に変わって離岸堤の破壊に関する実験を行い、その結果を吟味することにした。

2. 実験

対象とする津波、その他測定器具、方法等は前年度と殆ど同じであるが、異なるのは汀線から1 m海側の $S=1/100$ の海底斜面上に離岸堤模型を設置したことである。(但し $S=1/100 \div 0$ とし水平床と考えた)異型ブロックも異なり、実物8 tの六脚ブロックの縮尺 $1/40$ のモルタル製模型を用いた。また、設置する場合、最下層は実際の被害に於いて移動しないことから、実験に於いて、シリコンで固定した。ブロック堤の配列は多々あるが、ここでは標準3層積を実際の間中部(水槽幅1 mの全面に並べたもの)として用い、水深は主に25 cmとした。ブロックの被害判定基準は、ブロック1個分以上移動したもののみをDとして定義し整理した。

3. 実験と考察

(1) ソリトン分裂遡上津波の特性

図-1に示す高さ25 cmの小段のついた水平床に入射する沖合の分散前の波の特性をアーセル数($Ur = g H_0 T^2 / h^2$)で表すと、これはブロック堤位置の波高と流速の無次元量である。無次元波高(H/h)フルード数($Fr = U / \sqrt{g(h+H)}$)及び、ブロックレイノルズ数($Re = (U/\nu) \cdot (W/\nu)^{1/3}$)等と良く相関し、ブロック堤位置に入射するソリトン分裂遡上津波の特性は、沖合の入射波の Ur によって略々統一的に把握されることがわかる。(図-2~4) ここで、汀線位置について検討していないのは、ブロック堤位置が汀線より海側にあるためである。また、図-3が他に比べパラツキが多いのは、 Fr の変数が波高 H と流速 U の2つであり、これらの相互作用によるためであろう。

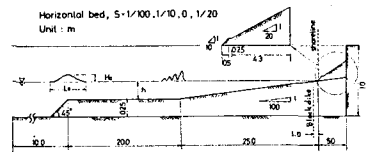
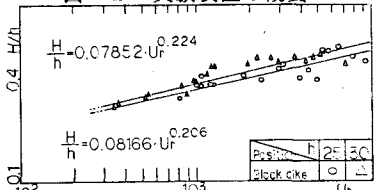
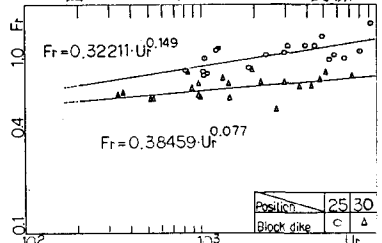
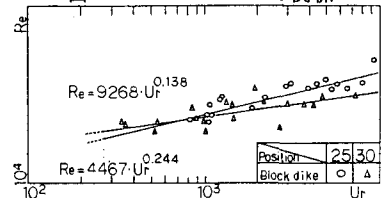


図-1 実験装置の概要

図-2 $H/h \sim Ur$ の関係図-3 $Fr \sim Ur$ の関係図-4 $Re \sim Ur$ の関係

(2) 被害率と被害要因による破壊機構

ブロック堤の破壊は、堤内のある1個のブロックに働く波力による転倒と滑動によって起こり、それが次々に波及して（場合によっては殆ど瞬時）破壊が広がって行くと考えてよい。ここで、本研究における滑動とは、六脚ブロックは突起が多いためブロック間の設置面で起きるものとする。この初動を探るには、被害率が数%程度の範囲で安定性を検討をすればよいが、安定限界の目安を考慮して30%まで拡大し、その破壊、安定性を検討した。

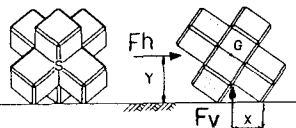


図-5 転倒に対する安定計算図

① 転倒による被害

波力測定を伴うブロック堤の安定性実験の結果を示したのが図-6である。1回の実験でのブロック堤に入射する先頭ソリトン(1'st)から連続する2'nd 3'rdの3つのソリトンの転倒モーメントを計算し直線を求めている。これら3直線の $M=1$ (安定限界)との交点はそれぞれ $D=2.5\%$ 8.5% 25.5% となっている。従って、ブロック堤は、1'stで破壊している可能性が高い。

② 滑動による被害

①と同様、1'st~3'rdを滑動に対して計算し直線化したのが図-7である。 $Z=1$ との交点は無く、後はそれぞれ 3.9% 17.9% となっている。ここでも、1'stで破壊している可能性が高い。

③ 転倒+滑動の相乗的被害

①、②の結果から判断すると、ブロック堤は、1'stで破壊し2'ndがそれを拡大し、3'rdは1'stあるいは2'ndとの重複波であるから、破壊そのものにはあまり影響がないと思われる。しかし、実際2'ndでの破壊が殆どで1'stでの破壊はあまりなかった。これは、1'stの波はブロック堤を破壊させるに十分な波力があるにもかかわらず、ブロックの重量、また、1'stが入射波2波目の砕波後の波であるため波高が小さいなどの要因で、個々のブロックを浮上、あるいは上下に微動させるにとどまり、次いで、ブロック堤にあたる2'ndに対する初期破壊になっているものと思われる。

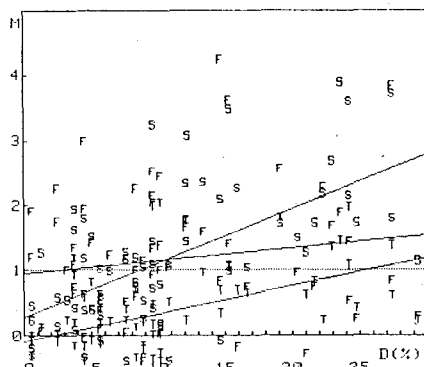


図-6 $M \sim D$ の関係

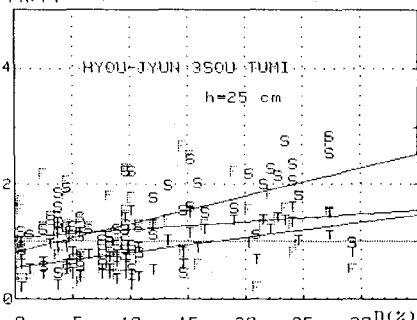


図-7 $Fh/Ff \sim D$ の関係
ここで、
F ; 1'st S ; 2'nd T ; 3'rd

4. 結論

(1) 沖合入射波の分裂前の津波特性は U_r で代表され、それはソリトン分裂して選り分けられ増幅、砕波減衰後のブロック位置への入射波の特性量と良く相関し、更にそれがブロック堤の被害特性に影響する。

(2) 離岸堤は、波力による転倒と滑動が同時に起こって被害が発生するが、先頭ソリトンよりも後続ソリトンによって、瞬時に被害が広がって破壊する場合が多く、ブロックは波と共に飛散する。その被害規模は、ソリトン津波の分裂状況と連続性、及び転倒、滑動に対する波力の合力に大きく影響される。

参考文献

- 1) 富樫. 他 ; ソリトン分裂遡上津波による消波ブロック散乱のメカニズムについて ; 第33回海講演文集
- 2) 同上 ; ソリトン分裂遡上津波による消波ブロック堤の破壊機構 ; 第34回海講演文集