

ソリトン分裂遡上津波の消波ブロックに対する液力について

長崎大学工学部土木工学科 正会員 富 程 宏 由

川 野 徹

早 田 佳 朗

1. はじめに

日本海中部地震津波により、秋田県沿岸の随所で灯台付近の異形ブロック堤の一部が破壊され、ブロックが砂浜上に広い範囲に亘って散乱した。被災調査報告¹⁾によれば、そのブロックは八森海岸では離岸堤の8七の文脚ブロックで、最大散乱距離は30~70 m、峰岸海岸では消波堤の4七の3連ブロックで、最大散乱距離は70~135 m、八竜海岸では同じく消波堤の4七のコーンブロックで、最大散乱距離は30~55 mであった。このような数七の消波ブロックが砂浜上に数十~数百個が無数にとまっていて、程散乱している光景は、陸上遡上津波の破壊力の物凄さを改めて思い知らせるものであった。過去の津波災害では、消波ブロックが陸上にこのように散乱して倒れた例はない。たゞ、これは今後の津波災害の新しい特徴である。一方もう一つ特徴的だったのは、襲来した津波がソリトン分裂津波であったことであり、これは過去の津波でも若干の例はあるのだが、今回程多くの人に明確に目撃又は記録された例はない珍しい貴重な経験であった。

本研究は、沖合から灯台に侵入したソリトン分裂津波が陸上に遡上した場合に、灯台付近に設置してあった離岸堤又は消波堤から離れて陸上に孤立した1個のブロックに作用する津波の液力を水理実験により調べ、ブロックが転がって移動する可能性のある範囲を、ブロックが転倒に対して不安定となる範囲とみなし、これから最大散乱距離を推定したものであり、ほぼ妥当性のある興味ある結果が得られた。

2. 実 験

現地調査報告²⁾によれば、分散する前の津波の周期は10分程度、沿岸から幾人かに目撃又は撮影記録されたソリトンの周期は10秒前後、波高は所によってまちまちで、小さい方は3~4 m から大きい方は6~8 m となっている。これに対して実験装置の造波性能として、初期発生波が図-1に示す水平床上でソリトン分裂した後に、十分にえり分けられて増中した後に海底斜面法先に入射するような波を造るには、水深 $h = 20 \sim 25$ cm に對して $H_0/h = 0.4 \sim 0.5$ 程度が限度であるから、初期発生波高 H_0 は最大10 cm 程度であり、えり分け終了後の増中率は1.5~2.0倍程度となる。従って、模型縮尺は長さにして1/50程度とした。これには前述の実物4~8七の3種類のブロックの現地に造られて使用されている模型ブロックの大きさ(縮尺1/40~1/60)と液力計の構造及び特性といった測定上の問題点も配慮されている。

現地海岸の海底勾配は概して灯台から水深5 m位までは $S = 1/20 \sim 1/50$ で、この辺が砂浜帯になっている。そこから水深10 m位まで急に緩やかになって $S = 1/100 \sim 1/150$ 程度となっている所が多いようである。一方、実験水槽の長さ60 m という制約に対して、ソリトンのえり分け距離としては少なくとも20~30 m 程度の水平床部分の長さが必要なこと、実験水深も最大25 cm は必要であるから、模型の海底斜面勾配を $S = 1/100$ として水槽の他端30 m に設置した。海底床はコンクリート製である。

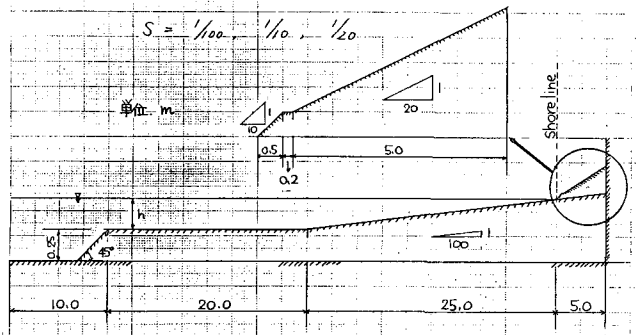


図-1

1) 小笠原 幸彦、川村 邦子、日本海中部地震津波による河口及び沿岸集水域の浸水被害、第3回港湾論文集、昭59.11, pp.262~266.

汀線から陸側の陸上斜面勾配は $S = 1/10$ と $1/20$ の複合型斜面勾配とし、実験水深 $h = 10 \sim 25$ cm の文子に依りて、汀線を移動して任意の地点に設置できるような鉄板とアクリル板製とした。板高測定は、計1枚高計が斜面法先より20 m 前方で分散波の入射形状を、計2枚高計が斜面法先で分散波形を記録する。汀線から陸上では約50 cm 間隔程度の測点で遡上板高、流速及びブロックに作用する板力の同時測定を行う。板高計は容量式、流速計は $\phi 10$ mm のフロパラ式である。板力計は水平板力計と合板力計の2種類である。いずれも厚さ3 mm の薄青銅板製で、水平板力計は $\phi 6$ mm、長さ25 cm の物指し状の平棒、合板力計は $\phi 6$ mm、長さ $15 + 15 = 30$ cm のL型の平棒であり、その先端にはスローク取付け用のステンレス又は真鍮製の $\phi 2 \sim 3$ mm、長さ3 cm 程の交換棒が取付けてある。図-2に合板力計の検定直線の一例を示すが、直線性及び水平力と鉛直力の重ね合わせは良好である。ブロックは前述の3種類、陸上遡上高は目測した。

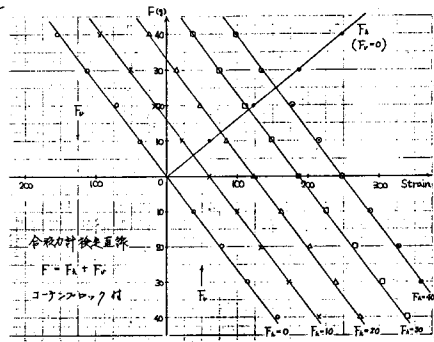


図-2

3. 結果と考察

図-3は上から3番目までが板高、4番目が流速、5、6番目がブロックに作用する板力の各記録の一列である。3～6番目は汀線より60 cm 陸側の(図-1に示す長さ20 cm の水平板上)同じ測点の記録である。斜面法先のソリトはきれいに分離けられて、計1枚目ソリトは約2倍に増大して碎波直前である。この計1枚目ソリトは、海底斜面に入ると間もなく碎けるが、汀線の少し手前で計2枚目ソリトに追いつかれて合体し、汀線から陸上の板高、流速及びブロック板力は計2枚目ソリト以降のものとなる。このような記録をまとめて整理した一例が表-1である。この表の一番下の行がブロックの転倒に対する安定計算の結果であり、この位置(実物では汀線から約30 m)では全ブロックが転倒することを示している。その中の特定のブロックとして、例えば六脚ブロック④について安定となる限界を求めたのが表-2であり、 $l_{max} = 1.6$ m 故、実物では汀線から約80 m 位までは転倒する可能性のある範囲であることを示す。

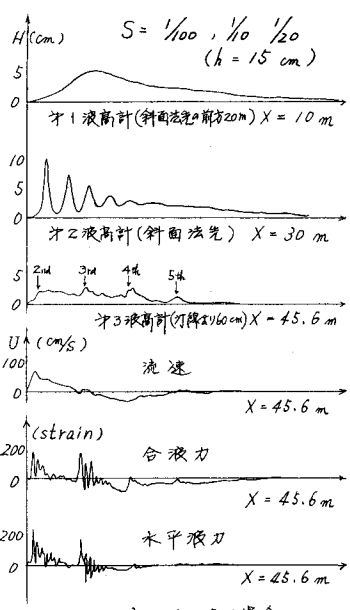


図-3

4. おわりに

ソリトが斜面と岸壁によって消散ブロックが砂浜上に散乱した現象は

板力による転倒であることを明らかにした。

尚、本研究は自然災害特別研究(1)「日本海中部地震津波の発生・増大機構と破壊力による一部くずれ、記して現象を表す。

本原 $h = 20$ cm		測点位置 (汀線より 60 cm)											
波高計	波高計	三連フック①			六脚フック②			六脚フック③			コケンブロック④		
波高計	55	54	58	56	57	58	57	58	57	58	57	58	57
波高計	2.4	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
H_1, H_2, H_3 (cm)	4.5, 9.7, 7.0	4.0, 10.3, 8.3	4.5, 10.3, 7.0	4.0, 10.0, 7.0	4.4, 9.3, 6	4.4, 9.8, 6.8							
周期 T (s)	6.2	5.6	6.6	5.6	6.0	6.4							
波高 H (cm)	0.37	0.34	0.37	0.34	0.35	0.35							
流速 U (cm/s)	14.0 (3連)	14.0 (3連)	14.5 (3連)	13.5 (3連)	13.5 (3連)	15.5 (3連)							
流速 U (cm/s)	33	33.5	33	34	33	33							
ソリトの発生	2nd	3rd	3rd	2nd	3rd	2nd	3rd	2nd	3rd	2nd	3rd	2nd	3rd
流速 U (cm/s)	90	37	89	40	90	45	81	29	80	25	74	47	
波高 H (cm)	2.3	4.0	2.3	4.0	2.7	4.9	2.1	3.6	2.1	3.5	4.3	5.8	
水平力 F_x (g)	55.4	26.9	38.1	10.4	55.1	33.4	28.8	17.6	21.4	12.2	90.7	30.0	
鉛直力 F_z (g)	-18.3	18.1	1.8	11.2	7.3	29.4	11.8	7.9	14.0	10.5	-3.3	37.9	
$F_x / \gamma V$	1.2	3.5	1.68	2.18	0.94	2.27	0.87	4.15	0.78	4.5			
$F_z / \gamma V$	-0.09	0.09	0.23	1.43	0.32	1.27	0.88	0.99	1.34	1.0	-0.13	1.51	
$F_x + F_z$	1.13	1.06	2.50	1.29	1.05	1.53	1.84	1.15	1.90	1.18	2.64	1.95	
転倒の有無	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不	不	

表-1

大断「ソリト」型									
$X = 20$ cm, 2nd (or 3rd) Soliton									
波高計	波高計	波高計	波高計	波高計	波高計	波高計	波高計	波高計	波高計
波高計	1.5 m	1.55 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.5 m
波高計	0.26	0.275	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24
周期 T (s)	6.6	5.6	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
波高 H (cm)	13.5	14.5	15.0	14.6					
流速 U (cm/s)	70	70	45	52					
波高 H (cm)	1.7	1.0	2.0	1.0					
水平力 F_x (g)	20.8	14.4	16.8	2.9					
鉛直力 F_z (g)	12.4	12.2	12.9	12.6					
$F_x / \gamma V$	0.24	0.48	1.65	0.21					
$F_z / \gamma V$	1.0	0.91	1.04	1.01					
$F_x + F_z$	1.24	1.14	1.30	0.78					
転倒の有無	不安定	不安定	不安定	安定					

表-2

2) 首藤伸夫: 秋田県北部海岸における日本海中部地震津波; 沖31回 海講演文集, 昭59.11, pp.247~251.