

長波のソリトン変形解析

長崎大学工学部土木工学科

正会員 高橋 宏由
学生会員 福入 博文

1. 序 説

昭和58年5月26日に起きた日本海中部地震津波は非常に珍しいソリトン型津波であった。近年の津波の中で、それがソリトン分裂している破壊津波であるとして、これ程明確に自視又は映像記録によって観測され、確認された例は他に多くはない。真昼の津波であったこと、波高8ミリ等のカメラが普及しているためであろう。首藤の調査報告¹⁾によれば、周期約10分、波高2m位の津波の上り、周期10秒前後、波長100~150m、最大波高6~8m程度の短周期の連続波列が、いっているようである。長波のソリトン変形に関する研究は、かなり以前から行われていて決して新しいことではなく、K-dV方程式を基本としたいろいろな取扱ひから出てくる解として、変として物理的興味から取扱われてきた感があるが、この津波を契機としてにわかに現実味を帯びた身近な問題となった。最近の日本におけるこの種の研究としては、第崎²⁾³⁾、永富⁴⁾、安田⁵⁾等による実験的、理論的研究があり、その基本的性質は次第に明らかになりつつある。本研究は、日本海中部地震津波によって灯台近傍の離岸堤又は消波堤が飛散して砂浜に散乱した異形ブロックに作用するソリトン型津波の波力に関する研究の一環として、水平床と傾斜面上の浅長波のソリトン変形について、水理実験と数値解析によりその基本的な性質を検討したものである。

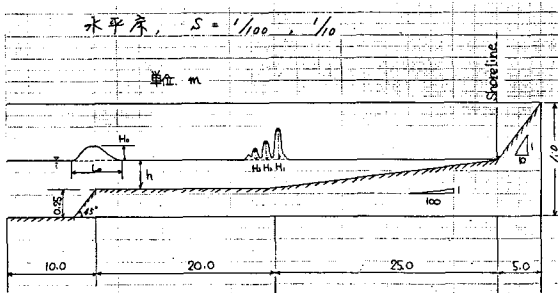


図-1

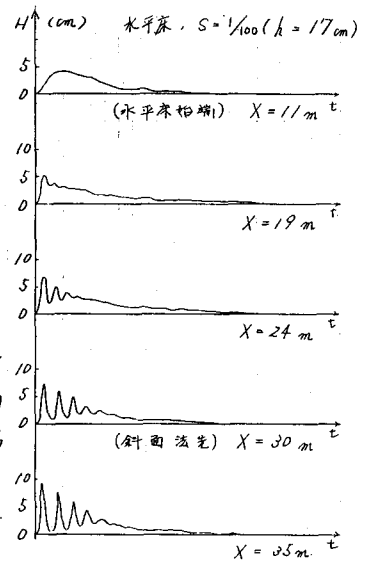


図-2

この種の研究としては、第崎²⁾³⁾、永富⁴⁾、安田⁵⁾等による実験的、理論的研究があり、その基本的性質は次第に明らかになりつつある。本研究は、日本海中部地震津波によって灯台近傍の離岸堤又は消波堤が飛散して砂浜に散乱した異形ブロックに作用するソリトン型津波の波力に関する研究の一環として、水平床と傾斜面上の浅長波のソリトン変形について、水理実験と数値解析によりその基本的な性質を検討したものである。

2. 水理実験

図-1に長波実験水槽の概要

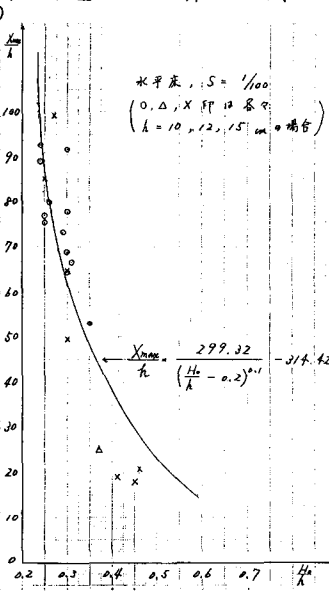


図-3

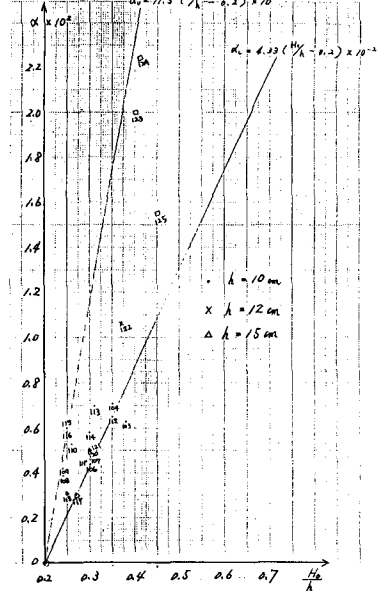


図-4

を示す。造波装置は長方形

表-1

である。入射波が早目ソリトン分裂し易いように波の長さ25 cmの水平床と $S=1/100$ の傾斜勾配斜面はコンクリート製。またソリトン波の解析の実験には直接関係しないが $S=1/10$ の陸上勾配斜面はアルミ及びアクリル製板である。

図-2は各測点の時間波形の一例であり、入射波のアーセル数は $H_0/L \approx 100$ である。水平床始端の入射

実験No	波高 H_0 (cm)	水深 h (cm)	H_0/h	d_{50} (cm)	d_{soff} (cm)	$\Delta H/h =$ d_{so}/d_{soff}	X_{max} (cm)	H_U (cm)	H_L (cm)	H_U/H_0	H_L/H_0	H/H_0
104	3.5	10	0.35	0.949	1.752	0.290	0.770	4.743 (5.302)	4.48	3.34	1.88	2.09
106	3.0	10	0.30	1.248	2.208	0.435	1.135	4.340 (5.173)	10.18	3.90	3.39	2.37
107	3.0	10	0.30	1.248	2.208	0.435	1.135	4.340 (5.173)	10.18	3.90	3.39	2.71
108	2.4	10	0.24	1.971	3.086	1.087	2.887	4.556 (5.315)	6.93	4.11	2.89	2.50
109	2.4	10	0.24	1.971	3.086	1.087	2.887	4.556 (5.315)	6.93	4.11	2.89	2.50
110	2.6	10	0.26	1.643	2.737	0.725	1.925	4.215 (5.007)	8.27	4.93	3.18	2.58
111	2.9	10	0.29	1.328	3.516	2.194	5.774	4.657 (5.444)	9.77	5.49	3.67	2.07
112	3.5	10	0.35	0.949	1.752	0.290	0.770	4.743 (5.302)	11.48	6.88	3.34	2.14
113	3.1	10	0.31	1.177	2.102	0.395	1.050	4.883 (5.661)	10.54	5.90	3.40	2.48
114	3.0	10	0.30	1.248	2.208	0.435	1.135	4.340 (5.173)	10.18	5.70	3.39	2.40
115	2.5	10	0.25	1.729	2.903	0.870	2.309	4.240 (5.040)	7.44	4.44	3.06	2.80
116	2.5	10	0.25	1.729	2.903	0.870	2.309	4.240 (5.040)	7.44	4.44	3.06	2.84
117	4.0	15	0.27	2.283	3.952	0.978	2.598	4.473 (5.270)	13.19	7.46	3.30	2.10

波は、 $S=1/100$ 斜面法先到達するまでに略々えりかけが完了して碎波するが、 H_0/h が小さい場合は斜面法先から少し斜面上に入ってから碎波するものもある。初期入射波がソリトン分裂した後のソリトンのえりかけ距離については、岩崎等³⁾が行ったのと同じ手法で整理したものが図-3、4であり、これらの実験結果から得られた実験式を用いて算出した平均的なえりかけ距離 X_{max} 、波高 H_U 、 H_L 及びその増中率 H_U/H_0 、 H_L/H_0 を示したのが表-1である。 $X_{max} < 15 \sim 20L$ 故、水平床の長さ20 m以内である。右端の列 H/H_0 は波高増中率の実験値である。

3. 数値解析

有限長中長波のソリトン波の解析は、有限要素法による滝川等⁶⁾の方法で行った。水平床の静水面上に x 軸、鉛直上向きに y 軸をとった鉛直2次元のポテンシャル理論による。メッシュ分割は、鉛直方向は $\Delta y/h = 1/3$ 、水平方向は $\Delta x/L = 1/40$ 、時間さきみは $\Delta t/T = 1/40$ とした。図-5、6は計算結果の一例で、図-5は空間波形、図-6は時間波形である。 $x=1.5L$ 程度で略々えりかけが完了し、 $H/H_0 = 2 \sim 2.5$ となっており、表-1の結果と類似した値が得られるようである。しかし、計算条件は実験と異なる。

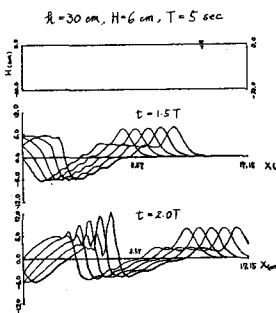


図-5

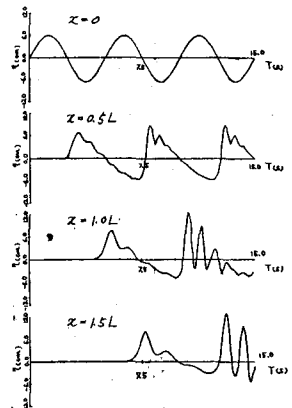


図-6

参考文献

- 1) 首藤伸次: 秋田県北部沿岸における日本海中部地震津波; 東北工学部津波防災実験所研究報告第1号, 昭57.3, pp.12-26.
- 2) 岩崎敬文・真野 明・小杉達郎: 孤立性短波のソリトン分裂に関する研究; 第22回協講演文集, 昭50.11, pp.47-51.
- 3) 岩崎敬文・首藤伸次・鈴木義和・栗田 悟: 孤立性短波のえりかけ距離に関する研究; 第25回協講演文集, 昭53.11, pp.132-136.
- 4) 永富政司・後藤智明・真野 明: ソリトン波列の碎波変形に関する研究; 第32回協講演文集, 昭60.11, pp.41-45.
- 5) 安田孝志・三島豊秋・上屋義人: 傾斜海岸上におけるソリトンとその変形; 第32回協講演文集, 昭60.11, pp.109-113.
- 6) 滝川 清・田村幹修: 有限要素法による浅海域での波面解析について; 熊本工学部研究報告, 第27巻第2号, 昭53.7, pp.83-93. 又は: 有限要素法による波面解析について(第1報); 第25回協講演文集, 昭53.11, pp.28-32.

謝辞 本研究は昭和60年度文部省科学研究費(自然現象特別研究)「日本海中部地震津波の発生・増中・伝播と破壊力」(首藤伸次・東北教員)による研究の一部である。数値解析については熊本大学滝川清先生に御指導頂いた。ここに記して謝意を表す。