

名城大学 理工学部 正会員 ○ 伊藤 政博
京都大学防災研究所 正会員 工屋 義人
" " " 山下 隆男

1 緒言. 海浜変形に関する問題を解決する一手法として, 従来より, 水理模型実験で現象を再現させる方法が行われてきた。この模型実験による方法には, 一般にその現象に縮尺効果が介入して, 実際の現象と異なった結果を与える場合があるので, 的確な実験方法の解明, 特くに相似則の究明が要求されてきた。このために, 従来, (1) 底質の比重を表える方法, (2) 底質物質の沈降速度による相似則に従って粒径を決定する方法, (3) 海浜変形を支配する二次元水現象の相似則を幾つか組み合わせる条件による方法: E. K. Nada (1972), Paul. Kamphuis & Brebner (1972), Dalrymple & Thompson (1976), (4) 底質粒径の比重および粒度分布を表える方法: Collins & Cheonutt (1976) などの研究が行われてきた。しかしながら, これらの方法による研究は, いまだ十分な海浜変形の相似則を手に入れるまでに至っていないといえてよいであろう。

そこで, 筆者らは, 波と砂移動による二次元的海浜変形の相似則を検討するために, まず波に対してはFroudeの相似則が成立するものとして, 実物と模型の波の特性・初期海浜勾配および水深を定め, この条件のもとで両者の底質粒径を表えて, 海浜変形の特性とくに海浜断面形状が相似となる底質粒径を見出すことにした。そして, そこに存在する相似則を実験的に明らかにしようとするのがこの研究の目的である。

2. 実験方法 一般に, 海浜変形に関して, 実物と模型実験で起る現象を相似にさせるためには, 波に対する現象 (shoaling, 碎波, 波の run up, 海浜斜面からの波の反射など) と, 砂移動に関する現象 (移動限界水深, 沖まわし岸方向への移動など) を力学的に一致させる必要がある。しかしながら, これらすべての現象を力学的に一致させることは, 水理模型実験の性格上不可能であるため, これまで行われてきた海浜変形の相似則に関する研究では, これらの中の特定の現象のみ, あらうは2~3の重要な現象を支配している水現象について相似則を求め, その相似則による模型実験が行われてきた。

この研究方法による実験では, 波に関する縮尺はFroude 則により決定される値を用い, 海浜の底質材料として粒径の異なる種類の砂 (比重: 2.54~2.57 ; 浮水用沙通砂) を使用して, 初期海浜勾配 $\tan \alpha = 1/30$ の海浜を造り, $H_0/L_0 = 0.015$ の波を作用させることにした。これ, 実験における縮尺の総ての値は入れないものとした。実験は, 長さ 70m, 幅 1m, 高さ 1.5m のコンクリート製長水槽 (実験水槽: I とする) を実物の海浜変形の実験に, 一方, 長さ 25m, 幅 0.5m, 高さ 0.65m の鋼鉄製水槽 (実験水槽: II) を模型の海浜変形の実験に使用した。これらの実験水槽で行なう相似則に関する実験諸元は縮尺の順に整理して表-1に示した。また, 表-1の NO.1 の実験は実験水槽: I, NO.2~10 は実験水槽: II を使用して行なった。表-1で, 沖波々形勾配 $H_0/L_0 = 0.014 \sim 0.018$ の値になっているのは, 波の作用当時 Froude 則に従って, 所定の沖波々高を $\tan \alpha = 1/30$ の傾斜海浜に作用させたが, 海浜の変形に伴って実験中波高が変動するため, その平均値をとって表わしたためである。T.F.F., 沖波々長 L_0 , 同期 T 1 実験を通じて変動がなかった。波の作用時間方は, 表-1で NO.2 以上に述べた値になっているが, これは実物の実験 (NO.1) では波の作用時間 60 時間, 一方, 模型 (NO.2~10) では 24 時間前後で平衡海浜形状がえられたためである。

表-1. 相似則の実験諸元と海浜変形の特性

NO.	Scale for NO.1	Beach sand diameter 50 μ m	Initial beach slope $\tan \alpha$	Water depth h cm	D.W. wave height H_0 cm	Period T sec	D.W. wave length L_0 m	D.W. wave steepness H_0/L_0	Wave age time t hrs	H_0/d_{50}	Water temp. $^{\circ}$ C	d_{50}/ϕ	Z_1/L_0
1	1/1	0.94	1/30	100	20.6	3.0	14.04	0.015	60	219	7.9	962	0.43
2	1/2	0.94	1/30	50	10.3	2.12	7.02	0.015	24	110	10.0	725	0.38
3	1/2.2	0.64	1/30	45	10.1	2.01	6.32	0.016	23	24	14.5	549	0.25
4	1/2.2	0.38	1/30	45	8.6	2.01	6.32	0.014	24.5	226	10.0	267	0.03
5	1/2.5	0.38	1/30	39.6	8.1	1.89	5.57	0.015	25	213	13.0	281	0.04
6	1/3.8	0.38	1/30	26.3	5.4	1.54	3.69	0.015	24	142	9.0	205	0.02
7	1/4	0.94	1/30	25	5.7	1.50	3.51	0.016	24	61	11.0	552	0.21
8	1/5	0.38	1/30	20	4.5	1.34	2.80	0.016	24	119	7.0	193	0.02
9	1/6	0.64	1/30	16.7	3.9	1.22	2.30	0.017	24.5	61	15.5	351	0.07
10	1/7	0.38	1/30	14.3	3.5	1.13	2.00	0.018	18	92	14.0	190	-0.06

なお、初期海波および平衡海波断面形状は実験水槽上の測定用台車から、断面測定器により測定を行なった。

3、実験結果と海波変形の相似則。 図-1は表-1の実験諸元で行なわれた実験結果から得られる初期海波形状と平衡海波形状を次元形で表わし、実物と模型の海波断面形状が両者とも全体的に一致する場合：相似、多少の相違はあるがほぼ一致しているとみなされる場合：擬相似、一致していない場合：非相似、としての段階に合せて整理したものである。図-1から、海波変形が相似になる場合、実物と模型の破波点の位置は非相似の場合に比べて良く一致していることがわかる。表-2は表-1の実験結果についてそれぞれの海波断面形状を図上で照合し、相似、擬相似、非相似とに合せて整理した結果である。また、海波変形の相似性と波のshoaling, 破波, 反射などの相似性との間にはどのような対応が存在しているのかについて調べてみる。波のenvelope図を図-2に整理した。この図から、海波変形の相似性と波の相似性との間にはほぼ等しい関係が見受けられないが、しかし、海波変形が非相似である場合、平衡状態(海波変形)にある波のenvelopeは破波点付近で相似のときと比べて一致の度合いが悪いようである。図-3は表-2の結果と他の実験結果を若干加えて、縦軸にFroude 則による底質粒径と実際に実験に用いた粒径との比 $(d_{50})_p S / (d_{50})_m$ 、横軸に模型の縮尺の逆数 $1/S = m$ ($S = 1/n$) をとってプロットしたものである。図-3から、海波変形が相似になる場合、プロットされた点はほぼ直線上に並び、この直線の近傍には海波変形が擬相似になり、さらに隔ると非相似になることがよくわかる。図-3は、 $S=1/1 \sim 1/2.5$ の範囲であるが、模型に使用する底質粒径の縮尺は、波に適用されたFroude則により幾分歪められた(実物より幾分大きい粒径)にとれば、海波変形の相似性が成立することを示している。さらに、海波変形が相似になる場合、表-1

で、初期海波形状からの河線移動量 X_{rel} は勾配のこと、 H_0/d_{50} と $d_{50}\sqrt{gH_0}/L$ の両者の値、あるいは $d_{50}\sqrt{gH_0}/L$ のみの値、がほぼ同程度の数値を示すことが注目される。

なお、この研究は、筆者の1人；伊藤が京都大学防災研究所工屋教授の下に内地留学で滞在した折に行なった研究の1部であることを付記する。

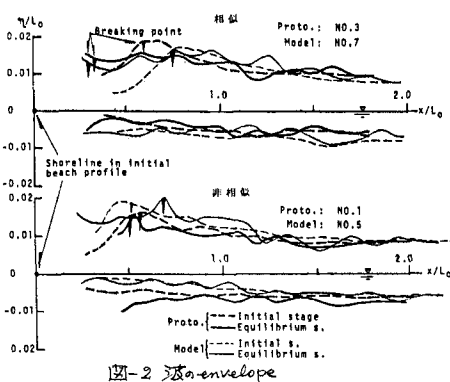


図-2 波のenvelope

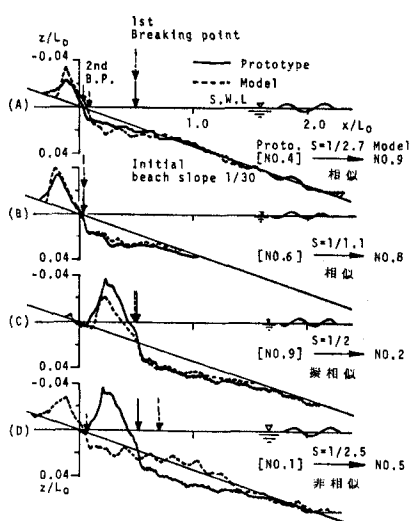


図-1 実物と模型との海波変形断面の照合

表-2. 相似・擬相似・非相似と実験の組み合わせ

相似	$S=1/1.8$ [NO.3] → NO.7	$S=1/2.4$ [NO.5] → NO.9
	$S=1/2.7$ [NO.4] → NO.9	$S=1/1.3$ [NO.6] → NO.8
擬相似	$S=1/1.1$ [NO.4] → NO.5	$S=1/1.6$ [NO.6] → NO.9
	$S=1/2$ [NO.9] → NO.2	$S=1/1.2$ [NO.8] → NO.9
非相似	$S=1/2.5$ [NO.1] → NO.5 その他、相似・擬相似にいろいろの組み合わせによるケース	

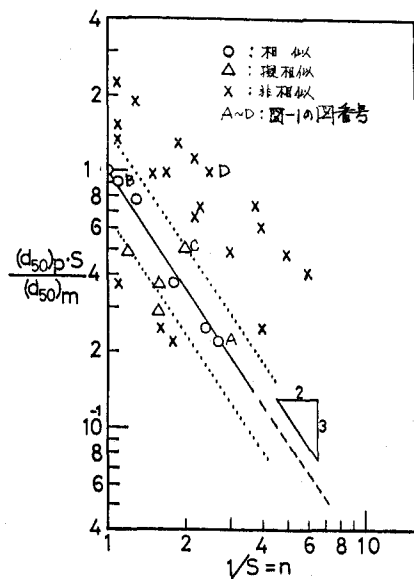


図-3 海波変形の相似性と底質粒径の縮尺