

II-38 漂砂模型実験の縮尺効果について

農林省農林土木試験場 正員 中 村 充

正員〇佐々木 泰雄

よえがき

漂砂模型実験においては、相似律が成り立たないため、一般に実験は、種々の工夫をこらして、相似性を保つよう努力する。そして最終的には、何等かの形で、部分的にでも模型と現地の相似性が保持されているとして、実験がなされることが多い。しかしこのようにして一定相似性は定められるとしても、必ずしも全般的に相似が成り立っているわけではないため、実験結果の評価の段階で、しばしば疑問がのこることが多い。

筆者らは、実際に現地の海岸を掘削して、その埋没の過程を観測し、同時に波浪も観測した。これを模型に再現することによって、模型と現地の相違、すなわち縮尺効果を見い出して、模型実験の時間縮尺を設定することを試みた。

この報告は現地の現象をどの程度まで模型に再現することができるか、またその違いを定量的に見積ることによって、模型実験の結果を評価する場合の時間的尺度とする場合の事例を示したものである。

(1) 現地実験の概要

現地実験は図1に示してあるように、内灘海岸の河北潟干拓放水路の河口位置に汀線治えに50m、沖方向に160m、水深(TP) -2.5mの地奥まで、底面を水平に削削した。削削の総量は約12,000m³である。その後この範囲を精度よく浅測量を実施し、埋没の過程を調査することにした。またこの期間には波の観測も同時に行なうことにした。波の観測は図1に示してある位置、すなわち、ほぼこの期間の波の奔波突である水深-1.0mの地奥にポールを設置し、トランシットで目視観

測をした。観測時間は1日4回、10時、12時、14時、16時の定時観測とし、1回の観測時間は10分間とした。また同時に、波向も比較的高位部からトランシットによって目視観測した。

浅測量は、1日、4日、10日、15日後においてそれぞれ0.25m等深線が描ける程度の精度で実施した。

表1は波の観測結果を示したものである。波高と周期は10分間の平均値である。

図2には汀線の変化の過程を示してある。この図でもわかるように、このように削削して、何等の対策もほとんどなない場合には、この程度の波ではほぼ完全に埋没してしまうことがわかる。

表1 波の観測結果

日時	波高	周期	波向	日時	波高	周期	波向
8/10 14	5.1	57-16	10	109	5.7	60-27	
8/10 12	5.2	42-58	9/12	120	5.5	63-57	
8/10 14	5.3	36-54	9/14	134	5.8	66-32	
8/10 16	5.2	31-29	9/16	110	5.6	64-24	
9/10 14	6.9	56-09	10	82	6.4	60-59	
9/10 12	5.5	47-07	9/12	93	6.9	61-21	
9/10 14	5.4	53-50	9/14	95	6.9	63-05	
9/10 16	5.1	39-39	9/16	97	6.6	63-03	
9/11 10	5.9	60-30	10	75	6.3	63-27	
9/11 12	6.2	62-59	9/12	64	7.2	63-13	
9/11 14	5.6	58-08	9/14	61	6.9	64-48	
9/11 16	5.0	69-31	9/16	55	6.3	61-47	
9/12 10	5.8	53-14	10	48	6.4	61-48	
9/12 12	5.6	56-29	9/12	60	6.6	64-29	
9/12 14	5.5	53-06	9/14	-74	6.9	65-52	
9/12 16	5.6	52-57	9/16	94	6.3	63-17	
9/13 10	5.7	50-54	10	82	5.5	64-35	
9/13 12	5.6	56-45	9/12	78	5.9	64-23	
9/13 14	4.9	66-53	9/14	-100	5.9	37-23	
9/13 16	4.9	75-06	9/16	100	7.1	41-53	
9/14 10	4.3	73-24	10	64	6.7	41-09	
9/14 12	4.8	76-10	9/12	73	6.7	40-25	
9/14 14	4.9	73-59	9/14	85	6.5	52-11	
9/14 16	4.8	72-01	9/16	75	6.5	46-35	
9/15 10	5.9	57-17	10	34	5.8	53-52	
9/15 12	6.5	62-29	9/12	45	5.6	52-33	
9/15 14	5.9	58-18	9/14	44	6.5	53-02	
9/15 16	6.3	55-42	9/16	43	6.3	53-17	
9/16 10	5.0	58-54	10	44	6.7	52-32	
9/16 12	5.4	54-55	9/12	41	6.4	53-09	
9/16 14	5.5	60-12	9/14	37	6.1	52-30	
9/16 16	5.1	57-15	9/16	37	6.4	52-38	

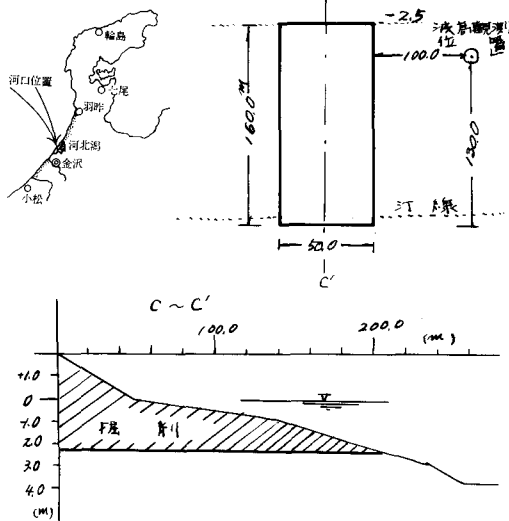


図1 現地実験状況

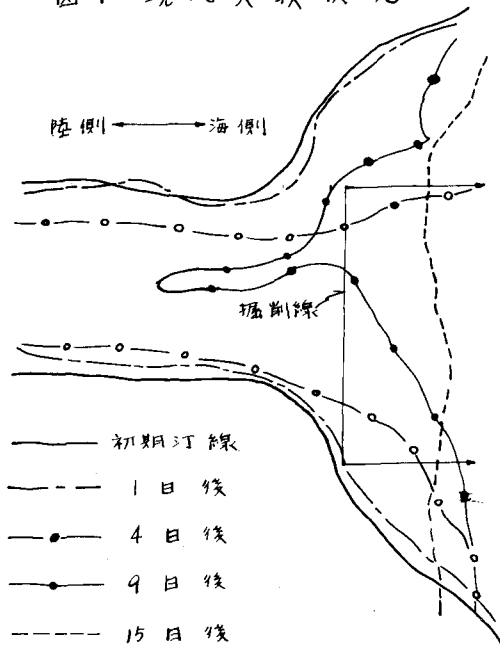


図2 現地における河線変化

図3には埋没量と経過日数の関係を示した。図中に記入してある $\bar{H}$ 、 $\bar{T}$ はそれぞれ、その期間内の波の観測値の平均値である。この図を見ると、埋没はほぼ時間的に直線的に進行していることがわかる。しかし、埋没に関しては波の作用を無視することができないはずである。周期は5~6 secで、ほぼ一定と考えられるであろう。

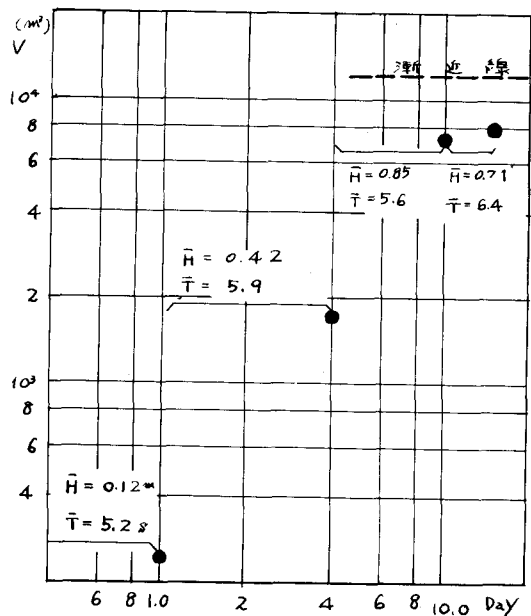


図3 埋没量の時間的变化

(2) 模型実験の概要

模型の底質材料として、水さい(slag)を用いることにしたが、よづこの底質材料の特性について述べておくことにする。表2にはこの材料の物理的性質と、現地の砂のそれを比較して示した。

表2 物理的性質の比較

	平均粒径 _(mm)	真比重	沈降速度から求めた比重
現地砂	0.38	2.65	—
水さい	0.91	2.78	1.30

表2でわかるように水さいは粒径は現地砂よりも大きい、沈降速度から求めた比重は1.30で、極めて動きやすい性質をもっている。また図4には、二次元実験における平衡面形状^{断面}の一例を示してある。この図は初期勾配が1/30, 1/60, 1/90, 1/120の場合について同じ波で80時間後の形状を示したものである。波によって多少異なるが、ほぼ80時間で、平衡に達すると考えてよいようである。図4でわかるように、碎波奥付近で活発な移動がみられ、初期勾配の影響をそのこしたまゝステップ型の海浜で平衡に達している。このような特性は波を変えても同じ傾向が見られ、模型と現地の海浜形状を相似に保つ上でこの場合適当な材料であった。

どうかは疑問である。

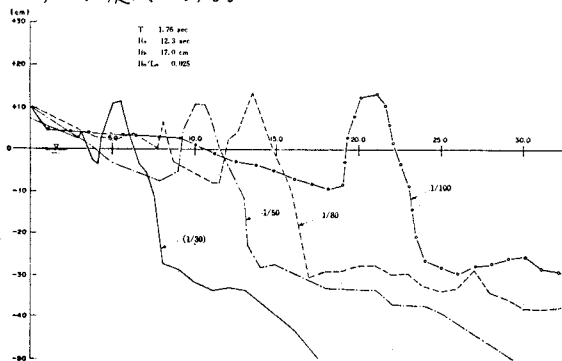


図4 水さゝいによる平衡海浜形状

図5は模型の全体的配置を示したものである。すなわち模型は施設的に許される範囲内で、なるべく大きくつくるよう配慮し、縮尺を $1/20$ とし、歪めない模型とした。図6は模型の海浜断面と、掘削の南係を示したものである。ここで図6の海浜断面は、図1に示した現地における海浜断面と異なることがわかる。それは、図6の模型海浜は模型の設定された波(周期 1.4 sec 、砕波高さ 5 cm)によってほぼ平衡状態(実験時間)に達した海浜である。ここで問題になるのは、海浜形状が相似になっていないことである。このことは先に述べた、水さゝいの特性から明らかのように、海浜形状を相似に保つことは困難である。またもう一つの考え方としては、海浜形状を人為的に現地と相似につくって実験することもありうるであろうが、これでは人為的に掘削した部分の波による埋没過程を調べるには、適当でない。すなわち海浜形状の初期条件を相似に保つても、波の条件を相似に保つことは不可能であり、まして底質の移動機構が異なることを考えれば容易に判断できるであろう。したがってここでは、砕波水深を相似に保ち、活発に砂移動の起る砕波点から陸側の、人為的に掘削した部分のみを対象にした。しかし結果的に模型では掘削部分が汀線よりも陸側に入り込んだ形になったことは本意である。

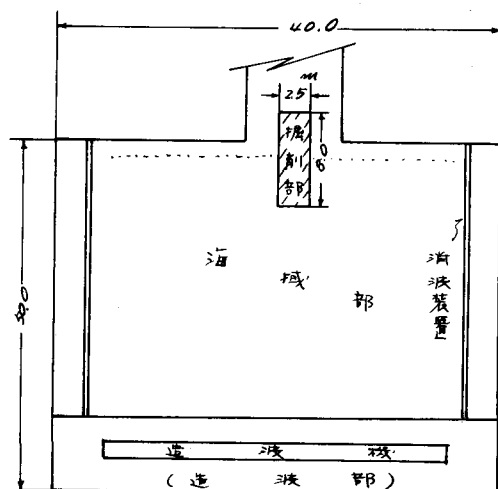


図5 模型全体配置

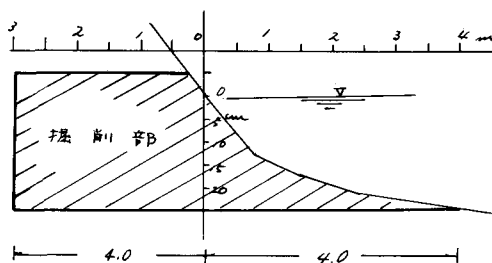


図6 模型の掘削状況

観測は、10分、20分、30分、60分、120分、180分、240分にそれぞれ、精度よく埋没の過程を観測して、等深線図をつくりこれから埋没量各時間ごとの埋没量を計算した。図7にはこのときの汀線変化の状況をもとめて示してある。図7で、埋没の過程は両側から Sand spit が発達して典型的な埋没の過程を見ることができ。そしてほぼ180分で、ほとんど完全に閉塞していることがわかる。しかし陸側に水面部分を残したままになっていることも、現地と模型の異なる点で、模型では波の減衰が著しいため砂の移動が果部まで達し得ないことを示している。また模型では砂の供給がないため、搬入した分だけ、汀線が後退した形になっているのも避けられないことであろう。

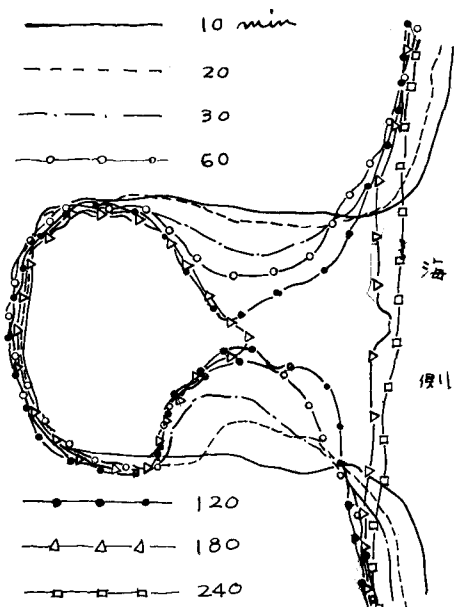


図7 模型における汀線変化

(3) 実験結果の考察

これまで述べてきたように、現地と模型でいろいろ異なった現象がみられるが、これを一義的に比較することはできないであろう。したがって実験結果を無次元表示してみることにした。

埋没に関係する因子として、経過時間の他に、波のエネルギーが考えられる。すなわち、波浪観測位置を通過する波のエネルギーの一部が漂砂移動に消費されると考える。そして、その平均エネルギー密度は観測位置から岸側の水容積に反比例するものとするれば、図8のような無次元表示をすることができるであろう。図8の縦軸は埋没の割合で、 V_0 は全掘削量、 V は各時間ごとの埋没量である。横軸 H は観測した波高(碎波高)、 T はこのときの波の周期、 L は波長である。またはは経過時間、 V_0 は波浪観測位置から汀線までの水容積である。図8で現地の第1日目の観測実は波が小さいにもかかわらず値が大きくなって図8の直線上にプロットできなかつたが、これは掘削の直後であるため、側方崩壊のような現象が起つたか、または波浪のデータが深淺測量の前日までのデータ

で整理しているため、経過日数が1日しかないこの場合には波浪の誤差が大きくなりやすいことなど考えると1日目の観測は信頼性が乏しいとみるべきであろう。したがって図8の現地の場合第1日目の観測は無視してある。図8は無次元表示されているため本来1本の直線であらわされるべきであるが、現実は一致しない。

この不一致がいわゆる縮尺効果と考えられるであろう。すなわち模型の現象時に埋没に関しては現地のスケールで見ると、横軸を5倍大きい方に移動して、評価しなければならぬことになる。

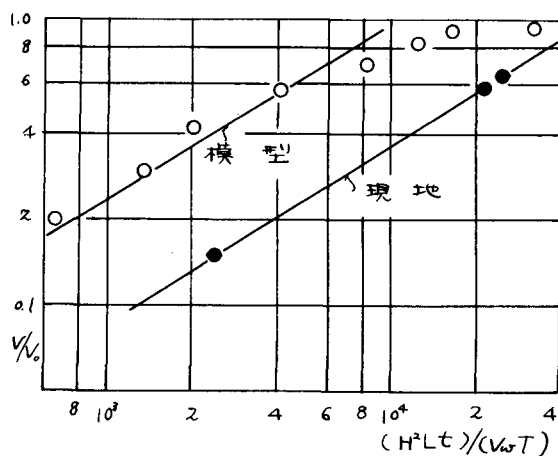


図8 埋没の無次元表示

あとがき

このようにして得られた結果は、あくまでもこの場合だけについて言うことであらう。この結果を用いて河口漂砂量と実験結果から見積ってみると、結果的に現地の条件とほとんど一致していることがわかった。しかしこの場合でも波高のように見積るべきべき条件となってくるので、平均的にしか論ずることができない。

このような現地実験と合わせ実施することは大へんなことであるがこの場合浸没と実行するため掘削の必要があつたため実施できなかった。事例として、何かに参考になれば幸いである。現地実験にあつて、北陸農政局のオヤにお話した。