

透過式突堤の漂砂制御機能に関する模型実験

Model Experiments on Control Function of Permeable Groins on Littoral Drift

笹岡信吾¹・加藤史訓²・諏訪義雄³

Shingo SASAOKA, Fuminori KATO and Yoshio SUWA

Groins are facilities to control the sand drift for maintenance and the recovery of the shoreline. In Japan, impermeable groins with the concrete block are general. However, groins of the timber piles remain in the Netherlands, and there is a possibility to adopt permeable groins as a construction method also in Japan according to the needed function of littoral drift control. Moreover, the permeability of the groins is a control element as well as the length of the groin in moderately easing influence of the longshore sediment transport control to the downstream. The model experiments were done in a tank aiming to clarify control function of the permeable groins on littoral drift.

1. はじめに

突堤は汀線の維持・回復のため漂砂を制御する施設であり、日本ではコンクリートブロック等による不透過式が一般的である。しかし、オランダでは木杭の突堤が残存しており (van Lynden, 2007)、日本でも、必要とされる漂砂制御機能によっては従来の突堤に代わる工法として採用できる可能性がある。また、沿岸漂砂下手の海岸への影響を適度に緩和する上で、突堤の長さとともに、突堤の透過性も制御要素として考えられる。このような透過式突堤の漂砂制御機能を明らかにすることを目的として、平面水槽において模型実験を行った。

2. 実験条件

実験は、当所所有の幅24.0m、長さ30.0m (造波板定位置から18.0m) の平面水槽を用いて行った。実験状況を写真-1と写真-2に、実験模型の平面図および断面図を図-1、図-2に示す。実験地形は1/10の一樣勾配海岸とし、汀線を波向きに対して10°傾け、中央粒径0.3mmの東北珪砂を用いて造成した。透過式突堤は木杭 (径4mm) を用いて作成した。杭の間隔は、予備実験で堆砂効果が認められた1.5mm、2.0mmとした。初期汀線から沖側の堤長は、設定した沖波波高0.05m、0.20mに対応する表層移動限界水深までとした。また、突堤基部より陸側から遡上波が回り込まないように、各沖波波高に対応した遡上距離まで伸ばしている。波浪条件および突堤模型諸元は表-1のように設定し、波高0.05mのケースでは2時間、波高

0.20mのケースでは1時間造波した。透過式突堤の上手及び下手において流速を計測し、透過式突堤を通過する流れを確認した。また、測量結果をもとに、各ケースでの造波前後の地形変化量と沿岸漂砂量を算出し、Case-3～14の突堤設置位置であるX=10mにおける沿岸漂砂量と、Case-1～2のX=10m位置における沿岸漂砂量を比較して、各突堤の沿岸漂砂低減率 (=1-突堤がある場合の沿岸漂砂量/突堤がない場合の沿岸漂砂量) を算出した。さらに、



写真-1 実験状況



写真-2 透過式突堤近影

1 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部海岸研究室研究官
2 正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部海岸研究室主任研究官
3 正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部海岸研究室長

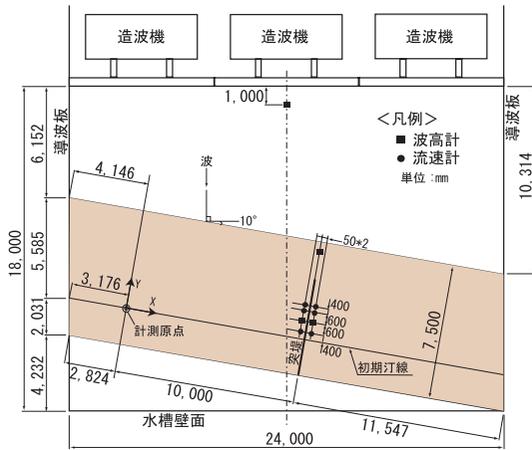


図-1 実験平面図

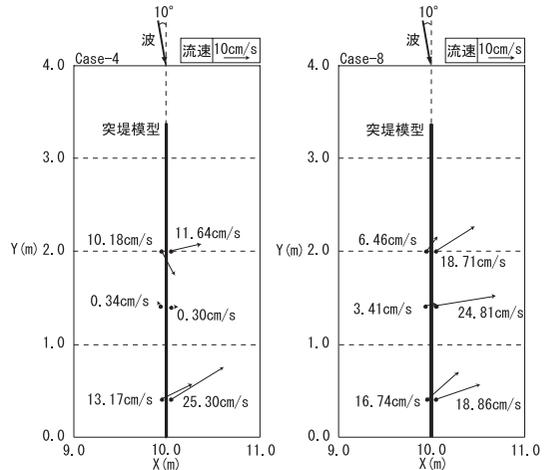


図-3 流速測定図 (透過式突堤, 堤長L=3.37m)

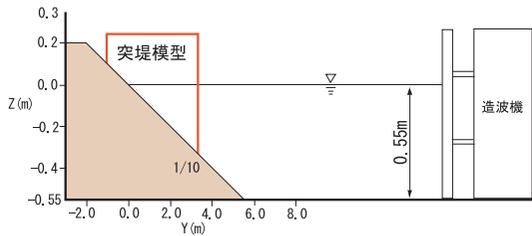


図-2 実験断面図 (堤長L=3.37m)

表-1 実験条件 (規則波)

Case	杭の設置間隔 <i>b</i> (mm)	堤長 <i>L</i> (m)	沖波波高 <i>H</i> ₀ (m)	沖波周期 <i>T</i> ₀ (s)
1	突堤無	突堤無	0.05	1.13
2			0.20	1.98
3	1.50	3.37	0.05	1.13
4			0.20	1.98
5			0.05	1.13
6	0.50	0.20	1.98	
7	2.00	3.37	0.05	1.13
8			0.20	1.98
9			0.05	1.13
10	0.50	0.20	1.98	
11	不透過	3.37	0.05	1.13
12			0.20	1.98
13			0.05	1.13
14			0.20	1.98

杭の設置間隔と沿岸漂砂低減率との関係を整理し、透過式突堤の漂砂制御機能について検討した。

3. 実験結果及び沿岸漂砂低減率の算出

(1) 堤長3.37mの場合

波高を0.20mとしたCase-4, Case-8, Case-12における

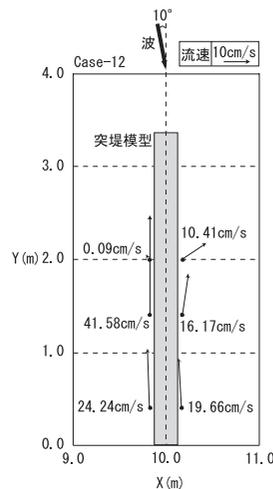


図-4 流速測定図 (不透過式突堤, 堤長L=3.37m)

流速の計測結果を図-3, 図-4に示す。図-3のように、透過式突堤を設置したCase-4及びCase-8では、突堤を通過する沿岸方向の流れが発生しており、特に汀線付近では流速が大きかった。また、杭の間を通過する流れとともに、砂も通過していたことを目視で確認している。これに対し、不透過式突堤を設置したCase-12では突堤に沿った強い沖向きの流れが観測されている (図-4)。

次に造波終了後の等深線図を図-5~7に示す。不透過式突堤を設置したCase-12では、突堤上手から突堤先端を回り込むように突堤沖側で堆積が生じる一方、突堤下手側の侵食が著しい。これは、沿岸漂砂が不透過式突堤に遮られ、下手側への土砂供給が少ないため、侵食が進んだと考えられる。また、造波時間が短かったために、漂砂が突堤先端を完全には回り込んでいないように見えるが、造波を継続した場合、満砂状態となった砂は強い

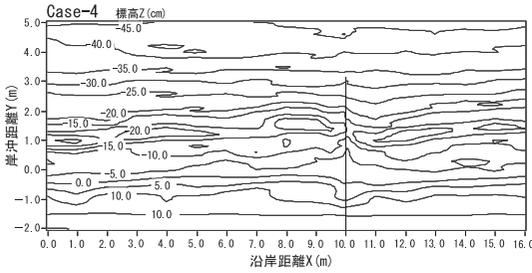


図-5 等深線図 (Case-4)

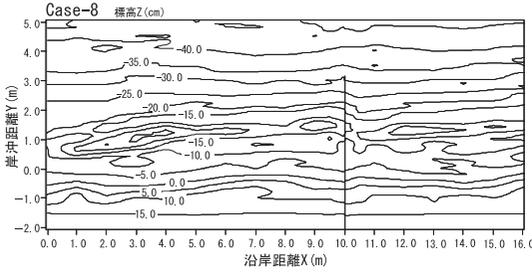


図-6 等深線図 (Case-8)

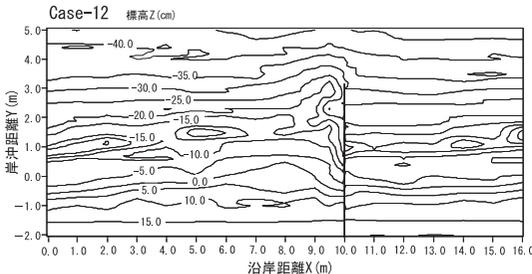


図-7 等深線図 (Case-12)

沖向き流れに乗って突堤先端を回り込み、突堤下手沖側での堆積が進行したと考えられる。それに対し、透過式突堤を設置したCase-4、Case-8では、突堤先端付近での堆積は顕著ではなかった。

波高0.05mとしたCase-3、Case-7、Case-11では、Case-11の不透過式突堤で、突堤上手で汀線の前進、下手で汀線の後退が見られたが、Case-3、Case-7の透過式突堤では、ともに突堤上手で若干の堆積が見られたものの、下手での目立った汀線の後退は見られなかった。

次に、各波高に対する堤長3.37mにおける沿岸漂砂量分布図を図-8、図-9に示す。波高0.05mのケースでは、透過式突堤は沿岸漂砂量にほとんど影響していなかったことがわかる。波高0.20mのケースでは、不透過式突堤を設置したCase-12は、突堤のないCase-2と比較して、ほぼ全体的に沿岸漂砂量が減少し、特に突堤のあるX=10mでは沿岸漂砂量はほぼ0となっている。杭間隔1.50mmの透過式突堤を配したCase-4では、全体的な沿岸漂砂量の減少を確認できるが、Case-12と比較すると突堤

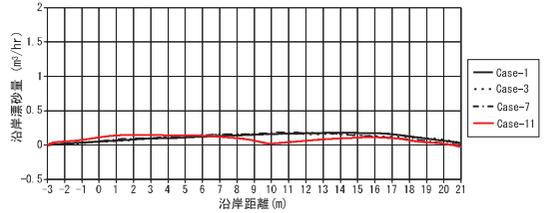


図-8 沿岸漂砂量分布 (堤長L=3.37m, 波高0.05m)

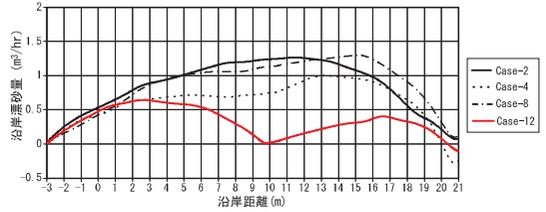


図-9 沿岸漂砂量分布 (堤長L=3.37m, 波高0.20m)

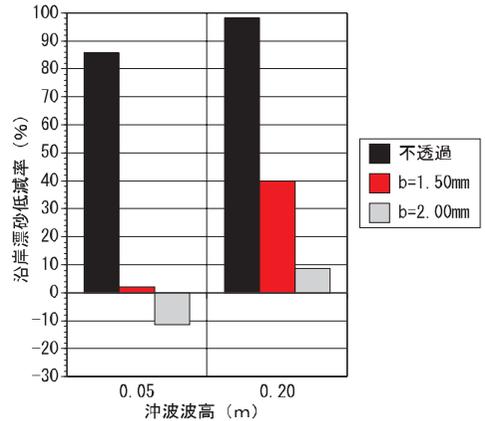


図-10 沿岸漂砂低減率 (堤長L=3.37m)

の影響は小さい。また、杭間隔2.00mmの透過式突堤を配したCase-8では、さらにその影響は小さい。

堤長3.37mでの、X=10mにおける沿岸漂砂低減率を算定した結果を図-10に示す。不透過式突堤の場合、各波高に対してほぼ全ての沿岸漂砂を阻止していたことがわかる。波高0.20mでは、透過式突堤は不透過式突堤と比べ、沿岸漂砂低減率が小さく、杭間隔により沿岸漂砂低減率に大きな差が生じた。また、高波浪時に突堤としての機能を発揮しやすい傾向があることがわかった。これにより、堤長が十分な長さである場合、海浜材料の粒径から杭の間隔を適切に設定すれば、透過式突堤により沿岸漂砂を制御できるものと考えられる。それに対して、波高0.05mにおける透過式突堤において、沿岸漂砂低減率がほぼ0%、もしくはマイナスとなった。これは図-11、図-12に示すように、Case-1及びCase-3の地形変化にはほとんど差が無く、また、図-8に示したように、沿岸漂砂量が非常に小さいことから、透過式突堤の沿岸漂砂低減

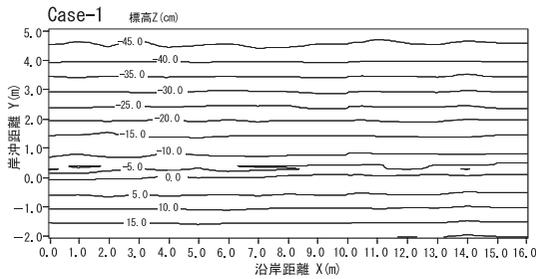


図-11 等深線図 (Case-1)

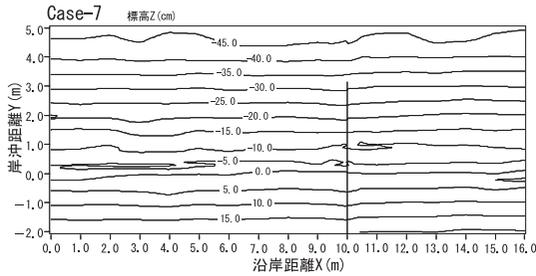


図-12 等深線図 (Case-7)

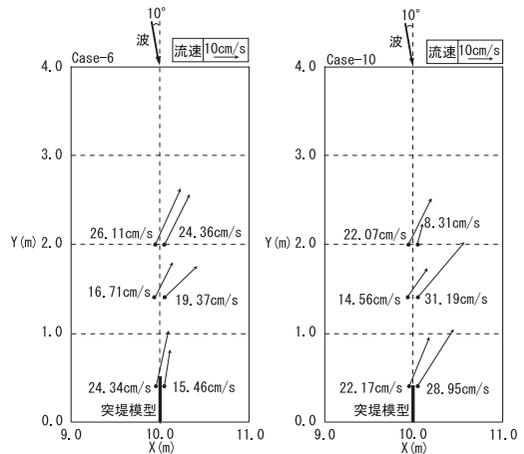


図-13 流速測定図 (透過式突堤, 延長L=0.50m)

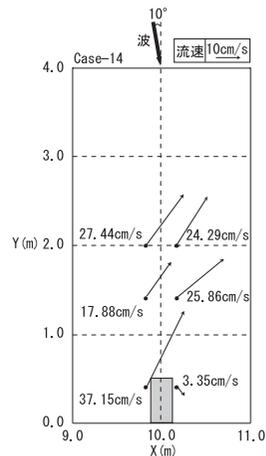


図-14 流速測定図 (不透過式突堤, 延長L=0.50m)

率を定量的に議論できないと考えられる。

(2) 堤長0.50mの場合

波高を0.20mとしたCase-6, Case-10, Case-14における流速の計測結果を図-13, 図-14に示す。Case-6, Case-10は各測点において, 比較的強い沿岸漂砂下手方向の沖向き流速が発生している。Case-14では突堤先端上手側において, 特に強い沿岸漂砂下手方向の沖向き流速が発生していた。

次に造波終了後の等深線図を図-15~17に示す。透過式突堤を設置したCase-6, Case-10においては, 突堤基部汀線付近において若干の堆積が見られるが, 沿岸漂砂の多くは突堤先端沖側を通過し, 下手沖側に堆積している。それに対し不透過式突堤を設置したCase-14では, 突堤基部の汀線付近で砂が顕著に堆積しているものの, 突堤先端付近で洗掘が生じ, さらにその沖側を砂が回り込んでいることがわかる。

波高を0.05mとしたCase-5, Case-9, Case-13では, Case-3, Case-7, Case-11と同様に, 不透過式突堤を設置したCase-13においては, 突堤上手で汀線の前進, 下手で汀線の後退が見られたが, 透過式突堤を設置したCase-5, Case-9では, 突堤上手で若干の堆積が見られたものの, 下手での目立った汀線の後退は見られなかった。また, Case-13については, 堤長が表層移動限界水深と対応しているため, Case-12と同様に, 突堤先端部の上手に堆積が生じる一方, 突堤下手側において汀線の後退が見られた。これは沿岸漂砂が不透過式突堤に遮られたために生じたと考えられる。

堤長0.50mにおける沿岸漂砂量分布図を図-18, 図-19に示す。図-18において, 不透過式突堤を配したCase-13は突堤のないCase-1に比べ, 大きく沿岸漂砂量を低減させていることがわかる。対して, 透過式突堤を配したCase-5及びCase-9は両ケースともCase-1と大差なかった。次に図-19では, 透過式突堤を配したCase-6, Case-10の両ケースともにCase-2とほぼ同じだが, 不透過式突堤を配したCase-14では大きく漂砂量が増大している。

次に沿岸漂砂低減率を算定した結果を図-20に示す。沖波波高0.05mに対して, 不透過式突堤はほぼ全ての沿岸漂砂を阻止していたことが確認できる。対して, 透過式突堤については, 杭間隔1.50mm, 2.00mmともに, 突堤が無い場合より沿岸漂砂量が増大している。表層移動限界水深まで突堤が達していない沖波波高0.20mに対してはまた, 不透過式突堤の沿岸漂砂低減率は-25%程度となり, 突堤が無い場合より沿岸漂砂量が増大している。

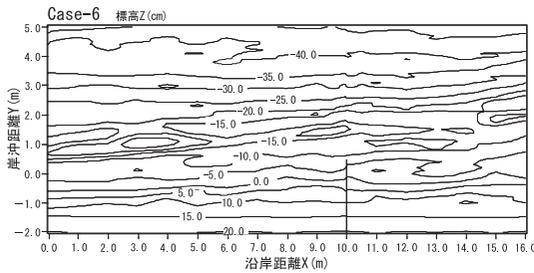


図-15 等深線図 (Case-6)

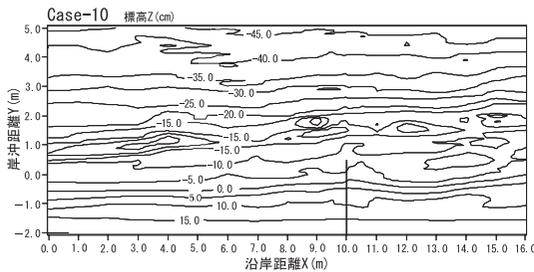


図-16 等深線図 (Case-10)

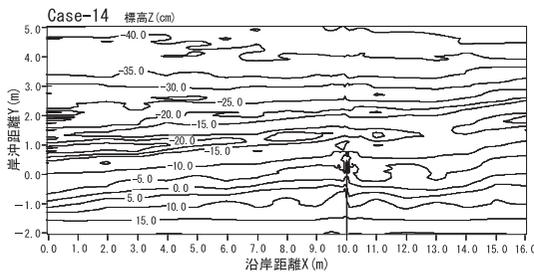


図-17 等深線図 (Case-14)

4. おわりに

透過式突堤の漂砂制御機能を明らかにすることを目的として、平面水槽において模型実験を行った。

本研究で得られた主要な結論は以下の通りである。

- ・透過式突堤の堤長が十分な長さである場合、海浜材料の粒径から杭の間隔を適切に設定すれば、沿岸漂砂を制御できる。今回の実験では、杭の間隔を底質粒径の5倍にしたケースにおいて、沿岸漂砂を4割低減していた。
- ・透過式突堤は高波浪時に漂砂制御機能が顕著になる傾向がある。表層移動限界水深まで突堤を伸ばした場合、透過式突堤の漂砂制御機能は波高0.05mのケースではほとんど無かったが、波高0.20mのケースでは認められた。
- ・突堤が移動限界水深まで達していない場合、突堤としての機能を期待できない可能性がある。特に、不透透式突堤の場合、汀線付近において速い沖向き流速が発生し、汀線の後退を助長する可能性がある。突堤を段

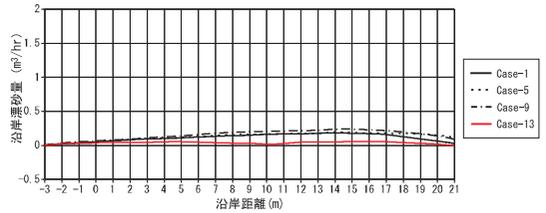


図-18 沿岸漂砂量分布図 (堤長L=0.50m, 波高0.05m)

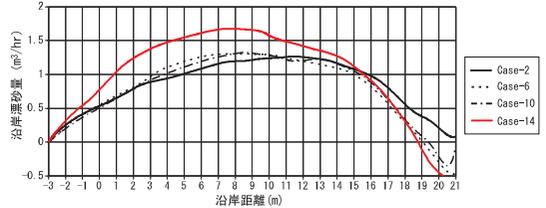


図-19 沿岸漂砂量分布図 (堤長L=0.50m, 波高0.20m)

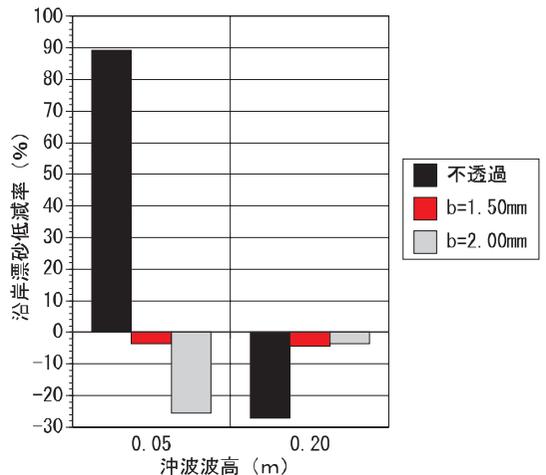


図-20 沿岸漂砂低減率 (堤長L=0.50m)

階的に施工する場合、施工途中で十分な延長を有していない状態のまま時間が経過することとなるため、周辺海岸の地形変化に対して十分な注意が必要であると考えられる。

謝辞：本研究では、東京大学大学院工学系研究科の佐藤慎司教授と筑波大学大学院システム情報工学研究科の武若聡准教授にご指導いただいた。また、実験作業では、財団法人土木研究センターおよび株式会社環境モニタリング研究所の助力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

樫木 亨 (1991) : 波と漂砂と構造物, 技報堂出版 pp. 271-273.
 van Lynden, P. (2007): A resistible force - when man meets the sea, Stichting Visual Legacy, 106p.