

透過式離岸堤の沈下と海浜変形

菅原 輝男*・長野 章**・樋口 統三***

1. 緒 言

離岸堤の設置は、海岸侵食防止に多大なる効果のあることが現地調査、模型実験により知られている。この海岸侵食防止の効果は、離岸堤設置により、堤背後に静穏な水域が出現し、砕波によって発生する沿岸流が堤背後では小さくなること、離岸堤の回折効果により波の進行方向が堤背後へ底質を運び込むように変化すること等のため、トンボロが発生し、堤背後に砂が堆積する結果と考えられる。したがって離岸堤がこのような現象を発生させるためには、十分な波浪減殺効果と回折効果が必要であり、当然離岸堤には十分な天端高が必要であると考えられる。

しかし、侵食防止の目的で離岸堤が建設されるのは砂浜海岸の砕波帯であり、さらに離岸堤は異形ブロックで築造されることが多く、離岸堤の沈下が離岸堤の維持補修の上に大きな問題となっているのが現状である。

潜堤あるいは透過式離岸堤の沈下に関する研究としてはこれまで本間・堀川の実験的研究¹⁾、豊島・坂本の現地調査に基づいた研究²⁾、片山らの新潟海岸離岸堤についての研究³⁾等があるが、本研究では、透過式離岸堤の沈下は堤直下の砂がもどり流れによって堤外へ運ばれるために生じ、堤の沈下が大きければ堤内の海浜変形も大きいであろうという想定のもとに、沈下量と波浪諸元および堤設置位置との関係、離岸堤の沈下と堤内海浜変形との関係を二次元実験により検討した。

2. 実験施設と実験方法

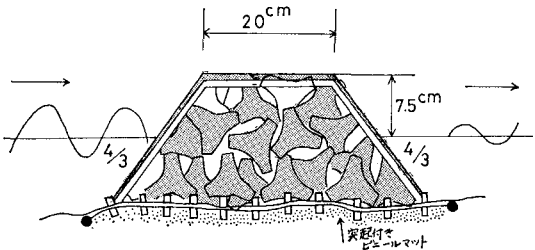
実験に用いられた造波水路は延長 30m、幅 0.7m で一方の端約 10m に 1/15 勾配の海浜を造った。海浜に使用した砂は中央粒径 $d_{50}=0.2\text{ mm}$ 、比重 $S=2.65$ の豊浦標準砂である。

離岸堤模型は 800 g/個のモルタル製テトラポットを図一1のように乱積みしたものとした。実験波の諸元を表

一1 に示す。

上記の無堤時の海浜に各波を 16 時間作用させ、時間が経過してもあまり海浜が変形しない状態（平衡勾配）に達してから離岸堤模型を設置した。設置位置は平衡勾配における汀線から砕波点までの距離 X_b に対する汀線から設置位置までの距離 X の比、 X/X_b が、各波に対して表一1 に示した値となる位置とした。

離岸堤の沈下量、砂床変形および堤内外部の波高は実験開始後 0, 15, 30 min, 1, 2, 3, 5, 8, 12, 16, 20 hr に測定した。また波形記録から平均水位も算出した。沈下量は離岸堤天端幅の中央部 20 cm 間の平均高を測定し、設置時の同位置での天端高との差とし、また海浜変形は離岸堤を中心とした 1.5 m の範囲は 5 cm 間隔で、他の範囲で 10 cm 間隔で測定を行った。



図一1 離岸堤断面

表一1 実験諸元

周期 sec	波高 H_0 cm	H_0'/L_0	H_0'/d_{50}	離岸堤設置位置 X/X_b	備 考
1.5	7.5	0.0214	375	1.03, 0.77, 0.54, 0.30	沈下防止 工なし
	12.6	0.0359	630	1.00, 0.70, 0.35, 0.23	
1.9	7.2	0.0128	360	1.00, 0.61, 0.34	沈下防止 工あり
	10.7	0.0190	535	1.02, 0.68, 0.37, 0.22	
	10.7	0.0190	535	0.68, 0.37, 0.22	

3. 実験結果と考察

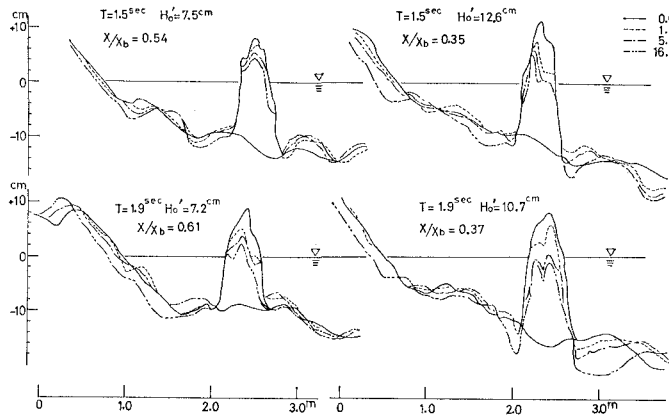
(1) 透過式離岸堤の沈下

離岸堤の沈下と海浜の変形の時間的経過の例を 図一2

* 正会員 農林省農業土木試験場水工部

** 正会員 水産庁漁港部計画課

*** 正会員 宮崎市役所



図—2 離岸堤の沈下と海浜変形

に示す。離岸堤は表側の沈下がより大きい、しかし全体的に沈下しており、時間的には 0~5hr までの間での沈下量が大きく、5~16hr の間での沈下はわずかである。また、実験開始後 1hr から見られる表のり先の砂堆は 1~5hr の間にはあまり変化しないが、5~16hr の間にはかなりの減少あるいは消滅が起こっており、汀線の後退も 5~16hr の間が著しい。

この実験結果と観察をもとに、離岸堤の沈下、堤内部の海浜変形、汀線の後退および表のり先の砂堆の変化における砂移動の時間的経過を述べると次のようになる。

すなわち、離岸堤直下の砂は実験開始直後から、もどり流れにより堤外へ運ばれる。このもどり流れは堤前面に波の谷が来るときに生じ、堤外へ運ばれた砂は表のり先の砂堆の一部を形成する。この結果離岸堤の沈下と表のり先の砂堆の形成は 0~1hr の間において著しい。

1~5hr の間では、もどり流れによって離岸堤直下の砂は依然として堤外へ運ばれ、離岸堤は沈下するが、さらにこの影響によりわずかながら堤内部海浜にも変化が表われ侵食傾向を示す。これらの砂は同じように表のり先の砂堆の一部となるが、先に砂堆を形成していた砂は沖方向へ移動して、砂堆の形状は 1hr とほとんど変わらない。

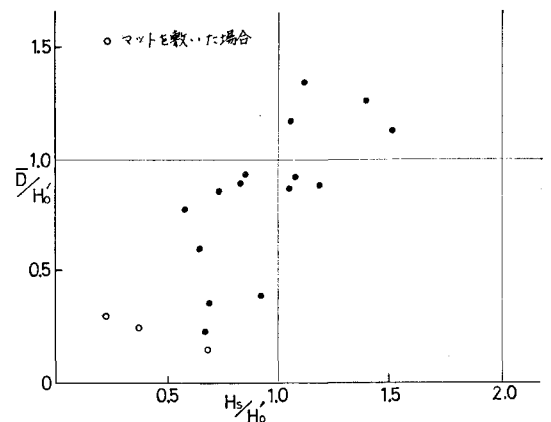
5~16hr の間では、離岸堤直下の海浜はすり鉢状になっているが堤はほとんど沈下しない。しかし、もどり流れは依然として存在し、その影響は堤内海浜の変形、すなわち堤内侵食と汀線後退をひきおこしている。また、ここで侵食された砂は離岸堤を経由して堤外のしかも砂堆の沖側へ運ばれ、砂堆部の砂も侵食され沖方向へ移動する。

このように離岸堤の設置により、平衡勾配は離岸堤直下の砂の侵食、砂堆の形成、堤内海浜の侵食、汀線後退および砂堆の移動の時間的順序で変形が進行し、もどり流れがその大きな原因であることが認められた。そこで

もどり流れの強弱に直接影響するものとして、平衡勾配での離岸堤設置位置の波高 H_s をとり、これと堤沈下量 $\bar{D}$ との関係を見たものが 図—3 である。この図では $\bar{D}$ として 16hr での値が用いられており、また $\bar{D}$ 、 H_s は沖波波高 H_0' で無次元化してある。この図から $\bar{D}/H_0'$ と H_s/H_0' の間には明瞭な相関が認められ、したがって、離岸堤の沈下量は堤設置位置での波高にほぼ等しいといえそうである。

図—4 は平衡勾配での波高変化を図示したものであり、不規則な水深変化、海浜からの反射または二次碎波により変動はあるが、 $X/X_b=0.8$ から汀線に近づくにつれて H_s/H_0 は減少している。また周期の長い波が H_s/H_0' はやや大きい。これより碎波帯での離岸堤の沈下量 ($\bar{D}/H_0'$) は堤の設置位置を示す X/X_b が小さくなるにつれて減少し、また周期の長い波の方が $\bar{D}/H_0'$ は大きくなると予測される。

図—5 はわれわれの実験値および杉江・大島の値⁴⁾ から整理した $\bar{D}/H_0'$ と X/X_b の関係図である。これから、先の予測が正しかったことがわかる。なお、 $H_0'=$

図—3 $\bar{D}/H_0'$ と H_s/H_0' の関係

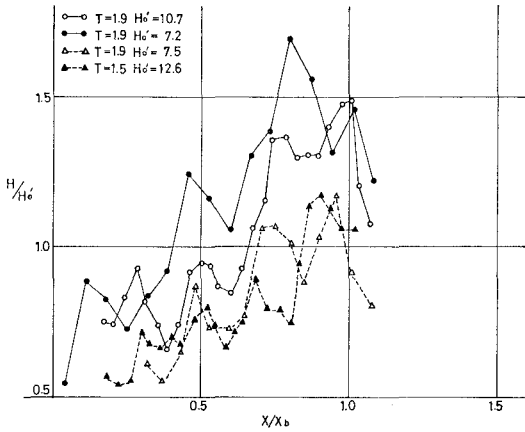


図-4 波高の変化(平衡勾配)

10.7 cm および $H_0'=12.6$ cm の場合には $X/X_b=0.2$ 付近で $\bar{D}/H_0'$ が大きくなっているが、これは離岸堤の設置により、二次碎波が堤前面でおこるようになったためと思われる。

次に、もどり流れのピークは堤前面に波の谷が来る時に発生するところから、堤内外での水位差がこのもどり流れを助長していることが考えられたので、平均水位差 $\Delta \xi$ と沈下量 $\bar{D}$ との関係を検討した。それが 図-6 である。ここでは離岸堤の沈下は 0~5 hr 間の平均値 $\Delta \xi_{0-5}$ をとっている。図-6 から $\bar{D}/H_0'$ と H_s/H_0' の関係ほどではないが $\Delta \xi_{0-5}/H_0'$ が大きくなると $\bar{D}/H_0'$ も大きくなる傾向がよみとれる。なお、堤内外の平均水位差は 図-7 にみるように、波高 H_s が大きいほど、また堤設置水深 h が小さいほど大きくなるようである。

以上のことから透過式離岸堤の沈下は直下の砂がもどり流れによって堤外へ運ばれることによって生じ、もどり流れの強さの指標としては、堤設置位置の波高が適当のようである。

(2) 離岸堤の沈下と堤内海浜の変形および汀線変化
前述のように、0~5 hr の間で離岸堤直下の砂は大量に堤外へ運ばれ、離岸堤は大きく沈下する。しかし以後

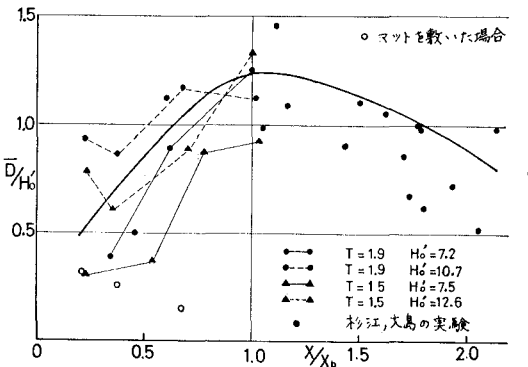


図-5 $\bar{D}/H_0'$ と X/X_b の関係

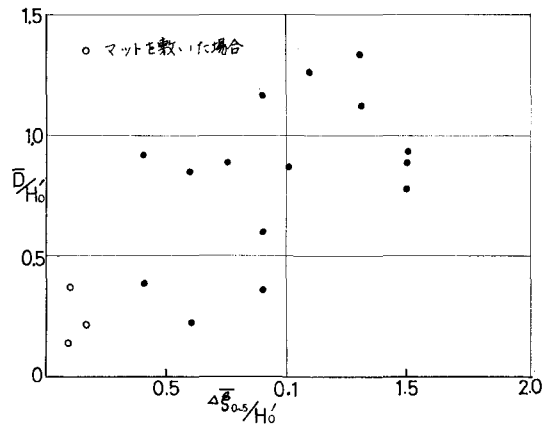


図-6 $\bar{D}/H_0'$ と $\Delta \xi_{0-5}/H_0'$ の関係

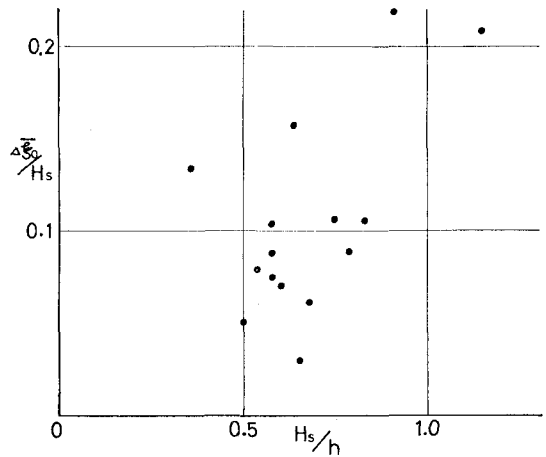


図-7 $\Delta \xi_{0-5}/H_s$ と H_s/h の関係

は堤内海浜の侵食、汀線の後退と現象が変化し、この原因はもどり流れの存在であることが認められた。そこで堤内侵食量 E および汀線後退量 l について検討した。

図-8 に E および l の時間的变化を示し、図-9 に

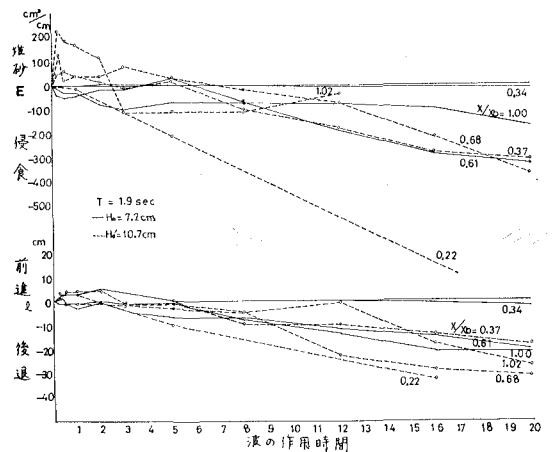
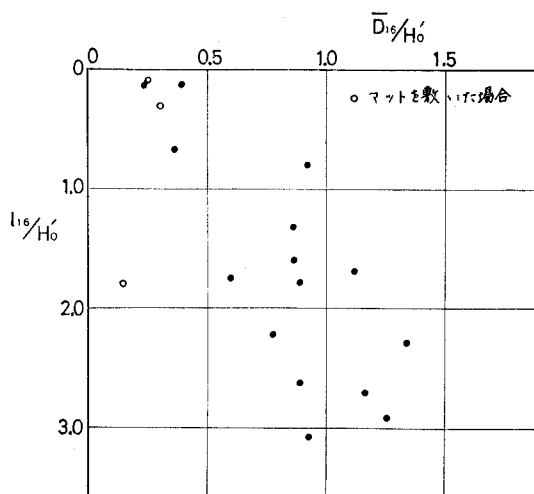


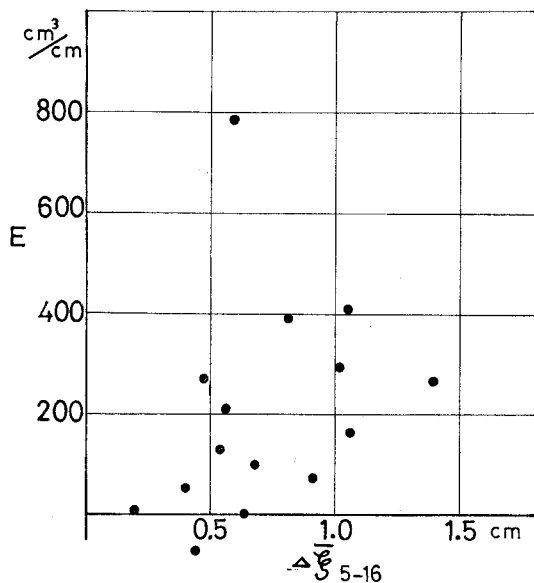
図-8 E および l の時間的变化

図-9 $\bar{D}_{16}/H_0'$ と l_{16}/H_0' の関係

離岸堤の沈下量と汀線の後退量との関係を示す。

図-9 から離岸堤の沈下量が大きければ汀線後退量も大きくなっているのがわかる。図示してはいないが堤内海浜の侵食量についても同様で、これらから透過式離岸堤の天端高が保持されていれば、その離岸堤は侵食対策として効果がより大きいといえる。

なお 図-10 は 5~16 hr 間の堤内外平均水位差 $\Delta \bar{\xi}_{5-16}$ と侵食量 E との関係を示したものである。あまり明確ではないが、 $\Delta \bar{\xi}_{5-16}$ が大きくなると E も大きくなるようである。沈下量と同様に堤設置波高 H_0 をもって侵食量の分析も試みたがよい結果は得られていない。この点については、沈下の場合は来襲波の位相によるもどり流れの影響が大で、堤内の広い海浜の侵食の場合は $\Delta \bar{\xi}_{5-16}$ をはじめ透過波高等がさらに影響し、また堤内海浜の侵食は沈下より多くの時間がかかり、この間に H_0 が変化するためと思われる。

図-10 E と $\Delta \bar{\xi}_{5-16}$ の関係

(3) 沈下防止工の効果

繰返し述べるように透過式離岸堤の沈下は、もどり流れが離岸堤直下の砂を堤外に運ぶことにより生ずることがわかったので、これを防止するには底質をもどり流れから被覆するかもどり流れの底層流速を減ずることが考えられる。本研究では沈下防止工として 図-1 のような突起のついたビニールマットを考案し、この効果についての実験も行った。

この場合の離岸堤の沈下と海浜の時間的変形の状況を 図-11 に示す。これから、離岸堤の沈下はもち論のこと堤内海浜の侵食および汀線後退も著しく小さくなっていること、また堤の表のり先に形成される砂堆がこの場合には全く見られず、逆に洗掘がおこっており、16 hr では堤全体がこのため不安定な状態になっていることな

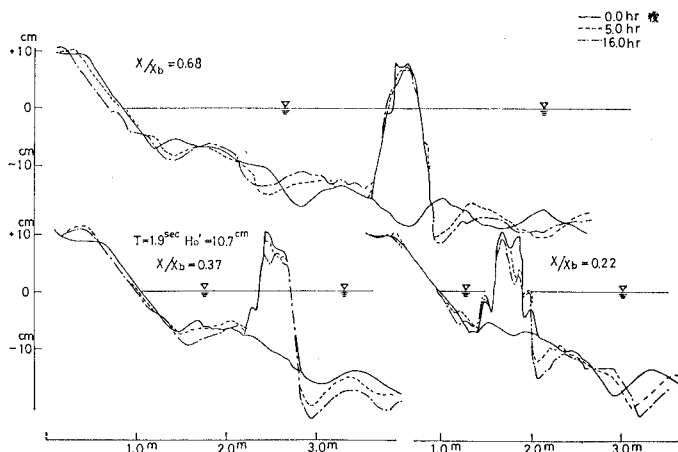


図-11 離岸堤の沈下と海浜変形(沈下防止工施工)

どがわかる。

また、測定は行っていないが、実験中の観察によると、離岸堤の水路側壁部ではビニールマットと側壁のすき間からの砂の流失が大きく、堤の沈下量も大きい。

以上のことから、マット等による沈下防止工は透過式離岸堤では堤内海浜の侵食および汀線後退に対しても効果があるようであるが、表のり先に発生する洗掘対策も同時に考える必要があり、またマット等の目地の施工も入念に行わなければならないと思われる。

4. 結 言

透過式離岸堤の沈下量、離岸堤の沈下と堤内海浜変形および汀線後退との関係について二次元実験の結果から検討してきた。以下に研究成果の概要を述べれば、

(1) 碎波帯内に透過式離岸堤を設置すると、離岸堤の沈下、表のり先部の砂堆の形成、堤内海浜の侵食、汀線後退の時間的順序でそれぞれの現象が生ずる。

(2) この場合の堤の沈下は、堤直下の砂がもどり流れによって堤外へ運び出されることによって生じ、その大部分は離岸堤の設置直後の比較的短時間に生ずる。

(3) 時間の経過と共に沈下はおちつく傾向があり、最大沈下量は堤設置位置の波高と相関がある。したがっ

て堤の設置位置が汀線に近づくとともに堤の沈下量は減少する。

(4) 離岸堤の沈下量が大きいと堤内海浜の侵食量および汀線後退量も大きい。この意味からもマット等で堤の沈下防止を図ることは有用であるが、この場合は表のり先が洗掘されるので同時にその対策を考えなければならない。

最後に本研究は二次元実験に基づいたものであるから、三次元の平面的効果が入った場合はこれと異なるのは当然のことであろう。今後は沈下防止工法の開発とともに、透過式離岸堤の沈下と海浜変形を三次元的に検討する予定である。

参 考 文 献

- 1) 本間 仁・堀川清司： 潜堤に関する研究 (II)，第6回海講講演集，pp. 114~120, 1959.
- 2) 豊島 修・坂本忠彦： 離岸堤の沈下について，第19回海講論文集，pp. 71~75, 1972.
- 3) 片山猛雄・入江 功・川上俊雄： 新潟海岸の離岸堤の効果，第20回海講論文集，pp. 519~524, 1973.
- 4) 杉江正文・大島 登： 潜堤付近の砂床変形について，第19回海講論文集，pp.59~63, 1972.