

捨石式傾斜堤内の砂の透過性に関する実験的研究

東北電力㈱ 正会員 ○斉藤知秀 正会員 内海 博
 (財)電力中央研究所 正会員 清水隆夫 正会員 池野正明

1. はじめに

捨石式傾斜堤は透過性の構造であることから、港内への漂砂流入による悪影響が懸念される場合は、港内側に矢板などを用いて不透過層を設けるなどの対策が講じられる。しかし、捨石式傾斜堤内の漂砂の透過メカニズムは明らかになっておらず、また港内堆砂量を予測する場合に一般的に用いられる3次元海浜変形モデルは、捨石式傾斜堤部からの砂の透過を考慮できないため、不透過層の費用対効果について定量的に評価できないのが現状である。本研究は、捨石式傾斜堤部から港内に流入する透過漂砂量を予測するための基礎として、二次元移動床水理模型実験を実施し、捨石式傾斜堤内の漂砂の透過現象について考察を行ったものである。

2. 模型実験概要

(1) 実験方法

本研究で使用した傾斜堤模型は、模型縮尺 1/25 とし、二次元造波水路内の可変海底勾配装置上にモルタルで製作した平坦な固定床上に設置した（図-1、図-2）。固定床の沖方向の地形は、勾配 1/50 斜面とし、中央粒径 $d_{50}=0.083\text{mm}$ の砂を 16cm の厚さに均した移動床とした。波浪作用時間は、現地の時化が継続して来襲すると考えられる約半日を基本とした。

(2) 実験ケース

本研究では、波高、周期、波浪の種類を変化させた実験を行った（表-1）。さらに、傾斜堤港外側前面水深が浅くなっている場合を想定し、海底面を嵩上げたケースを行った（CASE-5）。CASE-5 については、波浪作用時間を約 55h まで作用させ、長期間の傾斜堤内の透過状況を確認した。

3. 実験結果および考察

実験の結果、周期や規則波・不規則波の影響に比べ、波高の違いが港内外浮遊砂濃度、透過流速へ大きく影響することがわかった。図-3 は、波高の違いによる港内における透過流速への影響について示したものである。波高が高い CASE-1 の分布を見ると、中層から下層の間では $0.05\sim0.20\text{m/s}$ の岸向き流速であるが、表層では 0.05m/s 程度の沖向き流速となっている。これは、傾斜堤港外側からの流れが、堤内では下層に沈み込むような流れとなることから港内側下層では岸向きの流れが発生し、表層ではその流量を補完するために逆向きの流れが生じるものと考えられる。また、図-4、図-5 は、波高を変化させた CASE-1（波高 $h=4.9\text{m}$ ）、CASE-3（波高 $h=2.8\text{m}$ ）の時間平均浮遊砂濃度の鉛直分布について示したものである。港外に対する港内の断面平均浮遊砂濃度の比率は、CASE-1 で 0.41、CASE-3 で 0.16 であった。この現象は、波高が大きくなれば透過流速が大きくなるため、浮遊砂が沈降しにくくなることが原因として考えられる。

次に実験終了時における捨石傾斜堤内の漂砂堆積状況の一例を図-6、図-7 を示す。図-6 のように、港内外の水

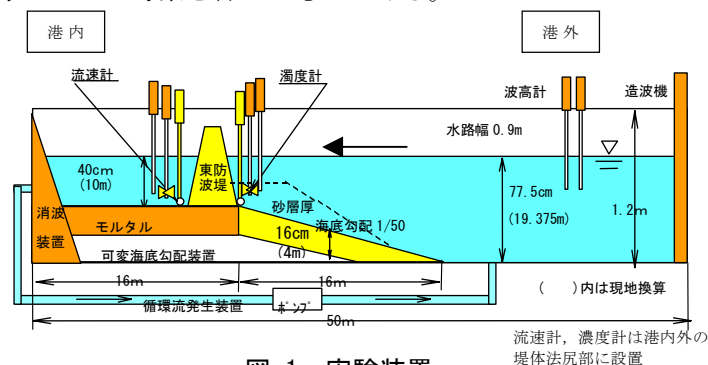


図-1 実験装置

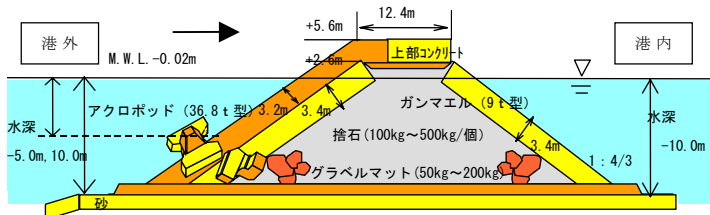


図-2 傾斜堤断面構造

表-1 実験ケース

	波浪の種類	波高 (m)	周期 (S)	港外側前面水深 (m)
CASE-1	規則波	4.9	8.0	-10.0
CASE-2	規則波	4.9	10.0	-10.0
CASE-3	規則波	2.8	8.0	-10.0
CASE-4	不規則波	4.0※1	8.0	-10.0
CASE-5	不規則波	4.0※1	8.0	-5.0

※1 不規則の波高 4.0m は規則波換算で波高 2.8m に相当する。

キーワード：捨石式傾斜堤、透過漂砂メカニズム、浮遊砂、掃流砂

連絡先：〒980-8550 仙台市青葉区本町 1-7-1 TEL 022-799-6103 FAX 022-262-5851

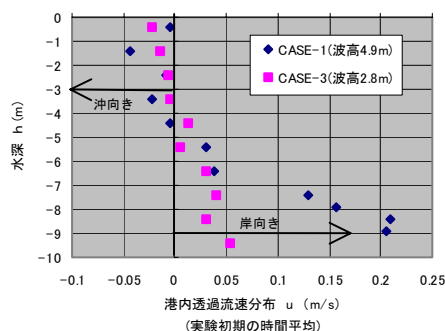


図-3 港内透過流速比較
(波高の影響)

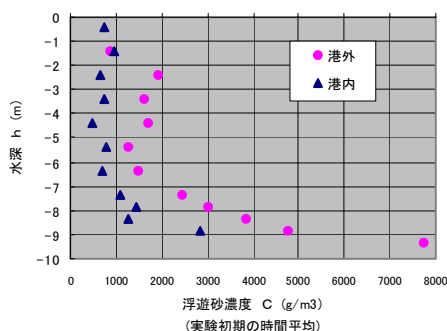


図-4 港内外の浮遊砂濃度比較
(CASE-1; 波高 4.9m)

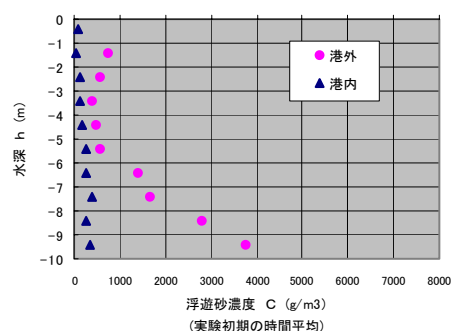


図-5 港内外の浮遊砂濃度比較
(CASE-3; 波高 2.8m)

深が同じ場合、傾斜堤内に堆積する漂砂は傾斜堤港内側法尻部に多く堆積している。これは、港外側で巻き上がった浮遊砂が透過流とともに流入し、堤体内で流れ場が弱められることにより、捨石内を沈降しながら法尻部に着底するものと思われる。

一方、図-7 のように港外側の水深を浅くした CASE-5 では、浮遊砂の沈降現象と同時に、港外の底質が徐々に掃流状態で捨石内に透過する現象が見られ、波作用約 55 時間後では、ほぼ港外側と同程度の水深まで堆積した。表-2 は、実測の堆砂量を示したものであるが、堤内および港内まで透過する漂砂量は、時間経過とともに減少していく傾向が見られた。これは、実験初期段階は港外側と堤内との水深差が大きいため、掃流状態による堤体への流入の影響が大きいが、時間の経過とともに堤体内が堆積し、初期段階ほどの影響がなくなってきたものと考えられる。また、表-2 より港外側前面水深のみを変化させた、CASE-4 と CASE-5 を比較すると、堤内堆砂量の時間変化率は、港外側前面水深が浅い CASE-5 の方が CASE-4 より約 2 倍程度の値となっているが、港内堆砂量の時間変化率は比較的近い値を示している。このことは、嵩上げの効果は堤内での掃流状態の進行と浮遊砂の沈降距離が短くなることによる浮遊砂の堆積とが原因で堤内での堆砂量は大きくなるが、その影響は港内まで及んでいないことを示している。

4. 結論

- ・波高が大きいほど、港外と港内の浮遊砂濃度の比は大きくなる傾向がある。
- ・港内外の海底地盤面が等しい場合、港外で巻き上がった浮遊砂が、静水面付近から流れとともに堤体内に流入し、堤内で沈降するため、港内側の傾斜堤法尻部付近に堆積する。
- ・港外側の水深が港内側より浅い場合は、浮遊砂の他に、港外の底質が掃流状態で徐々に流入する。しかし、時間経過とともに堆積速度は遅くなる傾向が見られた。また、堆砂は堤内で進行し、港内に堆砂する量は小さい。

5. 今後の課題

今後は、設置水深や堤体構造の違いによる透過漂砂メカニズムや透過漂砂量への影響についてさらに検討する必要がある。また、透過漂砂量の定量的な評価を行うためには、これら実験結果を用いて定式化する必要がある。

参考文献

- 1) 入江功ら：重複波による防波堤前面での 2 次元的海底洗掘，港湾技術研究所，第 23 巻第 1 号，pp.3-52，1984。
- 2) 田中則男：天端幅の広い潜堤の波浪減殺および砂浜安定効果について，第 23 回海岸工学講演会論文集，pp.152-157，1976。

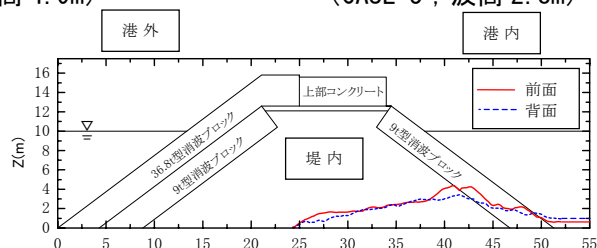


図-6 傾斜堤内の漂砂堆積状況 (CASE-1)

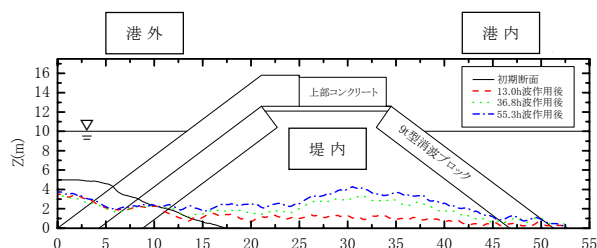


図-7 傾斜堤内の漂砂堆積状況 (CASE-5)

表-2 堆砂量（現地換算）

	実験条件				波浪作用時間 (h)	堆砂量 (t/m·d) (時間変化率)	
	波浪の種類	波高 (m)	周期 (s)	港外側前面水深 (m)		堤内	港内
CASE-1	規則波	4.9	8.0	-10.0	13	63.1 (4.85)	32.3 (2.48)
CASE-2	規則波	4.9	10.0	-10.0	13	39.6 (3.05)	33.4 (2.57)
CASE-3	規則波	2.8	8.0	-10.0	13	6.4 (0.49)	1.5 (0.12)
CASE-4	不規則波	4.0	8.0	-10.0	13	8.8 (0.68)	3.6 (0.28)
CASE-5	不規則波	4.0	8.0	-5.0	18	24.8 (1.37)	5.9 (0.33)
					37	25.0 (1.32)	4.8 (0.25)
					55	21.2 (1.18)	3.2 (0.18)