

鋼管スリット付き棧橋構造の水利特性に関する実験的研究

北海道工業大学大学院 土木工学専攻
北海道工業大学 社会基盤工学科教授

学生員 ○龍野 暢啓
正会員 水野 雄三

1. まえがき

港湾にはその機能を果たすために多くの施設が設けられている。棧橋は船舶が離着岸して貨客の積み降ろしや乗降を行うための係留施設にあたる。今回モデルとするT港の棧橋では、前面部に鋼管スリットを設けた特殊な構造をしている（図-1）。その被覆石部分が波浪により変状したことをうけ、本研究は棧橋構造の被覆石の耐波性、および鋼管スリット部による反射機能について、模型実験で検討し、当該構造形式の耐波設計方法を確立していくこととした。

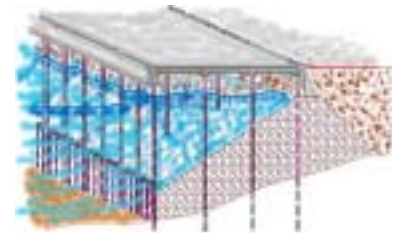


図-1 鋼管スリット式棧橋

2. 実験概要および測定方法

実験は二次元造波水路（長さ 24m、幅 0.8m、深さ 1.0m）を用いて実施した（図-2）。実験概要、実験条件は表-1、図-3 に示すとおりで、T港の条件を再現している。

堤体前面の鋼管スリットの開口率は、100、67、50、33%の4種類として、不規則波を1200波作用させて実験した。この理由として、800から1200波の間で被害率に差が見られなくなるからである（図-4）。なお、比較のため図-3に示した上板を外した状態でも実験を行った。

実験概要 表-1

水槽寸法	24×0.8×1.0m	実験縮尺	1/36
堤体水深	38.8cm(14m) 43.0cm(15m)		
開口率	33% 50% 67% 100% 上板なし		
捨石勾配	1:2		
捨石材料	捨石2800個平均4.57g(213.39kg) 最大6.30g(293.93kg) 最小3.45g(160.96kg)		
捨石面	捨石面色分け8色(上から桃・蛍光緑・赤・白・青・白緑・黄・緑)		
	幅8cm(2.88m) 横40cm(14.4m) 2層積み 1色あたり350個		
実験波浪(不規則波)	周期 $T_{1/3}$ 2.5s(15.0s) 2.17s(13.0s) 1.83s(11.0s) 1.5s(9.0s)		
	波高 $H_{1/3}$ 5.0cm(1.80m) 4.0cm(1.44m) 3.0cm(1.08m)		
反射率計算	入反射波分離推定法		

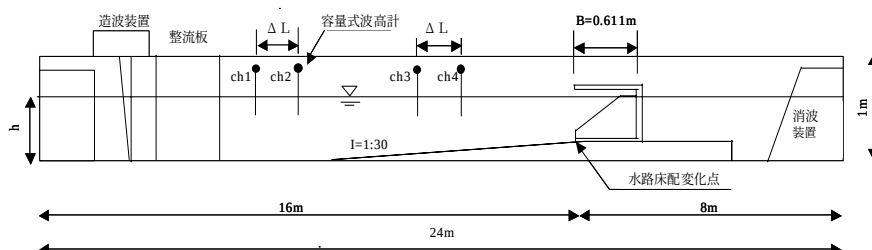


図-2 実験水路断面図

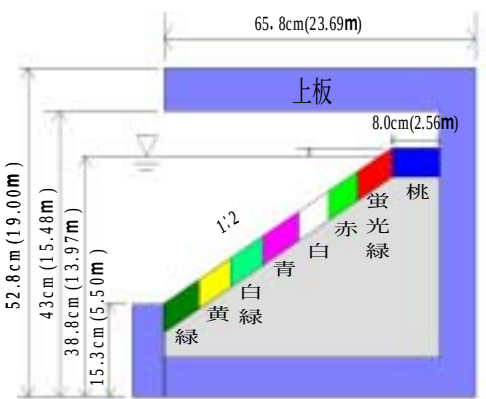


図-3 堤体模型断面図

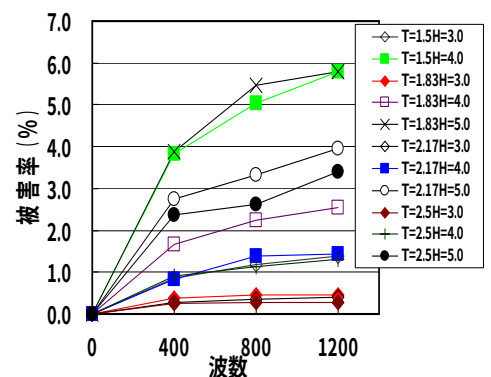
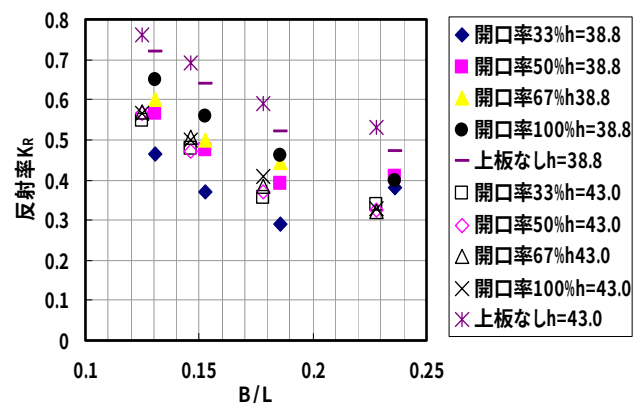


図-4 被害率の推移（開口率 33% h=38.8）

3. 実験結果

3-1. 反射率 K_R と B/L の関係

反射率 K_R は入反射波分離測定法¹⁾により算出した。図-5は波高5cmのときの反射率 K_R と奥行き B (61.1cm) を波長 L で割って無次元化した値との関係について開口率と水深 h をパラメータとして示したものである。最小の反射率となる時の B/L の値は、今回の実験条件で直立スリット構造物での値 0.2²⁾ に近い値となった。 $h=38.8$ cm の場合、開口率が高くなるにつれ K_R の値も高くなり、開口率 33%と 100%では K_R の値にほぼ 0.2 の差が生じた。 $h=43.0$ cm の場合は上板なしを除き開口率が高くなるにつれて K_R の値も高くなるがその差は 0.05 ほどしかなくほぼ変わらない。理由として $h=43.0$ cm の場合、 $h=38.8$ cm に比べ水面と上板とのクリアランスが無いためだと考えられる。

図-5 反射率 K_R と B/L の関係 ($H=5.0$)

キーワード：棧橋、鋼管スリット、反射率、安定数：〒006-8585 北海道札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目 4-1 北海道工業大学社会基盤工学科 TEL 011-681-2161 FAX 011-681-3622

3-2. 被覆石の位置と被害率

図-6 は、色別に被害率(%)を表したものである。同図より、全ての条件において桃、蛍光緑、赤、白の4色で被害がでているのがわかる。h=38.8cmの場合、静水面が蛍光緑と赤の境界線上にあるため特に上記の4色の区域に被害が集中している。h=43.0cmの場合は開口率を変えてもほとんど被害がでていないが、上板を外した状態では被害率が全体的に大きくなっている。これは水深が浅い場合、上記したとおりクリアランスがあるため波の水粒子が捨石を巻き上げ、引き波（反射波）で捨石を運んでいくのに対し、h=43.0cmではクリアランスがないため、水粒子自身の動きが少なく、捨石に与える影響が小さかったと考えられる。

3-3. 被害率と波高の算定

本実験では静水面から天端が出ている場合（h=38.8cm）の捨石安定質量の算定にハドソン式を用いた。被害率は一般的に1~5%が限界とされているので本研究の実験条件から5%を被害率の限界とし、 K_D は3.0とした。上板なしの堤体条件で作用させた波高から、被害率5%で所定の K_D を満たす検討色別区域と波高を求めると、桃、蛍光緑、赤、白の4色とH=3.57cmとなり、ハドソン式で求めた算定値H=3.6cmとほぼ一致した。このことから4色の検討色別区域を用いることによりハドソン式で検討できることとなる。また、開口率別の被害率5%の波高を図-7から読み取り上板なしを基準（H=3.57cm）にその増減を波高補正值とし表-1に示した。

静水面から天端が出ていない場合（h=43.0cm）の捨石安定質量の算定にはプレブナー・ドネリーの式³⁾を用いることとした。上板なしの堤体条件で作用させた波高から、検討色別区域と波高を求めると、蛍光緑1色のH=3.80cmとなり、この値からNs値を逆算するとNs値は1.92となった。これは、実験条件が高マウンドとなり拡張された谷本式⁴⁾が適用できなかったためである。

なお、開口率別の被害率5%の波高を図-8から読み取り上板なしを基準（H=3.80cm）にその増減を波高補正值とし表-1に示した。

表-1 開口率と波高補正值の関係

開口率 (%)	h=38.8cm	h=43.0cm
100	1.27	0.87
67	1.08	0.95
50	1.00	0.90
33	0.86	0.83

4. まとめ

反射率・被害率は静水面と上板間のクリアランスの大小により水粒子が自由に運動できるか、抑制されることで大きく変わるが、いずれの場合でも開口率33%の状態が一番小さくなることが分った。また静水面から天端が出ている場合の捨石安定質量の算定にハドソン式を用いることができた。天端が出ていない場合ではプレブナー・ドネリーの式を用いたが今後、捨石天端高の高さや水深の種類を増やし上板とのクリアランスがある状態での検討をする必要がある。

- 【参考文献】 1) 合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊池 治 (1976)：不規則波実験における入・反射波の分離推定法，港湾技研資料，No.248
 2) 近藤叔郎・竹田英章 共著：「消波構造物」，森北出版（1983），P.109
 3) A. Brebner, and D. Donnelly :Laboratory study of rubble foundations for vertical breakwaters,Proc. 8th Conf. of Coastal Eng., New Mexico City,1962,pp.408~429
 4) 谷本勝則・柳沢忠彦・村永 努・柴田鋼三・合田良実（1982）：不規則波による混成堤マウンド被覆材の安定性に関する研究，港湾技術研究報告，大21巻，大3号，pp.3-42

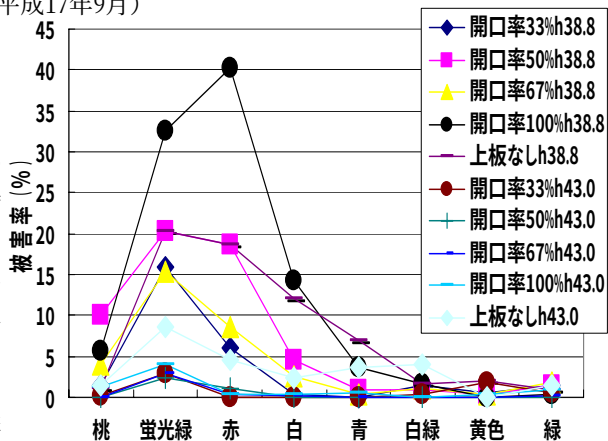


図-6 色別被害率 (T=2.5 H=5.0)

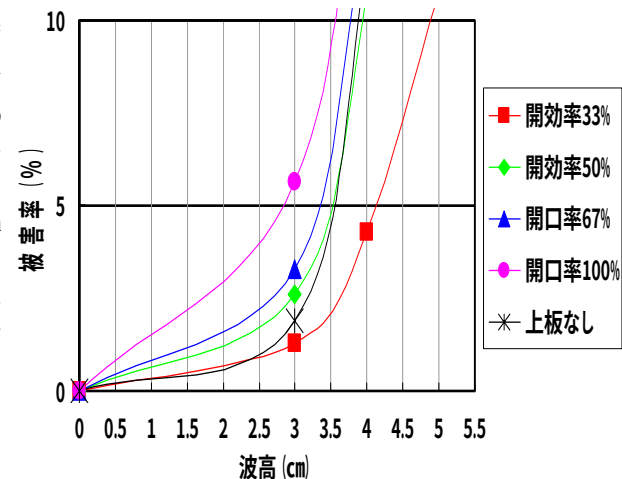


図-7 被害率と波高の関係 (h=38.8)

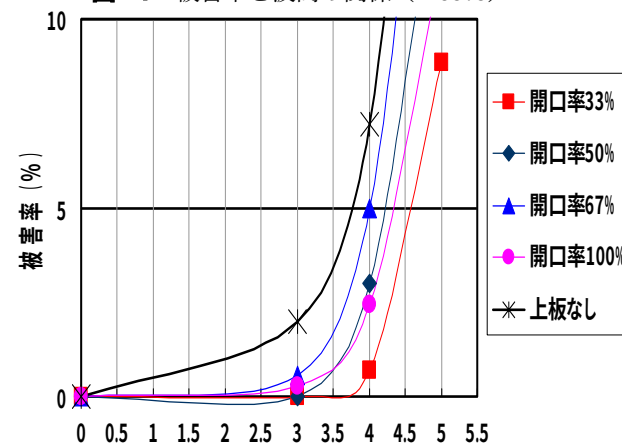


図-8 被害率と波高の関係 (h=43.0)