

VI-324

ケーソン摩擦増大マットの実験的考察

東京電力株式会社

常陸那珂火力建設所 (正) 柴田 学

同上 佐藤 宏通

株式会社明治ゴム化成 岡田 亨

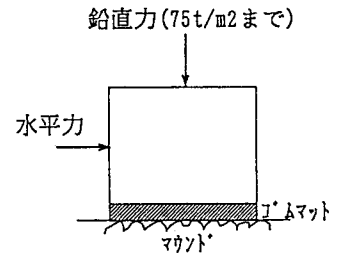
<はじめに>

近年、護岸ケーソンの断面縮小を目的として各種の摩擦増大マットが公共事業等で採用されている。しかし、摩擦増大マットについては、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」にその適用に関する明確な基準がない。これに伴い各種の摩擦増大マットの性能試験が行われており、マットの摩擦係数等が明らかにされつつある。しかし、当地点は外洋に面しているため設計のケーソンにかかる端趾圧が 75t/m^2 と非常に大きく、このような高端趾圧での摩擦係数に関する既往実験データがないことから、天然ゴム製のマットを使用して現場レベルの高端趾圧下での摩擦係数の測定を行った。またケーソンのロッキング現象時の端趾圧分布を再現したモデル実験によりマットの敷設率と摩擦係数の関係を明らかにした。今回、そのとりまとめた内容と滑動の特性について考察を加えたものを報告する。

<実験概要>

高端趾圧条件下でのマットの摩擦係数と、滑動時のマットの挙動を把握するために以下に示す実験を行った。供試体はケーソンが波力を受けたときに端趾圧が最大となる部分のモデルでコンクリート方隅の底面に厚さ50mmのマットを取り付ける。マウンドは100kg/個程度の石材のみで造成したものと、それをコンクリートで固め拘束したものの2種類を水中に設置した。この状態で鉛直荷重を最大で 75t/m^2 まで載荷し、同時に水平力を段階的に作用させてマットの摩擦係数を測定した。このとき水平力は加圧と除荷を繰り返し、マットの移動量と戻り量を測定することでマットの相対変位を測定した。また比較のため、マットなしのコンクリート方隅についても同様に実験を行った。

次にマットの敷設率と摩擦係数の関係を見るために、実際の端趾圧を再現したモデル実験を行い、底版反力分布内で敷設率を変えてマットを部分敷きしたものと全面敷きしたものについて同様の方法で摩擦係数を測定した。



<実験結果>

1. 高端趾圧条件下におけるマットの摩擦係数

図-1にマットに作用させた鉛直荷重と摩擦係数の関係を示す。従来よりゴム製マットの摩擦係数はHerzないしScott式($\mu = a \cdot p^{-c}$)にみられるように鉛直荷重の関数として実験式が提案されていることから実験結果を両対数グラフに整理した。鉛直力を 20t/m^2 から 75t/m^2 に変化させると摩擦係数はほぼ直線的に減少しており、鉛直荷重の増加に対しマットの摩擦係数は指数関数的に減少することが検証された。これは高端趾圧条件下ではゴムの粒子間距離が短くなりゴムの表面が材料的に硬くなるため、この要因がマットの弾性変形を妨げるためと考えられる。しかし当地点の設計端趾圧の 75t/m^2 までの範囲ではマットの摩擦係数として0.8以上が期待できることが確認できた。

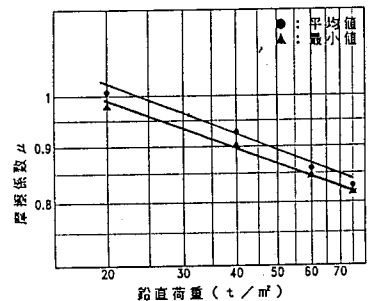


図-1 マットの摩擦係数

2. マットの滑動特性に対する考察

図-2に鉛直荷重 60t/m^2 におけるマットに作用させた水平力と相対変位量の関係を示す。ここで水平力作用時のマットの移動量と除荷時の戻り量の差が相対変位である。

マットのない供試体では限界の水平荷重を超えると一気に滑動し、除荷してもそのまま変位が残留する。このときの摩擦係数は0.6前後であり従来の設計摩擦係数とほぼ等しくなった。

これに対しマットと捨石について捨石の拘束のない場合、載荷水平荷重が小さい範囲ではマットのせん断による弾性変形量が移動量として現れ、除荷すると変形量がそのまま戻り量となり相対変位は残らない。しかし水平荷重が 40t を超えると徐々に相対変位が発生し、やがて完全に滑動する。捨石を拘束した場合は、マットの水平荷重 48t を超えると捨石とマットの間で滑動が生じている。このことから水平力 $40\text{t}\sim 48\text{t}$ の間での相対変位はマットと捨石の真の滑動によるものではなく、マットを使用した効果として現れるマウンドの締め固めによる捨石の移動量であることがわかる。このことから捨石を固定していない場合の相対変位の中身は表-1のようになる。

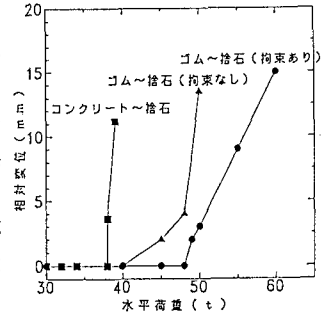


図-2 水平荷重と相対変位発生の関係

表-1 相対変位の要因

水平荷重		40 t	48 t	
マウンド状況	拘束あり	マトの滑動		マトの滑動
	拘束なし	締め固めによる捨石の移動	捨石間の滑動 マトの滑動	

3. 敷設率と摩擦係数

図-3をみると端趾圧分布内でマットの敷設率が大きくなると供試体全体の摩擦係数は上昇するが直線的には変化していない。これはマットと捨石間の摩擦係数が端趾圧について指数関数的に変化するためである。

また、端趾圧分布に応じたゴム部とコンクリート部のそれぞれの滑動抵抗力から複合摩擦係数(式-1)を算出すると実験結果とよく合致している。

$$\mu = \frac{R}{W} = \frac{\sum W_1 \cdot \mu_{gs} + \sum W_2 \cdot \mu_{cs}}{W} \quad \dots (式-1)$$

W_1 : ゴム部端趾圧 μ_{cs} : ゴム～捨石の摩擦係数

W_2 : コンクリート部端趾圧 μ_{cs} : コンクリート～捨石の摩擦係数

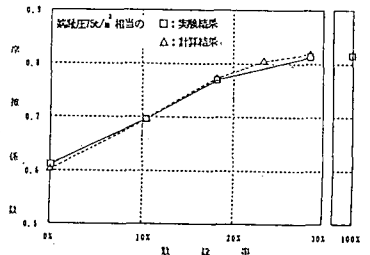


図-3 敷設率と摩擦係数

<まとめ>

- ① 摩擦増大マットは高端趾圧(75t/m^2)の条件下でも摩擦係数0.8を期待できる。
- ② マットを使用した場合に生じる初期の相対変位は締め固めによる捨石の移動によるものである。
- ③ 底版反力の範囲内にマットを部分敷きした場合のケーソン全体の摩擦係数は、マット敷設部及びコンクリート部の端趾圧に応じた滑動抵抗力から求めた複合摩擦係数となる。

<参考文献>

- 1) 「港湾施設の技術上の基準・同解説」(社)日本港湾協会
- 2) 「ケーソンラバーの応用研究成果報告書」(社)日本作業船協会