

## 防波堤直立部滑動時の摩擦抵抗力に関する水理実験

豊橋技術科学大学 建設工学系 正 員 青木伸一

同 上 学生員 奥部綾子・出原茂徳

## 1. まえがき

混成防波堤の設計に期待滑動量の概念（伊藤ら，1966）を導入するためには，滑動限界を越える外力に対する防波堤の挙動についての詳細な検討が必要である（下迫・高橋，1994；谷本ら，1996）．青木・奥部（1995）は，数値シミュレーションによって防波堤直立部の滑動に及ぼす諸要因とその影響について調べたが，その結果，滑動時の摩擦抵抗力のわずかな違いによって最終的な滑動量が大きく異なることが分かった．本研究では，直立部の波による滑動実験を行い，滑動時の摩擦抵抗力の特性を明らかにしようと試みたものである．その結果，滑動時の摩擦力は通常仮定されるクーロン摩擦とは大きく異なっていることが明らかになった．

## 2. 実験装置および方法

実験は，長さ20m，幅80cm，水深45cmの2次元造波水路内の一部に敷石を張り，その上に，底面にモルタルパネルを貼った鋼製の堤体模型（幅70cm）を設置して行った．堤体の運動は，堤体背後に上下に並べて取り付けた2台の超音波変位計と，堤体内側底部に取り付けた加速度計によって測定した．また堤体に作用する波力は，堤体前面に4つのロードセルを張り付け，その前面に吊り下げた受圧板の側面および底面をゴムで止水することによって堤体と受圧板との間に空隙が保たれるようにして測定した．また，堤体の重量は内部に注入する水の量を変化させて調節した．堤体を手で押すことにより求めた最大静止摩擦係数は，0.5～0.65の間でばらついた．作用波については，多重反射の影響を避けるためと，滑動を単発的に起こすために，堤体設置地点で集中波が発生するような信号を造波機に入力することによって造波した．図-1は，堤体を設置していない場合の作用波の波形の一例である．なお，今回の実験では堤体前面で碎波は発生しておらず，すべて重複波による滑動となっている．

## 3. 実験結果

図-2は模型堤体空中重量120kgfの場合の滑動の変位，速度および加速度を示したものである．変位及び加速度については，それぞれ変位計および加速度計から直接得られた結果を示しているが，速度については，変位の時系列データを数値微分することによって求めている．この図のケースでは，堤体は岸側に若干滑動した後，引き波によって大きく沖側に滑動している．その際，滑動の加速度は滑動中に複雑に変動していることがわかる．滑動に伴う流体反力 $F_R(t)$ について

では（1）式のように表すことができる（青木・奥部）．

ここに， $x(t)$ は滑動変位， $M_\infty$ および $R(t)$ はそれぞれ

付加質量およびメモリー影響関数である．

$$F_R(t) = -M_\infty \ddot{x}(t) - \int_0^t R(t-\tau) \dot{x}(\tau) d\tau \quad (1)$$

$$m \ddot{x}(t) = F_w(t) + F_R(t) + F_f(t) \quad (2)$$

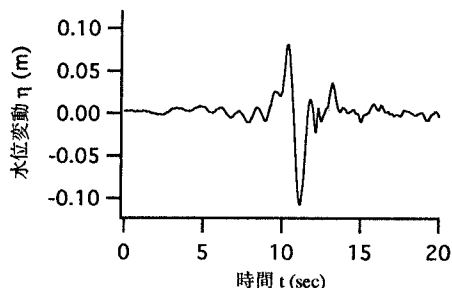


図-1 滑動実験に使用した集中波

keywords：混成防波堤，滑動，期待滑動量，付加質量，摩擦抵抗力，波力

〒441 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1 Tel：0532-44-6850 FAX：0532-44-6831

図-3は、模型堤体を固定して測定した波力（堤体単位幅当たり）と堤体の運動から（1）式を用いて算定した堤体単位幅当たりの流体反力（第1項を付加質量力，第2項をメモリー影響力と呼ぶ）を比較して示したものである。加速度の変化に対応して，付加質量力が大きく変動していることがわかる。図-4は，さらに堤体自身の慣性力を考慮して，運動方程式

（2）から滑動時の摩擦抵抗力

$F_f(t)$  を求めて波力  $F_w(t)$  と比較したものである。ただし，波力と対比するために，摩擦抵抗力の力の正負を反対にして示してある。これより，滑動の開始とともに摩擦力は大きく変動し，波力よりも大きな力を示す場合もあることがわかる。

#### 4. あとがき

本研究では，滑動時の堤体の運動方程式を用いることにより，摩擦抵抗力を残余力として算出し，その特性を調べた。滑動中の摩擦抵抗力は，通常仮定されているクーロン摩擦のような一定値とはならず，複雑に変動していることが明らかになった。今後はさらに詳細な実験を行ってその特性を明らかにしていく予定である。

#### 参考文献

- 青木・奥部（1995）：防波堤直立部の滑動シミュレーション，海講，第42巻，pp.861-865。  
 伊藤ら（1966）：防波堤の安定性に関する研究，港研報告，第5巻14号。  
 下迫・高橋（1994）：混成防波堤の期待滑動量の計算法，海講，第41巻，pp.756-760。  
 谷本ら（1996）：混成堤直立部の滑動時の流体抵抗力と滑動量算定モデル，海講，第43巻，pp.846-850。

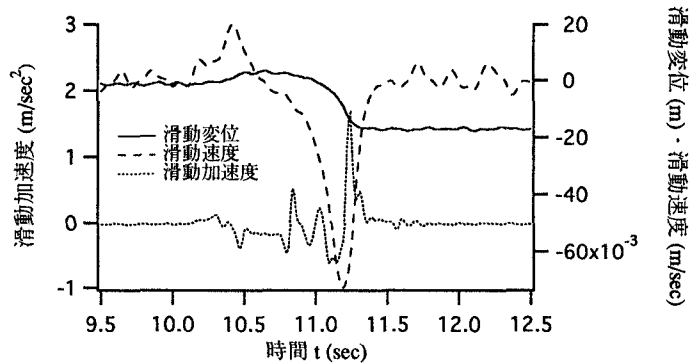


図-2 滑動変位，速度，加速度の時間変化

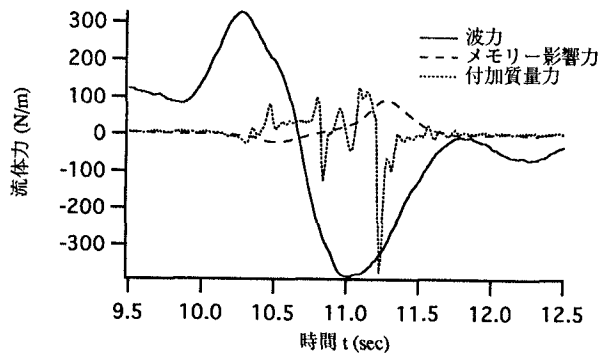


図-3 滑動時の波力と流体反力の比較

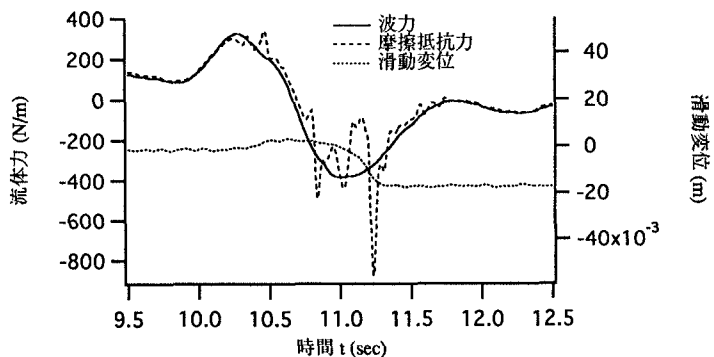


図-4 滑動時の波力と摩擦抵抗力の比較