

水理模型製作について

～小型平面水槽の装置の充実～

宮崎大学工学部教育研究支援技術センター
真木 大介

はじめに

宮崎は東側を太平洋に面しており、遠浅の海岸が広がっている。海岸域では海水浴、サーフィン、釣り、ヨットなどのスポーツが盛んに行われており、海のレジャーの県としても有名である。また、アカウミガメの産卵地としても有名である。しかし近年、海岸域では浸食などの問題が多発している。例を挙げると宮崎海岸赤江地区（赤江浜）、住吉海岸などがある。その原因としては、構造物（突堤や離岸堤など）の設置・自然災害（台風の接近・上陸）・河川からの砂の供給減などいろいろ考えられる。その中でも構造物の設置については縮尺模型を使って模型実験を行い、あらかじめ対応をとることができる。

今私は、水工学・海岸工学の分野で活躍されている村上啓介助教授の下で去年から研究支援を行っている。実験実習棟にある水理実験室は、可変型2次元開水路、2次元規則波造波水路、2次元不規則波造波水路、小型平面水槽を所有している。前述の2つの水路は学生実験・卒業論文・修士論文の実験で使用されているが、後述の2つは最近実験を行っておらず装置も不十分であった。そこで今回、小型平面水槽で実験が行えるように装置の充実を行った。本報告書では小型平面水槽で実験を行うための装置等の製造の過程、テスト実験の結果の報告を行う。

キーワード 平面水槽 メラミン 連続式砂面計

1. 目的

水理実験室には最近実験を行っておらず、装備が不十分な水槽がいくつかある。その中でも平面の模型実験が行えるように小型平面水槽の装置の充実を行った。尚、テスト実験も行ったのでその報告も行う。

2. 実験装置の設置

2-1 小型平面水槽

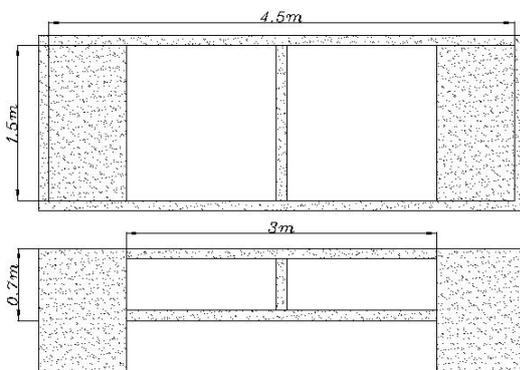


図 2-1 小型平面水槽

水理実験室にある小型平面水槽は長さ 4.5m、奥行き 1.5m、高さ 0.7m の水槽である (図 2-1)。

水槽の端はコンクリートで造られており、中央側の側面・底面は長さ約 3m にかけて透明のガラスが使用されている。

側面の透明のガラスは真横から観察できるので実験の観察において最適である。しかし、水槽内で装置の設置など活動をする際、ガラスが割れてしまう可能性があるので十分注意する必要がある。今回、装置を造るにあたって H 形鋼、角材、コンパネを用いて底面のガラスを覆うように底上げをして装置造りを進めた (図 2-2)。

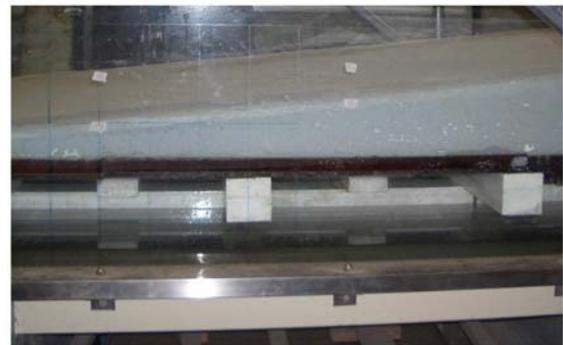


図 2-2 水槽側面図

2-2 造波板・モーター台の製作

波を起こすための造波板、造波板を動かすため

のモーターを乗せる台の製作を行った。材料は50×50×4(mm)の鋼アングル・コンパネ・鉄板を使い、製造はものづくり教育実践センター（以後ものづくりセンター）にある被覆アーク溶接機で行った。被覆アーク溶接は初めての経験で、ものづくりセンターの職員に丁寧に教えて頂き、製作を行った。

造波板に関しては水中で波を起こすことを考慮して剛性を持ち、且つちょうつがいにより動くので重量のことを考慮して必要最小限の材料での構造にした（図 2-3）。モーター台は、水槽の側面と地面にアンカーで固定するのでモーターの重さに耐えられ、且つシンプルな構造にした（図 2-4）。造波板においては平行な波を起こすために水槽に対して平行に作る必要があり、モーター台についてはモーターの軸が造波板に対して平行になっている必要がある。そのために溶接を行う際、直角ブロック・直角定規を用いて直角をだし、溶接によるひずみが少なくなるように注意を払って行う必要があった。

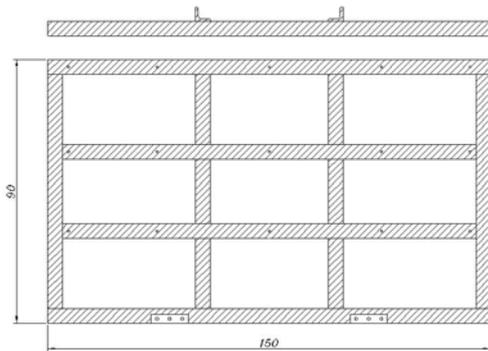


図 2-3 造波板



図 2-4 モーター台

2-3 プーリー、造波板とシャフトの取り付け

モーターに取り付けるプーリーは九州大学から頂いたプーリーを使用した（図 2-5）。しかし、モーターの軸とプーリー穴の大きさが合っていないので、ものづくりセンターに依頼加工を頼んで、スペースを埋めるカラーとキーを製作して頂いた（図 2-6）。これによりプーリーを製作するのではなくカラーとキーを製作することでコスト削減をすることができた。



図 2-5 プーリー

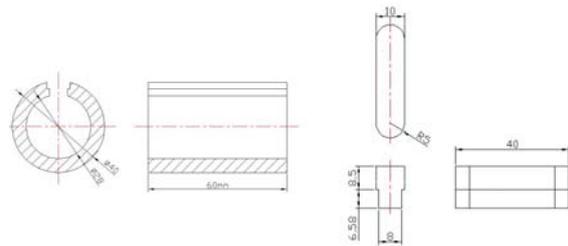


図 2-6 カラーとキー

次にプーリーと造波板をつなぐシャフトは剛性の強いステンレスの角パイプを使用した。角パイプの両端にはベアリングユニットをボルト止めし、角パイプが潰れないようにスペーサーを取り付けた（図 2-7）。プーリーとシャフトを連結する可変式の軸も、ものづくりセンターで再加工して頂き、ベアリングにはめ合わせて連結した（図 2-5、図 2-8）。

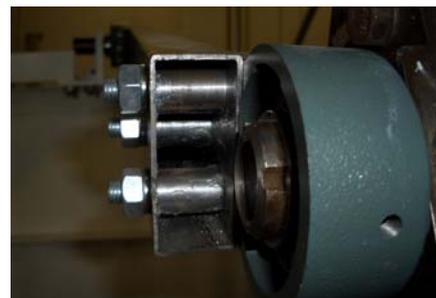


図 2-7 スペーサー



図 2-8 プーリー可変軸とベアリングユニット

最後に造波板とシャフトの取り付けを行った。材料は帯板とL型のフォルダと軸を使用した。取り付けには造波板とシャフトを直角に取り付け必要があるため、少しでも修正の効くボルト・ナットで取り付けた (図 2-9)。

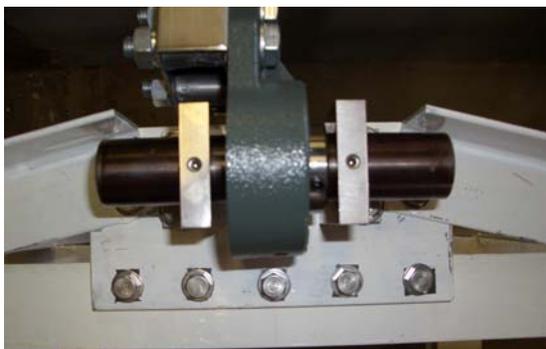


図 2-9 シャフト・造波板取り付け部

2-4 安全カバーの製作

安全上のことを考慮して、回転しているプーリー、ベアリングに巻き込まれるのを防ぐためのカバーを製作した (図 2-10)。材料はコンパネ、アクリルを使用し、いつでも取り外せることができるようにした。また、プーリーの目盛りが見られるように透明のアクリルを使用した。



図 2-10 安全カバー

以上で実験装置の設置が整った。図 2-11 に実験装置の全体図を示す。

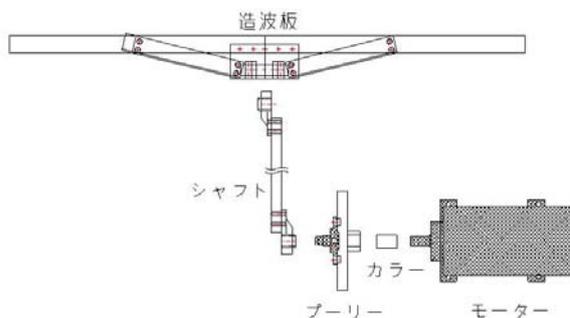


図 2-11 全体図

3. テスト実験

3-1 機能

実験を行う際、波の波高、周期を設定する必要がある。波高はプーリーに設置している可変式の軸によって設定でき、周期はモーターによって設定できる。モーターの回転数は 1720rpm であり、減速機により 0~100rpm になっている。テスト実験の結果、波高は 0.5cm から 6cm まで起こすことができ、周期は 0.6s から 2.7s まで再現することができた。

海浜の縦断形状の波高、周期を決定する実験式砂村・堀川の式を参考にして、今回は波高が約 3.2cm、周期が 1.25s の波を再現しテスト実験を行った。

実験に用いる砂については模型の実験によく用いられている粒度の細かいメラミン樹脂のブラショットを用いた。メラミンは粒度範囲が 250~180 μm で、比重が約 1.5 であり、耐熱性・耐衝撃性にすぐれている。また普通の砂と比べても小さく模型実験に適している。

3-2 実験方法

水槽にはメラミンにより 1/10 の勾配を造り、水を張った。条件は波高約 3.2cm、周期 1.25s に設定し、造波板で波を起こして 1 時間毎の地形変化を見る実験を行った。1 時間波を起こしたら造波板を止め 30 分メラミンが沈殿するのを待ち、砂面計で測定を行う作業を 8 時間後まで行った。

3-3 測定方法

地形変化を測定するために水深を測る必要がある。そのために今回、連続式砂面計を用いた (図 3-1)。



図 3-1 連続式砂面計（検出部）

砂面計はケネック社製の連続式砂面計を用いた。砂面計は検出部と本体に分かれており、検出部を水槽上の台車に乗せて使用する。そして、台車を直線的に移動させて地形変化をトレースして測定する。検出部にはロッドが付いており、先端部にはプローブが取り付けられている（図 3-2）。プローブは砂面に接し、接触圧の変化によりロッドが上下に動き、本体に電圧を出力する仕組みになっている。



図 3-2 プローブ

まず砂面計を載せる台車の製作を行った。次に溝形鋼をレールに見立てて、水槽の波向きに対して平行に測定できるように取り付け付けた（図 3-3）。溝形鋼は角材を使って水槽上を渡した。角材にはあらかじめ目盛りを書いておき、図 3-3 の y 方向の座標（位置）を決定して測定できるようにした。これによりレールを座標に沿って移動することで好きな場所で測定することができる。

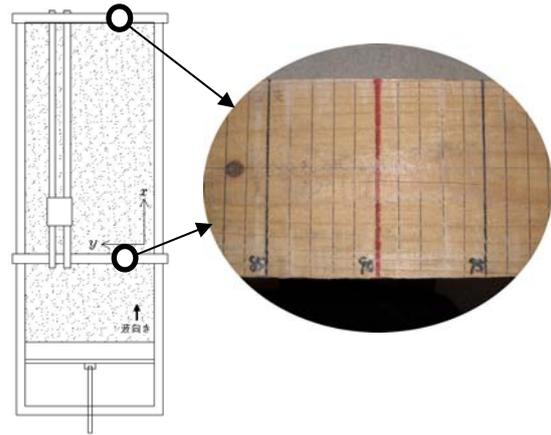


図 3-3 水槽図

次に x 方向の座標（位置）を特定する必要がある。方法はいろいろ考えられるが、今回は発光部と受光部が分かれている光センサーと透明の薄アクリルを使用した。透明の薄アクリルには 5cm 間隔で幅 1cm 厚紙を貼り、レールに取り付けた（図 3-4）。光センサーは取り付ける装置をものづくりセンターで製作して頂き（図 3-5）、台車に取り付けた。そして光センサーが薄アクリルを挟み込むことにより、台車を動かしたときに光を受光する箇所と厚紙により受光できない箇所を設け、座標を確定できるようにした。

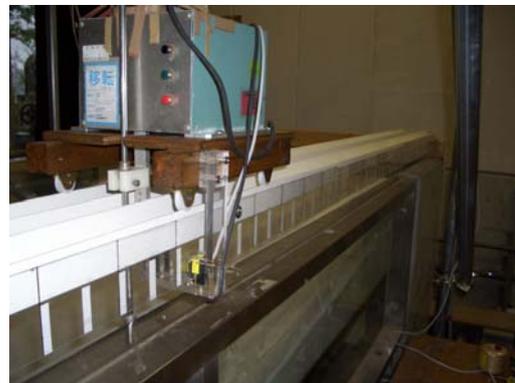


図 3-4 測定部

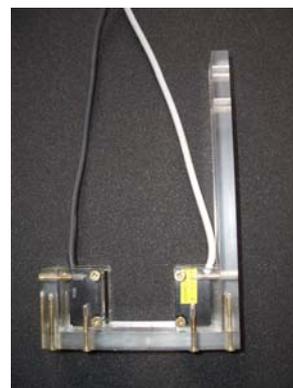


図 3-5 光センサー取り付け装置

3-4 測定結果

テスト実験の測定結果を図3-6に示す。図3-6は砂面計により測定した0h, 1h, 2h, 4h, 6h, 8h後の地形変化のグラフである。上方が陸側, 下方が沖側である。

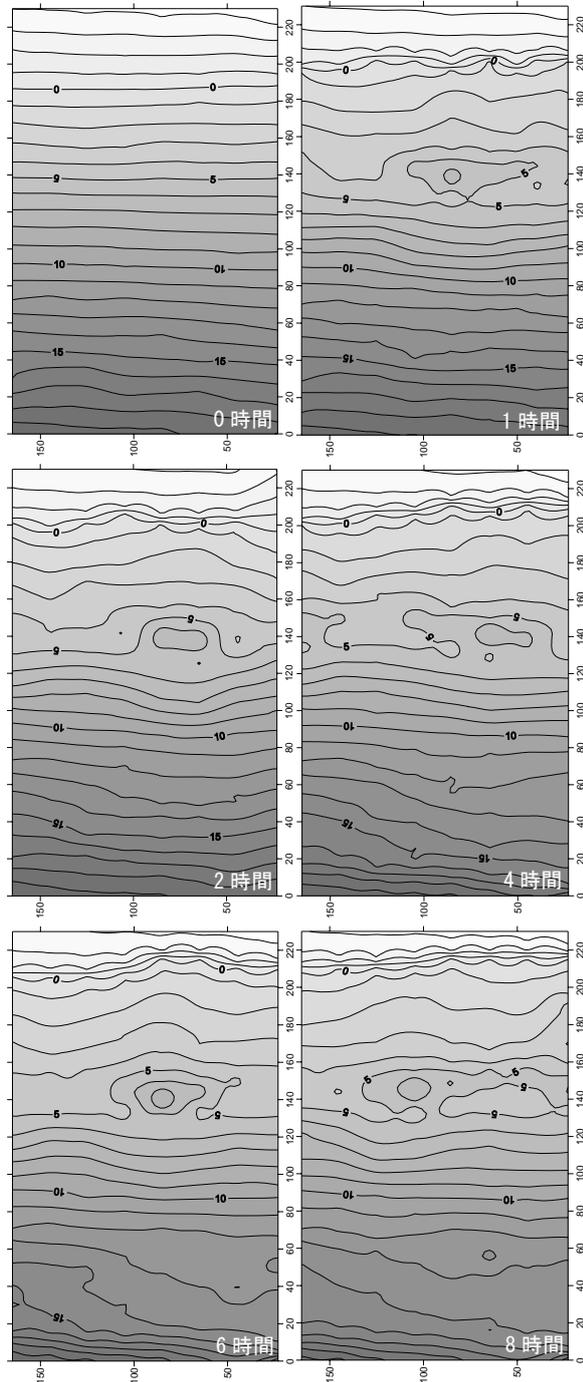


図3-6 地形変化グラフ

0hはまだ波を起こしてないので平行の地形をしている。その後のグラフを見るとx方向120~200の範囲で大きく変化している。それは碎波が140辺りで起きたために洗屈されたからだと考えられる。その後波が陸側に押し寄せ、汀線が陸側に

後退している。いわゆる浸食傾向である。一方沖側の0~60では時間が経つにつれて等深線の間隔が大きくなってきている。この付近では堆積傾向になっている。

テスト実験結果のグラフより中央から左右を見比べてみると全く同じ変化ではないが、大きな違いが見られない。よって今回のテスト実験の結果、造波板の波は平行に起こっていると考えられ、模型実験を行うには問題のない装置であることが確認できた。

4. まとめ

今回、研究支援の一環として水理実験室にある小型平面水槽の装置の充実、テスト実験を行った。

・装置の製作

造波板、モーター台などは自分で製作した。プーリーとモーター軸のスペースを埋めるカラーやキー、プーリーの可変式の軸、光センサーの取り付け装置はものづくりセンターで製作して頂いた。水理実験室にあった材料、他大学から貰い受けた材料を使用し、自分でまたはものづくりセンターに依頼して製作を行ったので、コストを抑えることができた。

・テスト実験

メラミンで1/10の勾配を造り、波高約3.2cm, 周期1.25sに設定してテスト実験を行った。造波板で8時間波を起こし、1時間ごとに砂面計で地形変化の測定を行った。グラフにより中央を左右対称に見ても大きな違いは見られず、造波板は平行な波を起こしていると考えられる。よってこれからの実験に使えることが確認できた。

今後として、実験装置を造る必要があるときは今回の製作の経験を生かして取り組んでいきたい。実験では他の波高、周期で実験し、また構造物などを使って、地形変化、沿岸流の流れの測定を行いたい。

謝辞

本報告は宮崎大学工学部土木環境工学科村上啓介助教授の指導の下、また宮崎大学工学部教育研究支援技術センター、玉作真一技術専門職員、木村正寿技術専門職員、田之上二郎技術職員の指導の下行うことができました。心より深く感謝致します。

参考文献

堀川清司 海岸工学 東京大学出版会
連続式砂面計取扱説明書 株式会社ケネック