

東海大学海洋学部 正[○]煙山政夫 正 斉藤晃 正 川畑広紀

1. まえがき 砂浜海底に人工魚礁を設置し、集魚・幼稚仔培養・漁場保護等の施設として利用するのは、漁業の生産性向上に極めて有効である。しかし、砂地盤上に設置した魚礁は、洗掘・沈下・埋没などの作用を受けて、十分な機能を発揮しなくなる恐れがある。そこで、本実験においては、コンクリートブロック魚礁を水槽内の砂層上に置いて、波や流水を作用させ、魚礁周辺に生じる地形変化や魚礁の沈下・埋没・散乱などを観察し、その対策立案の一助とした。あわせて魚礁周囲の流況も観察した。本実験に先立って、予備実験として、まず、魚礁ブロック1個だけを砂層上に置いて、一連の実験を行ない、模型砂の縮尺効果について検討し、現地海底の様子再現性について、ある程度のめどをつけた。ここでいう現地海底の変化状況は、既設魚礁の現地観測報告を参考として、魚礁ブロックはある程度散乱し、下側横梁が砂層に隠れる位に埋没するものと想定した。

2. 実験方法 実験諸元は、重力と慣性力の効果が卓越するとして、フルードの相似則によって決定した。幾何縮尺は $1/30$ である。ただし、模型砂の粒径は縮尺から定まる値よりかなり大きいものであったので、模型水深を縮尺から定まる値より歪ませ、現地と相似な地形変化が生じるようにした。このように模型水深を歪ませるのは、あくまでも、魚礁周辺の砂移動現象を模型と現地とで相似にするためである。波による魚礁本体の滑動や転倒等の現象については、本来の水深よりも浅い水深で実験をしているので、多少、小さめの波で魚礁が滑動することになる。波や流水の条件

は魚礁設置海域の波浪・潮流を考慮して、現地概算値で波高0.55~0.70m、周期10~18s、流速は海底面上1.5mの高さで0.25~0.82m/sの範囲である。波や流水に対する魚礁模型の向きは側面に直角に作用する場合と、対角線方向に作用する場合の二通りとした。使用した水槽は、深さ1.5m・幅1m・長さ52mの片面ガラス張り造波水槽と、深さ0.6m・幅1m・長さ38mの両面ガラス張り回流装置付き造波水槽の二基である。水槽の両端には、波の反射をできるだけおさえるために木毛と詰められた消波工が設置してある。模型砂としては、できるだけ小粒径で、実験条件の範囲であり浮遊しない均一な粒径のものとして、市販の七号珪砂を流水中でフルイ分けして、比重2.65・中央粒径0.125mmの良くそろった微細砂を用意した。

各水槽の中央近くに、上述した珪砂を厚さ10cmで2mの区間に敷詰めて模型海底とした。図-1に実験装置の概略を示す。図-2に魚礁ブロック単体を示す。魚礁ブロックの積み方は、一段積みはブロック単体36個を6×6の正方形に敷詰めたものである。二段積みは一段積みの上に、さらに16個の単体を置いたものであり、三段積みは二段積みの上に4個の単体を置いたものである。乱積みは水面から単体を自由落下させて形成した群体であり、積み上がり段数は3~4段程度である。魚礁模型を砂層上に設置し、所定の波あるいは流水を作用させて、魚礁の沈下・埋没・移動さらには、周辺海底の地形変化や魚礁周囲の流況などを観察するとともに、8ミリカメラで撮影記録した。波高は容量変換型波高計を使用して測定し、海底地形変化は砂面測定器・ポイントゲージで測定した。

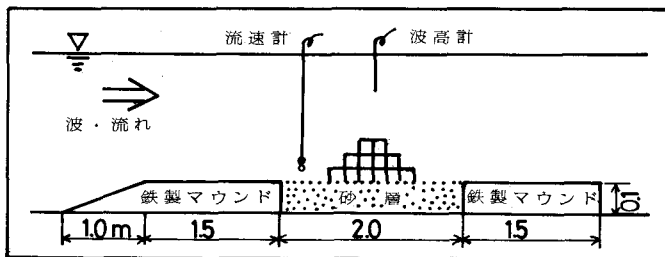


図-1 実験装置概略図

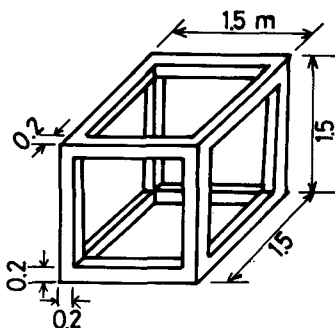


図-2 魚礁ブロック単体

また、流速は小型プロペラ式流速計で測定した。なお、魚礁模型の比重は実物の比重と合わせた。

3. 実験結果 実際に現地で観察した魚礁ブロックの周囲に生じた洗掘や埋没の様子に類似の地形変化が、模型水深を縮尺から定まる値の $\frac{1}{2} \sim \frac{1}{3}$ とした場合に発生した。以下に述べる数値は模型での値を実物での値に換算したものである。なお、現地の水深は30~40m程度を想定している。魚礁模型を一個だけ砂層上に置いた場合、魚礁周辺の著しい砂の移動と魚礁模型の揺れがある最低限の波高は、波の周期が長いほど低くなる。周期10sの波では波高が4.5m以上、15sの波では3m以上、18sの波では2.7m以上という結果になった。流水の影響は、流速が 0.55m/s 程度以下では認められず、 0.82m/s 程度の流速で洗掘を受け、魚礁が流れの上流側へ傾斜して沈下する。ただし、沈下の程度は、下部の横梁が旧砂面下に隠れる値となる例が多かった。波や流れに対する抵抗が大きいほど魚礁周辺の洗掘は著しい。なお、魚礁模型は滑動し始めると、次第に流体抵抗の最大な面を流れに向けてF字に回転していく傾向がある。洗掘の規模は時間の経過とともに増大するが、ある一定限界に近づくようである。魚礁模型を多数個、砂層上に設置した場合は、層積み、乱積み、のいずれでも上段のブロックは下段のブロックが滑動する前に滑動してしまう。波周期10~18sの範囲では下段のブロックが滑動し始めるのは、波高が3.7~5.1mの程度であり、周期の長短の影響ははっきりしなかった。流れは、最大 0.82m/s のものを作用させたが、層積みした場合は、ほとんど滑動せず、乱積みした場合に不安定なものが揺れたり落下したりした。波による洗掘は、積み方や波の入射方向によって多少異なるが、一般的に魚礁ブロック集合体の波に直面する部分と背後の部分とで著しい。写真-1.2にその様子を示す。流れによる洗掘は、流れに直面する部分や、左右の突出した角の周辺が激しい。魚礁が滑動しない程度の波や流れの作用を受けると、魚礁基部が洗掘されて砂に接している横梁が旧砂面下に没する位沈下する。洗掘・沈下・埋没などの地形変化がおこると、魚礁の安定性は多少向上するようである。流れを受けると魚礁の前面から下流域にかけて、流速の小さい区域が発生する。流速が、魚礁上流側での接近流速の約 $\frac{1}{2}$ に低下する部分の大きさは、水槽の幅方向には魚礁側面からそれぞれ魚礁の幅程度で、水槽の長手方向には前面が魚礁の長さ程度、後面の下流側には魚礁の長さの2~4倍位である。その砂面上の高さは、魚礁から遠ざかるにつれて低くなり、魚礁直上で最高となり、魚礁高さの1~2倍となっている。魚礁の高さが増すほど、小さい波高で魚礁の安定性が悪くなり、同じ波高でより深い洗掘を生じる。

4. まとめ 模型と実物とで、洗掘や埋没の状況を比較すると、魚礁下部横梁の下や角の部分が洗掘されることなどはかなり良く似ている。潜水観察によると、魚礁群を設置した海底面は周囲の海底面から1m程度低くなり、盆状に洗掘されている。このような魚礁群周辺に現地で生じる盆状洗掘は模型実験では発生していない。これは模型海底面に形成される砂運の遮蔽効果によるものと考えられる。盆状洗掘は、砂が洗掘されなくなる程度に流体力が低下するまで深くなっていくが、模型実験では海底に発生する砂運の凹凸が海底面近くの流速をかなり低下させ、それ以上洗掘は進まない。つまり現地では盆状洗掘による遮蔽効果が現われるまで洗掘は進行するが、模型では砂運によって海底面の洗掘が抑止されることになる。

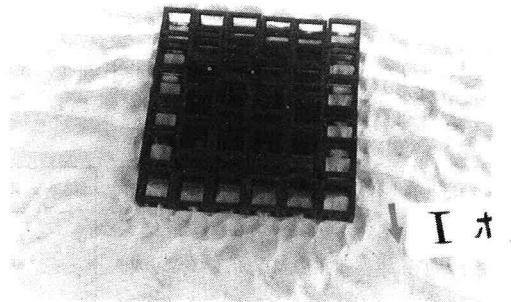


写真-1 エグゼートブロック三段積み 正置
T=15s H=3.1m 35分後

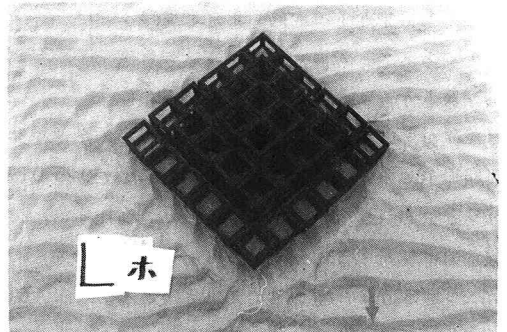


写真-2 エグゼートブロック三段積み 斜置
T=15s H=3.1m 35分後