

II-113 スラジライトを用いた河道模型における 河床変動の再現性

建設省土木研究所 正員 平林 桂
建設省土木研究所 正員 福岡 捷二
建設省土木研究所 正員 高橋 晃

1. はじめに

河川移動床模型実験は、洪水時に生じる局所的な河床変動の検討を行なう場合の最も有効な手段として広く用いられている。移動床模型の相似条件は、 π 定理により求めた河床の抵抗・移動に関する無次元量 (u/u_* , Re_* , τ_* , h/d , h/B , S , K ; S は比重, K は粒度分布を表す無次元量) を模型と現地で一致させるものであり、特に τ_* が重要な無次元量として扱われてきた。ところが、 τ_* を重視した場合、小縮尺の模型実験を行なうと河床変動と同規模の ripple が生じてしまう場合が多く、局所的な河床変動が隠されてしまうという問題があった。この問題に対して、これまでは局所的な河床変動幅が ripple の波高に比べ十分大きくなるように、実験場の面積が許す限り模型を大きく作る方法が採られていた。この方法は、模型の建設経費・実験労力の面から考えて必ずしも満足の行く方法でないことは明らかである。土木研究所では豊富な蓄積データの解析¹⁾、比重の小さい河床材料の抵抗特性・流砂特性の検討を通じて相似条件の内容を吟味し、実験目的・実験項目に応じ、必要精度を満たすように相似条件を考え、模型の大きさをできるかぎり小さく抑える方法について基礎的な検討を行なってきた。この相似条件は、 τ_* に代わり流速係数 ψ を模型と現地で一致させるものであり、基礎的検討から、比重の小さい河床材料を用いて模型縮尺を縮めることに有効な方法であることが示されている²⁾。ここではこの相似条件に従い、A河川を小縮尺で製作した模型を用いた実験結果と、同河川を従来の手法に従い大縮尺で製作した模型を用いた実験結果を比較することにより、この方法が大規模模型にも有効であることを示す。

2. A河川の相似則の考え方

模型1は縮尺1/50で製作された無歪模型である。模型の河床材料は、先に述べた π 定理より求めたすべての無次元量が模型と現地でほぼ一致するように選ばれており、4mm~20mmの混合砂を用いた。なお模型の Re_* は20以下で ripple の発生が予想されるが、そのスケールは河床変動量に比べ無視できる大きさである。このため、この模型実験結果の精度は高いものと考えられる。

一方、模型2は縮尺1/100で製作された無歪模型である。模型の平面形状を図1に示す。本模型に用いる河床材料は、先に述べた小縮尺模型に対して流速係数を現地と一致させる相似則 $L_r = S_r^2 \cdot d_r$ (L_r ; 縮尺, S_r ; 河床材料の比重の比, d_r ; 河床材料粒径の比) に従うとともに、中規模河床形態の相似、流送形態の相似および ripple の発生しない条件 $Re_* > 20$ を同時に満たすものとして、スラジライト ($d_m = 0.9\text{mm}$, $S = 0.8$, 均一粒径) を選んだ。これを用いた場合、現地と模型の流速係数の比 $\psi_r (= \psi_p / \psi_m$; p は現地, m は模型) および τ_{*r} は、それぞれ $\psi_r = 0.91$, $\tau_{*r} = 3.6$ となった。

3. 実験結果の比較

実験は、両模型ともに大洪水ハイドログラフを通水したものである。実験において、1/100模型、1/50模型とも流送形態は掃流砂が大半を占める状況であった。図2は縮尺1/100模型と縮尺1/50模型により得られた河床変動横断面図を重ね書きしたものである。ここで、1/50模型を現地と考え、河床変動状況を比較することにより1/100模型の精度を検討した。図2(1)は、A断面での河床変動横断面図である。この地点は弱いわん曲部で、右岸側に流れがやや集中している。図中、1/50模型の河床に凹凸があるのは ripple が生じたためである。これによれば、両模型の横断面図は非常によく一致していることがわかる。図2(2)はB断面の河床変動横断面図である。この地点では右岸側が水衝部となっている。両模型の河床変動状況を比較すると、全体的には

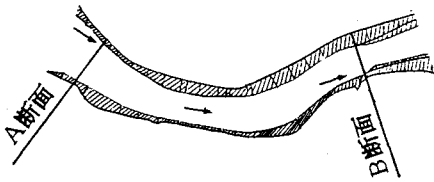


図1 模型平面図

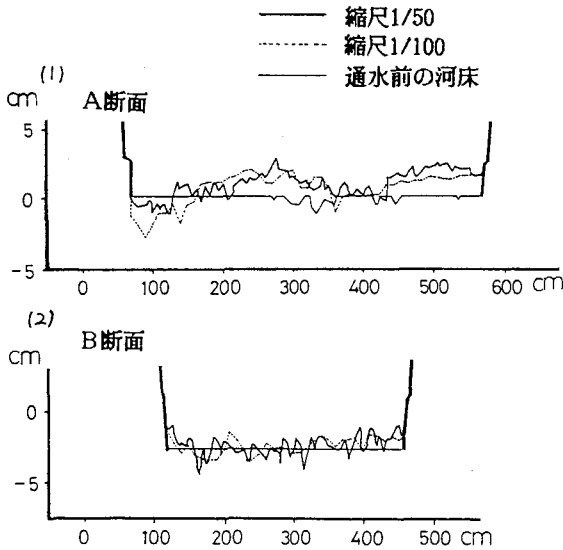


図2 河床変動の比較

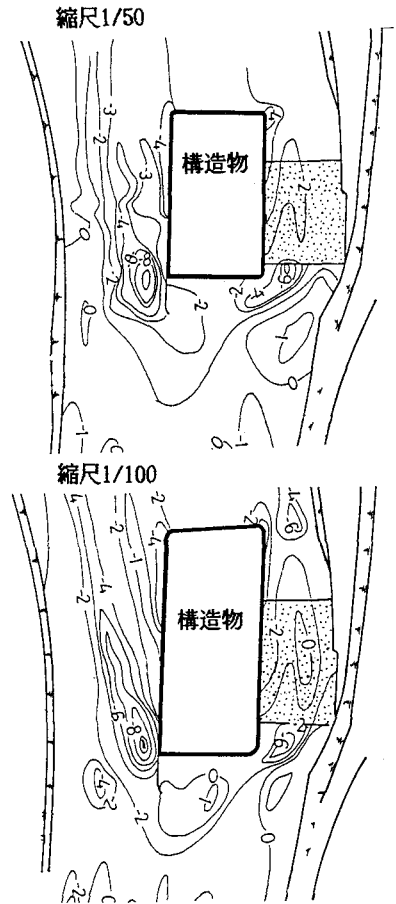


図3 構造物まわりの河床変動

非常によく一致していることがわかる。ただし、右岸側の局所洗掘箇所では1/100模型のほうが最大洗掘深はやや大きめになっている。この理由は、1/50模型は河床材料に混合粒径を用いているので洗掘箇所では土砂の分級が生じ、粗粒化したために河床変動が抑えられたのに対し、1/100模型では均一粒径を用いているので相対的に大きく掘れたものと考えられる。

次に、局所的な河床変動の再現性に注目する。図3は、河道中央に構造物を設置し、中規模洪水を通水した実験を行なうことにより得られた河床コンター図である。これによれば、局所洗掘の形成状況は良く一致していることがわかる。ただし、洗掘深については1/100模型の方が大きめになっている。この原因は図2(2)の場合と同様であると推定される。

以上により、砂より比重の小さいスラジライトを用いた1/100模型における全体的および局所的な河床変動は、砂を用いた1/50模型の河床変動をよく再現することが明らかにされた。このことから、先に述べた流速係数を現地と模型で一致させる相似則の妥当性を大規模模型実験においても示すことができた。

4. おわりに

本検討により、現地河道と模型河道の流速係数および河床形態を一致させると、スラジライトを河床材料とする小さい模型で所要の実験精度を得ることのできることを示すことができた。これによって、模型製作に要する費用と労力を著しく小さくすることが可能である。

<参考文献> 1)福岡：地形変化の観測と模型実験，第1回河川・海岸シンポジウム 2)林・福岡：新しい河床材料による河川の流砂問題研究の可能性，第32回水理講演会論文集 3)吉川：流砂の水理学，丸善