

II-41

河川水理実験における相似についての検討

北海道開発局開発土木研究所 正員 加治 昌秀
 正員 井出 康郎
 正員 山下 彰司
 北見工業大学工学部 正員 内島 邦秀

はじめに

現在大型模型実験が行われている忠別川は、河床勾配が1/100~1/300以上という北海道における3大急流河川の1つである。河床形状は、中流部から下流部で複列砂州を形成しており河床の変動が激しい。ここでの横断形状はほぼ皿状となっており水は河道内に形成された巨大な砂礫堆が洪水毎に水衝部を移動させながら流下する。このため流れは複雑となり、洪水時には激流となって河岸および堤防方向に向かい、局所洗堀や側岸浸食を引き起こしている。このような河川の河道安定化対策や河川改修の検討にあたりしばし大型模型実験が用いられている。大型模型実験から得られる情報は非常に貴重であるが、実験の煩雑さ、実験時間等考えると全ての河川改修の検討に対して行うことは不可能に近い。模型を歪ませることにより小さな模型でも大型模型実験と同様な情報が得られることが可能となれば模型実験による検討が大幅に拡大されると思われる。本研究では、忠別川の大規模模型実験と実河川および大型模型と歪模型の相似について検討を行った。

1 大型水理模型実験

実験対象区間は、図-1に示す $kp6.0 \sim kp16.0$ の10.0km 区間である。

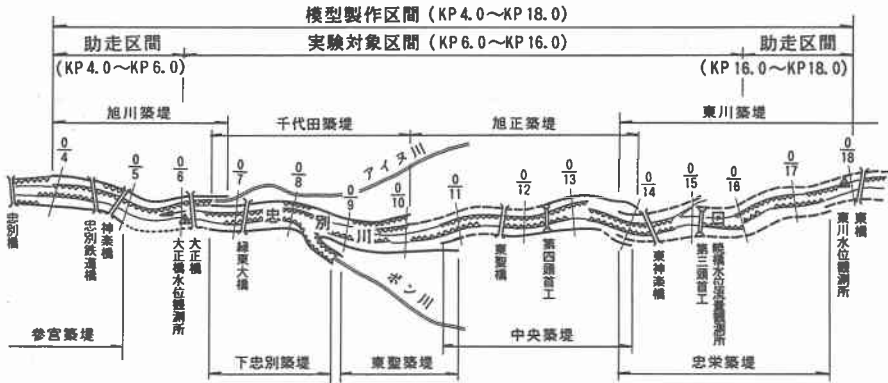


図-1 実験対象区間(忠別川 $kp6.0 \sim kp16.0$)

対象区間への流入および流下形態の相似性と流砂量の給砂を確保するために上下流に助走区間として2km づつをとり、模型縮尺 $S = 1/50$ の無歪低水路移動床実験模型 ($kp4.0 \sim kp18.0$ の14.0km 区間) を製作し実施した。低水路の河床変動を扱うことから模型横断形状は図-2に示すような箱抜きとなっている。

製作した模型の物理量をフルードの相似則により計算すると表-1となる。実験に使用した河床材料の平均粒径は表-2のとおりである。

Investigation of Similavity in River Hydraulic Experiment
 by Masahide KAJI, Yasuro IDE, Shoji YAMASHITA and Kunihide UCHIJIMA

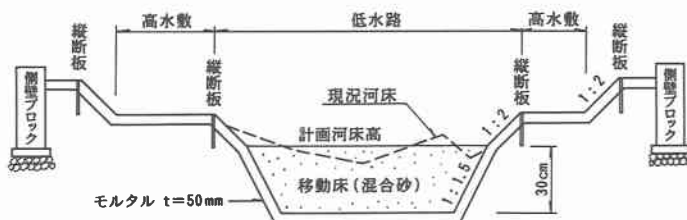


図-2 移動床模型横断形状

表-1 フルード相似則による模型の物理量

物理量	フルード相似	縮尺比
長さ	L_r	50
面積	L_r^2	2500
粗度係数	$L_r^{1/6}$	1.919
時間	$\sqrt{L_r}$	7.071
速度	$\sqrt{L_r}$	7.071
流量	$L_r^{5/2}$	17677.6

表-2 模型と実河川の河床材料比較

キロポスト	実河川	大型模型
18.0~第3頭首工	75mm	1.03mm
第3~第4頭首工	50mm	1.03mm
第4頭首工~4.0	27.5mm	1.03mm

$L_r = L_p / L_m$ (実物と模型の縮尺比), L_p =実物, L_m =模型

模型実験は、図-3に示すフローに従い行った。現況河道再現の目的は、忠別川の河道を模型上で再現することにより河床形状の実河川と模型との相似性の確認および洪水流下時河道の初期河床を形成することである。検討の方法は、河床の変動状況と河床形態を合わせることにより行う。通水前の河床高の設定は忠別川(昭和62年度大横断測量)の平均河床高と計画河床高とがほぼ一致していることから河床高は計画河床高とした。現況河道を再現するための流量の設定は、大出水のような瞬時的なものより、常態として起こりなおかつ長期にわたって河道形成に影響を与え続けるものが適当であるとの観点から融雪期の最大流量程度を代表流量として $Q = 100m^3/sec$ (模型流量 $5.7l/sec$) を設定し通水を行った。通水時間は $24hr$ (現地換算1週間) である。以下にその結果を述べる。

図-4は、忠別川(昭和62年度調査)の低水路平均河床高と実験結果の河床の変動状況を比較したものである。数字はいずれも計画河床高からの変動量で表している。実験値はいずれも現地と同様に狭窄部で河床が低下し拡幅部で堆積していることが確認できる。河床の変動量については、頭首工の下流部で実験値の方が大きく洗堀されているが頭首工下流の現地河床データの記録がなく洗堀の程度は定かではない。

しかしながら、現地踏査の結果では頭首工下流部は大きく洗堀されている傾向が確認されている。

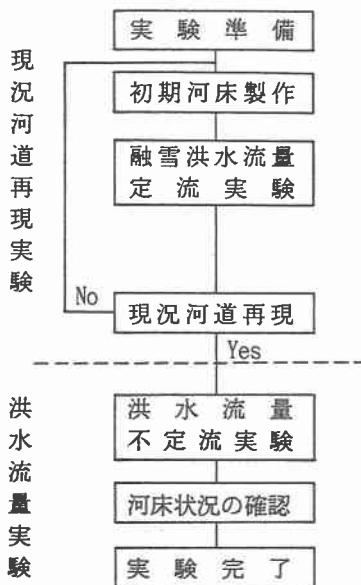


図-3 実験フロー図

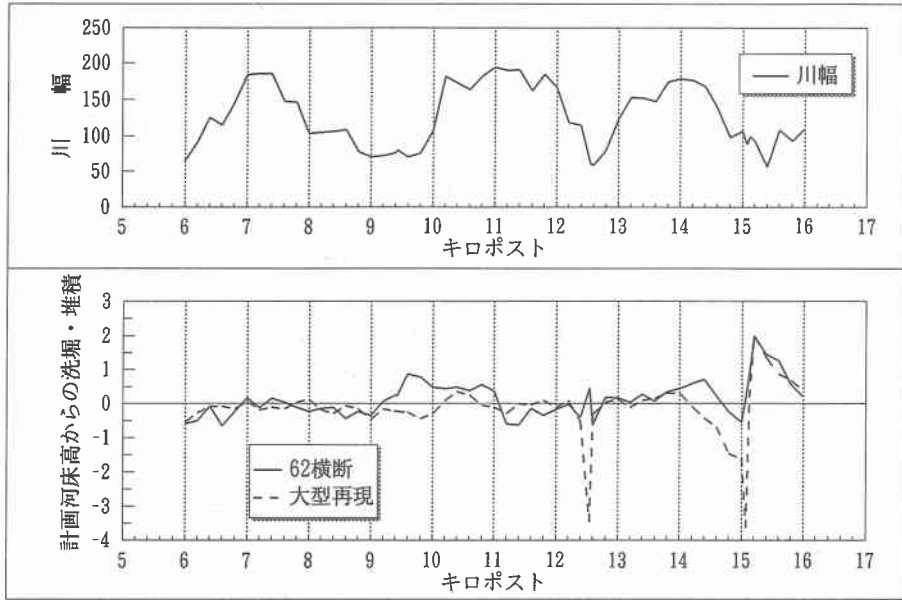


図-4 実河川と実験値の河床変動比較

図-5は、黒木・岸の砂州領域区分¹⁾を用いて実験対象区間kp6.0~kp16.0までの融雪出水時(100m³/sec)の現地データ(○)と実験値(▽)を比較したものである。実河川では全体的に掃流力が小さく複列砂州領域にデータが集まっており実験値も同様な河床形態を示した。また、河床の横断形状の比較では実河川の特徴ともいえる皿状の河床が再現され平面形状からは滞筋が数本に分かれ複列砂州の状況が再現されている。以上の観点から現況河道は十分再現されたものと判断できる。

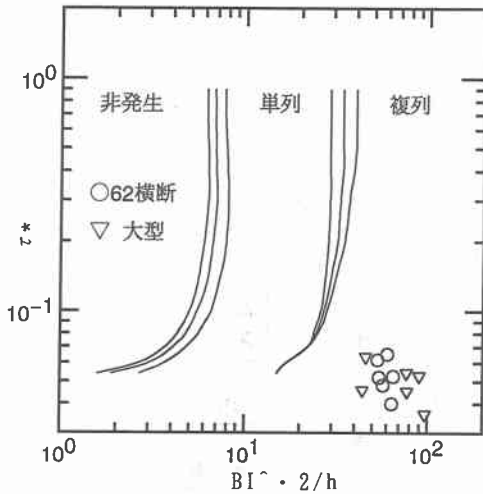


図-5 黒木・岸による砂州領域区分

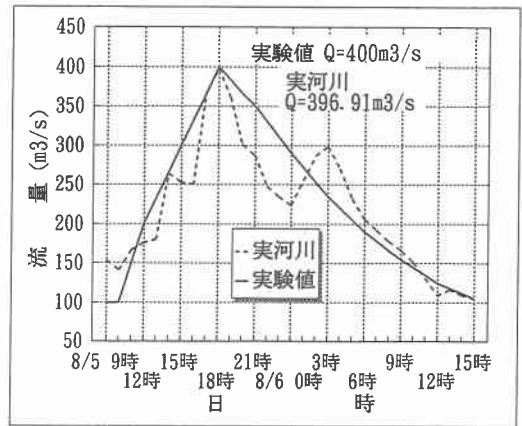


図-6 模型実験ハイドログラフ

2 大型模型と歪模型の相似性

融雪出水時相当の流量を通水した後、昭和56年8月洪水相当(図-6)の最大流量 $400\text{m}^3/\text{sec}$ (模型流量 $22.6\text{l}/\text{sec}$)の不定流通水実験を行った。また、同一区間において歪模型を用いて最大流量 $400\text{m}^3/\text{sec}$ 相当の定流実験(模型流量 $0.243\text{l}/\text{sec}$)も行っている²⁾。不定流実験と定流実験との実験条件の相違はあるが対象最大流量が $400\text{m}^3/\text{sec}$ と同じであることから、この2つの結果を比較することにより、大型模型実験と歪模型実験の縦断形状の相違と特徴について考察する。なお、歪模型実験の詳細および横断形状比較については参考文献2)を参照されたい。

図-7は、大型模型実験では計画河床高、歪模型実験では通水前の平坦河床が計画河床に相当するものと仮定し、各模型実験の通水後の各測定点での平均洗堀深を実河川のデータとともに縦断的に表したものである。なお、実験値は現地スケールに換算している。大型および歪模型の平均洗堀深を比較するとそれぞれの河床縦断形状は似た様な傾向で変化しているが、歪模型の方が洗堀深は深い。特に歪模型実験の $kp9.0\sim kp11.0$ において平均河床が大型模型実験に比べ低くなっている。歪模型の河床が低くなった理由としては、大型模型実験が不定流実験であるため減水期に埋め戻しが生じたりして洗堀現象を緩和してしまうのに対し、歪模型は定流実験であるため洗堀現象が継続的に進行したものと考えられる。このように計画河床および通水前の河床を基準にすると洗堀深に大きな違いが生じ一致していないことがわかる。一方、大型模型実験と現地河川データとを比較すると $kp9.0\sim kp11.0$ 区間を除いてほぼ同じ河床変化を示している。また、 $kp9.0\sim kp11.0$ 区間が一致しなかった理由としては現地観測データの56, 62年時にはこの区間の川幅は現在と比較してかなり広がったが、大型模型ではこの区間は計画断面程度まで川幅を狭めた形状となっているためと思われる。

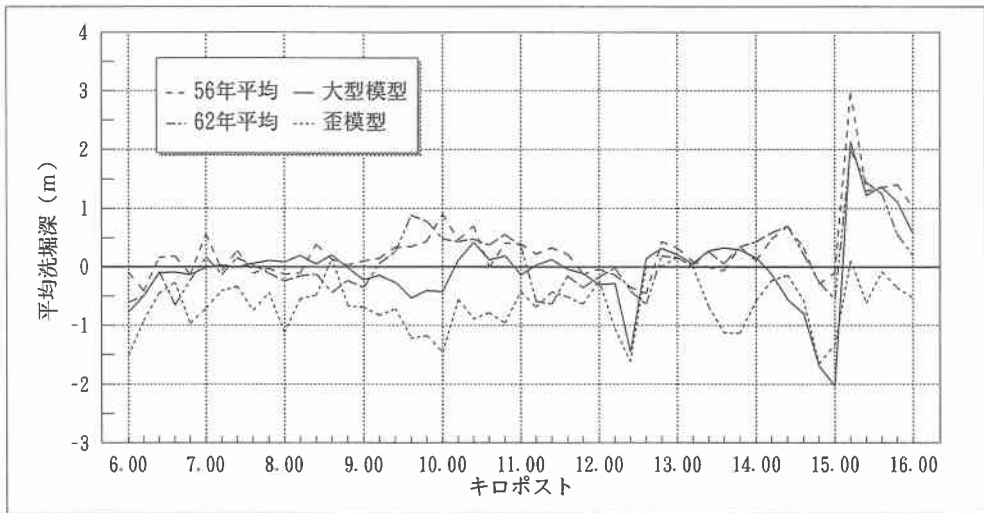


図-7 計画河床(大型模型)および通水前の平坦河床(歪模型)からの平均洗堀深の比較

そこで、図-8では大型模型と歪模型において河道横断測線上に左岸、左岸中央、右岸中央、右岸の4つの測点を設置し平均河床面を基準に各測点毎の平均洗堀深を縦断的に整理したものである。平均河床面を基準とした場合、左岸中央および右岸中央部の洗堀深を比較すると大型および歪模型実験とも大きな変動が見られず同程度の洗堀または堆積を示している。左右岸の洗堀をみると $kp10.6\sim kp12.0$ 区間の右岸での洗堀は大型および歪模型実験では違いを示している。これは、砂州の形成状況の違いによると思われる。このように多少の違いは見られるものの平均河床面を基準とした場合、全体的な洗堀箇所の傾向はほぼ一致しているものと考ええる。

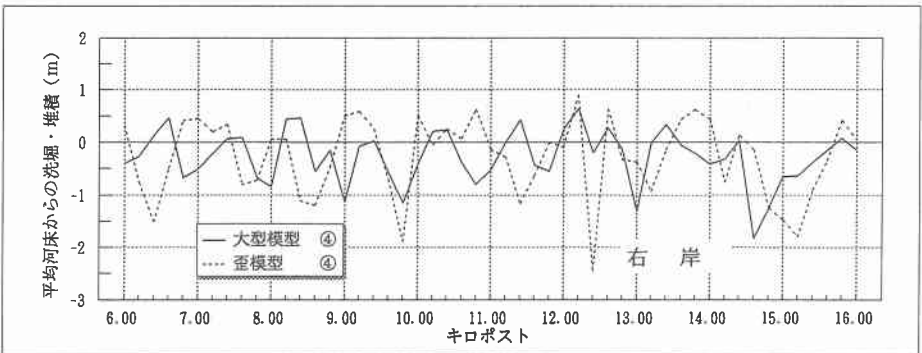
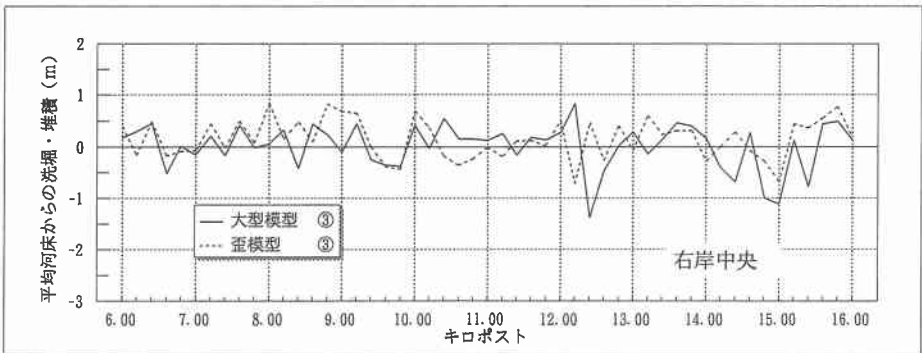
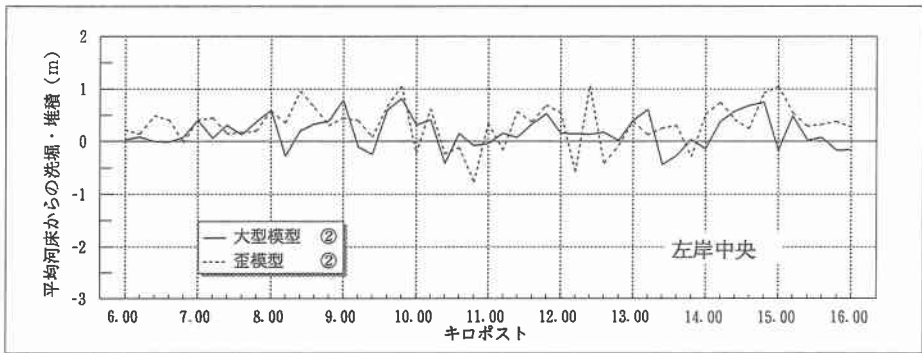
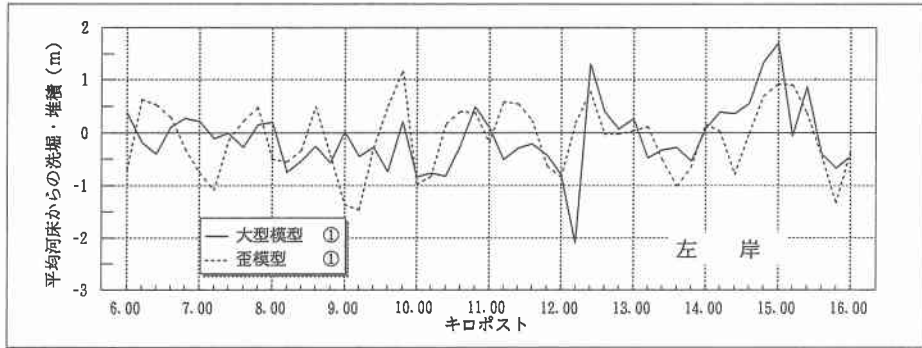


図-8 大型および歪模型による平均河床面からの平均洗掘深

おわりに

当研究室では昭和63年度から平成4年度まで無歪の全長200m以上におよぶ1/50の札内川の大型移動床模型を用い実験を行ってきた。今回さらに同様な忠別川の大型模型実験を行い、実河床の再現実験を試みた。その結果、現況河道の河床形態の再現は十分可能であり信頼性があることがわかった。しかしながら、大型模型による実験はその計画から実施まで多大な時間と広大な施設が必要であり、緊急に河道計画を立案する必要が生じた時などの河道データ収集には機動性が良くない。

一方、1/200程度の小型模型は作成にかかる手間が少なく、比較的小規模の施設で実験が行える。模型スケールが小さくなるにつれて移動床材料のスケールとその物性との兼ね合いが難しく歪模型になるが、歪模型から得られたデータに及ぼされる歪の影響が未知である。今後、同一河川の同一区間および同一実験条件で実験を行い大型模型と小型歪模型の実験結果を比較し、最適な模型実験手法を検討したい。

参考文献

- 1) 黒木幹男, 岸力; 中規模河床形態の領域区分に関する理論的研究, 土木学会論文集, 第342号, 1984
- 2) 内島邦秀, 井出康郎, 加治昌秀, 宇山幹紀, 早川博; 忠別川の移動床歪模型実験, 土木学会北海道支部論文報告集, 1995.2