

II-313

移動床歪模型実験による洪水時河床変動の予測

北見工業大学大学院 学員 高木 厚
北見工業大学工学部 正員 内島 邦秀
北海道開発局開発土木研究所 正員 井出 康郎
北海道開発局開発土木研究所 正員 加治 昌秀
北見工業大学工学部 正員 早川 博

1. はじめに 河道災害を防ぐには、洪水時の河床変動状況を把握することが重要である。しかし、実河川における洪水時の現地観測は非常に困難なため、その観測例は少ない。本研究では、模型の小型化が可能で、費用の節約および遂行時間の短縮が計られる移動床歪模型実験によって、洪水時の河床変動予測について検討した。なお、対象河川は石狩川水系忠別川(KP6.2~15.8)である。

2. 移動床歪模型の相似則 歪模型の相似則としては、鮭川らの砂州形成領域区分図の無次元パラメータから導出される表-1の式(1)~(8)を用いた¹⁾。なお、添字p, m, rは、それぞれ原型値、模型値、縮尺比(=原型値/模型値)を示す。また、式(1)~(8)において、n:歪比、h:平均水深、B:河幅、d:平均粒径、u:平均流速、Q:流量、t:時間、Fr:フルード数、H:砂州波高、 t_{sr} :河床変形時間、である。

3. 模型水路と実験条件・方法 模型水路は、忠別川の水平縮尺1/600の複断面水路であり、対象区間にある頭首工(KP12.6, 15.2)として簡単な蛇籠状の模型を設置した。砂を平坦にならした初期河床面位置は、対象区間の「計画高水敷高-計画河床高」の平均値($h_p=2.5\text{m}$)を式(1)によって模型値に換算すると1(cm)となり、高水敷から1(cm)の深さとした。実験条件は、図-1の手順で決定した。なお、原型の平均粒径は $d_p=71(\text{mm})$ 、河床勾配は $I_p=1/138$ である。流量は、計画高水流量ハイドログラフを段階的増・減水流量で模擬した図-2より決定した。通水時間は、 $100(\text{m}^3/\text{s})$ 以上の流量が $t_{sp}=40$ 時間継続しているの、式(8)より、 $t_{sm}=n^{-2} \cdot B_r^{-1/2} \cdot t_{sp}=15\text{分}40\text{秒}$ となる。模型河床形状の測定は、自製の河床形状測定器を用いて横断方向に1(cm)間隔で行った。模型河床における洗掘深及び堆積高の原型値換算式は、平均河床面からの高低差 η と砂州波高Hが線形の関係にあるので、 $\eta_r=H_r$ であり、式(7)より $\eta_p=n^{-1} \cdot B_r \cdot \eta_m=0.24 \cdot \eta_m(\text{mm})$ (但し、 η_m :mm単位)となる。また、横断方向の原型値は水平方向縮尺比 $B_r=600$ をかけて得られる。

4. 洪水時の河床変動 図-2の流量流下後の河床は、北海道開発局の1/50無歪模型の実験河床²⁾とほとんどのKP断面において一致した。図-3は両断面の河床形状が特によく一致した河床横断面図(平均河床高を一致させて図示)であり、この4断面を代表例として洪水時の河床変動について考察する。洪水時の横断河床形状の測定は、通水中に4時間間隔(原型値に換算)で計10回行っており、測定時間は図-2のハイドログラフの各流量通水中の中間および最終時間に対応している。図-4は横断河床形状の、図-5は最大洗掘深及び平均河床高の経時変化図である。図-4, 5を全体的に見ると、いずれの断面も流量 $240 \sim 900(\text{m}^3/\text{s})$ の間に大きな変化はなく、 $900 \sim 460(\text{m}^3/\text{s})$ の間に

表-1 歪模型の相似則

$h_r = n^{-1} \cdot B_r$	(1)
$d_r = n^{-2} \cdot B_r$	(2)
$u_r = n^{-5/6} \cdot B_r^{1/2}$	(3)
$Q_r = n^{-11/6} \cdot B_r^{5/2}$	(4)
$t_r = n^{5/6} \cdot B_r^{1/2}$	(5)
$Fr_r = n^{-1/3}$	(6)
$H_r/B_r = n^{-1}$	(7)
$t_{sr} = n^2 \cdot B_r^{1/2}$	(8)

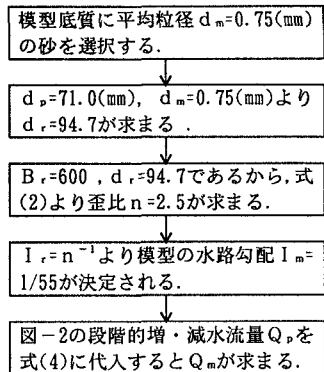


図-1 実験条件の決定

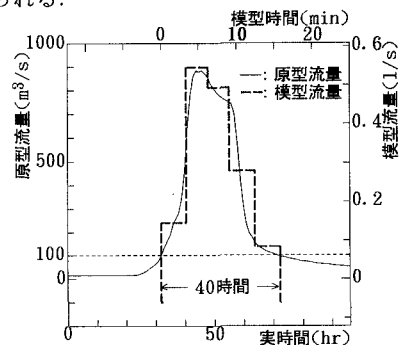


図-2 計画洪水流量ハイドログラフ

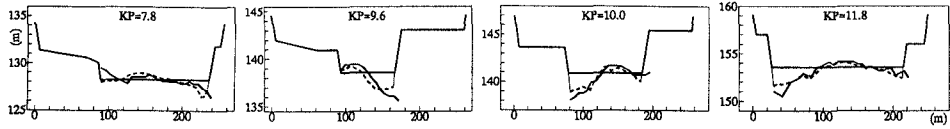


図-3 歪模型と無歪模型の横断河床形状の比較（——：歪模型 ———：無歪模型）

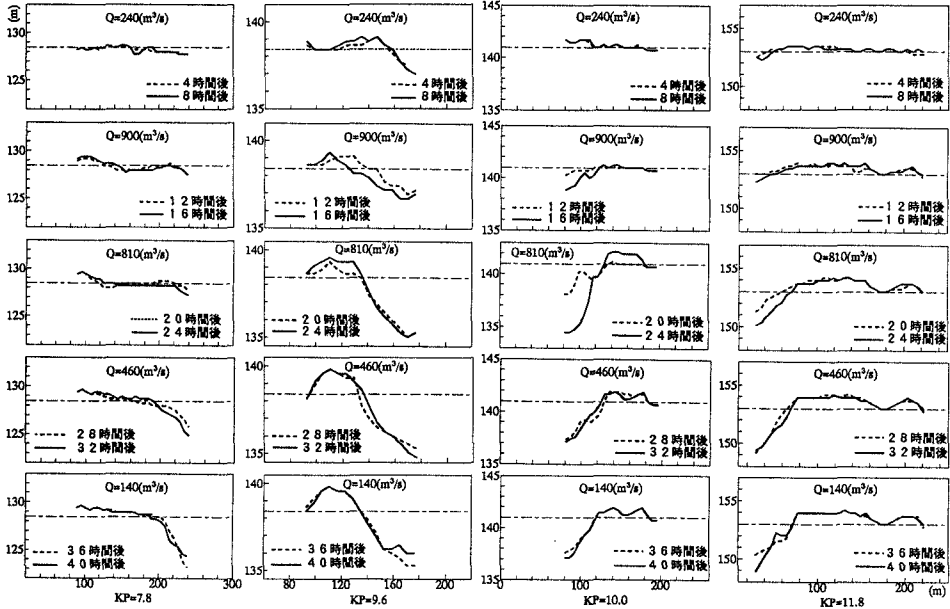


図-4 横断河床形状の時間的变化（-----：初期河床面）

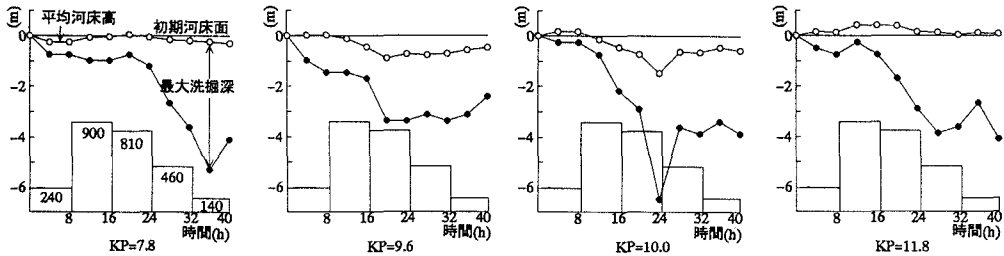


図-5 最大洗掘深及び平均河床高の時間的变化

洗掘が進行している。また、 $460 \sim 140 (\text{m}^3/\text{s})$ の間に $1(\text{m})$ 前後の埋戻しが発生しているのが分かる。図-5を見ると、どの断面も $810 \sim 140 (\text{m}^3/\text{s})$ の間に最大洗掘深が発生し、特に $KP10.0, 7.8$ では $5(\text{m})$ 前後の大きい洗掘が発生している。このことは、減水期の掃流力の低下に伴い流れは河床形に強く支配されて河床低位部に集中し、さらに低位部の洗掘が進むものと考えられる。以上より、①洪水時において、増水期には河床に大きな変動はなく、ピーク流量～減水期にかけて洗掘が進行する、②減水期に洗掘深は最大になる、と言い得る。①と②の現象は、木下³⁾の洪水時における石狩川の現地観測結果と符合する。

5. おわりに 以上、本研究では、歪模型の段階的増・減水の非定常流実験によって無歪模型と同程度に洪水時の河床形状を予測することができること、また、減水期に洗掘深が最大となることを明らかにした。

【参考文献】 1)内島邦秀：中規模河床形態の相似則，1995年度(第31回)水工学に関する夏期研修会講義集，A 4, pp. 1-16, 1995.
2)北海道開発局開発土木研究所・(財)河川環境管理財団：平成6年度大型水路水理実験検討業務の内急流河川水理模型実験編報告書，1995. 3)木下良作：洪水時の砂床形態の変化，第33回水理講演会論文集，pp. 439-444, 1989.