

極小移動床水理模型の国内での活用について

APPLICATION OF MICRO MODELS IN JAPAN

和田一範¹・岡安徹也²・浜口憲一郎³・市山誠⁴

Kazunori WADA, Tetuya OKAYASU, Kenichirou HAMAGUCHI and Makoto ICHIYAMA

¹正会員 財団法人国土技術研究センター 調査1部 東京都港区虎ノ門 2-8-10

(現 国土交通省関東地方整備局甲府工事事務所 所長)

²正会員 財団法人国土技術研究センター 調査1部 東京都港区虎ノ門 2-8-10

³正会員 パシフィックコンサルタンツ(株) 筑波実験場 茨城県つくば市作谷 642-1

⁴正会員 パシフィックコンサルタンツ(株) 筑波実験場 茨城県つくば市作谷 642-1

A Micro Model is a small sized hydraulic physical model for movable riverbed experiments, which has been developed in U.S. Army Corps of Engineers since 1994. The model has movable riverbed having a size of 1 m in width and 2 m in length, which can produce water flow and sediment transport and is widely used in the United States to present the hydraulic phenomena of a project to the public. In order to evaluate the reproductively of the Micro Model, the comparison was conducted between the results of the Micro Model and those of the conventional physical model having Froude's similarity for a river channel meandering like S-curve with mild slope.

Key Words : Hydraulic Model Test, Micro model, Skewness model, Consensus Making, Public participation

1. はじめに

1998年11月,旧建設省・(財)国土開発技術センター主催により日米河川技術セミナーが開催され,この中で米国陸軍工兵隊セントルイス地区事務所の河川課長クロード・N・ストラウザー氏からマイクロモデルと呼ばれる極小移動床水理模型の紹介がなされた¹⁾。

その後,筆者らは1999年1月に日米科学技術交流の目的で米国陸軍工兵隊を訪問した際,セントルイスにある工兵隊の応用河川工学センター(Applied River Engineering Center 略称 AREC)を訪問し,マイクロモデルの実物を見学し,その使用方法や使用目的などについて説明を受けた。

工兵隊では,河川の中で行われる事業の住民説明の際にはこの模型を用い,必要に応じて他の分野の研究者や住民側が提案する代替案もこの模型で実験をし,計画の修正をするなど,まさに合意形成のツールとしてこの模型を使っている事が判明した。

この説明を受けて筆者らは,わが国においても

河川事業の実施にあたっての,住民との合意形成を図る上での有力なツールとして,このマイクロモデルの活用が図れる可能性を感じた。

以下にマイクロモデルの概要について説明し,大型水理模型実験により実施された実験結果と比較し,我が国におけるマイクロモデル活用について考察する。

2. マイクロモデルの概要

(1) マイクロモデルの概念

マイクロモデルは,水平縮尺数千分の1~1万分の1程度の非常に小さな縮尺の移動床水理模型である。そのサイズは1m×2m程度で,会議の際に机上に載せることができるほどのものである。

マイクロモデルでは,河道内の流水と土砂移動が卓上の水路中でシミュレートするように製作されており,流水,河床材料は模型内で循環するシステムとなっている。流量は,パソコンによる制御で変動をさせ,洪水の再現などができる。

河床材料には,比重の軽いプラスチックの細片

が用いられており、河床材の供給についても、模型の下流端に流出した河床材料が再度、上流から供給される循環式となっている。

マイクロモデルは極小模型で現地を再現することから水平縮尺に対し鉛直縮尺は数百分の1～数千分の1のように大きな歪みを持って設定されている。

このような小縮尺模型については、種々の研究がなされているが、工兵隊はこのような循環式機能などを総合的に含んだシステム全体としてマイクロモデルを米国で特許申請し取得している。



写真-1 マイクロモデルの全景

(2)小縮尺模型について

小縮尺模型による移動床模型実験については、1926～27年にライン川を対象に水平縮尺1/1000、鉛直縮尺1/100、歪み度10の河床形状に対する実験が行われている。実験において、軽量河床材料を用い、試行を繰り返した中で「実験結果と実際の河床の形状が良く似ている」結果を得ることができたと記述されている²⁾。国内では昭和55年に木下良作博士により「砂レキ堆相似」に着目した水理模型実験が示され、1/1000程度の小縮尺歪み模型を用いて、砂礫堆の相似性に関する実験的研究がなされている²⁾。

小縮尺模型については一般的なフルードの相似則等が成立するモデルではないが、河道の平面形状を縮尺したモデルに射流状態で通水することにより河道内形状について形態相似を再現させるモデルである。

しかし、今まで検討されてきた小縮尺模型は1/1000程度のものであり、本対象モデルのように数千分の1～1万分の1の様な極小縮尺のものではない。このように極小縮尺を用いるマイクロモデルでは鉛直縮尺の決め方や通水流量の設定方法については、その手法が確立しているわけではなく、通水により生じる河道内に生じた結果から現地河道への適合性を算定する事で評価する。

小縮尺模型の再現性の検討においては、水平模型に対し、河床材料、勾配、流量、通水時間を変化させ現地河道の状況に一致する条件を探る事が重要である。再現性の検討において現地を再現できない場合については、現地で生じている現象が把握されているか等の現地情報を正確に収集し、河道特性を把握し、再現性を検討する事が重要である。その意味において、河道情報のない河川においてはマイクロモデルを用いた検討を行うことは不可能であり、十分な河川情報に基づいて再現性が確認できる河川において、構造物などを設置した場合の影響などについて検討する事が可能となるモデルである。

(3)マイクロモデルの施設

マイクロモデルは写真-1に示すように対象区間を幅1m、長さ2m程度の範囲で製作する。河道部については河床材料の洗掘を考慮して10cm程度の深さに設置し、軽量河床材料を敷設する。河床模型には勾配が任意に変化できるようにジャッキが設置されている。流量可変ポンプにより給水され、底部に設置した水槽により循環している。河床材料は軽量河床材料が用いられており、その比重は1.2程度、粒径は0.2～0.6mm程度である。

3. T河川を対象とした検討

(1)実験の概要

極小縮尺のマイクロモデルの検証を行うため、下記に示すT河川を対象として極小縮尺模型実験を行った。対象としたT河川はセグメント-2-2～セグメント-3、河床勾配水平～1/20,000で低水路幅400m、河道幅約800mの河川である。T河川は、湾曲に伴う洗掘対策について大型水理模型実験が実施されている。本検討においては、大型水理模型実験により行われた実験結果に対し、マイクロモデルの実験結果を比較し、洗掘域、洗掘深などについて検討した。

河床材料について、工兵隊では比重1.2程度のプラスチック材を用いているが、国内において同様な河床材料の入手が困難であったことから、石炭粉、スラッジライト、イシカワライトについて予備的に試験を行った。

表-1 縮小模型縮尺表

	粒径	比重
石炭粉	0.2～0.4mm	1.48
スラッジライト	0.6mm	1.80
イシカワライト	0.2～0.6mm	1.60

予備的通水により、スラッジライトは粒径が

均一で湾曲部などでの分級効果が生じない事や細粒分の石炭粉について取り扱いが困難な事からイシカワライトを用いて実験を行う事とした。表-2にT河川の大規模モデルとマイクロモデルの諸元の比較を示す。

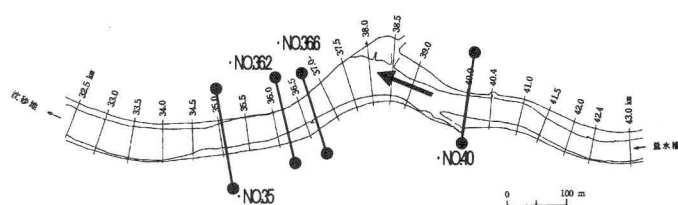


図-1 T河川対象範囲

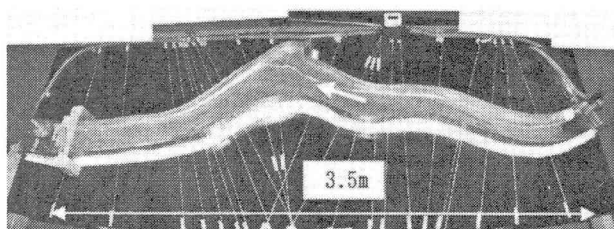


写真-2 T河川マイクロモデルの全景

表-2 模型縮尺比較表

項目	T河川モデル	マイクロモデル
河道延長	100m	3.5m
河道幅	6~8m	10cm
水深	20cm	1.5cm
水平縮尺	1/100	1/10,000
鉛直縮尺	1/50	1/900
歪度	2	11
水面勾配	1/8,000	1/300
河床材料	石炭粉 比重 1.5	イシカワライト 0.2~0.6mm 比重 1.6
通水量	170 m^3/s	0.20 m^3/s

実験においては、河床勾配、通水量を変化させ河床に生じる洗掘域の発生位置、形状などを観測しながら、再現性の良い勾配、流量について選定した。河床勾配については、緩勾配では洗掘域の発生位置が異なることから、1/300の急勾配化し射流状態で通水した。通水流量については、マイクロモデルの流量をフルード則により換算すると大規模モデルの約9倍の流量に相当する事になる。

(2)洗掘形状

マイクロモデルによる洗掘域と大規模実験における洗掘域の状況を比較するとほぼその洗掘位置は一致している。また、主要な洗掘域での河床横断面図を図-3に示す。河床横断面形状については模型の河床高について計測した各地点の最大洗掘深を大規模模型での洗掘深と比較し鉛直縮尺を算定し河床高とした。

河床横断面図の比較を見ると湾曲部での洗掘形状、洗掘深などについて概略の傾向は一致している。

しかし、湾曲内岸などの堆積区域での堆積形状についてNO.35,NO.36.6ではマイクロモデルの方が過大な堆積状況となっている。これは、上流からの給砂条件によるものと考えられ、より詳細な条件設定が必要である事を示している。



写真-3 通水後河床形状

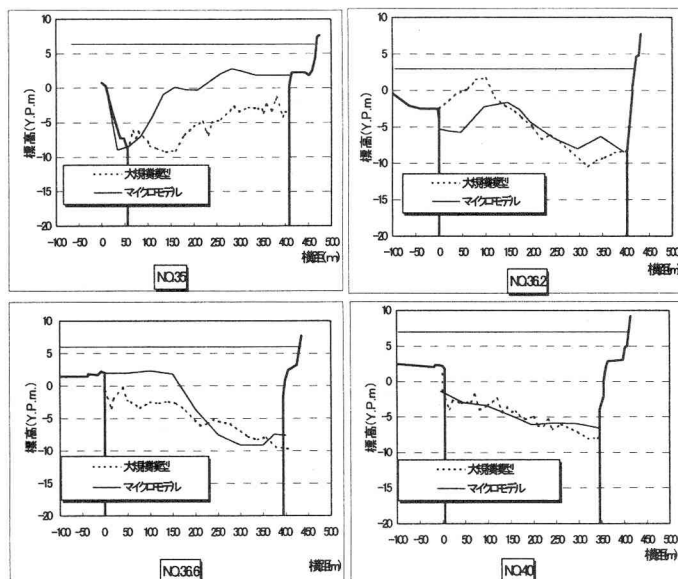


図-3 横断面形状の比較

(3)湾曲部流況

湾曲部流況については、水深が浅い事から流速計などによる計測が困難なため、表面流速についてビデオ画像のPIV解析により流線、流速ベクトルの計測を行った。解析結果を比較すると湾曲部での流向などについてもおおよそ大規模模型の結果と同様な流況となっている。

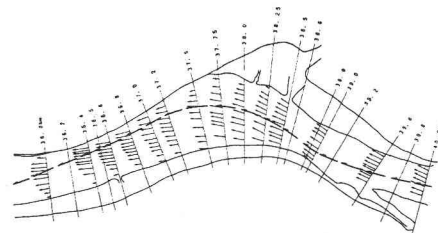


図-4 湾曲部流況 (大規模模型)

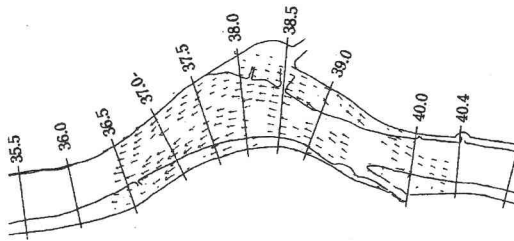


図-5 湾曲部流況（マイクロモデル）

4. 合意形成ツールとしての活用

T川を対象に極小縮尺模型を用いて湾曲河道の洗掘現象などについて検討を行ったが、河床形状を再現させるために河床勾配を射流勾配、通水量を9倍程度歪ませており、条件の設定は個々の模型について行う等の課題があるが、大凡河道内の現象について再現することが可能であった。

マイクロモデルのような極小縮尺モデルは河床材料の水中安息角や水平鉛直歪み率を考慮すると、洗掘域が過大に評価される可能性があることや構造物周辺での洗掘などを把握する事が困難であることなどの問題点が考えられ、使用については十分注意する事が必要である。

地域の人々の意見を的確に反映した個性ある河川づくりを実現させていくためには、計画の立案から決定に至る過程において地域住民、関係市町村、学識経験者等の意見を幅広く聴取していく必要がある。そしてこの際に重要な位置付けを持つものが情報の公開と情報の共有である。堰の改築など一定の目的の河川事業について、様々な見解の人々が、夫々一方的な情報のもとで、議論のすれ違いを生じている例がある。様々な立場の方々が同じ情報を共有して、同じ視点に立った上で、その河川の将来を真剣に議論していくことが重要である。

マイクロモデルは河川の計画策定にあたって、様々な立場の人々が同じ視点で現象を捉え、判断をする、合意形成の新しいツールとして我が国でも大きな適用の可能性を持つものと考え、その可能性について検証することが必要と思われる。

5. おわりに

写真-4 に熊本の白川わくわくランドに設置されている「白川流水模型」を示す。このモデルは白川の下流区間2.0kmを対象に製作した模型であり、模型縮尺は水平1/1000、鉛直1/250である。

この模型は、見学者が訪れると通水を行い、河床形状が変化する状態を観察できるようになっている。見学者の反応としては、川が蛇行している

区間で生じる洗掘や堆積のメカニズムについて理解がし易いとのことで概ね良好な反応である。

また、容易に条件を変更する事で河道内に生じる現象を変化させることが可能な事から、教育的なモデルとして河川に関する教育ツールとして有効的であると思われる。

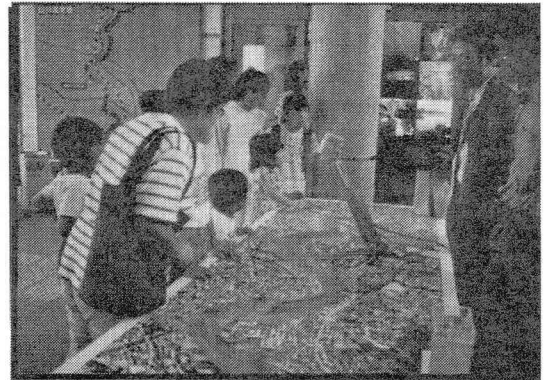


写真-4 白川流水館の展示モデル

参考文献

- 1) 日米河川技術セミナー報告書：平成11年1月：建設省・（財）国土開発技術研究センター
- 2) 木下良作：大井川牛尾狭窄部開削の影響に関する「砂レキ堆相似」による模型実験，昭和55年，8月，静岡河川工事事務所
- 3) 宇塚公一，和田一範：住民合意形成の新しいツール「マイクロモデル」について，ダム技術NO.157

（2001.4.16 受付）