

# 低水路に面した高水敷形状が 流れに及ぼす影響の実験的研究

Experimental Investigation of Effect of the Embayment in Flood channels on Flow

青山 俊行\*・福岡 捷二\*\*・水野 高志\*\*\*・江島 敬三\*\*\*\*

By Toshiyuki AOYAMA, Shoji FUKUOKA, Takashi MIZUNO and Keizou EJIMA

This paper presents the results of hydraulic model experiment on how the embayment (depression part) on flood channel faced low water channel influences flow in embayment and its circumference. The effect of the shape and size of the embayment on flow is examined in detail. An appropriate shape and size of the embayment is indicated, which does not cause so much the rise of water level. Furthermore, flow disadvantages produced by the installation of the embayment are mitigated by a proposed countermeasure.

*keyword* : water-level profile, compound open channel, embayment,  
countermeasure, hydraulic model test

## 1. 序論

高水敷のワンド状の形状部分（以下、「へこみ部」という）において、低水路水位が高水敷高さより低い場合のへこみ部内部の流れや、へこみ部全体が水面下に没する場合の流れについて限定的条件での実験的な研究は行われている<sup>1)</sup>。しかしへこみや水深の規模が異なる場合の流れの構造については水理的に十分に明らかにされていない。一方、高水敷上に浅い切り欠がある河道における局所的な水位上昇については渡辺、宇多<sup>2)</sup>が理論的に検討し、興味のある結果を得ている。

本論文では、高水敷水際のへこみ部が、へこみ部及びその周辺の流況に与える影響を水理模型実験により検討し、へこみ部が流れ場に及ぼす影響を緩和する方策を示すことを目的としている。なお、実験にあたっては、へこみ部の平面形状は単純化し矩形とした。

- 
- \* 正会員 経修 国土開発技術研究センター 調査第1部次長  
(〒105 東京都港区虎ノ門2-8-10)
  - \*\* 正会員 Ph.D 工博 広島大学教授 工学部第4類(建設系)  
(〒724 東広島市鏡山1-4-1)
  - \*\*\* 正会員 八千代エンジニアリング株式会社 東京第2事業部構造部  
(〒153 東京都目黒区中目黒1-10-21)
  - \*\*\*\* 正会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 つくば水理実験場  
(〒300-33 茨城県つくば市作谷642-1)

## 2. 実験装置と実験方法

模型には、幅3.4m、長さ30m、勾配1/5,000の実験水路を用いた。模型における、へこみ部の流れが粘性の影響を受けないように、水深を3cm以上確保している。これは、一般的規模の河川の洪水流を想定し、高水敷幅が100mで、高水敷水深が5.0m、高水敷の平均流速が2.0m/sとなるような模型縮尺が1/50の実験に相当している。また、低水路と高水敷の粗度の差が、複断面流れの平面的な渦を規定することから、低水路はモルタルこて仕上げとし、高水敷はイボ粗度（ $d=10\text{mm}$ 、40mmピッチ）を設置した。その結果マンシングの粗度係数は、低水路0.025、高水敷0.040（いずれも現地換算値）に調整した。用いた模型実験水路を図-1に示す。

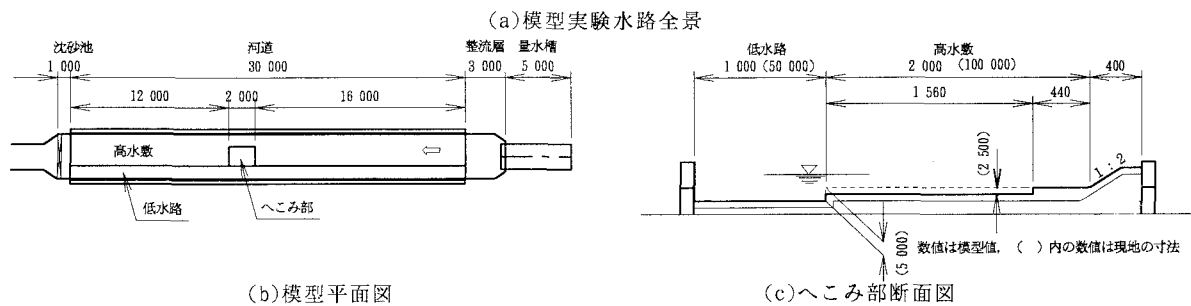
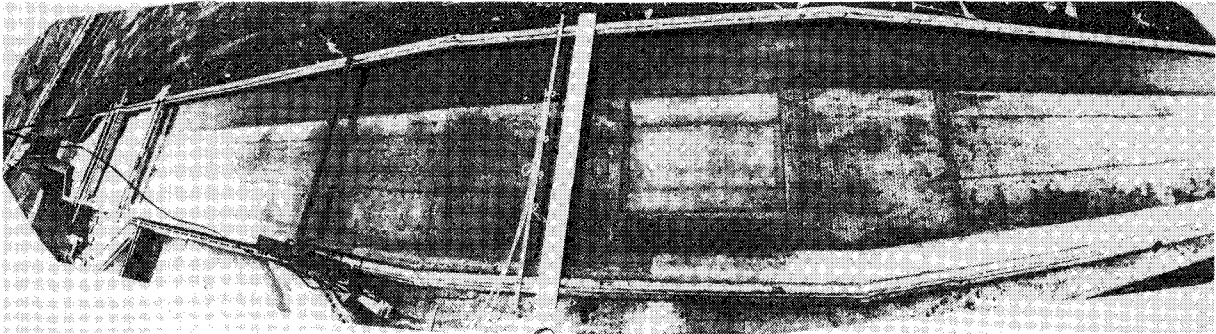


図-1 模型実験水路

実験は、へこみ部がへこみ部内及びその周辺の流況に与える影響を把握するほか、堤防前面の水位上昇量に着目し、表-1に示すように高水敷水深、へこみ部の（河川と直角方向の）幅、及びへこみ部の（河川方向の）長さを変化させ実験を行った。なお、へこみ部の深さは2.5mに固定している。表-1中の基本河道とはへこみ部のない複断面河道をいう。

このほかcase1-1-1の条件に対し、へこみ部の深さを2.0mと変化したケース及びへこみ部と低水路の境界に高水敷法線に沿って高水敷と同じ高さの仕切り壁を設置し、流水の往来を妨げた場合についても実験を行った。

表-1 実験ケース (単位：m)

ケース名	高水敷水深		へこみ部			備考
	2	5	幅	長さ		
1-0-0	○	—	—	—	—	基本河道
1-1-1	○	○	○	○	○	
1-1-2	○	○	○	○	○	
1-1-3	○	○	○	○	○	
1-2-1	○	○	○	○	○	
1-3-1	○	○	○	○	○	
2-0-0	○	—	—	—	—	基本河道
2-1-1	○	○	○	○	○	
2-1-2	○	○	○	○	○	
2-1-3	○	○	○	○	○	
2-2-1	○	○	○	○	○	
2-3-1	○	○	○	○	○	

注)基本河道とはへこみ部のない複断面河道をいう。

### 3. 実験結果

#### 3.1 へこみ部の設置による水位変化

##### (a) へこみ幅との関係

へこみ部の延長は100mに固定し、へこみ部の幅を78m, 52m, 26mとした場合について、図-2に示されている測線-4及び測線-8の水位縦断図を図-3に、測線-8におけるへこみ部区間の平均水位変化量をへこみ幅別に、図-4に示す。基本河道と比較すると明らかなように水位上昇は、へこみ部区間でのみ生じており、へこみ部の上下流への水位上昇は小さいことがわかる。また図-4によれば、へこみ幅が高水敷幅の1/2以上になると水位上昇が大きくなることがわかる。

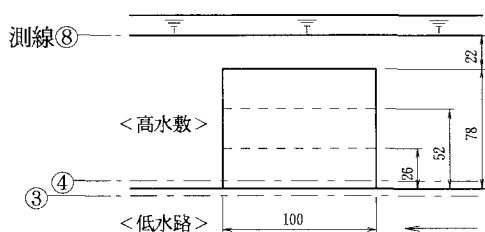


図-2 へこみ部形状

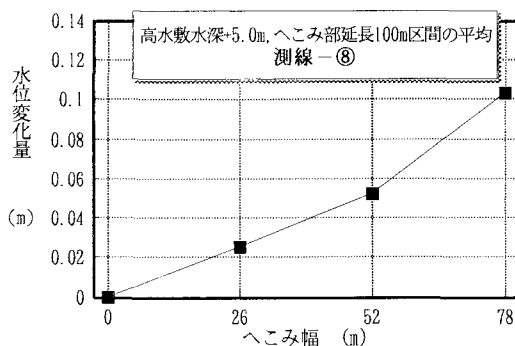


図-4 へこみ幅と水位変化量の関係

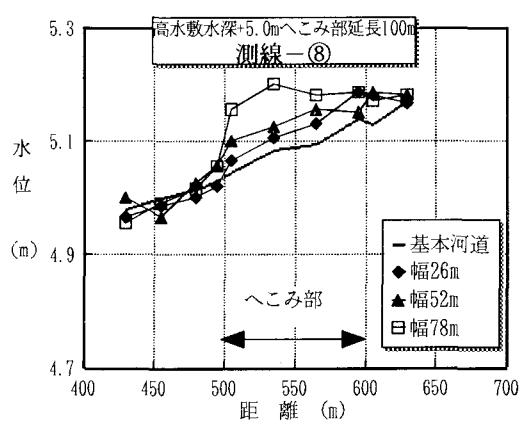
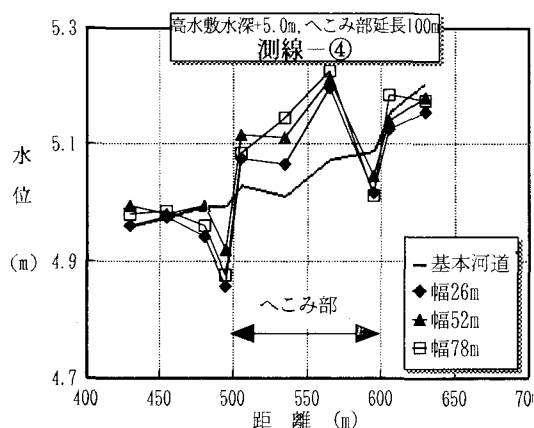


図-3 へこみ幅と水位縦断の関係

##### (b) へこみ部の長さとの関係

へこみ部の幅を78m、高水敷水深を5.0mに固定し、へこみ部の長さを50m, 100m, 200mとした場合について（図-5）、測線-4及び測線-8の水位縦断を図-6に、測線-3, 4, 8におけるへこみ部の長さ別のへこみ部区間の水位変化量を図-7に示す。図-6によれば水位上昇は、へこみ部区間内のみで生じており、へこみ部の上流には影響を及ぼしていないことがわかる。また図-7によれば、へこみ部の延長が長いほど水位上昇は大きくなる。

##### (c) へこみ部規模とへこみ部区間内の水位上昇の関係

へこみ部の面積が大きくなるほど、へこみ部内の水を加速するのに要する力は大きくなるため、へこみ部区間内の水位上昇が大きくなる。実験結果によるへこみ部規模（面積）とへこみ部区間内の水位上昇の関係は、図-8に示すように面積が大きくなるに従って水位上昇は大きくなるが、へこみ部の長さが幅に対して大きくなると、水位変化量が一定値に収束するような傾向を見せている。

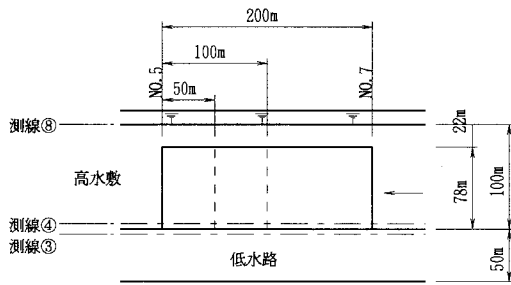


図-5 実験形状

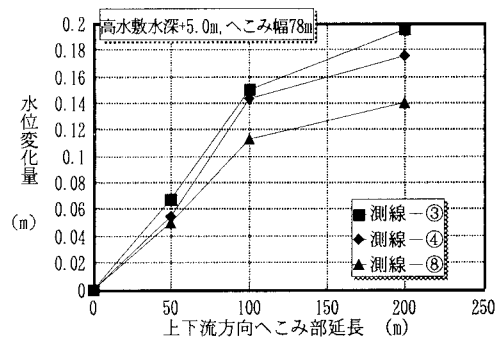


図-7 上下流方向のへこみの長さ水位変化の関係

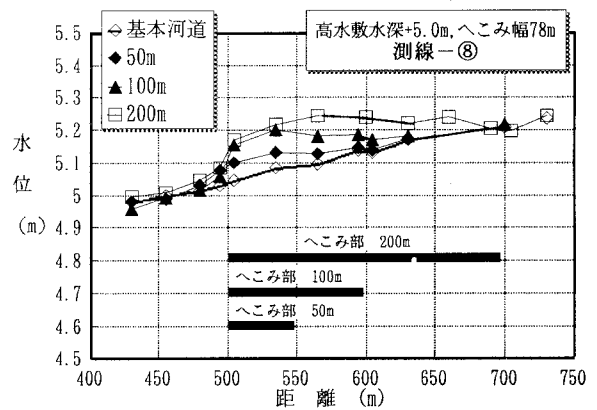
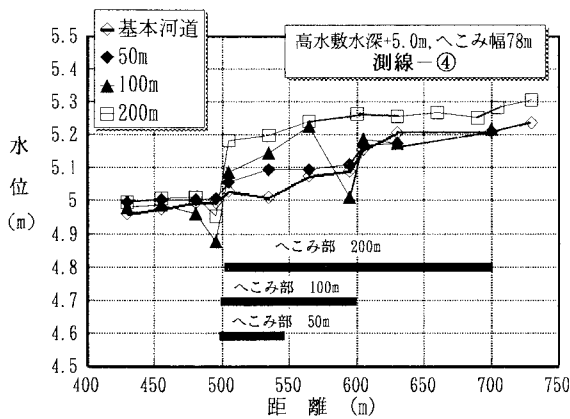


図-6 上下流方向のへこみ長さ水位縦断の関係

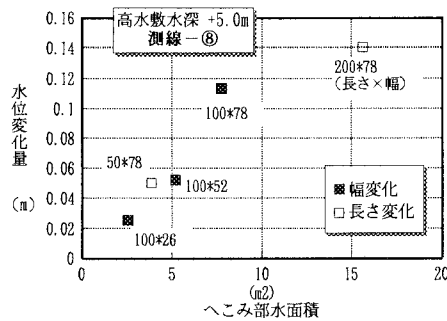


図-8 へこみ部の面積と水位変化量の関係

### 3.2 へこみ部下流端低水路部の流況

高水敷水深が浅い場合、へこみ部内の水流と低水路の流れが影響しあい平面渦が見られ、へこみ部下流端では流況の変動が見られる。(図-9)。CASE2-1-1の図-10に示す位置での流速の経時変化を図-11に示す。これらの位置では、上下流方向、左右岸方向に流向流速が変動しており、渦の影響が現れている。低水路河床付近の流速測定(図-12)より、鉛直方向流速もかなり変動しており、これによって河床付近の洗掘や護岸からの土砂の吸い出し等が懸念される。

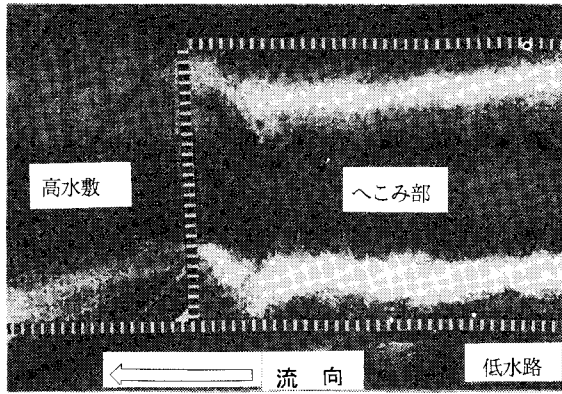


図-9 高水敷水深が浅い場合の流況(CASE2-1-1)

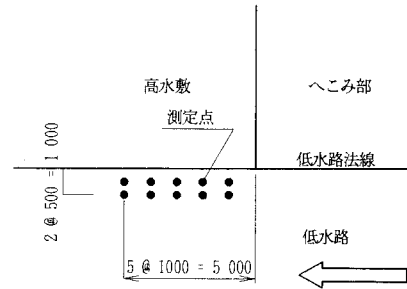


図-10 流速の経時変化測定位置

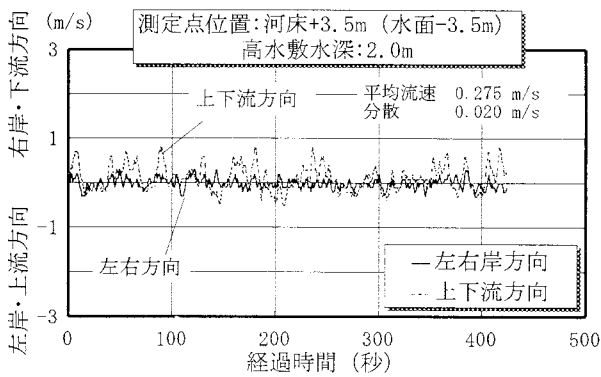


図-11 水平面内流速の経時変化(CASE2-1-1)

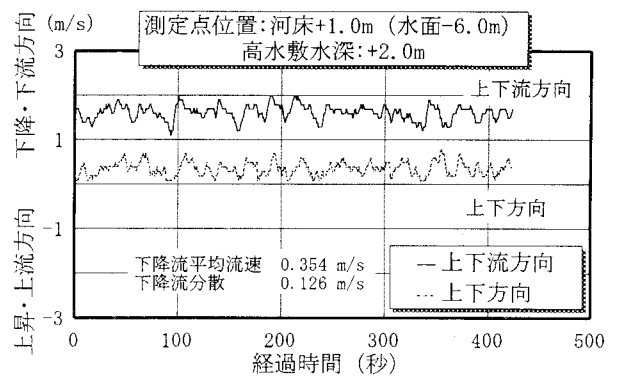


図-12 鉛直面内流速の経時変化(CASE2-1-1)

### 3.3 へこみ部が周辺流れに与える影響を緩和する方策

へこみ部に流入した流水をできるだけスムーズに下流側の高水敷へ流下させることができれば、水位上昇などを軽減することができる。そこで、へこみ部下流端の形状を隅切りと、斜面化を組み合わせた実験を行い、検討を加えた。流況改善の程度は、へこみ部区間の水位上昇量、流速、流況により判断した。へこみ部下流端の流況改善に最も効果のあった対策は、へこみ部下流端を1:1の法面としさらに低水路との接合部を45°隅切った場合であった(図-13)。このような下流端の形状変更によりへこみ部から低水路への流れは、隅切りがない場合よりもなめらかになることが認められた。図-10と同じ位置の平面内流速の経時変化の大きさ(図-14)で見ると、措置を講じたことによって流向は低水路側に安定して生じ、流速の変動も小さく(測定位置の平面内の流速の分散 $\sigma^2$ は0.020から0.007と3分の1になった)安定した流況となっていることがよくわかる。また、鉛直面内の下降流速も平均値で30%小さくなり、河床付近の流

況も改善されている(図-15)。

このような下流端の処理を行ったことにより、堤防沿いの測線-8の水位上昇量は措置前に比べおよそ50%低減している(図-16)。さらに、へこみの幅を変化させた場合の測線-8における、へこみ部区間の平均水位変化量を求めたものが図-17である。このように、へこみ部下流端に措置を講じることで、堤防沿いの水位上昇量を大きく抑制することが可能となる。

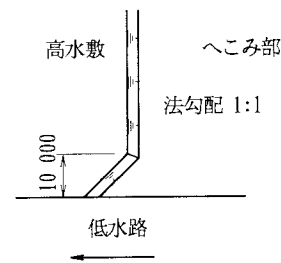


図-13 流況改善のためのへこみ部下流端の措置

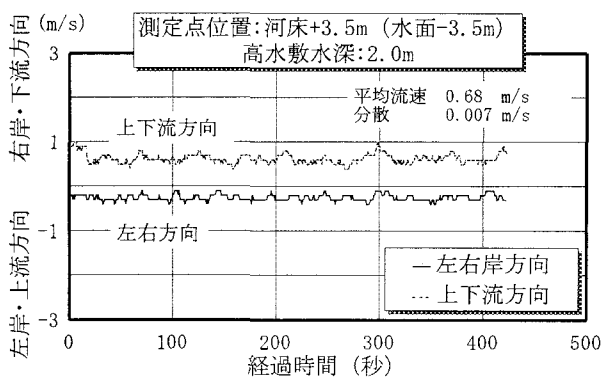


図-14 水平面内流速の経時変化(措置後)

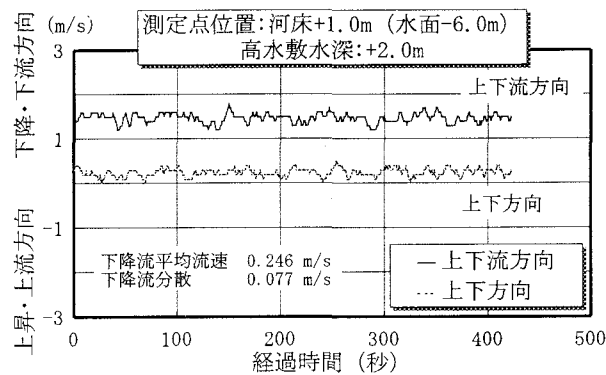


図-15 鉛直面内流速の経時変化(措置後)

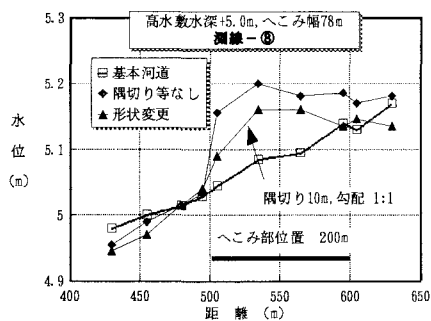


図-16 測線-8の水位縦断面図(措置後)

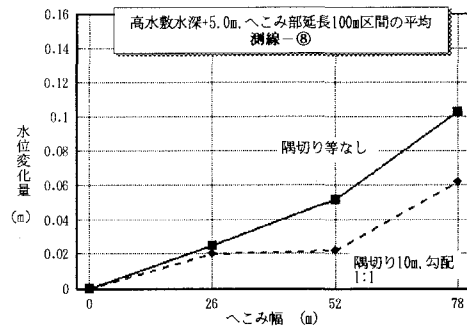


図-17 対策を行った場合の水位変化量

#### 4. 結論

本研究では、複断面河道において低水路に面した高水敷部にワンド等のへこみ部をつくったとき、へこみ部及びその周辺の水位変化や流況に与える影響を水理模型実験により検討し、その影響範囲や大きさを明らかにし、さらにへこみ部及びその周辺の影響緩和のための方策を示した。以下に主要な結論を示す。

- (1) へこみ部の幅が、高水敷幅の1/2より大きくなると、へこみ部がない場合に比して堤防沿いの水位上昇量が顕著になる。
- (2) へこみ部の面積が大きくなるほど、へこみ部区間内の水位上昇量が大きくなるが、へこみ部の長さが幅に対して大きくなると、一定値に収束する傾向がある。
- (3) へこみ部による水位上昇の範囲は、へこみ部区間に限られる。
- (4) へこみ部下流端の低水路との接合部は、10m程度の隅切りを施し、さらに下流端部全幅を1:1程度に斜面化すると、高水敷全体の流れは安定化するとともに、へこみ部下流端の流況は改善され、へこみ部区間の水位上昇が抑制される。

#### 参考文献

- 1) Muhammad A. Jalil, Yoshihisa Kawarazaki, Nobuyuki Tamai and Kazutoshi Kan: Experimental Investigation of Flow in Embayment, Proceedings of Hydraulic Engineering, JSCE VOL.37, pp503-510, 1993
- 2) 渡辺明英, 宇多高明: 高水敷に浅い切り欠がある河道における局所的な水位上昇, 水工学論文集, 第39巻, pp423-428, 1995