

扇状地河川金川の河床変動特性と主流路の安定化

Characteristics of River Bed Variation of the Kane River and Stabilization of Its Main Flow Channel

砂田 憲吾*・京ヶ島昭彦**・村瀬 孝***

By Kengo SUNADA, Akihiko KYOGASHIMA and Takashi MURASE

Characteristics of river bed variation of the Kane River, which is a typical alluvial river, are discussed by using a large scale hydraulic model. The results show that the flow patterns and the river bed configurations for all cases of flood discharges are very disorderly. In order to get a better way of the stabilization of the main flow channel, some sets of layout of spur dikes are examined, and a new index is defined for quantitative evaluation of the channel stability. The index shows good agreement with the result of comprehensive observation of the river bed configurations.

Keywords: alluvial river, river bed variation, channel control, spur dike, experiment

1. はじめに

流域の開発や河川環境整備の気運の高まりにつれて、河川はより安全で楽しみやすい計画と管理が求められるようになってきている。いうまでもなく、河道の計画や河川環境の整備は個々の河川の特성에 応じた形で進められる必要がある。特に流路の変動が顕著な傾向をもつ扇状地河川では、現地河道特性の十分な理解が不可欠である。著者らはこの点に関して、富士川水系の金川において今後の河道計画策定のための基礎資料を得るために、移動床水理模型実験を実施してきている^{1, 2)}。本稿では金川の現況河道での河床変動特性および計画を水制方式とする場合を中心に、主流路の安定化を図るための系統的な実験を行うとともに、新たに定義される流路偏倚指標を用いて主流路の安定性の評価を試みたのでその結果を報告する。

2. 金川の概要と実験条件

金川は幹線流路延長 14.55km、流域面積56.5km²をもつ甲府盆地の東部を流れる富士川水系笛吹川の左支川である。御坂山地にもつ水源より流路延長約 8 km地点で扇状地になる。金川扇状地の頂角は約50°、半径は約 6 kmであり、標高 500m付近より笛吹川合流部の標高 270mに到っている。金川はこの扇状地のほぼ中央を流れており、合流部付近下流域 5 kmの河床勾配は1/25~1/180 である。護岸は練石張り、河道内は上流部の本木植生の一部区間を除いて1年草~多年草が繁茂している。瀬切れもしばしば発生する一方、出水時

* 正会員 工博 山梨大学助教授 工学部土木環境工学科 (〒400 甲府市武田4-3-11)

** 正会員 山梨県土木部 (〒400 甲府市丸の内1-6-1)

*** 正会員 ㈱開発土木コンサルタント 技術研究所 (〒253 茅ヶ崎市茅ヶ崎1-9-35)

には流路・河床の変動が激しい。

金川4.5kから1.5kまでの3km区間を対象として模型河道には縮率1/50の無歪移動床を用いた（平均河床勾配1/31）。図-1に平面図を示す。図に示すように兩岸には自然高水敷が形成されており、模型では高水敷及び低水路を平坦とした複断面河道に整形した。

現地河床材料のうち粒径3mm以下は浮遊砂と考えられる³⁾ので、河床材料としては粒径3mm以下を除き混合砂（0.1~10mm）を用いている。実験区間で現地の平均粒径は17cm~5cmと変化するが、ここでは中間点での粒径分布に基づいて上のように混合砂を調整した。

流量は昭和58年8月出水時の雨量資料をもとに合理式による最大流量との比で拡大した波形を基準に与えた。

通水実験中には上流部の河床低下が進行する。そこで、上流端では芦田・高橋・水山の式⁴⁾による平衡流砂量を給砂している。

実験ケースは表-1に示す通りである。

3. 現況の河床変動特性

(3.1) 流況と平面的な流路変化

通水後の河床状況は図-2のようである。河道は測点70~60断面間が反方向区間であるため、この間の右岸側における土砂堆積が大きい。このため流れは左岸側へ大きく蛇行し左岸本堤まで至り、再び右岸へ蛇行する。本堤への水衝部では流砂を伴った激しい流況を呈する。

各流量とも網状の流れを示すが、流量の増大とともにみお筋はより太く、流れは直進性をもつようになる。

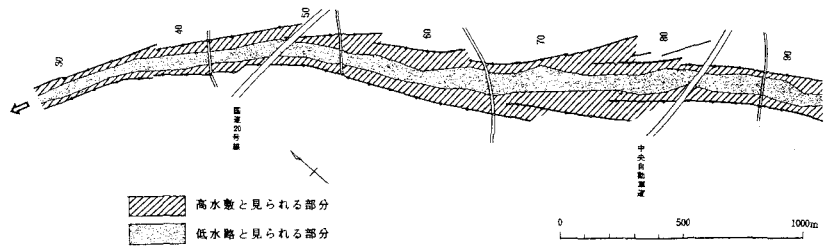


図-1 金川模型実験対象区間

表-1 実験ケース一覧

記号	洪水流量 Q_p (m^3/s)	確率規模	洪水時間 t_p (hour)	波 形
I	1 ピーク 310	5 年	7.1	不定流
	2 ピーク 550	50 年	7.1	
	3 ピーク 620	100 年	7.1	
II	1 一定 310	5 年	3.0	定 流
III	1 ピーク 620	100 年	7.1	不定流

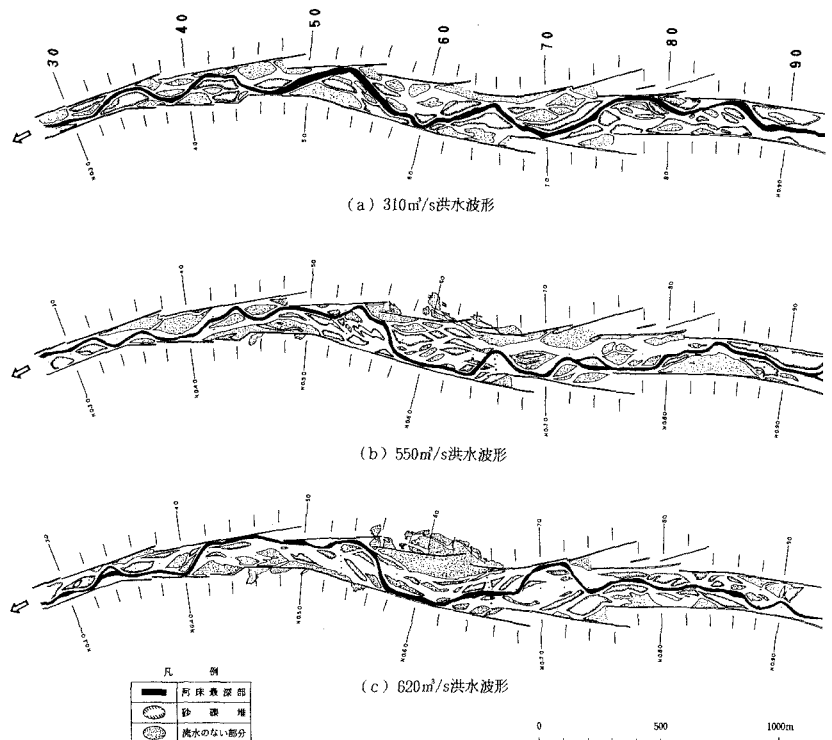


図-2 通水後の河床状況

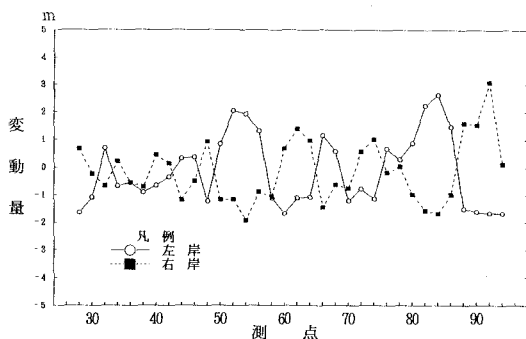


図-3 縦断面形状 (310 m³/s)

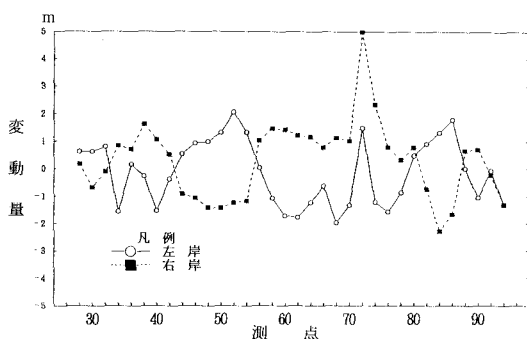


図-4 縦断面形状 (550 m³/s)

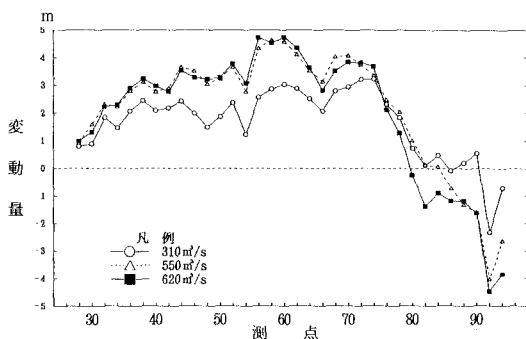


図-5 平均河床高の変動量

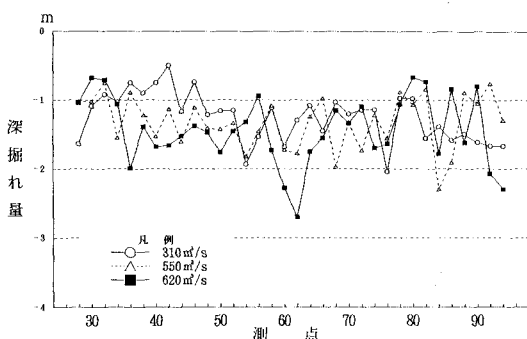


図-6 深掘れ量

(3.2) 河道内蛇行モード

河道内河床変動は図-3, 4に示すように左右岸に沿う河床高が高くなったり低くなったり交番する。その節となる間隔は流量が多くなるに従って長くなることがわかる。

(3.3) 平均河床変動と深掘れ

平均河床高の変動は図-5に示され、同図から5年確率流量と50～100年確率流量のパターンに分類できそうである。50年と100年確率流量の河床変動は酷似しており5年確率流量の概ね1.5倍前後の変動である。一方、図-6に示される深掘れ量については流量の規模による格差は見られず、概ね1～2 mの変動となっている。

(3.4) 局所水理量と平均水理量

各断面における通水後断面を用いて得られる平均水理量と通水中に計測した水面こう配、流速により近似的に計算される局所水理量とを比較した。その一例として50年確率流量における無次元掃流力の比較値を図-7に示す。同図に示すように局所水理量が平均水理量の4倍ほど大きくなる箇所があることがわかる。

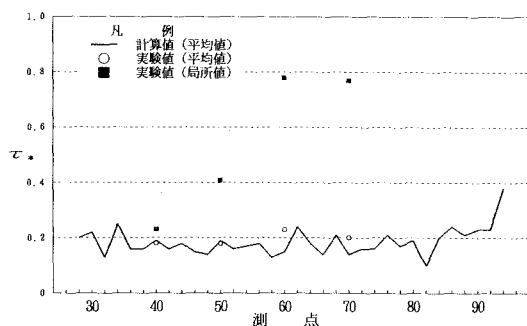


図-7 無次元掃流力 (550 m³/s)

表-2 実験ケース (直線水路)

実験番号	ピーク流量	水制長
①	310 m³/s	水制なし
②	550 m³/s	"
③	310 m³/s	(1/4) B
④	550 m³/s	"
⑤	310 m³/s	(1/6) B
⑥	550 m³/s	"

4. 水制工 (横工) 方式による主流路の安定化

不透過・非越流とする水制工 (横工) 方式による主流路の安定化について、予備的な直線水路および現地模型水路で検討した。

(4.1) 実験条件

直線水路は、長さ10m、幅60cm一定の長方形断面開水路で、勾配は1/31で一定とし、後述する金川での模型実験条件に準じて予備実験を行った。横工水制の長さを左右各 $\ell = 10\text{ cm}$ （河幅 B との比 $\ell/B = 1/6$ ）及び 15 cm （ $\ell/B = 1/4$ ）を検討し（いずれも水制間隔は60cm）、水制なしの場合と比較した。実験は表-2に示す6通りである。

現地模型水路の水制は、水路幅(b)を60m及び90mとし、水制間隔(L)を100m及び200mとした。河床は全て平坦とする同一条件である。流量は昭和58年8月出水時の雨量資料をもとに合理式による最大流量（5年及び50年確率）との比で拡大した波形を与えた。実験ケースを表-3に示す。

(4.2) 流路偏倚指標

河床横断面の形状を定量的に評価するために以下のような指標を考える。

河道中心から右岸方向の距離を x とし、その位置での河床高 H および測定断面での平均河床高 $\bar{H}$ を用いて、 $\eta = H - \bar{H}$ より η を求める。河幅を B として $B/2$ を用いて無次元化し、 $\tilde{x} = x/(B/2)$ 、 $\tilde{\eta} = \eta/(B/2)$ と表し、次の一次モーメントで流路偏倚指標を定義する。

$$G_u = \int_{-1}^1 |\tilde{x}| \cdot \tilde{\eta} \cdot d\tilde{x} \quad (\tilde{\eta} > 0) \quad (1)$$

$$G_d = \int_{-1}^1 |\tilde{x}| \cdot \tilde{\eta} \cdot d\tilde{x} \quad (\tilde{\eta} < 0) \quad (2)$$

$$G = G_u + G_d \quad (3)$$

典型的な横断面形状パターンに対する G_u 、 G_d の相対的な大小関係を例示すれば図-8のようになる。タイプI～VIIは次の予備実験の結果に対応している。

(4.3) 主流路の安定化I（直線水路の場合）

直線水路で予備的な6実験を行った結果、流路偏倚指標の分類として図-9に示すように7形態（視察によりI～VII）に分けることができる。たとえば、原点から遠いほど横断面の変化は激しく、右下のタイプI～IIIは河心で低河床となることを示す。特に、極端な洗掘も少ないタイプIすなわち△印、×印の条件では治水上の観点から良好な結果が得られる形であり、水制なしの場合に比較して水制設置の場合に着実に改善されている。流路偏倚指標を用いることによって河床形状の定量評価が可能と考えられる。

表-3 実験ケース（現地模型水路）

実験番号	水路幅	水制間隔	ピーク流量
1	60 m	200 m	310 m ³ /s
2			550 m ³ /s
3		100 m	310 m ³ /s
4			550 m ³ /s
5	90 m	200 m	310 m ³ /s
6			550 m ³ /s
7		100 m	310 m ³ /s
8			550 m ³ /s

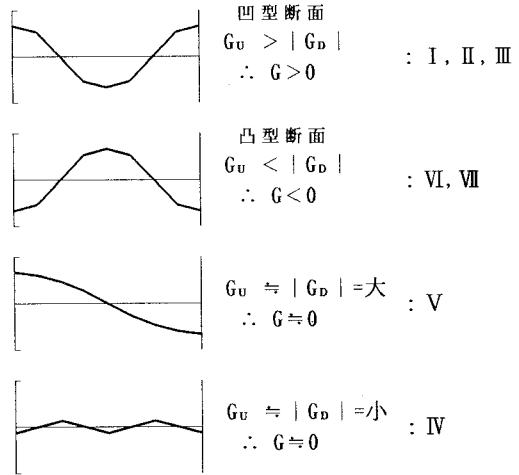


図-8 流路偏倚指標

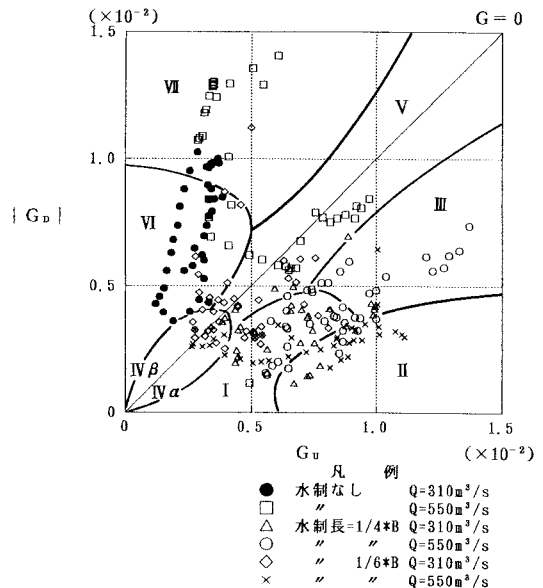


図-9 流路偏倚指標の領域分類（直線水路）

(4.4) 主流路の安定化Ⅱ（現地模型水路の場合）

水路幅90mにおける流況の例を図-10に示す。これらのうち、水制間隔100m、5年確率程度の流量($310\text{ m}^3/\text{s}$)のケースの場合には水制間に堆積した土砂の流出は見られず、凹型断面の比較的安定した主流路が形成されるようである。

表-3に対応する全ての実験ケースに対して通水後の横断面形状から、各断面の河幅で規格化した流路偏倚指標を解析した。結果を図-12～13に示す。水制なしの場合を図-11に示す。

① $L=200\text{m}$ の場合

$b=90\text{m}$ 、 60m ともに流量2ケースの場合とも指標は負の領域に多く分布し、側岸部に深掘れが生ずる傾向を示す。

② $L=100\text{m}$ の場合

$b=90\text{m}$ 、 60m ともに流量2ケースの場合とも小さい値で分布するが、より安定した流路を示すようになる。 $b=60\text{m}$ 、 $Q=310\text{ m}^3/\text{s}$ の場合は、 $b=90\text{m}$ とする場合と比較して偏倚の幅は狭められることから、平坦河床の断面から凹型断面への流路が発達しより安定的な流路が形成されと考えられる。

$550\text{ m}^3/\text{s}$ においては、掃流力が高まり直進性がさらに進むこととなり流路は河道中央に固定され、 $b=90\text{m}$ とする河道よりいっそう凹型断面が発達し、好都合になるものと考えられる。

5. おわりに

金川における現況河道における河床変動特性を知ると共にその主流路の安定化の方法を得るために実験的検討を行った。

まず、現況河道の場合の実験結果から流況、水理量、河床変動ほかの検討を総合すると、金川は堆積、洗掘域および砂州の状態など流れの集中、発散があり以下のような不安定な河道状況を呈することが知れた。

(1) 現状の河道特性の特徴は測点70断面から測点40断面程度までは堆積傾向にある。とくに反向区間であ

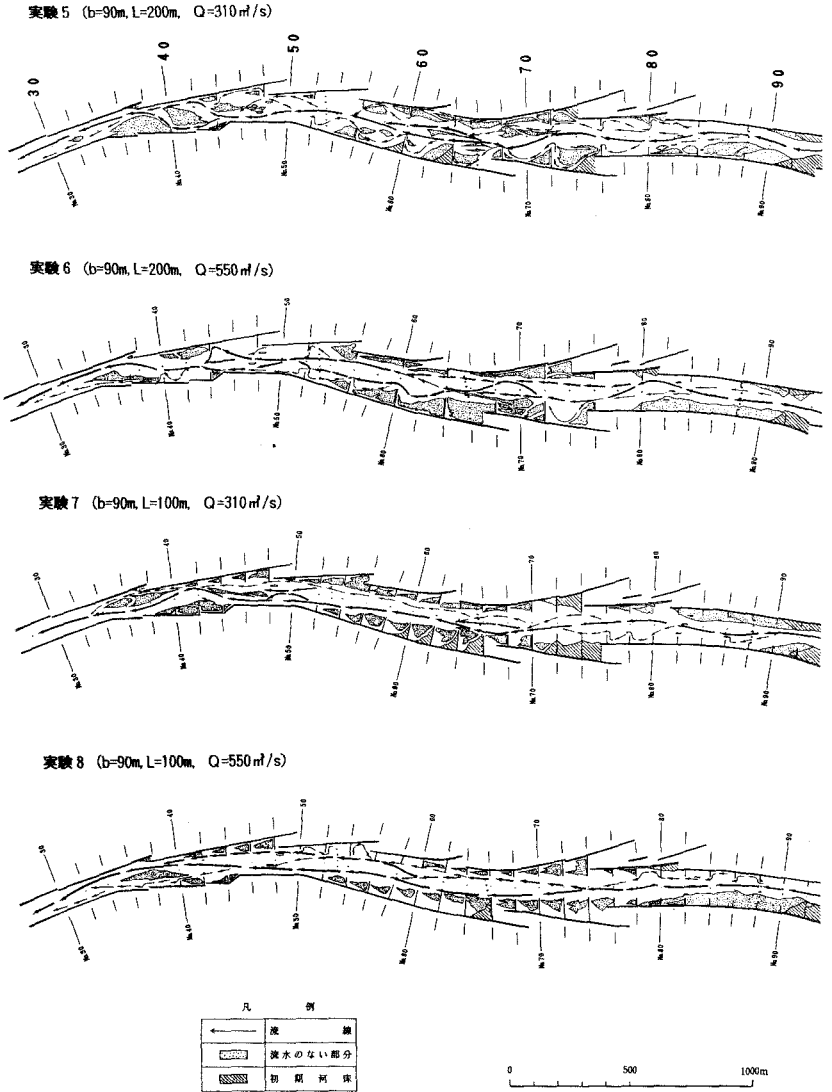


図-10 ピーク流量時の流況($b=90\text{m}$)

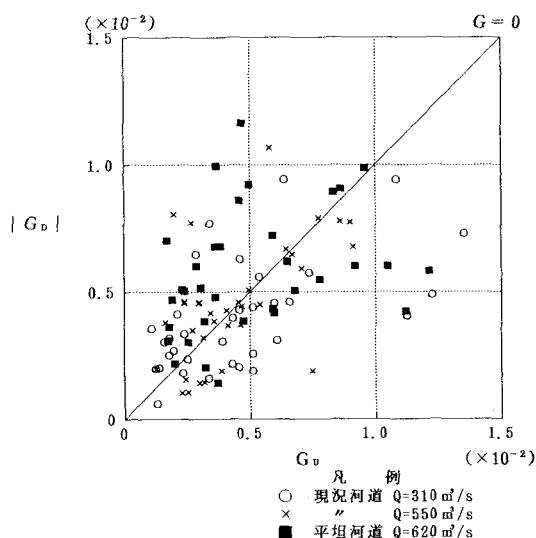


図-1 1 流路偏倚指標分布図(現地模型水路・水制なし)

り漸拡河道部である測点70~60断面間に堆積、
 溢水の特徴的な傾向がある。

- (2) 大流量で河道内蛇行モードが大きくなり、
 高水敷の浸食を伴い水衝部が固定するなどの
 激しい流況を呈する。
- (3) また流量規模の必ずしも大きくない流量で
 あっても、出水の繰り返により激しい河床
 変動が生ずる可能性がある。
- (4) 各断面の水理量の測定結果から平均量、局
 所量の差が大きく局所的に4倍程度の値とな
 る場合があり局所洗掘、深掘れが起きる可能
 性を有している。

続いて、金川の主流部の安定化のために横工水
 制工方式を用いる場合について、直線水路及び現
 地模型水路を用いて実験的に検討した。その結果、

- (5) 水路幅を60mとし、水制間隔を100mとす
 る場合が最も効果があがり流路が安定的に河
 川の中央に固定されることが明らかとなった。
- (6) 新たに定義された流路偏倚指標によれば、河床形状を定量的に数値で表すことができる。この指標に
 より治水上効果的な主流路安定化案の客観的な抽出が可能となる。

などが得られた。今後も検討を重ねてゆきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 村瀬 孝・京ヶ島昭彦・砂田憲吾：扇状河川金川(富士川水系)の河床変動特性，土木学会第48回年講概
 要集Ⅱ，pp530~531，1993年 9月。
- 2) 村瀬 孝・京ヶ島昭彦・砂田憲吾：急流河川における主流路の安定化とその評価法について，土木学会第
 49回年講概要集Ⅱ，pp546~547，1994年 9月。
- 3) 山本晃一・高橋晃：河川水理模型実験の手引，土木研究所資料，2803，1989年10月。
- 4) 芦田和男・高橋保・水山高久：山地河川の掃流砂量に関する研究，新砂防，107，pp9-17，1978年 4月。
- 5) 砂田憲吾：河川中流部における土砂の諸問題(1)，(2)，新砂防，167，168，pp4-10，pp54-59，1990年 3，4月。

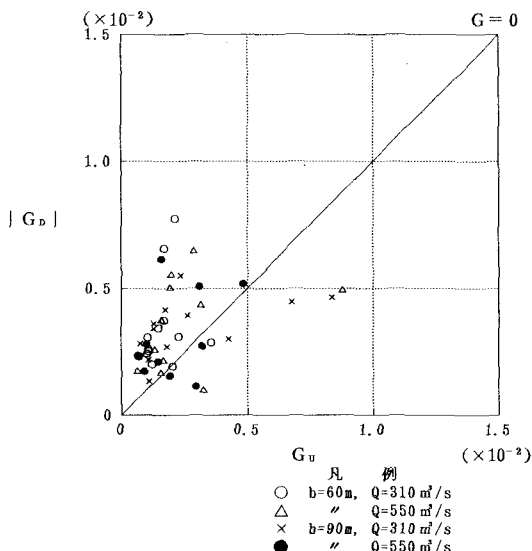


図-1 2 流路偏倚指標分布図(現地模型水路・L=200m)

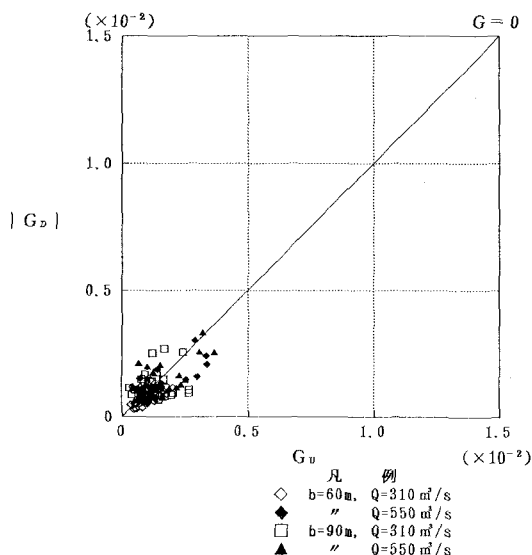


図-1 3 流路偏倚指標分布図(現地模型水路・L=100m)