

I-133 高架道路橋における路面排水実験と設計への適用について

阪神高速道路公団 正員 田井戸 米 好

〃 〃 関 進

〃 〃 ○ 吉 川 実

〃 〃 岩 津 守 昭

1. 序

高架道路橋の路面排水性については、保全管理上および交通安全上重要な要素であるが、その路面排水設計手法は定性、定量的に確立されていないのが現状である。このため、当公団高架道路橋において、鋼製格子柵蓋側溝柵を対象とした実構造物による路面排水実験を実施し、その排水能力等の水理特性を定量的に把握し、併せて、保全管理上の実態調査より、路面排水設計への適用即ち排水柵設置設計手法についての考察を行う。

2. 実験要領

本実験は、排水柵能力即ちその設計指標としての落下率と柵形状(矩形)の相関を定量的に把握するため実験関数を次式として設定する。

$$\lambda = Q_i / Q_g = f(Q_g, h, K, l, B_1, B_2, \psi) \text{ ----- (1)}$$

但し、 λ : 落下率、 Q_g : 側溝流量、 K : 側溝横断勾配

Q_i : 柵落下流量、 l : 側溝縦断勾配

n : 側溝すなわち舗装の粗度係数

B_1, B_2 : 柵流入辺長としての柵の横辺、縦辺表

ψ : 柵蓋格子の密度および形状

この実験条件としての実験柵および側溝(路面)形状は、図-1.2の通りであり、実験関数(1)の各変量は表-1の通りである。実験方法は実験ヶ所A ($l=0.6\%$, $K=1.5\%$) およびB ($l=6.7\%$, $K=2.0\%$) の2ヶ所の実路面において、実験流量を実験柵前第25mの位置にてタンクローリーより調整放流しこれを散水用缶にて越流させると共に、その落水を整流し側溝とする、一方柵落下流量は路架下の排水管より集水する。

次に、本実験での観測々定は、側溝流の流量、水位、水面巾、表面流速および柵流入水位、柵落下流量の各測定と16ミリ撮影による柵流入状況の観測よりなる。

3. 実験結果および実験解析

各実験の観測々定より、側溝流特性および柵排水特性についての解析結果は次の通りである。

(1). 側溝流特性(路面の粗度係数)

各実験における側溝流水位、水面巾および流速より、水理解析上の基本値である側溝即ち舗装路面の粗度係数は、側溝流を等流かつ側溝断面を三角形としマニング公式を使用して求めると、実験A,Bでの平均粗度係数は各々 $n = 0.0056, 0.0075$ となる。この差異の要因としては、水面巾が実験

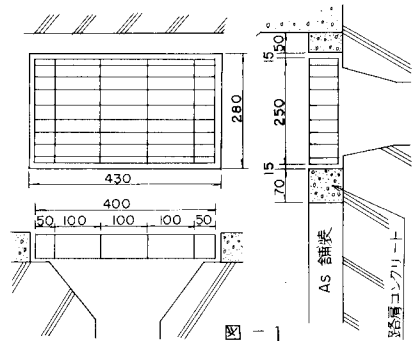


図-1

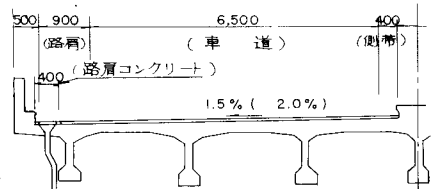


図-2

実験関数	単位	実験変量
側溝流量 (Q)	l/sec	5, 7, 10
側溝横断勾配 (K)	%	1.5, 2.0
側溝縦断勾配 (l)	%	0.6, 6.7
越流辺長 ($B_{1,2}$)	—	表-2の実験柵の通り
格子密度等 (ψ)	—	有蓋・無蓋

表-1

Aで $w = 1.1 \sim 1.6 \text{ m}$ 、実験Bで $w = 0.6 \sim 0.8 \text{ m}$ となることより、舗装路面の路肩コンクリート（ガッターとして巾 40 cm ）とアスファルトの n 値の相異が水面占有巾との関係でその有意差に反映していると思われる。しかし、測定水位のバラッキ、路面仕上りの施工誤差、供用後の摩滅による路面の不均一性を考えるならば、これらの差は許容範囲と見做し、実態上の粗度係数は、薄層流の水利特性をもった流態に Manning式を適用した逆算 n 値として全体平均値の $n = 0.0066$ とし、これら設計上の n 値としてよいと考えられる。

(2) 柵排水（流入）特性

各実験における落下率は表-2の通りであり、これらの各測定結果より柵排水特性として、実験関数の相関分析を行なうと次の通りとなる。

なお、本実験での測定値は、実験流量の放出調節および測定誤差等により5%程度の誤差範囲にある。

① 最大測溝流量における柵各流入辺よりの流量即ち $\lambda = f(B_1, B_2)$ の相関および柵逸流々量は図-3.4の通りであり、その柵落下流線および流況を図-5.6、写真-1.2に示す。

② 落下率（ λ ）と側溝流量（ Q ）

側溝縦断勾配（ i ）、格子柵蓋の影響（4）の相関は、図-7.8の通りである。なお、参考データとして建設省土木研究所での実験値を併記する。ただし、土研の実験格子柵蓋側溝柵は $33 \times 26 \text{ (cm}^2\text{)}$ である。

実験番号	実験柵形状	側溝流量測定値 Q_g (ℓ/sec)	落下率 $\lambda = Q_i / Q_g$
A-1		3.7	73
A-2		8.5	73
A-3		(9.7)	70
A-4	無蓋	9.7	70
A-5	3辺埋	9.7	39
A-6	2" 柵	9.3	60
A-7	1" 柵	8.8	70
B-1		4.3	67
B-2		5.7	61
B-3		8.7	63
B-4	無蓋	8.9	73
B-5	3辺埋	8.9	48
B-6	1" 柵	8.9	76

表-2

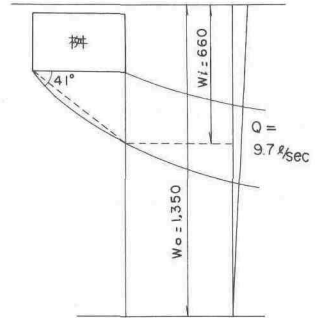


図-5 実験Aの柵落下流線図

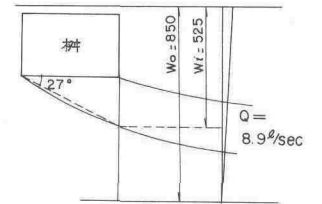


図-6 実験Bの柵落下流線図

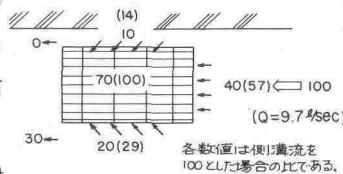


図-3 実験Aの流況図

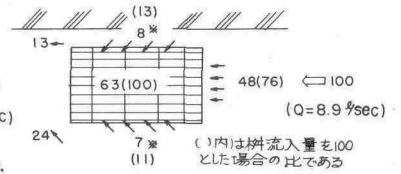


図-4 実験Bの流況図

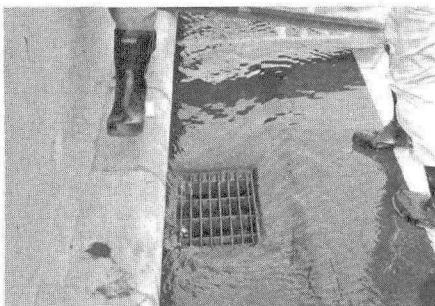


写真-1 (実験A, $\theta = 9.7 \text{ ℓ/sec}$)

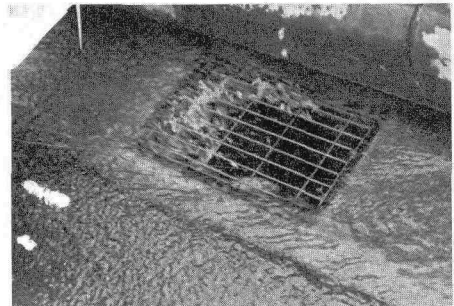
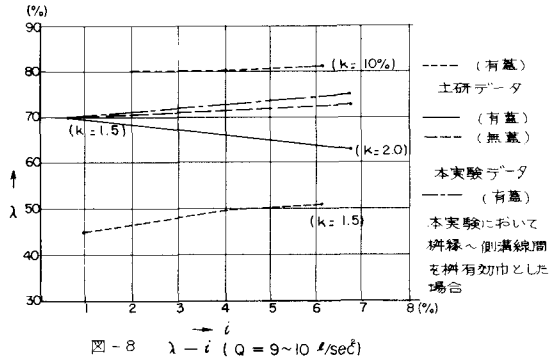
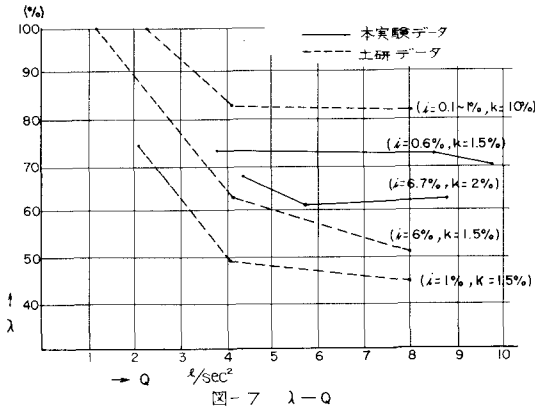


写真-2 (実験B, $A = 8.7 \text{ ℓ/sec}$)



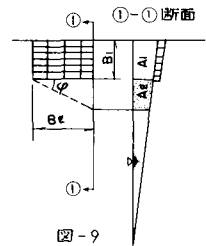
次に、以上の各データより本実験の目的とする任意側溝形状に適用しうる柵形状と、その落下率の定量化を図るため、投落流理論および落下流線巾比による John Hopkins 大学方式の考え方を協合することにより、次式の実験式を設定する。

$$\lambda = a \frac{A_1}{A} + b \frac{A_2}{A} \quad \text{----- (2)}$$

但し、 A, A_1, A_2 : 左図の流断面

a, b : $g(Q, i, K)$ とした有蓋での実験係数

φ : 柵落下流線角 $\varphi(Q, i, K, B_1)$



本式の各実験係数 a, b は Q, i, K の相関にあり、これらは小数の

本実験結果から汎用的に定量することは出来ないが、図-7.8の分析結果より推測されるように linear な関係にあると考えられる。ここで、本実験の最大流量でかつ柵縁と側溝線間を柵有効巾に入れその逆算係数を求めると、 $i = 0.6, 6.7\%$ において各々 $\lambda = 1.41 A_1/A + 0.62 A_2/A$, $\lambda = 1.12 A_1/A + 0.35 A_2/A$ となる。これを図-13に示す側溝断面に適用し、 B_1, B_2 を変量とした場合の落下率を求めると図-10, 11, 12となる。なお、本式の適用条件として、側溝流量 Q を実験流量での水面巾と等値になる流量 $i = 0.6, 6.7\%$ で各々 $Q = 20, 25 \text{ l/sec}$ において近似的に成立するものとし、設計上は本式の適合

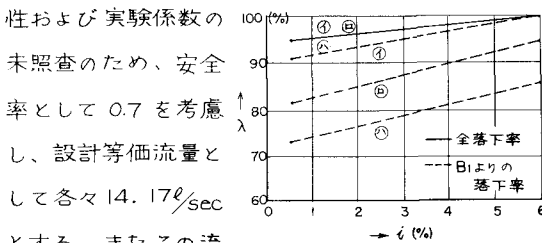


図-10 $\lambda - B_1 - i (Q < 14 \text{ l/sec}, B_2 = 42 \text{ cm})$

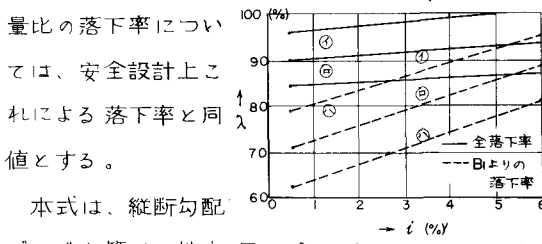


図-11 $\lambda - B_1 - i (Q < 17 \text{ l/sec}, B_2 = 42 \text{ cm})$

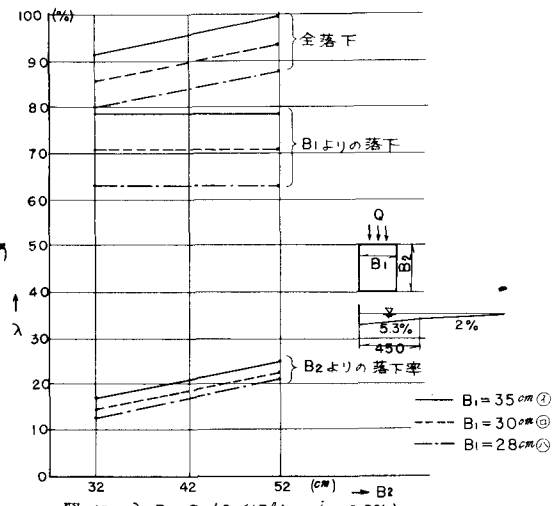


図-12 $\lambda - B_1 - B_2 (Q < 17 \text{ l/sec}, i = 0.6\%)$

本式は、縦断勾配がレベル等その排水

排水流態が滞水流となる場合は適用しえず、この場合の排水柵能力については段落流理論による次式(3)より求め、柵形状は排水能力上式(4)が恒常的に成立するよう設定する。

$$Q_i = m \sqrt{2g} B_1 \left(0.72 (hc - \frac{K}{2} B_1) \right)^{3/2} + m \sqrt{2g} \cdot B_2 \left(0.72 (hc - K B_1) \right)^{3/2} \text{ -----(3)}$$

$$Q_i(hc) > Q_g(hc) \text{ -----(4)} \quad \text{但し、} m : \text{実験係数、} hc : \text{限界水深}$$

4. 排水柵設置設計寸法について

高架道路橋での排水柵設置設計において、一般的にその設計上の具現要素は①集水、通水機構としての側溝構造、②排水、落水機構としての柵構造と柵配置であり、その設計基本条件は①排水量(降雨量)の基本要素である設計降雨強度と集水面積、②路面(側溝)の幾何構造条件(構造および線形条件)、③柵構造と柵排水能力(落下率)である、これについて、具体的に本実験結果および保安全管理上の実態調査等より、道路橋としての留意条件を考慮し、その設計上の諸点を考察する。

(1) 柵落下率を大きくするためには、側溝流をコンパクトにする側溝断面形状即ちガッター部の横断勾配を走行安全の支障のない範囲で大きく設定する。また、柵の効率的な形状については、図-12から明らかなように柵横辺(巾辺)を大きく確保する。なお、柵は側溝縁と密着せしめ図-4に示すの間よりの柵外逸流をなくする。

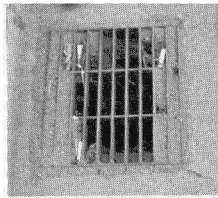


写真-3

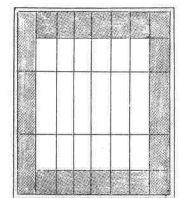


図-13

(2) 柵構造については、その設計条件を表-3のように考慮する。

(3) 柵落下率については、保安全管理の実態において、月2回の定期清掃がなされても、写真-2に示すように柵の一部閉塞があり、このため、設計の安全上図-13に示すように柵有効辺長を考慮し、設計落下率を定める。また、排水管等の起因による最悪条件として、柵の全面閉塞を柵設置設計上の条件とする。この場合は設計最大降雨強度(3年確率)との重合確率は小さいので、強雨強度は1年確率で査照する。

(4) 柵設置設計において、その設計側溝流量(Q_g)は柵落下率($\lambda \leq 1$)を考慮し、即ちその当該柵の分担集水面積における降雨量の外に上流よりの柵外逸流を算入する。なお設計上は逸外流量の収束度が早いので、柵が等間隔に無限に設置されているとして $Q_g = Q' / \lambda$ とする。ただし、 $Q' =$ 設計降雨強度 \times 1柵当りの集水面積。

(5) 柵設置の設計条件にして、側溝流の通水巾は路肩の範囲とし、車道走行車による路外へ散水落水を防ぎ、走行上の安全を期する。従って柵1ヶ所当りの集水面積は、側溝縦断勾配に依り設定する。また、縦断の各部横断勾配のレベル区間には、安全上柵を多重に配置す

(6) 排水設計上の側溝縦断勾配は、橋梁構造の施工仕上り実態から、残留キンバー(凸凹共)の影響を加重した修正縦断勾配によるものとし、また、この関係から柵配列に当り、桁支承部に必ず柵を設置する。

(参考文献) 土木学会編：水理公式集(改訂版)、建設省土木研究所：路面排水に関する研究報告書

設計条件	設計措置
1. 最小断面で最大落下率及び最大排水を得る形状とする。	1. 安全率として柵閉塞率を考慮する 1. 外桁張出長制限のため柵巾を考慮する。 1. 落下率 $\lambda = 0.80 \sim 0.85$ 1. 縦断レベルにおいて $Q_i > Q_g$ (Q_i : 柵流入可能容量 Q_g : 側溝流量)
1. 柵下流の流入抵抗を小さくする。 1. 流入塵埃、土砂による柵塞要因を除く。	1. 走行安全及び強度を確保しうる範囲で格子目を大きくする。 1. 柵蓋と柵との間隙流をスムーズに流出させる。 1. 柵の柵蓋支持部を小さくする。
1. 事故挙動(走行ミス)及び非常駐車を行なう柵上通行車の走行安全を保障する。	1. 最悪条件を想定し、衝突時車体傾斜一車輪浮上の場合の柵上後輪荷重を設計荷重とする。
1. 柵の耐力性(耐衝撃性)及び耐食性を考慮する。	1. 材質強度を確保する。
1. 柵蓋空難防止用鎖が落下塵埃の引掛障害にならぬよう考慮する。	1. その目的により最小必要限のものとし、また清掃作業のための外脱に支障ないものとする。
1. 柵セットミスの安全率及び流入効率を良くするための柵周辺部の路面構造処置。	1. 柵はレベルにセットして周辺路面に落込み段差を付す。 1. 柵は地覆と密着して設置する。

表-3 柵構造の設計条件