

II-15 低い越流堰堤下流部の護床工に関する研究

大阪市立大学 工学部 正 員 工 博 永井 莊 七 郎
大阪市立大学大学院 学生員 ○ 高 田 彰

1. 緒 言

段落ち部（低い落差工）下流の河床を保護する水叩および護床工の長さ、構造は当研究室においては護床工の長さおよび構造について理論的、実験的に研究を行って来たので、こゝに38年度に行った研究結果の概要を記す。

低い溢流堰下流の河床保護区間を決める場合に農業土木方面では Bligh の式、アイオア大学の式などが用いられて来たようであるが、これらの式が段落ちの場合に適用し得るかどうかを検討するとともに、従来護床工によく用いられて来た十字ブロックの効果および安定性を調べ、更に中空4脚ブロックを護床工ブロックとして用いた場合の効果および安定性を十字ブロックと比較した。

2. 実験設備

実験は主として大和川窪田井堰を対称として行ったので、実物の $1/30$ で、幅 2.92 m ×高さ 0.23 m ×長さ約 30 m の複断面を有する模型水路で行った（図-1参照）。最大流量は $Q_{\max} = 172.4\text{ l/sec}$ （現地では $850\text{ m}^3/\text{sec}$ ），堰の上流の河床勾配 $i_1 = 1/1000$ ，下流の勾配 $i_2 = 1/1500$ ，段落ちの高さ 3.4 cm （実物では 1.0 m ）で，護床工に用いる中空4脚ブロックおよび十字ブロックは 1.0 t の $1/30$ （重量 37.0 gr ）のものを約4000個（純アルミ製）造った。図-2は段落ち部の側面図である。

図-1 取水堰および堰下流の護床工

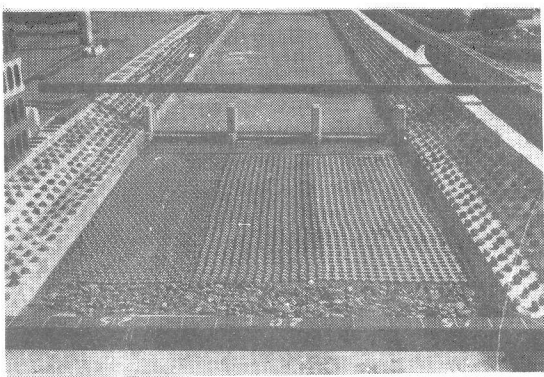
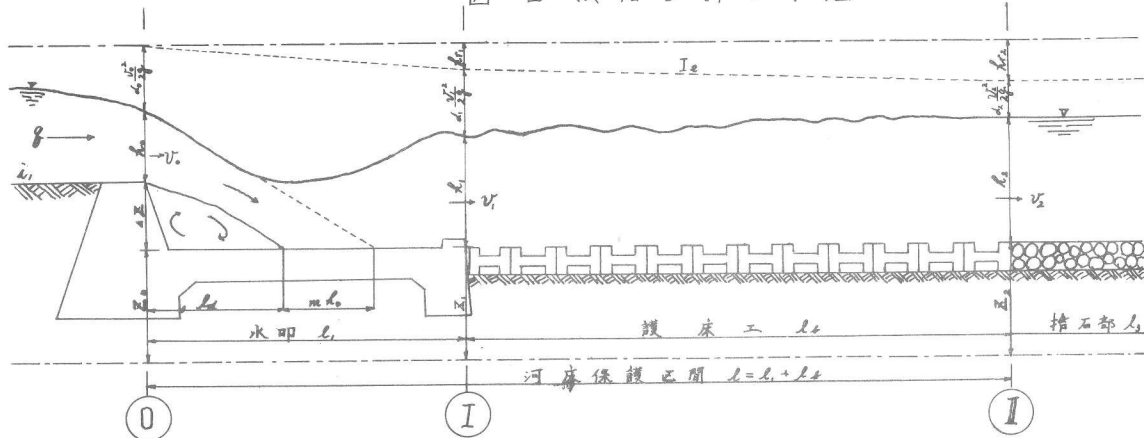


図-2 段落ち部の水理



3. 実験結果と考察 護床工は洗掘を防止すると共に、流速を減少させることが目的であるから、護床工における摩擦損失を知るために先づ両ブロックの粗度係数を測定した。

3・1 粗度係数の比較 中空4脚ブロックの粗度係数測定は幅1.5m×高さ0.5m×長さ28mの水路（勾配 $i=1/100$ ）に2.0tの $1/25$ の模型（1個128gr）約4000個を10mの区間に敷き並べ、流量 $Q_m=1.5\sim 100.4\text{ l/sec}$ 、水深 $h_m=2.8\sim 15.1\text{ cm}$ 、の範囲で行い、十字ブロックは幅0.6m×高さ0.30m×長さ15mの水路（勾配 $i=1/1500$ ）に1.0tの $1/30$ の模型（1個37.0gr）を9mの長さに約3000個敷き並べ、 $Q_m=6.0\sim 49\text{ l/sec}$ 、 $h_m=4.6\sim 16.2\text{ cm}$ 、の範囲で実験を行った。以上のようにして求めた中空4脚ブロックと十字ブロックのマンニングの粗度係数をフルードの相似率より実物の値に置き換えると表-1に示すごとくである。

表-1 中空4脚ブロックと十字ブロックの粗度係数の比較

重量別	河床の状況	中空4脚ブロックの $(n_m)_H$		十字ブロック $(n_m)_c$
		並列配置	千鳥配置	
0.5	砂礫が堆積しない場合	0.029	0.031	0.026
	砂礫が堆積した場合	0.027	0.033	0.024
1.0	砂礫が堆積しない場合	0.030	0.038	0.026
	砂礫が堆積した場合	0.028	0.034	0.025
2.0	砂礫が堆積しない場合	0.031	0.039	0.028
	砂礫が堆積した場合	0.029	0.036	0.026
4.0	砂礫が堆積しない場合	0.032	0.041	0.029
	砂礫が堆積した場合	0.030	0.037	0.028

表-1で明らかなように中空4脚ブロック千鳥配置の粗度係数は中空ブロックの粗度係数より約20～46%大きい。

3・2 護床工の長さ l_s 護床工はこれを被覆するブロックの粗度によって流勢をやわらげ、護床工下流端の底流速がそこに投入される捨石を掃流しないような大きさに減少するに必要な長さをもたなければならぬ。いま捨石の平均径を d_m 、その捨石が安全である最大の流速を u_a とすれば、近似的には玉石では $d_m \geq (1/5 \sim 1/20) u_a^2$ 、割石では、 $d_m \geq (1/5 \sim 1/25) u_a^2$ である。たゞし安全率は約1.5。従って護床工の上流端の河床付近の流速および水位がわかれば、護床工下流に用いる捨石が安全であるための最大流速以下に減少するに必要な護床工の長さを求めることが出来る。

図-2の断面ⅠとⅡの間の河床勾配が非常に急でない場合には、両断面間のエネルギー損失の大部分は河床のブロックによる摩擦損失であって

$$\Delta h_f = \frac{u_{1,2}^2}{c^2 R_{1,2}} l_s = \frac{n_m^2 (u_{1,2})^2}{(R_{1,2})^{4/3}} l_s \quad \text{----- (1)}$$

護床工に中空4脚ブロックを用いた場合は

$$(\Delta h_f)_H = \frac{(n_m)_H^2 \cdot (u_{1,2})_H^2}{(R_{1,2})_H^{4/3}} (l_s)_H \quad \text{----- (2)}$$

十字ブロックを用いた場合は

$$(\Delta h_r)_c = \frac{(n_M)_c^2 \cdot (V_{b2})_c^2}{(R_{b2})_c} (l_b)_c \quad \text{----- (3)}$$

同じ損失水頭を得るためには(2)式=(3)式となる。

$$\therefore \frac{(l_b)_H}{(l_b)_c} = \frac{(n_M)_c^2 \cdot (V_{b2})_c^2 \cdot (R_{b2})_H^{\frac{4}{3}}}{(n_M)_H^2 \cdot (V_{b2})_H^2 \cdot (R_{b2})_c^{\frac{4}{3}}} \quad \text{----- (4)}$$

護床工の長さはそれほど長くないので一般に $(R_{b2})_H \approx (R_{b2})_c$ において差支えない。また護床区間は近似的には等速流と考えると Δh_r が等しい区間の平均流速はほぼ等しい。故に $(V_{b2})_H \approx (V_{b2})_c$ となる。

$$\therefore \frac{(l_b)_H}{(l_b)_c} = \left\{ \frac{(n_M)_c}{(n_M)_H} \right\}^2 \quad \text{----- (5)}$$

いま1.0土の中空4脚ブロックの千鳥配置と十字ブロックについて比較すると

ブロックの間に砂が堆積しない場合は

$$\frac{(l_b)_H}{(l_b)_c} = \left(\frac{0.026}{0.038} \right)^2 = 0.47$$

ブロックの隙間が砂礫で詰った場合には

$$\frac{(l_b)_H}{(l_b)_c} = \left(\frac{0.025}{0.034} \right)^2 = 0.54$$

となり、中空4脚ブロックの方が約1/2の長さで同じ摩擦損失を生ずることになる。いいかえると護床

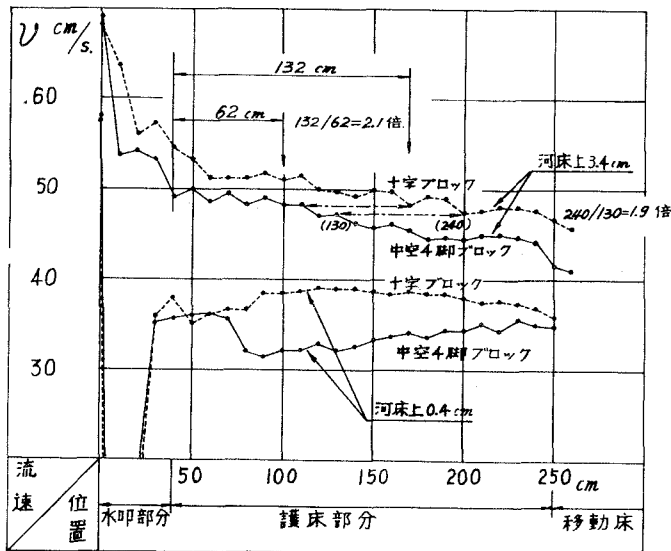


図-3 縦断方向の流速分布の比較

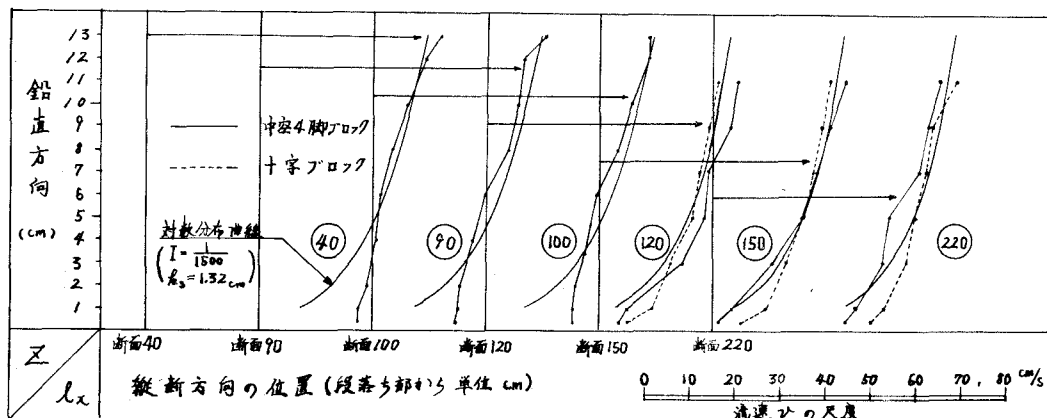


図-4 鉛直方向の流速分布の比較

工下流端の流速を同じ大きさに減少させるに必要な長さは、中空4脚ブロックを用いれば十字ブロックを用いた場合の半分の長さでよいことが分かる。このことは実験によって確かめられた。図-3はその1例を示す。なお図-4は鉛直方向の流速分布の比較、図-5は横断方向の流速分布の比較を示したものである。

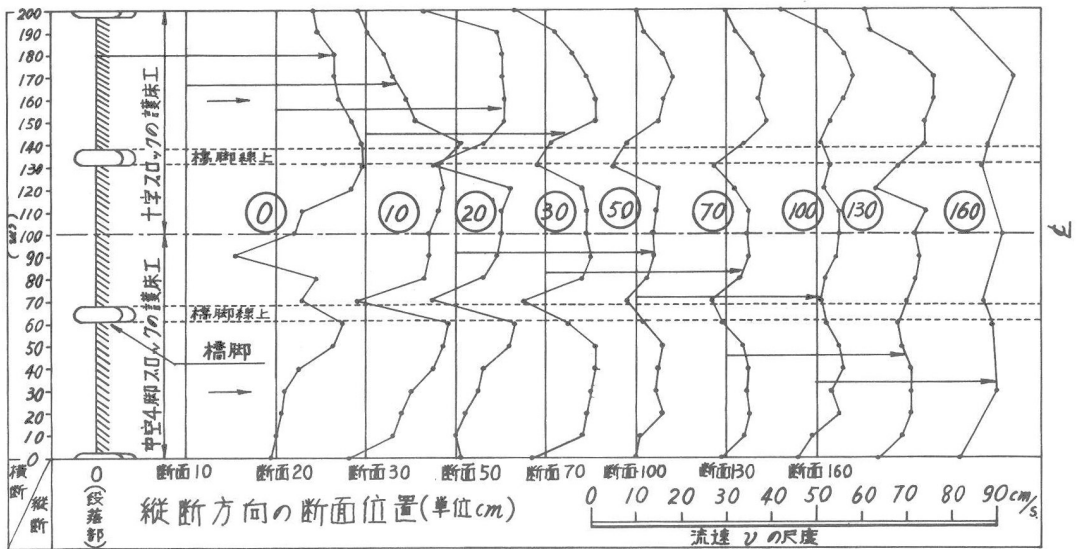


図-5 横断方向の流速分布の比較

3・3 ブロックの安定性の比較

十字ブロックを用いた場合には写真に見られるようにブロックの間隙の渦作用によって洗掘されるため沈下散乱する傾向があるので、ブロックの河床接地面積を大きくすると共に、ブロック相互を鉄筋で連結する必要がある。

