

ガンロックの防災性能の向上に関する研究

徳山工業高等専門学校 学生会員 ○大中 臨
徳山工業高等専門学校 正会員 渡辺 勝利
徳山工業高等専門学校 正会員 佐賀 孝徳

1. はじめに

図-1 は、ガンロック(株キッコウ・ジャパン)と呼ばれる鉄筋コンクリート製ブロックである。本ブロックは、「Ⅱ」型の部材(以下、棧部と呼ぶ)と棒状の部材(以下、テールと呼ぶ)を組み合わせた形状を呈する。その背後に石材を充填することにより、図-2 のような擁壁を築造できる。この工法をガンロック工法という。ガンロック工法は、空積み工法を採用していることから、石材の間に樹木の植栽や小動物等の住空間の確保など、自然環境の創出が可能となっている。このようなガンロックの効果は、治水の安全性を確保すると共に、それぞれの河川が有する良好な河川環境の創出と保全を加味した指針、いわゆる「多自然川づくり」を進める上で、非常に有利であり、河川護岸への適応が期待されている。

昨年度、著者らは、ガンロックの護岸模型を用いて実験を行い、その水理特性を明らかにしたり。しかしながら、図-3 に示すように、強度の高い降雨の発生回数は、年々上昇傾向にあり、豪雨による災害のリスクは年々増加している。²⁾ したがって、護岸の防災性能、すなわち、粗度係数の向上、護岸付近での流速減速範囲の拡大、高速域の水路中央への輸送効果を高めることは、今後の河川整備において極めて重要な課題である。そこで本研究では、ガンロックの防災性能を高めるため、形状に改良を加えたガンロック(以後、斜材付きガンロックと呼ぶ)を提案し、その模型を作成して実験を行い、その粗度係数、流体力に対する安定性、護岸周辺の流速分布特性および内部流況の特徴等の諸特性を明らかにした。

2. 実験装置および実験方法

本研究では、図-4 に示すような、勾配を 1/1000 に調節した、全長 10m、幅 60 cm、高さ 15 cmのアクリル樹脂

キーワード ガンロック、護岸、粗度係数、流体力、二次流、縦渦構造

連絡先 〒745-8585 山口県周南市学園台

T E L 0834-29-6200



図-1 ガンロック外観図



図-2 ガンロック工法による法面施工例

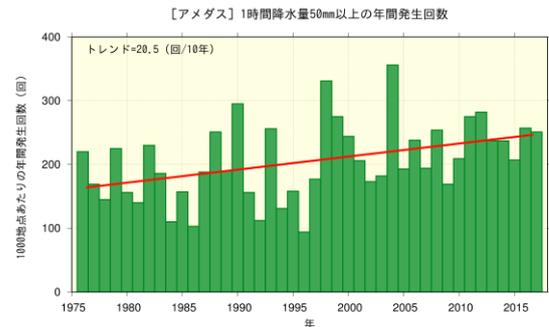
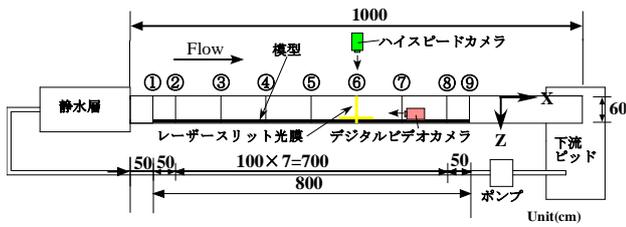
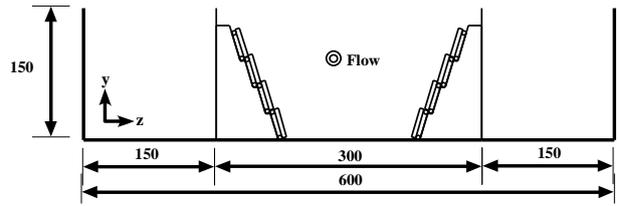


図-3 全国(アメダス)の1時間降水量50mm以上の年間発生回数

板製循環型直線開水路を用いた。この水路に、図-5 は斜材付きガンロック模型図である。縮尺は 1/33 で、実物のガンロックの棧部のみを切り取ったような形に、5mm×5mm×40mm の直方体の部材を斜めに組み合わせて作成した。図-6 には、ガンロック模型の配置図を示している。なお、図-6 に示す斜材の配置は、渡辺、塩田らが護岸の中央側へ部材を配置する事により、大規



(a)平面図(PTV, 可視化実験時)



(b)水路断面図(水面形計測時)

図-4 実験水路

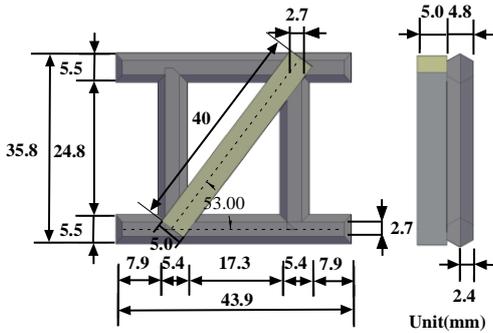


図-5 斜材付きガンロック模型スケール

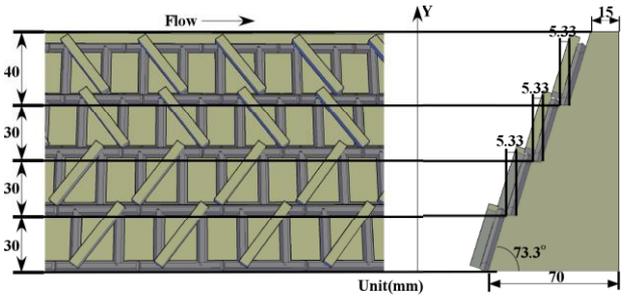


図-6 斜材付きガンロック模型配置概要

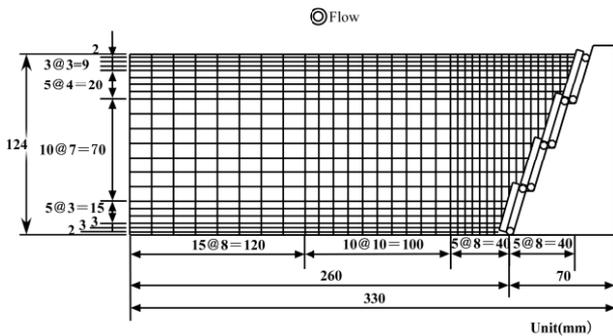


図-7 斜材付きガンロック流速計測スリット位置

模な縦渦を発生させることを明らかにしている³⁾ため、その配置を参考とした。本水路の上流 50cm の位置から 8m に亘って、流速計測時は右岸側に、水面計測時は幅を狭めた水路の両岸に設置した。流速計測には、PTV(Particle Tracing Velocimetry)を採用した。トレーサーには、平均粒形 100 μ m、比重 1.04 のリルサン粒子、照明にレーザースリット光膜(PIVLaserG100、カトウ光研)を用いた。図-7 には、斜材付きガンロック設置時のレーザースリット光膜の照射位置を示しており、断面数は鉛直方向 36 断面、水平方向 20 断面とした。各断面における粒子流動画像から、流速ベクトルを求めるために、その画像を 60 秒間(6000 枚)に亘ってコンピューターに取り込み、FlowPTV(株ライブラリ)を用いて解析し、統計解析をさらに行って平均流速分布を求めた。水面計測においては、図-4 (b) のように水路幅を 30

cmにした水路の両岸にガンロック護岸模型を設置し、図-4 (a) に示した①～⑨の各断面において水深を測定した。計測にはデジタルポイントゲージを用いた。流れの内部流況の可視化には、蛍光染料注入法を用いた。本方法では、可視化断面上流から 200 cc 程度の蛍光染料水溶液(比重 1.005)を静かに注入し、前出のレーザースリット光膜を流れの横断面に照射した。トレーサーによって可視化された流体運動の流況を、可視化断面位置から 1.5m 程度下流に置いた鏡(5cm \times 5cm)を通して、デジタルビデオカメラ(Sony DCR-VX2000)を用いて撮影した。

実験条件は表-1 に示す通りである。Case SU は水面形計測時、Case VE は可視化実験時、Case VI は流速計測時におけるそれぞれの流れの条件を表している。また表中の Q は流量、 H_m は平均水深、 ν は動粘性係数、 U_m は断

表-1 実験条件

Case	$Q(\text{cm}^3/\text{s})$	$H_m(\text{cm})$	$U_m(\text{cm}/\text{s})$	$\nu(\text{cm}^2/\text{s})$	$Re(U_m h/\nu)$	$Fr(U_m/gH)^{0.5}$
SU1	8168	10.89	40.61	0.008764	50465	0.393
SU2	6406	11.83	28.65	0.008764	38672	0.266
SU3	5071	12.20	21.80	0.008636	30797	0.199
VE	3967	12.40	5.86	0.008856	8207	0.053
VI	8228	12.40	12.16	0.008654	17420	0.110

表-2 マニングの粗度係数評価結果

Case	Q(cm ³ /s)	hm(cm)	n _a	n _{mG}	n _{pG}	n _{pG(ave)}
SU1	8168	10.89	0.0105	0.02304	0.04126	0.041
SU2	6406	11.83		0.02287	0.04096	
SU3	5071	12.20		0.02323	0.04160	

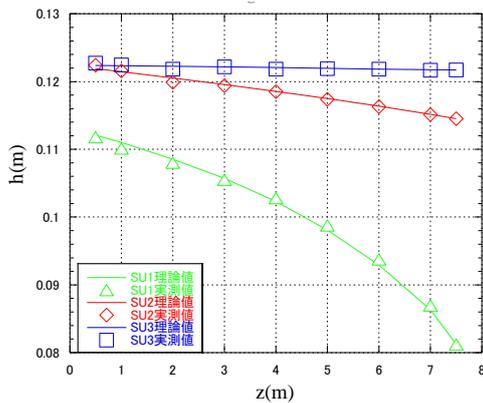


図-9 標準逐次計算結果と水面計実測結果との対応

面平均流速, $Re(=U_m H/\nu)$ はレイノルズ数, $Fr=U_m/(gH_m)^{1/2}$ はフルード数を表している.

3. 実験結果および考察

(1) 粗度係数の評価

粗度係数の評価においては、まず、水面計計測結果から、標準逐次計算法⁴⁾を用いて模型水路全体の粗度係数を逆算して求めた。図-9には、標準逐次近似曲線と水深計測結果との対応結果を示しており、両者には良好な一致が認められる。表-2には、斜材つきガンロック模型の、粗度係数と実物のガンロックの粗度係数(n_{mG} および n_{pG})をまとめて示しており、n_{pG} は 0.041 となった。斜材を加える前のガンロックの粗度係数が 0.034 であるため¹⁾、斜材つきガンロックの粗度係数の向上が確認できた。

(2) 流体力に対する安定性の照査

本研究では、ガンロックの破壊機構を流体力(抗力、揚力)によるものと仮定し、安定性を照査するために、モデルでは護岸最上段の単独のガンロックを対象として、流体力に関するモデルを作成した。そして、作成したモデルの栈部に作用する抗力と、ガンロックに載荷された石材とガンロックの自重との摩擦抵抗分との釣り合い式から、ガンロックが安定を保つ護岸近傍での

表-3 設計水深 H_d と V_{Do} と V_{Lo} の計算結果一覧

H _d (m)	V _{do} (m/s)	V _{lo} (m/s)
1	16.88	7.24
2	21.55	9.24
3	24.28	10.41
4	26.22	11.25
5	27.72	11.89
6	28.95	12.42

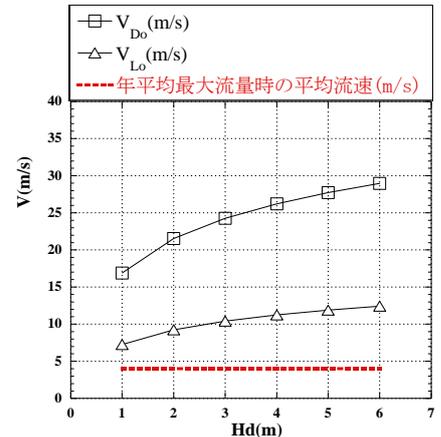
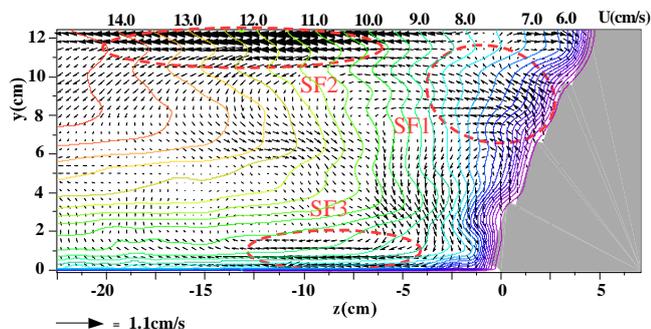


図-10 設計水深 H_d と V_{DO} と V_{LO} のグラフ

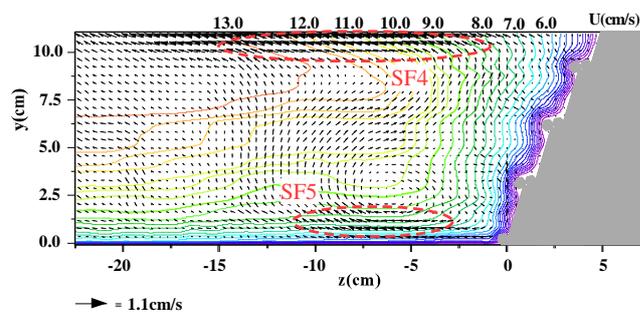
限界流速を導き、変換式により、設計水深(H_d)において、ガンロックが掃流力に対して安定を保つ限界の断面平均流速(V_{Do})と揚力に対して安定を保つ限界の断面平均流速(V_{Lo})を導出した。その計算結果が表-3 であり、表-3 の値をプロットしたものが図-10 である。急流河川における、年平均最大流量時の平均流速が 2-4m/s であるため⁵⁾、ガンロックの流体力に対する高い安定性が示された。

(3) 流速分布特性

図-10 は、斜材付きガンロック設置時(以下、斜材付きガンロック粗面流れと呼ぶ)および、ガンロック設置時(以下、ガンロック粗面流れと呼ぶ)における2次流および主流速等値分布を示している。斜材付きガンロック粗面流れでは、SF1に示すように階段模型中央の段から斜めに上昇する強度の強い二次流が形成されている。これは、流体が斜材によって縦渦構造の生成が促され、斜材の交わる地点で縦渦が合体・発達したためだと考えられる。また、SF2, SF3に示すように、ガンロック粗面流れにも、SF4, SF5に示すよう水表面と底壁面付近に水路中央に向かう横流れがあるが、斜材付きガンロックの方がその強度が高いことは明らかである。また、それらの二次流に対応するように、主流速が低減されていることが明らかとなった。

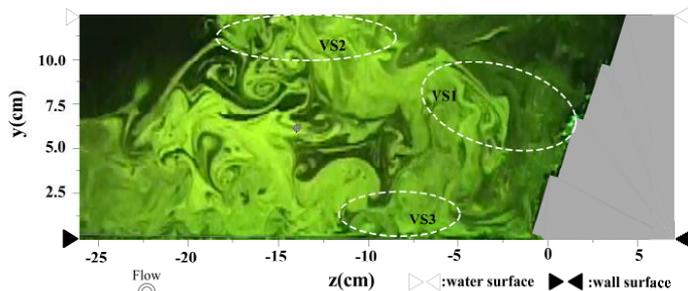


(a)斜材付きガンロック粗面流れ

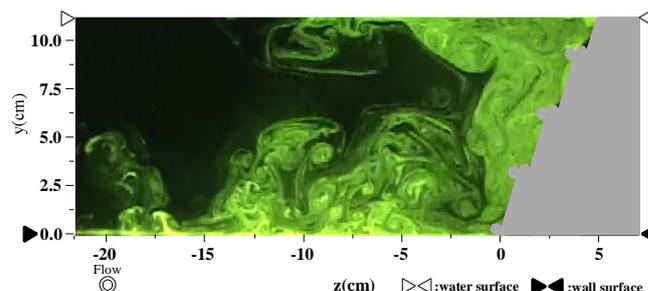


(b)ガンロック粗面流れ

図-11 主流速等値線図および二次流分布 (V, W)



(a)斜材付きガンロック粗面流れ



(b)ガンロック粗面流れ

図-12 内部流況の可視化結果の一例

(4) 内部流況

図-11には、斜材付きガンロック粗面流れおよびガンロック粗面流れの横断面視の一例が示されている。

同図(a)の斜材付きガンロック粗面流れでは、同図(b)のガンロック粗面流れよりも広範囲に縦渦構造が形成されていることが確認でき、VS1, VS2, VS3に示すように、流速分布導出時に見られた二次流に対応する流れが確認できた。このことから、斜材付きガンロックによって形成された大規模な渦構造が、ガンロック粗面流れよりも強度の高い二次流を形成し、流速を低減させていると考えられる。

4. まとめ

本研究において得られた主要な結論を以下に示す。

- (1) 斜材付きガンロックを設置した水路での水面形計測および標準逐次計算法を用いて、斜材付きガンロックの粗度係数を算出し、0.041を得た。
- (2) 斜材付きガンロックに関する力学モデルより、抗力および揚力に対する限界流速が求められ、流体力に対する高い安定性が確認された。
- (3) PTVを用いた流速計測から、斜材付きガンロック粗面流れではガンロック粗面流れよりも側壁付近が低速傾向となり、高速域が側壁からより遠ざけられること、また、階段模型中央部から斜めに上昇する、強度の

強い渦が長期的に形成され、流速を低減させることが明らかとなった。

- (4) 可視化実験より、斜材付きガンロック粗面流れにはガンロック粗面流れよりも規模の大きな縦渦構造が形成されており、これらが、ガンロック粗面流れよりも大規模な二次流を形成し、流速を低減していることが推察された。

以上より、ガンロックに、護岸の中央に向かうように斜材を加えることで、ガンロックの防災性能が向上することが明らかとなった。

参考文献

- 1) 大中 臨：ガンロックの水理特性に関する研究，徳山工業高等専門学校卒業研究論文集，2017
- 2) 気象庁：全国（アメダス）の1時間降水量50mm以上の年間発生回数，気象庁ホームページ
- 3) 渡辺勝利，塩田洋輔，佐賀孝徳，朝位孝二：ジグザグ粗度による湾曲流の主流速制御に関する研究，土木学会論文集 B1(水工学) Vol.73, No.4, I_715-I_720, 2017.
- 4) 日下部重幸，檀和秀，湯城豊勝：環境・都市システム系教科書シリーズ7，pp.135，コロナ社，2002.
- 5) 北陸急流河川研究会：治水と環境の調和した河岸防護技術の手引き，pp.9，北陸地方整備局，2013.