

袋川における平成16年台風21号の洪水災害に関する研究

出雲土建株式会社 正会員 ○小畑 玲一

鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治

鳥取大学工学部 正会員 梶川 勇樹

1. はじめに

平成16年は観測史上最多となる台風の上陸や、集中豪雨による被害が日本各地で発生した。鳥取県東部を流れる千代川の支流である袋川でも、台風21号による洪水（9月29日～30日）により、低水護岸の洗掘や、親水施設である『水辺の学校』が被災するなどの被害が発生した。特に、低水護岸被害では、コンクリート護岸直下流部における植生護岸の侵食被害が目立った。現在、これらの被災箇所では災害復旧工事が進められているものの、これらの被災原因を究明し、今後の河道計画に反映していく必要がある。そこで、本研究では、これらの災害の中でも低水護岸被害に着目し、平面2次元流モデルによる数値解析を用いて被災時における被災箇所周辺での侵食力を推定し、植生護岸の侵食耐力との比較によってその被災メカニズムについて検討した。

2. 被災概要

図-1に示すように、袋川流域では台風21号の接近に伴い、29日16時から20時までの間に激しい雨を観測した。強い雨は22時過ぎにはおさまったが、30日の朝まで雨は降り続き、2日間の総雨量は196mmに達した。袋川では17時から20時にかけて急激に水位が上昇し、過去20年で2番目の規模となる最大流量328.12m³/sを観測した。この洪水により、袋川では低水護岸の洗掘（3箇所）、護岸の崩落（1箇所）、堤防法面の洗掘（1箇所）、『水辺の学校』で洗掘・堆積（3箇所）という被害が発生した。本研究で対象とする大杣（袋川下流端より上流3.4km）地点では、断面形が流下方向にほぼ一定の直線部であったが、右岸低水護岸のコンクリート護岸直下流部において約64mの侵食が発生した。

3. 被災箇所の侵食耐力

植生護岸の侵食被害は、洪水による侵食力が河岸の侵食耐力を上回った際に発生する。本研究では、河岸の侵食耐力を、望月ら¹⁾の方法に従い(1)式を用いて算定する。対象としている大杣地点の自然護岸はオギに覆われていたが、ここでは、望月ら¹⁾が示している自然護岸における許容侵食深 $Z_{brk} = 2.0\text{cm}$ として侵食耐力を算定した。根毛量を $0.8 \sim 1.2\text{kN/m}^2$ ($\alpha = 3.0 \sim 5.0$)とすると、3時間の洪水に対して植生の侵食耐力は $31.5 \sim 87.6\text{N/m}^2$ という結果が得られた。

4. 数値解析法

先に述べたように、対象区間では断面形が流下方向

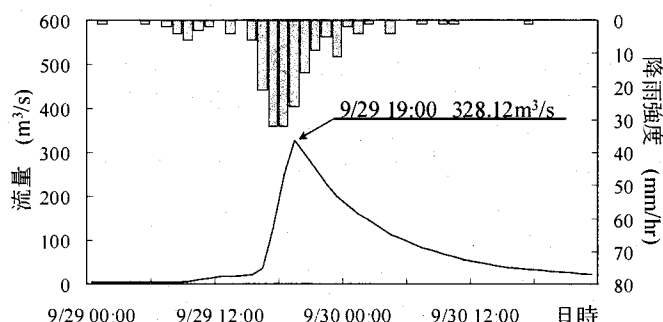


図-1 平成16年台風21号時 ハイドログラフ

$$\left. \begin{aligned} u_{*c} &= \frac{Z_{brk}}{\alpha} \times \frac{1}{\log t} \\ \alpha &= -5\sigma_0 + 9 \end{aligned} \right\} \dots\dots (1)$$

ここに、 u_{*c} は表面侵食耐力 (m/s)、 Z_{brk} は許容侵食深 (cm)、 α は侵食されやすさを表すパラメータ、 t は洪水継続時間(min)、 σ_0 は地表面から深さ3cmまでの単位体積当たりの土中に含まれる根および地下茎の総重量 (kN/m³)

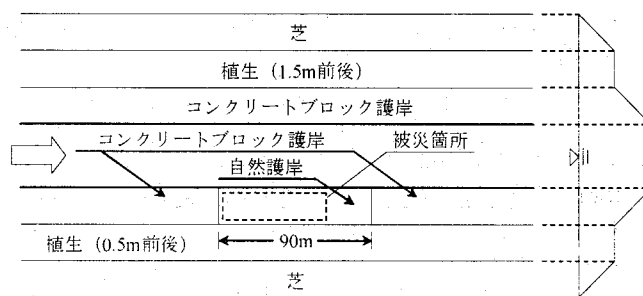


図-2 モデル河川流路（大杣地点）

にほぼ一定の直線水路であるため、ここでは、流路の簡略化を行なったモデル河川を対象に計算を行なった。流れの基礎方程式には 2 次元浅水流モデルを使用し、基礎方程式の離散化には MacCormack 法を採用した。モデル河川の格子には可変格子系を採用し、格子間隔を流下方向 $\Delta x=2.0\text{m}$ の一定とし、 Δy は横断方向に異なる値を用いた。図-2 に構築したモデル河川流路を、表-1 にモデル河川に用いた粗度係数を示す。また、表-2 に計算条件を示す。

5. 計算結果と考察

計算結果として、まず、図-3 に被災箇所周辺部における流速ベクトル図を示す。点線枠は被災箇所を示している。図より、 $x=160\sim 200\text{m}$ 付近において、低水護岸および高水敷上で流速ベクトルに乱れが生じている。これはせん断不安定現象と考えられる。図-4 に、コンクリート護岸と自然護岸の境界部分である $x=200\text{m}$ と、それぞれ被災箇所上流の $x=150\text{m}$ および被災箇所下流の $x=290\text{m}$ 地点の流下方向流速を比較したものを示す。図より、 150m 地点に対して 200m 地点では高水敷上の流速が低下しているが、これは先ほどのせん断不安定現象による影響と考えられる。また、 290m 地点では高水敷上の流速は増加し、低水護岸上の流速は減少している。これは、自然護岸上では粗度が大きいためにこの付近の流速は減少し、高水敷上の流れとの流速差が小さくなったことにより、せん断不安定現象が解消されたと考えられる。その結果、高水敷上の流れがスムーズになり、流速は増加したと考えられる。

図-5 に計算による被災箇所付近の底面せん断応力コンター図を示す。被災箇所は点線枠の $x=200\sim 264\text{m}$ である。コンクリート護岸下流側で急激にせん断応力が増加している。この原因は、粗度の小さいコンクリート護岸区間で加速された流速によるものであり、粗度変化によるせん断応力の急上昇によって、コンクリート護岸下流側では侵食が発生しやすくなることが予想される。先に推定した自然護岸の侵食耐力と比較すると、最大侵食耐力である 87.6N/m^2 以上を示す箇所は実際の侵食域よりも下流に広がっているが、定性的な傾向はよく再現できていることが分かる。

6. おわりに

数値計算により、コンクリート護岸から自然護岸といった粗度係数が流下方向に対して急激に大きくなる箇所では、コンクリート護岸区間で加速された流れの影響を受け、その直下でせん断応力が急激に上昇し、侵食されやすいことが分かった。今後、このような護岸接続部での侵食対策が必要である。

【参考文献】1)望月ら：洪水流を受けた時の多自然型河岸防御工・粘性土・植生の挙動，土木研究所資料，1997。

表-1 法面の被覆状況による各粗度係数

	粗度係数		粗度係数
コンクリートブロック護岸	0.024	植生 0.5m前後	0.040
玉石護岸	0.027	植生 1.5m前後	0.050
芝	0.032	低水路	0.040

表-2 計算条件

河床勾配 i_b	1/317.5	下流端水深 $h_t(\text{m})$	2.855
流量 $Q(\text{m}^3/\text{s})$	328.12	$\Delta t(\text{sec})$	0.01

※流量は一定として計算

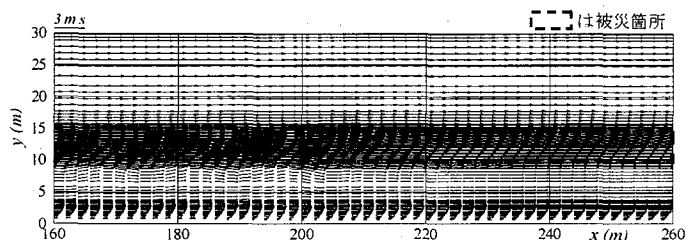


図-3 被災箇所周辺における流速ベクトル図

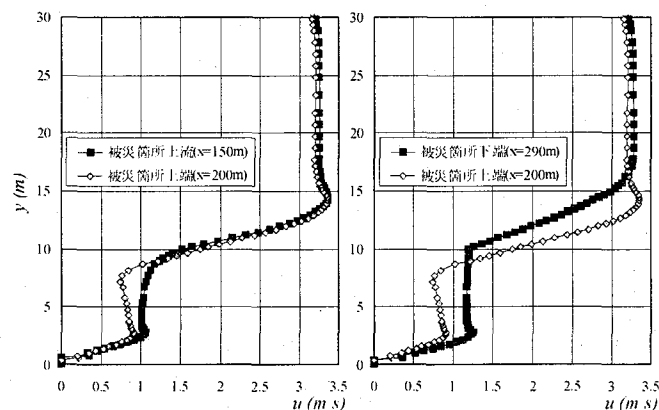


図-4 流下方向流速の比較図

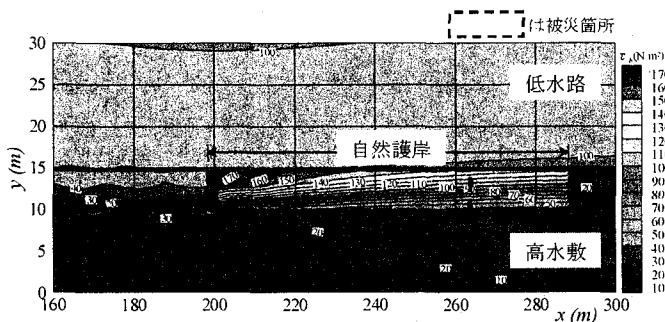


図-5 底面せん断応力コンター図