水工学論文集 第40巻 1996年2月

植生流路における洪水波伝播に関する実験的研究

Experimental Study on Characteristics of Flood Wave Propagation in a Vegetated Channel

清水義彦*・小葉竹重機*・江崎一博**・茂木宏一***
By Yoshihiko SHIMIZU, Shigeki KOBATAKE , Kazuhiro EZAKI and Kouichi MOTEGI

A knowledge of the nature of flood wave propagation in vegetated rivers is very important for predicting the flood routing. Vegetation in rivers often make sudden-contractions and cause high flow resistance at a flood stage. The high water stage and the channel storage of flood appear, due to the backwater effect of vegetation roughness. In this paper, the characteristics of flood wave propagation in a vegetated channel are studied through fundamental experiments with changing the rate of vegetation-covered area which is defined as the ratio of the vegetation-covered area to the non-covered area. Especially, the relationships between the rate of vegetation-covered area and the increasing rate of the maximum water stage, the decreasing rate of the maximum food discharge are investigated.

Keywords : vegetated channel, flood wave propagation, channel storage

1. まえがき

実河道では河道横断面の一部が植生群によって覆われ，河積の減少する区間がしばしば見られる．たとえば，高水敷や砂洲上に繁茂した樹木群によって洪水時に河道狭窄部を作りだすことも少なくない．こうした区間の上流側では一般に堰上げとなって洪水の疎通能力は阻害されるものの，その下流側では洪水のピーク流量が低減し，いわゆる河道貯留を産んで治水上有利になることがある．このように植生群落の規模（河道断面における植生の被覆率や密生度）が洪水波形や河道貯留に及ぼす影響を把握することはきわめて重要であり，こうした知見によって河道改修に伴う植生の伐採・保存について河川水理の立場から有益な情報を与えることが可能となる．さらには植生に河道遊水効果を期待した河川計画も考えられよう．しかしながら現状ではこうした研究はほとんどなされていない．

本研究は，植生流路における洪水伝播特性を把握する研究の第一歩として，植生粗度による堰上げ効果，植生の被覆率と洪水のピーク水位の増加やピーク流量の低減との関係および植生流路における洪水波形の変形について開水路水理実験から検討した．

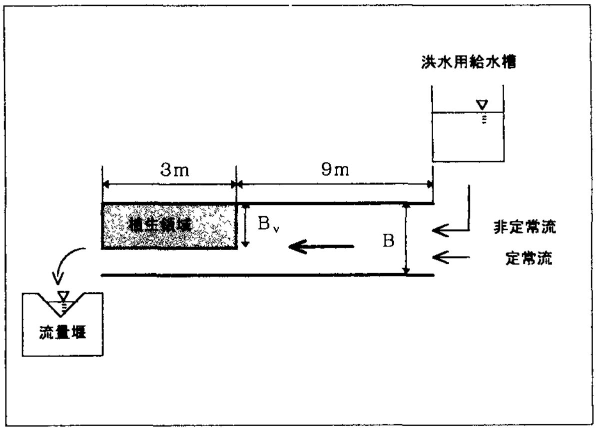
* 正会員 工博 群馬大学助教授 工学部建設工学科
（〒376 桐生市天神町 1-5-1）
** 正会員 工博 群馬大学教授 工学部建設工学科 （同上）
*** 学生会員 群馬大学大学院工学研究科博士前期課程 （同上）

2．実験方法

実験水路は図-1に示すように水路幅30cm（=B），縦断長さ12mの直線水路であり，水路上流に定常流用の給水装置の他に貯水槽を設け，その貯水槽の流出バルブを瞬間的に開放することによって非定常流（洪水流）を与えた．実験で用いた模擬植生材料は直径0.18cmの竹ひごで，これを一定幅（B_V）の塩ビ板上に2cm間隔の格子状で植え付け，これを水路右岸に沿って水路下流端から3mの区間にわたって配置し，模擬植生群落とした（B_V：植生帯幅）．植生群落の規模を変えるため，水路幅に対する植生群落幅の比（B_V／B）を植生の被覆率と定義して，これを0（植生なし），0.37，0.50，0.63の4ケースについて実験した．なお，模擬植生は剛な材質で流れに対して変形せず，洪水のピーク水位においても植生は非水没の条件で実験している．水路内には植生群落区間の始まる直前面とその上流1mの地点，また，下流端に設置された三角堰にそれぞれサーボ式水位計を設置し，ベース流量（Q_B）と洪水規模ともに3種類変えて，水位波形と流量波形を計測した（洪水規模のL，M，Sはピーク流量でそれぞれ3.5，2.8，2.0 x $10^{-3}m^3/s$程度に相当する）．表-1に実験条件をまとめる．なお，今回の実験ケースはいずれも場合も1/500の水路床勾配で行っている．

表－1　実験条件表

ケース名	植生の被覆率	ベース流量 Q_B (cm^3/s)	洪水規模
AN-1	0	1347	L
AN-2	0	1347	M
AN-3	0	1347	S
BN-1	0	1548	L
BN-2	0	1548	M
BN-3	0	1548	S
CN-1	0	2053	L
CN-2	0	2053	M
CN-3	0	2053	S
A11-1	0.37	1347	L
A11-2	0.37	1347	M
A11-3	0.37	1347	S
B11-1	0.37	1548	L
B11-2	0.37	1548	M
B11-3	0.37	1548	S
C11-1	0.37	2053	L
C11-2	0.37	2053	M
C11-3	0.37	2053	S
A15-1	0.5	1347	L
A15-2	0.5	1347	M
A15-3	0.5	1347	S
B15-1	0.5	1548	L
B15-2	0.5	1548	M
B15-3	0.5	1548	S
C15-1	0.5	2053	L
C15-2	0.5	2053	M
C15-3	0.5	2053	S
A19-1	0.63	1347	L
A19-2	0.63	1347	M
A19-3	0.63	1347	S
B19-1	0.63	1548	L
B19-2	0.63	1548	M
B19-3	0.63	1548	S
C19-1	0.63	2053	L
C19 2	0.63	2053	M
C19-3	0.63	2053	S



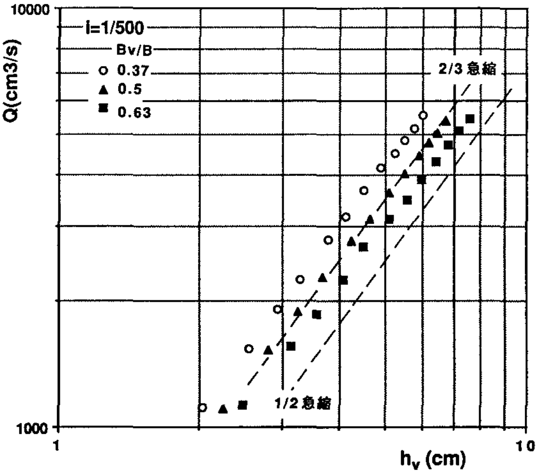
図－1　実験水路

3．実験結果

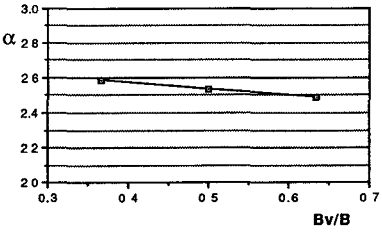
3-1　植生群落による堰上げ水深と流量の関係

はじめに，定常流を与えて植生群落区間の始まる直前面の水深h_v（これを堰上げ水深と定義する）と流量（Q）の関係を調べた．図-2に堰上げ水深と流量の関係を対数目盛で表示した．被覆率が大きいほど堰上げ水深も大きく，堰上げ水深と流量の関係はいずれの植生の被覆率の場合においても一定の増加傾向を示している．図中の点線は水路断面が1／2，2／3に急縮した場合の関係で[1]，これによると，水路半断面が植生に覆われた場合の堰上げ効果は水路断面が2／3に急縮した場合のそれに匹敵している．今回の実験で用いたモデル植生群落では，植生による単位体積あたりの水の排除率は1％にも満たないもの

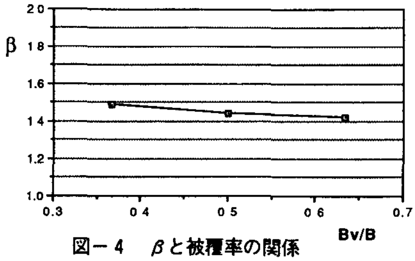
の堰上げ効果は大きい．小葉竹ら[1]は急縮による堰上げ水深と流量の関係は$Q=10^{\alpha}h^{\beta}$で表現できるとし，指数βはほぼ３／２になることを提案しているが，ここでもそれを適用してα，βを求めると，図-３，４のようになる．αは被覆率の増加とともに減少し（抵抗が大きくなり），一方βは1.4～1.5程度となってほぼ３／２乗で近似できそうである．このことは急縮部同様，植生部直前面が上流側の流れをコントロールする支配的な断面となることを示唆する．



図－２　堰上げ水深と流量の関係



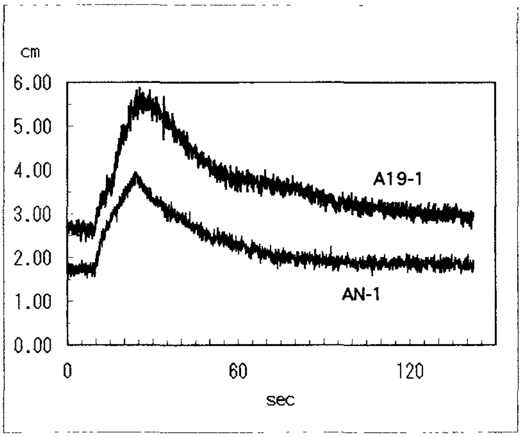
図－３　αと被覆率の関係



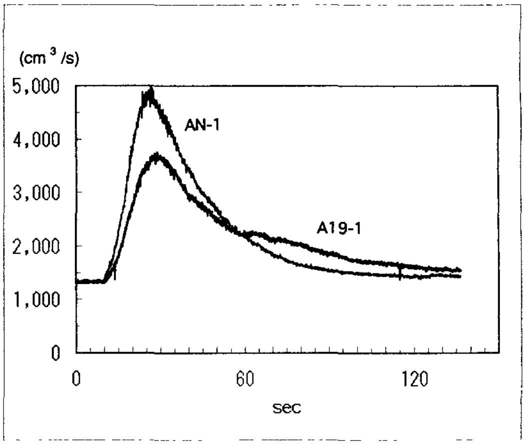
図－４　βと被覆率の関係

３－２　非定常流実験結果

図-５は同一基底流量・洪水流量のもとに植生がある場合とない場合の水深波形を立ち上がり時刻を同じにして比較したものである．植生のある場合の水深波形は植生区間直前面で計測したもので，植生なしと比べると洪水の立ち上がり以前から堰上げの影響を受けて水位は高く，ピーク水位もいっそう大きくなる．一方，図-６は同様に植生がある場合とない場合の下流端堰における流量波形を立ち上がり時刻を同じにして比較したもので，植生がある場合ピーク流量は低減し，平滑化された波形勾配を有している．



図－５　植生水路と非植生水路の水深波形の比較

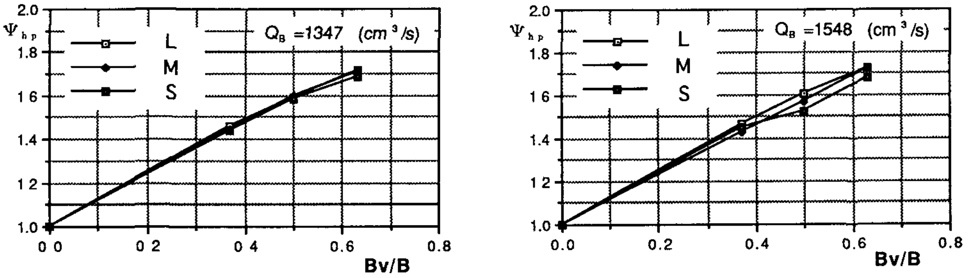


図－６　植生水路と非植生水路の流量波形の比較

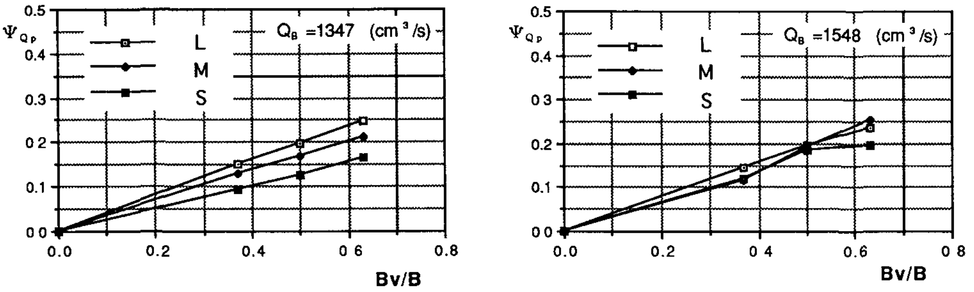
こうしたピーク水位の増加やピーク流量の低減すなわち河道貯留分が洪水の規模や植生の規模によってどの程度の大きさになるかを知ることが重要で，次に，洪水の規模，植生の被覆率の違いによる植生区間直前面でのピーク水位と下流側洪水ピーク流量の変化を調べてみた．

図-７は植生の被覆率に対するピーク水位増加率Ψ_{hp}，図-８は植生の被覆率に対するピーク流量の低

減率Ψ_{Qp}を同一基底流量で洪水規模を変えて示したものである．図-7よりΨ_{hp}は洪水規模にあまり関係せず，被覆率にほぼ比例し，被覆率0.5ではピーク水深は1.5～1.6倍となる．一方，図-8よりΨ_{Qp}は洪水の規模に依存し，被覆率の増加に対しこれもほぼ線形に増加していく．被覆率0.5ではピーク流量の15～20％のカットが生ずる．



図－7　植生の被覆率に対するピーク水位の増加率



図－8　植生の被覆率に対するピーク流量の低減率

図-7，8をより広い条件のもとで詳しく調べることで洪水規模と植生規模に応じたピーク水位上昇とピーク流量低減が分かり，植生流路での洪水追跡が可能となる．

4．あとがき

本研究は，植生流路における洪水特性のうち，とくに植生の被覆率と洪水のピーク水位の増加とピーク流量の低減の関係について調べた．今後，数値計算を含めて植生流路の洪水波形についてより系統的に検討する予定である．本研究を進めるにあたり（財）群馬大学科学技術振興会の研究助成を受け，実験及びデータ整理に群馬大学大学院生・甲斐誠士君，工学部生・栗原仁君，斉藤正敏君の協力を得た．記して謝意を表す．

参考文献

1）小葉竹・江崎・向後・岩井：断面急縮部における非定常水理量の解析手法，
　　水工学論文集，第34巻，pp. 283-288，1990.