

加藤清正による流水制御法「石塘」の機能評価

熊本大学工学部
熊本大学大学院

学生会員○富本 和也
正会員 大本 照憲

1.はじめに

熊本市の中心市街部を流れている白川、坪井川および井芹川は、藩政時代に加藤清正により、付け替え工事が実施され、白川と坪井川は石塘を通して分流させ坪井川と井芹川は逆に市街部において合流させていたことが近世の河川絵図から確認されている。しかし、熊本市の治水安全度を考える上で要衝とも言える石塘の構造および機能については十分な検討は成されていない。

伝統的河川工法である石塘を、歴史的考察に加えて河川工学的立場から実証的な機能評価を行なうことは、今後の河道計画に活かす上で重要なことであると考えられる。

そこで、本研究では縮尺 1/250 の水理模型実験を実施し、石塘の水位制御、湾曲部二次流制御、河床せん断応力、水衝部緩和の機能に着目し検討を試みた。

2.石塘

石塘は藩政時代に、熊本城下町形成の際に白川と坪井川の分流工事のために造られたとされる延長 180 間の背割堤である。石塘が造られた場所は大きく湾曲しており、白川と坪井川が接近した地点で洗掘などによる破堤がたびたび起こった事が「藤公遺業記」¹⁾に記されている。そのため白川湾曲部外岸側の洗掘対策および白川と坪井川の洪水を相互に流すことを目的としたと考えられる。

石塘に関しては、土木学会編「明治以日本土木史」²⁾には、「白川の非常洪水に際しては、一部の洪水を坪井川に分流せしめんが為め、石塘の暗渠を造り、之を埋没せしめ置きたがるが如く、幕末における大洪水時に際し、端なくも石塘の堤脚より放水在りしにより、之を探索してその事実を知るに至りしといへり。」の様に、記されている。

一方熊本市史³⁾には、石塘の築堤の項で「築堤の法に工夫を凝らし、一方白川の水量大なる場合には水を白川に通じ、二川の水量をして平均せしむる方を案出したり。之を今に伝えられたる水越なり。」と記されている。

しかし、現在石塘の状態は河川改修により変化しており、具体的な構造、機能を記している

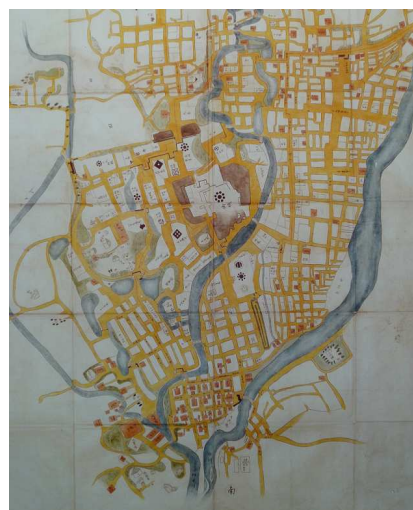


図 - 1 熊本城城下絵図
(熊本図書館)

文書も発見されていない。

3.実験装置および実験方法

実験模型は、現況河道に基づく縮尺 1/250 の無歪模型として製作した。対象地区は白川の 10/600～11/200 の白川橋から泰平橋の 600m 区間である。模型水路の全体像と計測断面の位置を図 - 2 に示す。水路は、長さ 480cm、幅 240cm、縦断勾配 1/1000 の台に設置され、白川は右岸側に大きく湾曲している。計測地点は白川の延長距離 10/700m を L-1 とし下流側から順に L-1～L-8 の計測線を設置した。

文書により石塘に関する表記が異なるため、本実験では石塘の構造を暗渠及び越流堤の 2 ケースを想定し、どちらも閉め切り越流をしないケースを含めた 3 ケースを行なう。石塘は L-2(10/750m)～L-7(10/850m)の 100m と仮定し、Case2, Case3 では、L-5(10/830m)～L-7(10/850m)の 20m の区間にそれぞれ暗渠、越流堤を設置する。暗渠、越流堤の形状は図 - 3, 図 - 4 に示す。Case2'では暗渠の長さを石塘上流端側の L-2 から 13.3cm, 20cm, 40cm と変化させる。白川における洪水流量は、確率年 10 年, 30 年, 150 年 (基本高水) の 1500m³/s, 2000m³/s, 3000m³/s の 3 ケースに設定した。坪井川の洪水流量については、坪井川改修総体計画書 (昭和 37 年 10 月作成)

表 - 1 実験条件

	白川			
	確率年	原型流量 (m ³ /s)	模型流量 (l/s)	基準水深(m)
	T=10年	1500	1.52	5.412
	T=30年	2000	2.02	6.399
	T=150年	3000	3.04	7.911
Case1 越流なし Case2 暗渠 Case3 越流堤	坪井川			
	確率年	原型流量 (m ³ /s)	模型流量 (l/s)	基準水深(m)
	T=10年	100	0.10	3.600
	T=30年	150	0.15	3.034
	T=150年	200	0.20	2.374



図 - 2 模型全体図と計測地点

をもとに、対象区間の流量を算出した。フルード相似則に基づき算出した値として実験条件を表-1に示す。また基準点を白川河口 10/600m 地点に選定し、基準点水深は一次不等流計算によって求められた確率規模別的水深を参考に設定した。坪井川の水深は等流水深を基準点水深として設定した。河床の粗度係数に関しては現況河道の粗度 0.027 に対して、模型粗度 0.011 について予備実験を行い実現させた。実験は各ケースに対応した所定の流量を通水し、下流端の堰によって基準点での水深を設定した後、水位の縦断方向および横断方向の変化量をポイントゲージにより計測、流速測定には非接触型の計測法、粒子画像流速測定法(PIV)と接触型の点計測である二成分電磁流速計を使用し、電磁流速計を用いた場合には、サンプリング周波数 100Hz で、4096 個のデータに関して統計処理を施した。また、各ケースにおいて、トレーサーとして着色水を流し、流れの可視化実験を行なった。

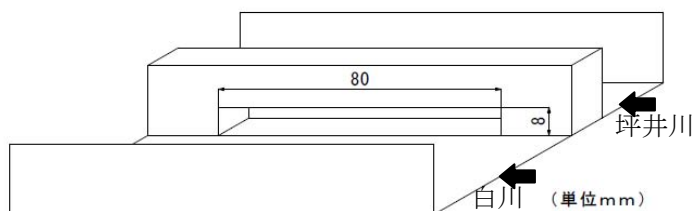


図-3 Case2 暗渠

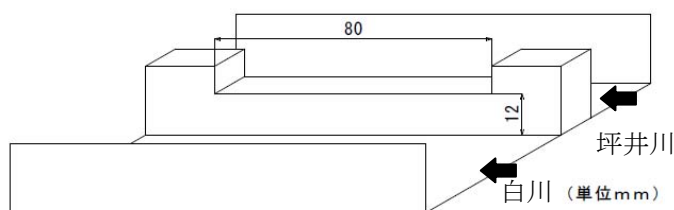


図-4 Case3 越流堤

4. 実験結果

暗渠と越流堤における越流量の比較を図-5に示す。なお、 Q' は越流量である。これを見れば、暗渠のほうが白川から坪井川への流量の移動が大きいことがわかる。また、いずれの流量においても暗渠による越流量の割合は、白川の流量の6%程度であるが、越流堤の場合はその流量により大きく変化する。

図-6は水路中央の水位の縦断方向の変化である。

これを見ると、水位の低下は、越流堤に比べ暗渠のほうが顕著に見られ、石塘の前後で水面形の変化も大きく、石塘の下流端近くで最も水位の低下が著しい事がわかる。また越流堤の場合、石塘直後では水位が上昇する。これは衝突箇所の影響だと考えられる。

これらから、越流堤に比べ暗渠のほうが石塘による効果が大きいことがわかる。暗渠の場合は流量に関わらず一定の割合の効果があるが、越流堤は、越流水深や流量規模が石塘の效果に大きく影響することが考えられる。

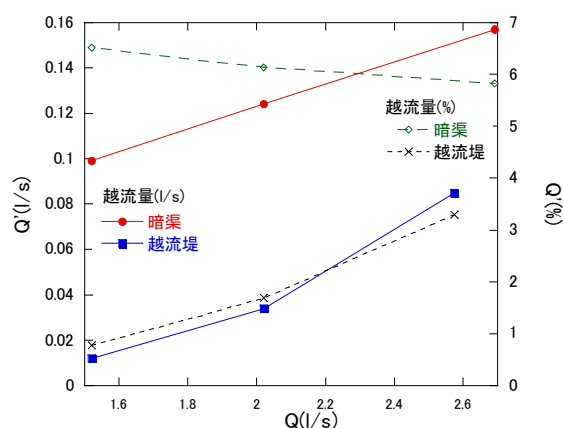


図-5 越流量

5. おわりに

本研究により、現在、暗渠・越流堤における水位制御についての比較、検討を行なった。

今後の展望として、石塘の前後における表面流況および流速変動の解析を進め、石塘の湾曲部二次流制御、また河床せん断応力等、河道制御について検討を行う。これらから石塘の構造や、治水・利水両面における機能について詳細に検証・解明する。

参考文献

- 1) 藤公遺業記, 鹿子木惟善
- 2) 土木学会編:『明治以前日本土木史』, 岩波書店, 1936
- 3) 熊本市史, 1917

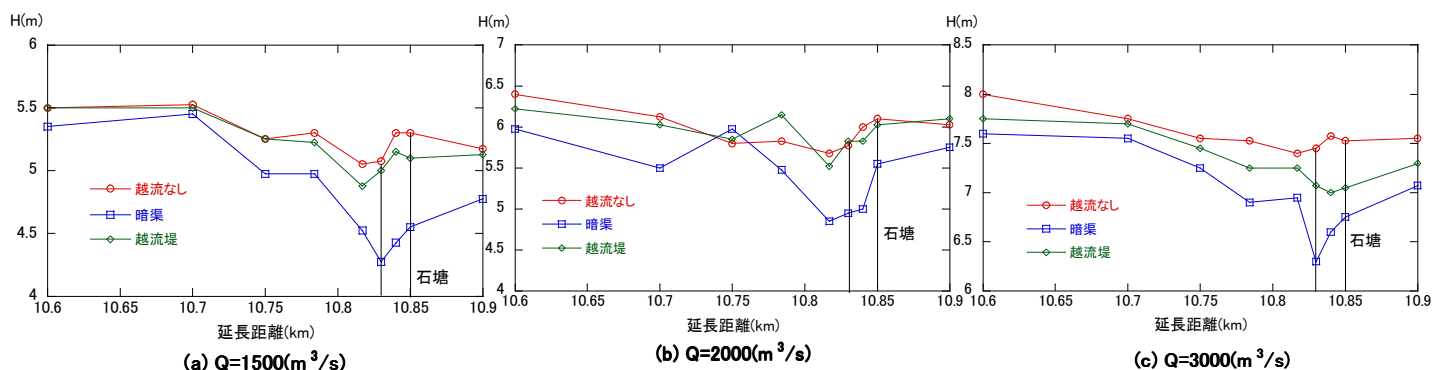


図-6 水位の縦断方向変化