

II-5

歴史的治水・利水施設の水利学的評価 - 中国岷江都江堰の場合（1） -

山梨県土木部 正員 佐野 正
 山梨大学工学部 正員 砂田 憲吾
 山梨大学工学部 正員 伊藤 強

1. はじめに

数100年以上の歴史を持つ治水・利水施設は、創意と工夫、補修と改良が重ねられ、洪水などに対して実物大の実験ともいえる経験を経て、より洗練された形で構成されていると考えられ、その機能の検証は今後の河川計画を進める上でも大いに参考になる。以上の考えのもとに、筆者らはこれまでに富士川水系の笛吹川万力林および本川下流部雁堤について、模型実験によりそれらの施設を水利学的に評価してきた^{1,2)}。いずれも、それぞれの現地地形の状況、流況が考慮された絶妙な構成になっていることが知れた。今回は中華人民共和国四川省にある長江の支川岷江の都江堰を対象とした。2200年前に造られたこの有名な都江堰の全体を形作る構造物は多種に及び、これまでにさまざまな検討が加えられている³⁾。ここでは、あらためて施設の基本的な構成のもとで問題と創意発掘のための実験を実施し、基礎的な知見を得たので報告する。

2. 都江堰の概要

都江堰は成都市の北西約60kmの都江堰市にある。四川盆地北西部の山岳地域を流下してきた岷江が、盆地に出て形成した扇状地の扇頂部地点である。図-1に示されるように、岷江の流れはまず魚嘴と呼ばれる強固な分流工によって二分され金剛堤により外江と内江とに分けられる。外江は岷江の本川であり、洪水時には放水路となる。内江では下流にある狭い宝瓶口を中心に灌漑用水が取り入れられているが、洪水時には宝瓶口の少し上流にある飛砂堰という低い堰を通じて外江への排水・排砂が行われるようになっているとされる。都江堰は約2200年以上前にこの地の太守「李冰」、「李二郎」父子により指揮され、計60年の歳月を経て完成、現在では、外江には可動堰が設けられるなど施設がより充実している。この治水・灌漑施設全体が都江堰と総称されている。

3. 固定床水理模型実験

上述のような治水機能と利水機能の両面を兼ね備えているとされる都江堰を水利学的に検証する。本来は移動床での議論が中心となろうが、第一段階として固定床水理模型（縮尺 1/200の、平均河床勾配 1/250）で実験を行った。

（1）流量配分実験 始めに岷江の流量が施設内の流路にどのように配分されるのか調べた。1972年に生じた内江での最大流量 $1300\text{m}^3/\text{sec}$ （実験で 2.3 l/sec ）を基準に設定した流入流量に対し、外江・飛砂堰・宝瓶口・離堆での流出流量は図-2のようになる。流入流量を増加させていくと飛砂堰では 0.8 l/sec を以上では流出流量が増大するが、ボトルネックの宝瓶口・離堆からの流出流量はあまり増加しない。すなわち宝瓶口・離堆からは内江での変動流量に対してより安定的に灌漑

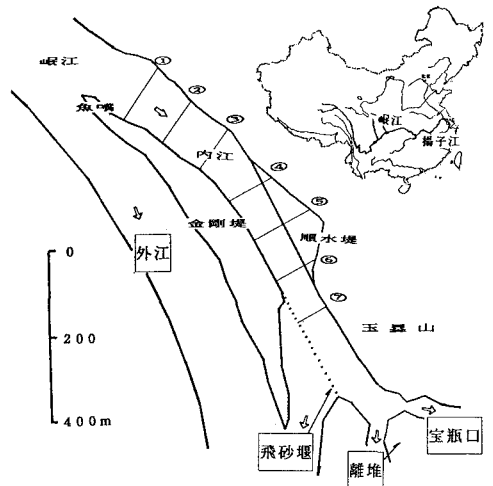


図-1 都江堰主要部の構成

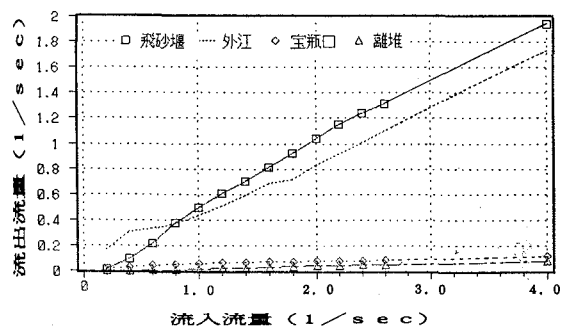


図-2 流入流量と流出流量との関係

用水を取り入れられるようになっている。外江の流出流量の伸びが少ないが、これは模型の製作上外江の広い河幅の全てを再現していないためである。

（2）水面・河床付近の流速分布 内江流量として現地流量 450, 800, 1300, 2300 m^3/sec （実験流量 0.8, 1.4, 2.3, 3.9 l/sec ）を与え、図-1 の測定断面①から⑦において横断方向に 2cm毎に水面下、河床上 5mm地点での流速ベクトルを測定し、流下方向と横断方向の流速成分を求めた。

a) 流下方向の流速成分分布 図-3 から、測点①、②では左岸河床で強い掃流力が作用するが、金剛堤のある右岸では小規模な止水域が認められ堆積傾向にある。測点④では最大流速が河川の中央に位置しているが、その下流の測点⑤ではそれが順水堤のある左岸に移行している。直下流になる測点⑥では玉壘山の断崖を内江最大の水衝部としてその周辺を洗掘している。測点⑦から分かるように、内江の流水は飛砂堰方向に向けられ、下流で外江にを排除されている。測点⑦の左岸側は流下方向の流速成分がほとんど 0 になっており止水域となって宝瓶口への土砂流入が抑制されると考えられる。

b) 横断方向の流速成分分布 図-4 からは区間上流部では横断面方向に対して弱い流速成分が認められるが、その直下流に当たる図-5（断面⑥）では流速成分は全て右岸側を向いている。これは、この一帯で右岸方向への強い掃流力が生じていることを表している。さらに、同一断面で流量を増加させた場合は図-6 のようになり、右岸飛砂堰側に流量、流砂が効果的に生じていることが推測される。

4. おわりに

本稿は歴史的治水水利施設として都江堰を取り上げて水理学的評価を試みた。その結果、1) 流量の変動に対して、宝瓶口から用水取水は安定的であること、2) 洪水時には内江の水位が一定以上にならないように流水を飛砂堰から外江へ排除する仕組みがあること、3) 宝瓶口直上流の遊水域は洪水時における土砂流入を抑制する効果があること、などが判った。この基礎資料をもとに、より詳細な流れの把握を進めると共に、移動床実験も進めて行きたい。

〔謝辞〕 貴重な現地水文資料、施設に関する資料をご提供頂いた成都科学技術大学 張道成教授、四川省水利電力研究所所長 周天佑先生に厚くお礼申し上げます。本研究は文部省科学研究費（国際学術研究、代表者山梨大学 荻原能男教授）の補助を受けて行われたもので、記して謝意を表します。

〔参考文献〕 1) 砂田・伊藤・鈴木：笛吹川万力林の水害防備機能について、山梨大工研究報告、No. 39, 1988. 2) 砂田・伊藤・川口：歴史的治水施設の水理学的評価—富士川雁堤の場合—、山梨大工研究報告、No. 41, 1990. 3) たとえば都江堰模型試験組：岷江都江堰河段変動床模型検証及推移質輸沙率試験報告、成都工学院学报、第二期、pp37-63. 4) 四川省水利電力庁都江堰管理局：都江堰、水利電力出版社、1986.

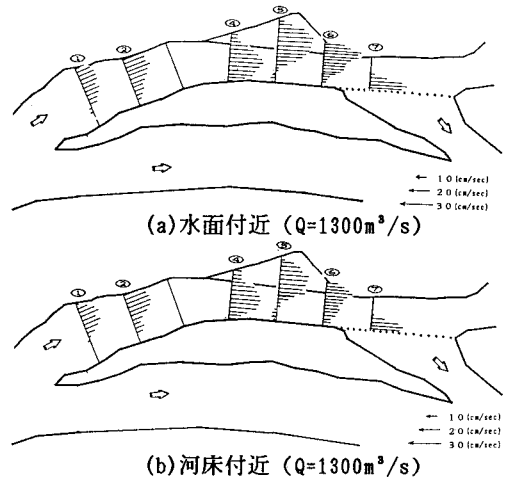


図-3 流下方向の流速成分分布

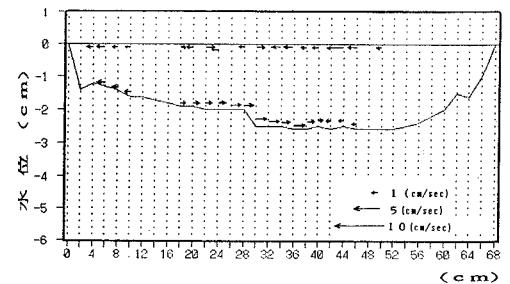


図-4 横断方向流速成分（断面⑤800 m^3/s ）

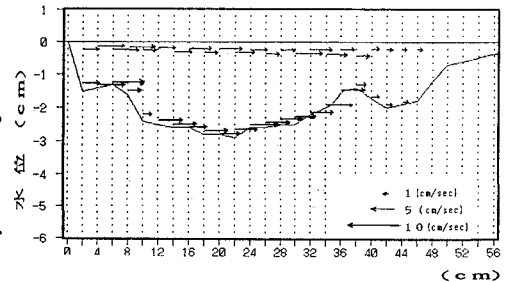


図-5 横断方向流速成分（断面⑥800 m^3/s ）

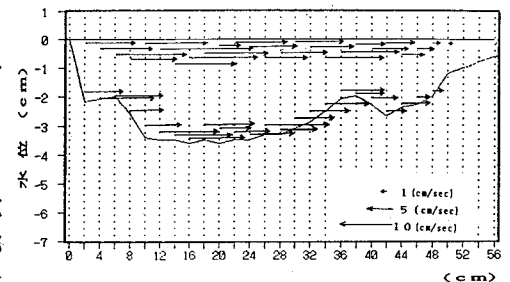


図-6 横断方向流速成分（断面⑥1300 m^3/s ）