

市街地模型氾濫実験

京都大学防災研究所技術室 辰己賢一（技術室模型グループ）

1. はじめに

豪雨はときに甚大な洪水災害を引き起こす。鴨川の歴史をたどると 1935 年 6 月、豪雨により鴨川は氾濫し、三条・四条両大橋など 40ヶ所以上の橋が流出し、多くの人命が失われた。その後、河川の改修が進み、氾濫・堤防の決壊などはおこっていないが、その危険度は現在でも解消されたわけではない。このような状況のもと、防災および水災害の立場から鴨川が氾濫した場合の想定される危険区域、水位、流量の検証を目的とし、実現象により近い縮尺 1/100 の市街地地上模型、同 1/30 の市街地地下模型により室内実験を行うものである。

本実験の検討課題を以下に列記し、全体のフローを Fig.1 に示す。

1. 実験計画の企画・立案
2. 市街地模型の制作・準備
3. 市街地模型の実施
4. 結果のまとめ

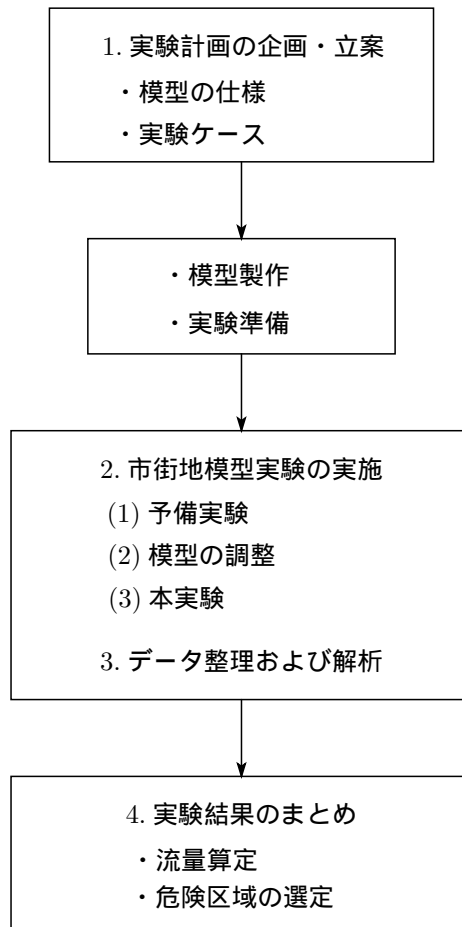


Fig. 1: 実験の流れ

2. 水理模型実験計画

2.1 水理相似側則にもとづく模型縮尺

対象としている流れは、固定床の開水路流れであり、重力が卓越する流れであることより、相似則にはフルードの相似則を用いる。このような流れの場合の原型量と模型量の関係は、Table.1 に示すとおりである。

2.2 実験装置および方法

Fig.2 に京都市市街地を対象とした模型平面図を示す。実験は流入量を $0.001\text{m}^3/\text{s}$ （実物換算で $100\text{m}^3/\text{s}$ ）に設定し、Fig.2 に示す氾濫点から 30 分間（実物換算で 300 分間）水を流入させ、水位計、三角堰をもちい、地下街および下流端に流れ込む流量、地上水深の計測を行った。なお、流量の計測は合計 57 地点で行い、水深の計測は合計 8 地点で行った。模型に流れ込む流入量の設定には、流量自動制御システムを用いた。このシステムは、パソコンおよび送流ポンプ、インバーター、電磁流量計から構成され、電磁流量計の検出をインバータを介してポンプの回転数をフィードバック制御することにより、与えたいハイドログラフを精度良く供給するシステムである。流れの状

態はポスターカラーを使った可視化によって調べ、模型上部にデジタルビデオカメラを固定して上方、側方から撮影を行った。これらの録画したデジタルビデオデータを静止画像に変換し、氾濫開始後の連続写真を作成した。

2.3 実験ケース

実験ケースは Table.2 に示す流量計測に対する 4 ケース、水深計測に対する 4 ケースの合計 8 ケースである。

2.4 実験結果

Fig.3 に地点 a,b,c,d,e,f,g,h における地下および下流端に流れ込む流量を示す。Fig.4 に地点 1,2,3,4,5,6,7,8 の水深を示す。Fig.5 に氾濫開始 1 分後（実物換算で 10 分後）と 5 分後（実物換算で 50 分後）の静止画像を示す。なお、値はフルードの相似側により実物換算したもので、Fig.3 と Fig.4 のラベルに表示されているコードは左から、地点番号、氾濫開始前の路面状態（dry,wet）、地下流入のありなし（u:あり, s:なし）である。

本水理模型実験により得られた結果から以下の特徴が見られる。1) 御池の地下駐車場に流れ込む流量（地点 a,1）は最大で 27000m³ 前後と大きく、地下流入なしのケースで水深は約 1m、地下流入ありのケースで約 0.65m に達し、危険度が高い。2) 河原町通を流れる流量（地点 e,g）は木屋町通（地点 d,f）と比較して 2 倍から 3 倍、水深も約 2.5 倍（地点 7 と 8 の比較）である。3) 氾濫水が下流端（地点 f,g）に到達する時間は、氾濫開始後 1200s 前後である。4) 木屋町通を氾濫点より少し南に下った地点番号 2 では、いずれのケースにおいても水深が 1m を超える。6) 京都市地下街へ流れ込む水量が非常に多く、短時間のうちに水かさが増し危険な状況を引き起こす。7) Fig.5 より 5 分後（実物換算で 50 分後）には氾濫水が四条通に到達していることがわかる。

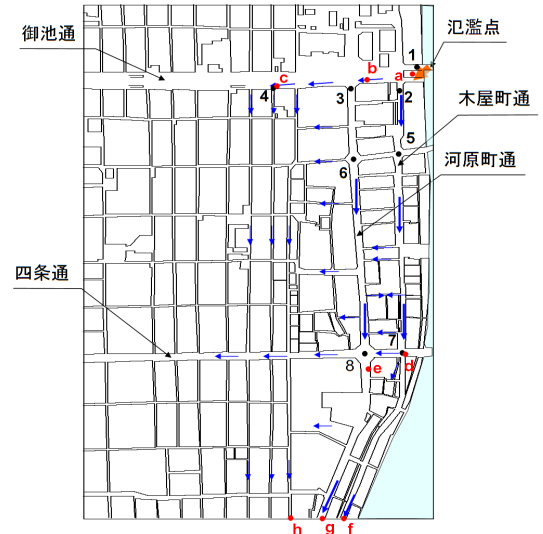


Fig. 2: 地上模型平面図（縦 200m，横 100m）

3. 結果のまとめ

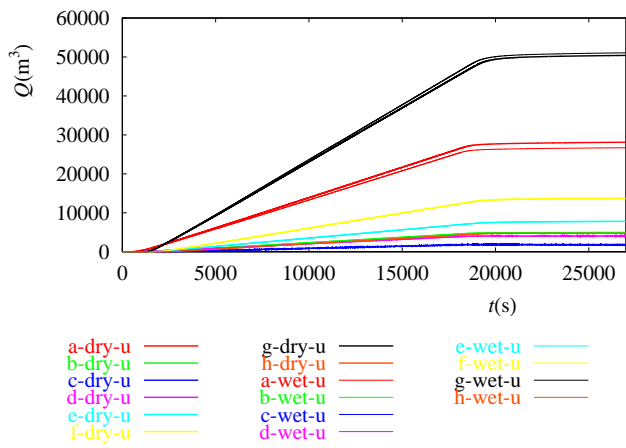
本水理実験において、鴨川が氾濫した場合の氾濫水の拡がり方を把握し、その結果として京都市市街地の洪水弱地域を明らかにした。しかしながら、構造物周辺など局所的な水位変化および水面の乱れを定量的に測定することができなかった。

Table. 1: 原型量と模型量の関係

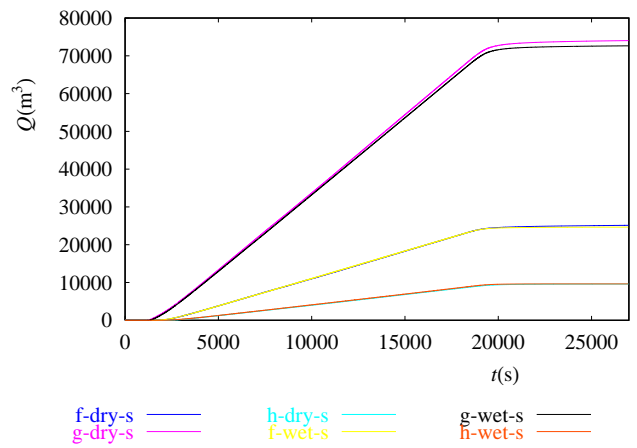
模型縮尺	原型量	模型量
幾何縮尺: $L_r = 1/100$	1000 m	10 m
速度縮尺: $V_r = L_r^{1/2} = 1/10$	100 m/s	10 m/s
面積縮尺: $A_r = L_r^2 = 1/10000$	100 m ²	0.01 m ²
流量縮尺: $Q_r = V_r \times A_r = L_r^{5/2} = 1/100000$	100 m ³	0.001 m ³
時間縮尺: $t_r = L_r^{1/2} = 1/10$	100 s	10 s

Table. 2: 実験ケース

測定対象	実験ケース
流量測定	地下流入ありのケース。路面が乾いた状態から氾濫開始。
	地下流入ありのケース。路面が濡れた状態から氾濫開始。
	地下流入なしのケース。路面が乾いた状態から氾濫開始。
	地下流入なしのケース。路面が濡れた状態から氾濫開始。
水深測定	地下流入ありのケース。路面が乾いた状態から氾濫開始。
	地下流入ありのケース。路面が濡れた状態から氾濫開始。
	地下流入なしのケース。路面が乾いた状態から氾濫開始。
	地下流入なしのケース。路面が濡れた状態から氾濫開始。

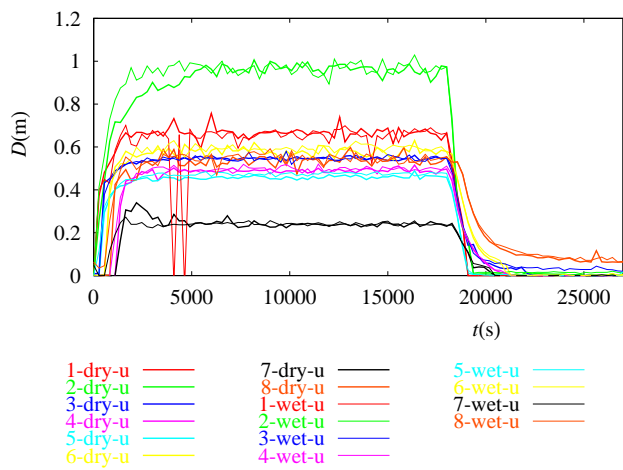


(a) 地下流入あり

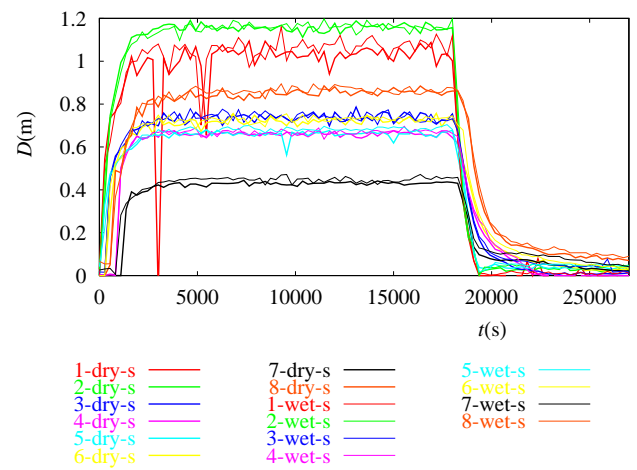


(b) 地下流入なし

Fig. 3: 地下および下流端に流れ込む流量

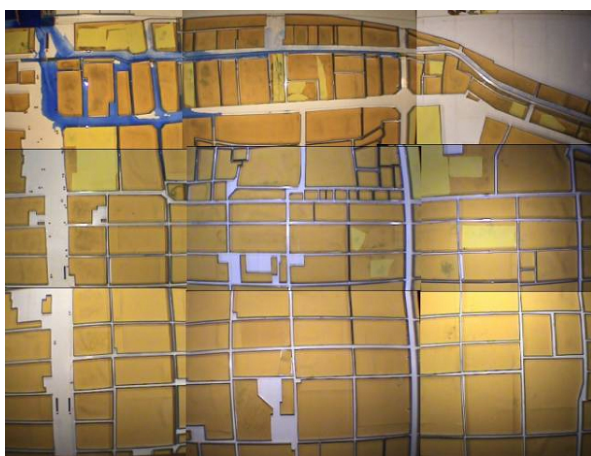


(a) 地下流入あり



(b) 地下流入なし

Fig. 4: 水深 (曲線はスプライン補間による)



(a) 1分後 (実物換算で10分後)



(b) 5分後 (実物換算で50分後)

Fig. 5: 氾濫開始後の静止画像