

II-54 都市域氾濫が流出に及ぼす影響の研究 第2報

○国立防災科学技術センター 正員 木下武雄

1 概要: 本研究は1987年9月第42回年講で発表した同題名研究の続報である。都市域氾濫は水理学的にも興味のある課題である。多くの建物・樹木等の間、又はそれらを倒して流れる水の基本的な水理学的係数としてマンニングの粗度係数は幾らであろうか。道路・水路と建物等という流れやすい所・流れにくい所の混在した場での全体的な流れ及び局所的な流れの機構の解明と予測などは重要な視点である。ここでは都市氾濫がそれ自体、災害の原因であるとともに、流出において貯留としての効果を持ち、ある意味で下流の災害軽減との関連があること等について、流出という立場から論じる。今回は単純化された家の間と道路とを流れる水の挙動についての水理実験の結果である。

2 背景: 前報では東京山手台地を侵食して流れる川の谷底平野についての氾濫模型実験について述べた。現地実測水位値と模型上の水位値との比較など、幾つかのチェックポイントをおいたが、色々の問題があり、その問題のうちの重要な2点、水位-流量関係の不連続及び氾濫流量比較だけを報告した。この実験で氾濫する流れを視察すると、家屋・壁・道路等で流れは必ずしも地盤勾配と一致せぬばかりか渦を巻くようにも見え、大きい貯留効果があるようであった。それで、家屋を正方形とし、それを規則正しく配置して、家並みと道路をモデル化して水を流したら一体どのように流れるかを調べることにした。従って今回は仮想的都市域である。

3 実験流域: 仮想的都市域である実験流域は単純・繰り返し・対称という観点から図1のように作った。40cmの方眼を作り、一つおきに家屋(床下空間なし)とした。建蔽率は25%で、日本の都市の常識とは異なる。水路床は合板で作り、ペンキを塗ってあるので、「家屋」を作る前のマンニングの粗度係数は0.01である。このような流域では流れがポテンシャル流であれば一区画で流線は上下・左右対称になるであろうし、それとは異なり家屋の角で剥離をおこしても、左右対称ではあろうし、従って、すべての解析は、上下流端の境界条件の影響の薄い中流部、しかも東西の壁から離れた中央通りの一区画で細かく測定すれば十分の精度のある結果が得られることが予想された。さらに剥離でどの程度有効な水路幅が狭まるかが水位の上昇ともからんで、見かけ上粗度係数を増し、氾濫貯留の増加に影響するであろうと予想された。

4 実験結果: 実験は流量 $0.005\sim 0.03\text{m}^3/\text{s}$ (流域幅 2.4m なので $0.002\sim 0.0125\text{m}^3/\text{s/m}$)の範囲で行われた。結果は予想とは異なったものであった。

(1) 横断方向の水位の振動: 流域の横断方向に水位は振動する。振幅は流量とともに増し、 $0.03\text{m}^3/\text{s}$ では水深約11cmに対し振幅は2cmにも達する。両側の壁において特に大きい。中央通りは節となるわけで、振動の最高水位だけを見ると両側が高く、中央通りで低い。振動の最低水位だけを見ると両側で低く、中央通りは高いが著しくはない。時間平均をとってみると、両側がやや高い。図2参照。

(2) 縦断方向には家屋の脇(水路としては狭い部分)で水面勾配が急になり、空地の脇(水路としては広い部分)で水面勾配がゆるくなっている。これは妥当である。

全体の縦断は上流部で急で、下流部でゆるくなるのは若干不自然である。平均水位で等高線を描くと、全体の縦断の傾斜の他に、中央通りが溝状に低くなっている、しかも上流部で急に溝が深くなり、下流部では溝が浅くなるという傾向を示している。

流量が増すと、上流部では水面勾配は急になる。これは後述するように粗度係数に影響をもつ。

(3) 流速は可搬型電磁流速計VM301型(応答5秒)で測った。その傾向は(1),(2)で述べた傾向と一致する。即ち、縦断方向の流速は中央通りで小さく、両側の通りで大きい。流量によって相違はあるが、2倍程度の差がある。但し、応答5秒として測っているので振動を消している。縦断的にみても上流部の水面勾配の急な所で流速が速い。

中央通りで急拡部(家屋から空地へ)では若干縮脈してから大きな渦を作っているようである。急縮部(空地から家屋へ)では剥離が発生し、渦もできているが著しくはない。空地中央では逆流成分が見られるし、特に両壁沿いでは、強い逆流が見られる。

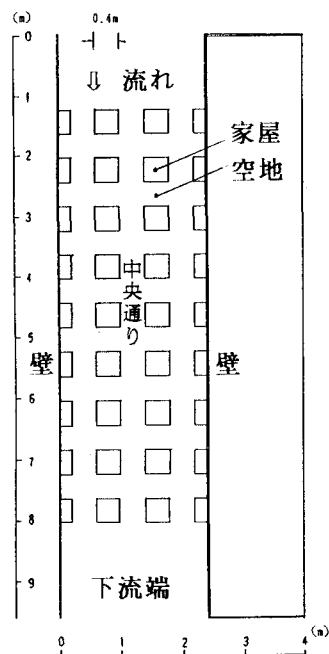


図1 都市域氾濫実験流域

(4) 流量を流速×水深で求めると、(3)の結果により、中央通りは両側の通りに比べ半分の流量しかない。つまり3本の大通りでは流量は2:1:2と流れている。これは壁がこの実験の重要な境界条件の一つとなっていることを示している。

(5) マニングの粗度係数は次のようにして求めた。流量は量水堰による。勾配は上流部4mの平均、水深は横断方向の平均（4.2m地点）、水路幅1.2mとすると表1ようになる。粗度係数は流量とともに増す。勾配も水深も増すのでこうなるのである。

(6) 色素・木片を放流して流跡をとると、一つの通りを流下せずに空地を經由して左側の通りから右側の通りへ、又その逆にと流れる。これはカルマン渦と水位・流速の横断方向の波動（その伝播速度は長波とした場合、表1とはほぼ合っているようである）との相互作用として、複雑に変動しているものとみられる。

5 都市域氾濫としての解釈：(1) 現象に境界の影響が強く効いているらしいことは注目に値する。東京山手台地の川の谷底平野はあまり広くないからである。何らかの擾乱が狭い谷底平野内を横断方向に反射しながら流れ下って行くのであればその機構の解明は大変興味あるものである。

(2) 粗度係数が流量と共に著しく変わるの、単なる剥離の渦のでき方の相違であったとしても、洪水氾濫の水位の見積り、貯留効果の解明には重要な傾向である。

(3) 家屋の並び方、建蔽率、特に都市域に多いブロック塀の効果等変化させて検討せねばならない項目は多いが、不透水の効果を持つほど、現象解釈としては単純化されていくので、この程度の建蔽率が水理学的には最も氾濫効果として大きいのではないかと考えられる。最も大きな不透水効果で局地的に強い堰上げを行い、極端な貯留効果を持つ場合は複雑であるが。

6 結び：都市域氾濫は多くの人の眼前で発生している現象でありながら、不明の点が多い。都市は資産が集中しているので10cmの水位の差でも被害額には大きな差がでる。第1報と併せてここまでのところでは、都市域氾濫では意外に水位が上がるのではないかという心配と、水際には水位の振動があるかも知れないので注意を要する等のことが言えるのではなかろうか。

今後もこのような実験の家屋の配置等様々なケースを実施して、都市域氾濫現象の水文学的意味を解明していく必要があるであろう。

本研究にあたり東京都建設局の方々には大変お世話になりましたことをここに感謝致します。

流量 m ³ /s	水面勾配 (1.8m～5.8m区間)	水深 (4.2m地点)cm	幅 m	粗度係数	平均流速 m/s	長波速度 m/s
0.005	0.0005	3.06	1.2	0.016	0.136	0.548
0.01	0.00085	5.48	〃	0.028	0.152	0.733
0.02	0.0009	8.77	〃	0.031	0.190	0.927
0.03	0.0016	11.32	〃	0.042	0.221	1.053

表 1 実験結果

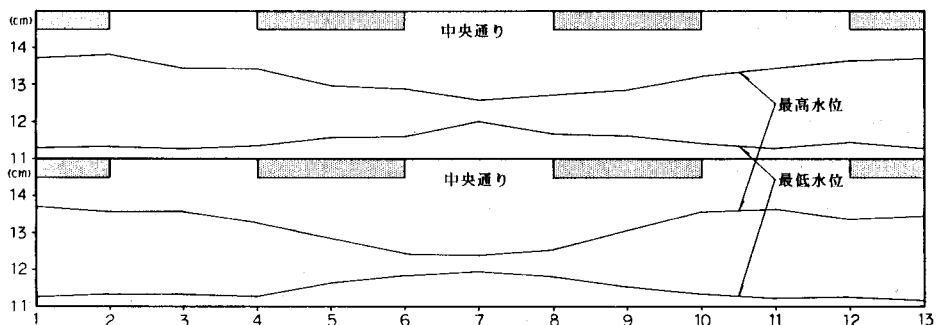


図 2 水位横断