

II-263

氾濫水の数値計算における破堤条件と粗度係数の効果

東北大学大学院 学生員○佐藤 智
 東北大学大学院 学生員 今村文彦
 東北大学工学部 正 員 首藤伸夫

1. はじめに

人的、物的に大損害を与える河川堤防の決壊による氾濫は、その突発性や危険性のため観測されることは少なく不明な点が多。そこで数値計算や実験による氾濫水の解析が必要とされるが、その解析において氾濫水先端部の取扱い、破堤過程、破堤地点の外水位、さらに堤内地の流水抵抗の評価等の様々の問題がある。本論文では、一昨年に起こった台風8610号がもたらした8.5豪雨による吉田川洪水氾濫を例とし、上記の問題点のうち破堤過程と堤内地の粗度を取り上げ、それらの変化が氾濫水の流況に及ぼす効果について数値計算により検討した。

2. 8.5豪雨による吉田川洪水氾濫の状況

吉田川流域では8月4日から8月5日にかけて流域平均総降雨量300mmを越える雨量が観測され、吉田川は5日午前11時前後に相次いで越水破堤を起こした。その中で、本論文の計算対象領域内に存在するのは粕川、下志田の2箇所であり、粕川は11時05分に、下志田は11時10分に破堤している。

3. 計算方法

計算には、支配方程式として移流項を含む浅水長波式を用い、Leap-Frog法により差分化する。なお、支配方程式中の摩擦項には等流近似のマニング則を用いる。3.5km×8.4kmの計算領域を50m格子に等分割し、また時間間隔は3秒とし、8月5日11時10分から12時まで計算を実施する。破堤箇所からの流入条件は本間の越流公式によるものとし、破堤地点での外水位は上流側と下流側の水位観測地点のデータを補間して求めた。以上の条件で表-1に示す破堤条件と粗度係数を変えたA～Eの5ケースについて計算を行う。

4. 破堤条件の差による効果

今回の破堤は短時間に生じたと言われている。そこで、破堤条件を B:瞬間破堤、D:5分間破堤、E:10分間破堤としてその差を比較する。ここで、瞬間破堤とは瞬時に破堤が起こるものであり、n分間破堤とは時間に比例して堤防高が減少し、n分間

表-1 数値計算ケース

ケース	破堤経過 モデル	粗度係数	
		農耕地 n_0	住宅地 n_1
A	瞬間	0.025	0.040
B	瞬間	0.040	0.060
C	瞬間	0.060	0.080
D	5分間	0.040	0.060
E	10分間	0.040	0.060

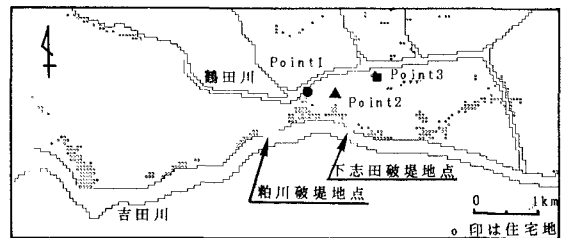


図-1 計算対象領域

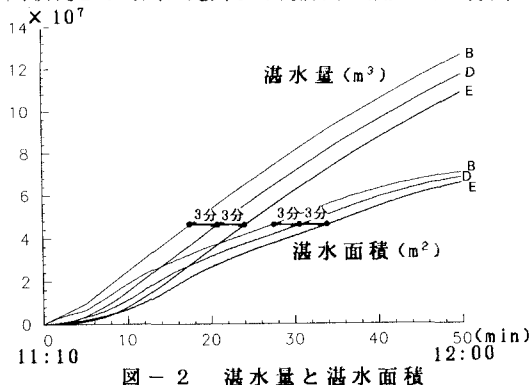


図-2 湛水量と湛水面積

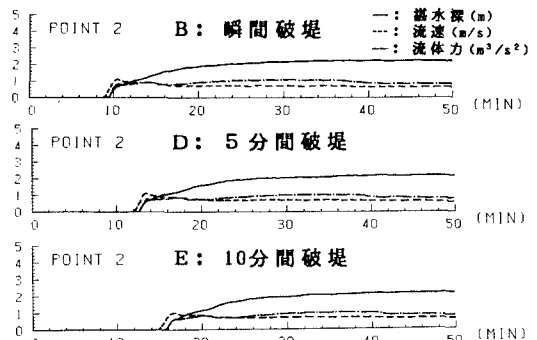


図-3 Point2における経時変化

で最終的な破堤高に達するという破堤過程のモデル化である。図-2は湛水量と湛水面積の経時変化である。このような氾濫初期の場合においては5分間破堤は破堤開始から3分後に瞬間破堤したものと、また10分間破堤は6分後の瞬間破堤と同様の湛水量となっている。これは、本間公式の完全越流の流入条件より理論的に決まるものと一致している。即ち、この公式では流量は水深の $3/2$ 乗に比例するため、 n 分間破堤は $3n/5$ 分後の瞬間破堤とほぼ同様の流量となるのである。また、湛水面積も湛水量とほぼ同様の傾向を示している。次に、図-3はPoint2におけるB, D, Eの各ケースでの湛水深、流速、流体力(=湛水深 $\times$ (流速) 2)の経時変化を示したものである。湛水深、流速、流体力ともにDはBの3分遅れ、EはBの6分遅れで、ほぼ一致した傾向を示していることが分かる。これは、図-2の傾向と一致している。従って、このような破堤過程モデルを採用する限り、破堤条件の差は破堤時間の遅れによりほぼ表現しうる。言い替えれば、破堤条件の差は、ある一定の時間差として後の流況に影響を及ぼしていると言える。

5. 粗度係数の差による効果

現在、堤内地の粗度係数の適切な算定方法は未だ確立されていないと考える。そこで、表-1に示すマニングの粗度係数を変えたA, B, Cの3ケースを比較し、結果の差を検討する。湛水量と湛水面積の経時変化を図-4に示す。Cは破堤後すぐにもぐり越流となって堤内地に流入しているために、他とはかなり異なった湛水量となっている。これは、Cは粗度がかなり大きいことにより、氾濫水が破堤地点付近に滞留するためと考えられる。このように粗度係数の効果は、堤内地の水の流れに影響するだけでなく、破堤地点からの流入量にも顕著な差を生じさせる。また湛水面積も、時間が経過するにつれて、その差が徐々に大きくなっていることが分かる。図-5はPoint3におけるA, B, Cの各ケースでの湛水深、流速、流体力の経時変化である。先の破堤条件の差と同様、粗度が大きくて氾濫水の到達時間は遅くなるという一定の傾向を持ち、さらに経時変化に顕著な差が生じていることが分かる。そこで、それらの最大値をとって比較したものが図-6である。粗度係数が大きくなると湛水深は大きく、逆に、流速や流体力は小さくなることが分かる。つまり、粗度係数が大きい場合、建築物に対して流体力が小さいという有利な点を持つものの、湛水深が増加するので浸水による被害を大きくするという不利な点を合わせ持っている。

6. おわりに

破堤条件の差は、ある一定の時間差となって後の流況に影響し、また粗度係数の差は、粗度が大きくなると最大流体力は小さくなるものの、最大湛水深が大きくなることが分かった。さらに、粗度の大きさにより流入量にかなりの差を生じさせることも明らかとなった。今後、更なる氾濫水の再現計算の検討として、越流公式の検討も含めた流入量の適確な把握、堤内地での適切な粗度係数を算出することが課題である。

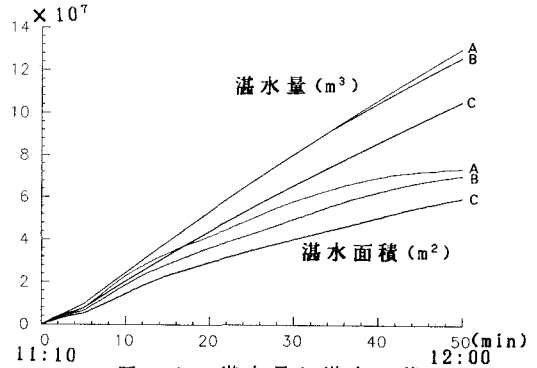


図-4 湛水量と湛水面積

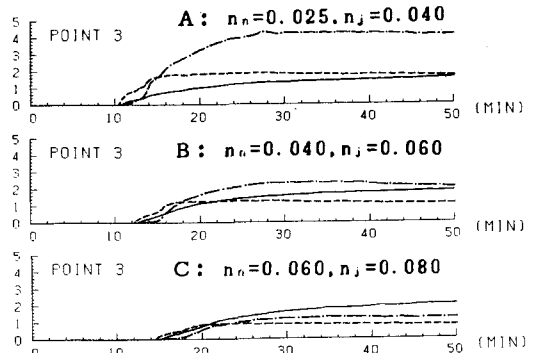


図-5 Point3における経時変化

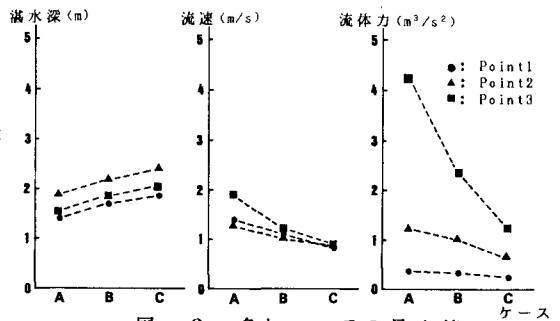


図-6 各ケースでの最大値