

7.13 水害時における刈谷田川河道内流れの数値解析

水工学研究室 内山 智文
指導教官 福嶋 祐介

1. 研究背景

7月12日夜から13日にかけて日本海から東北部におびる梅雨前線の活動が活発化し、強い雨雲が新潟県中越地方に流れ込んできた。そのため13日朝から昼ごろにかけて新潟県中越地方などの狭い範囲に集中豪雨をもたらした。図-1は、総雨量分布図を示す。栃尾市では421mm/日を記録した。

今回の豪雨は強い雨が集中して降ったために信濃川や刈谷田川などが短時間で急激に水位が上昇した。信濃川の下流にある荒町水位観測所では13日10時～11時の一時間に7.96mから8.87mと約0.9mの水位が上昇した。刈谷田川にある大堰観測所では13日6時から11時までに12.16m～20.36mと約8m上昇した。見附観測所でも同様に13日6時～11時までに16.69mから22.86mと約6m上昇した。

図-2は、7.13水害の河川被害状況を示す。この豪雨により、刈谷田川では6箇所、中ノ島川では2箇所、五十嵐川で1箇所、猿橋川で1箇所破堤した。人的被害としては、死者が15名、重傷者が2名。住家被害としては、全壊が29棟、床上・床下浸水13289棟と大きな被害があった。

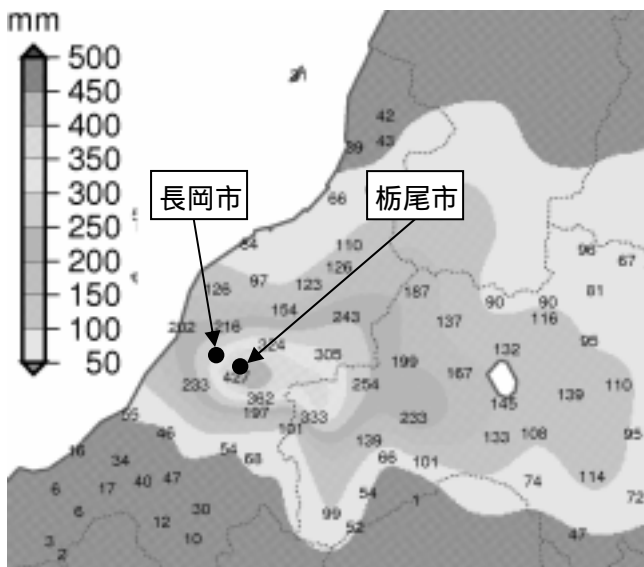


図-1 総雨量分布図

2. 研究目的

7.13新潟豪雨により大きな被害のあった刈谷田川を研究対象とし、水害時の刈谷田川河道内流れを不等流と不定流と仮定し数値解析を行い、水位観測所の観測地と比較し、検討する。

3. 不等流解析

刈谷田川の流れを不等流であると仮定して解析を行った。計算に用いた基礎方程式としては、次のようになる。

$$-i_0 + \frac{dh}{dx} + \frac{\alpha}{2g} \frac{d}{dx} V^2 + \frac{f'}{2gR} V^2 = 0$$

ここで $i_0 = -\frac{d\eta}{dx}$ である。

はじめに断面データを入力し不等流計算を行い、各断面での水位を求める。断面データとしては、信濃川と刈谷田川合流部から上流にむかって200mおきに24.6km。データ断面数は133断面である。各断面で水深を一定にし、断面積から堤防幅を決定した長方形断面と仮定する。流下距離200mに対して水位の変化が大きく、不等流計算が不安定になるので、線形補正をし、各測線間隔を10分割してデー

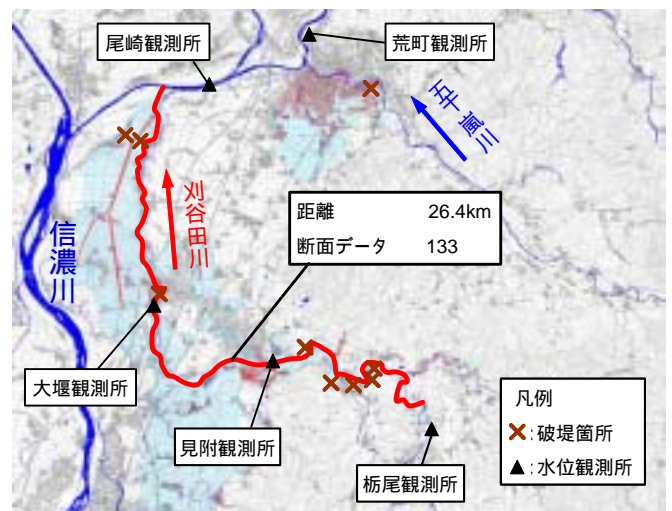


図-2 河川被害状況

夕数を 10 倍にした。

境界条件としては、表-1 に示す。計 22 ケースで計算を行った。

表-1 境界条件一覧(不等流)

下流での水位(m)	流量(m ³ /s)	マンニングの粗度係数
8.60	1650	0.035
		0.036
		0.037
		0.038
		0.039
	1600	0.035
		0.036
		0.037
		0.038
		0.039
	1500	0.040
		0.035
		0.036
		0.037
		0.038
	1400	0.039
		0.037
		0.038
		0.039
		0.038
		0.039
		0.040

4. 不等流の解析結果

図-3 から図-6 に計算結果を示す。流量 1650m³/s、1600 m³/s では、中ノ島の破堤箇所近くで堤防高よりも水位が高くなる。流量 1500 m³/s では、マンニングの粗度係数が 0.040 の時に中ノ島の破堤箇所です堤防高よりも水位が高くなる。流量 1400 m³/s では、堤防高よりも水位は高くなっていない。

この結果より、流量が 1600m³/s から 1650m³/s、マンニングの粗度係数が 0.035 から 0.038 が妥当ではないかと考えられる。

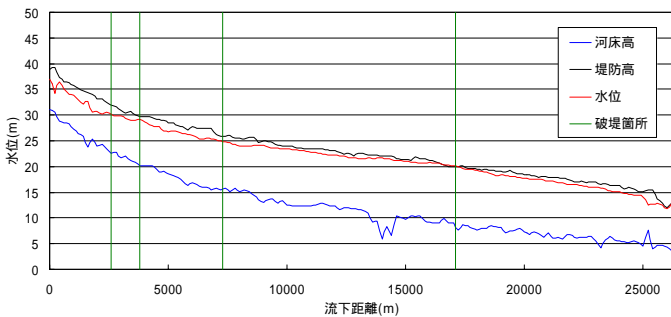


図-3 水位縦断面図(流量 1650m³/s マンニングの粗度係数 0.035)

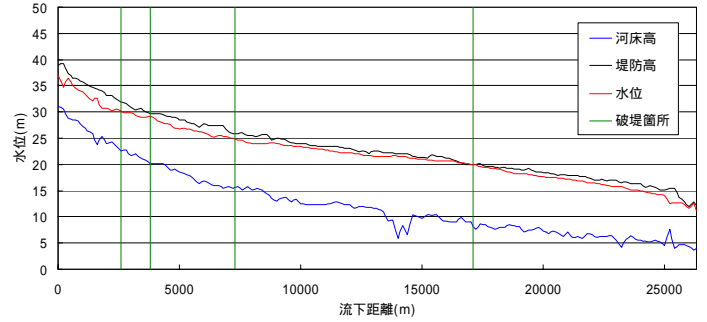


図-4 水位縦断面図(流量 1600m³/s マンニングの粗度係数 0.036)

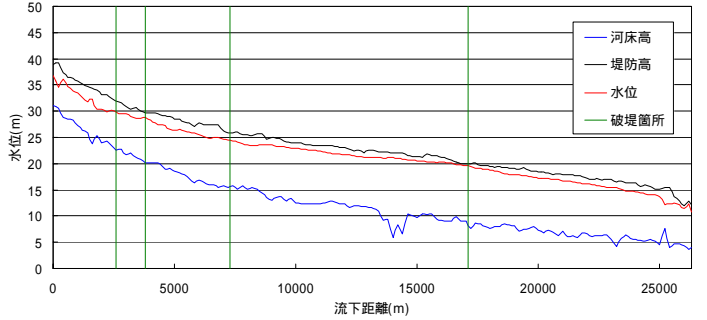


図-5 水位縦断面図(流量 1500m³/s マンニングの粗度係数 0.036)

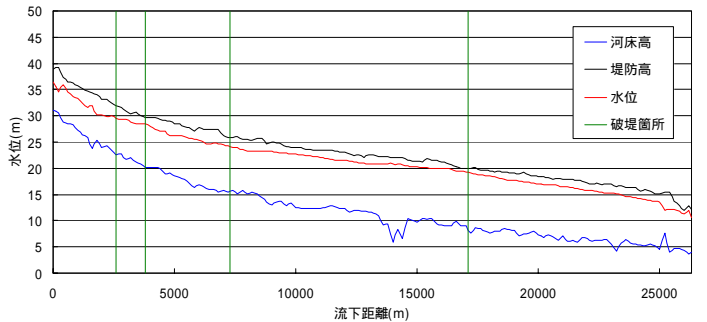


図-6 水位縦断面図(流量 1400m³/s マンニングの粗度係数 0.036)

5. 不定流解析

刈谷田川の流れを不定流であると仮定した。計算に用いた基礎方程式としては、次のようになる。

連続式

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q_l$$

運動方程式

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{P}{\rho} + \frac{Q^2}{A} \right) = gA(S - S_f)$$

これらの基礎方程式を陰型式差分法で数値解析を行った。

はじめに断面データを読み取り、初期条件である

水位を不等流計算で求めてから不定流計算を行う。断面データとしては、信濃川と刈谷田川合流部から上流に向かって200mおきに24.6kmの断面データを与えた。データ断面数は133断面である。各断面で水深を一定にし、断面積から堤防幅を決定した長方形断面と仮定する。流下距離200mに対して水位の変化が大きく、不定流計算が不安定になるので、線形補正をし、各測線間隔を2分割してデータ数を2倍にした。

境界条件としては、上流部の水位データを基に径深Rを求めて、断面平均流速Vを下の式を使い求めて、流量Qを算出する。

$$V = \frac{1}{n'} R^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

境界条件でのマンニングの粗度係数n'と基礎方程式でのマンニングの粗度係数nを使い、計97ケースの計算を行った。

6. 不定流の解析結果

図-7 から図-9 に大堰観測所での水位のハイドログラフを示す。図-10 から図-12 に見附観測所での水位のハイドログラフを示す。マンニングの粗度係数n'が0.030から0.032、nが0.030から0.034の時に見附観測所では、計算結果と観測値が近い値になっている。

図-13 から図-15 に水位縦断図を示す。マンニングの粗度係数n'が0.030のとき、流下距離20000mより上流では、ほとんど箇所でも堤防高よりも水位が高くなっている。それより下流でもマンニングの粗度係数nが大きくなるにつれて、堤防高と同じか高い水位になっている。マンニングの粗度係数n'が大きくなるにつれて水位が低くなっている。マンニングの粗度係数n'が0.034よりも大きくなってくると、流下距離20000mよりも下流では、堤防高よりも水位が低くなっている。しかし、マンニングの粗度係数nが大きくなるにつれて、堤防高と同じくらいの水位になっている。

マンニングの粗度係数nが0.030から0.034、n'が0.030から0.034が妥当ではないかと考えられる。

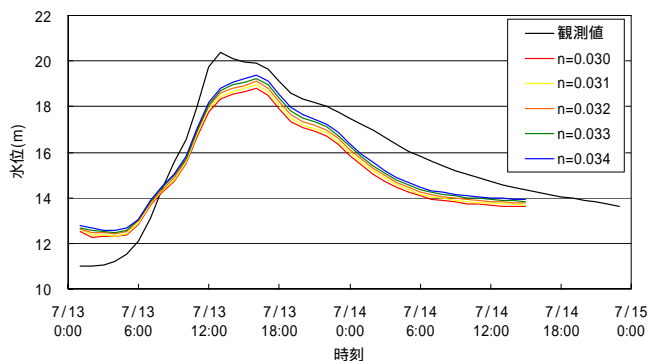


図-7 水位のハイドロ(大堰観測所 n'=0.030、最大流量 1570m³/s)

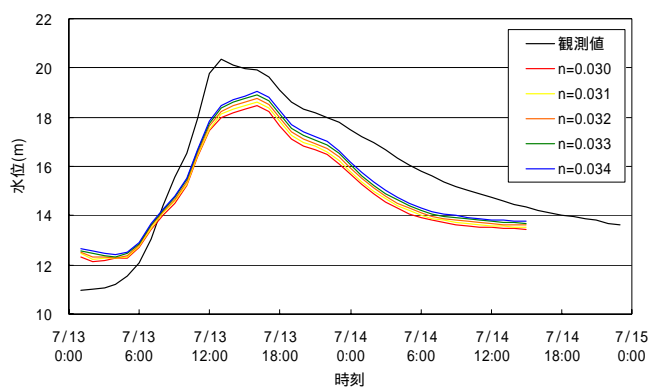


図-8 水位のハイドロ(大堰観測所 n'=0.032、最大流量 1470m³/s)

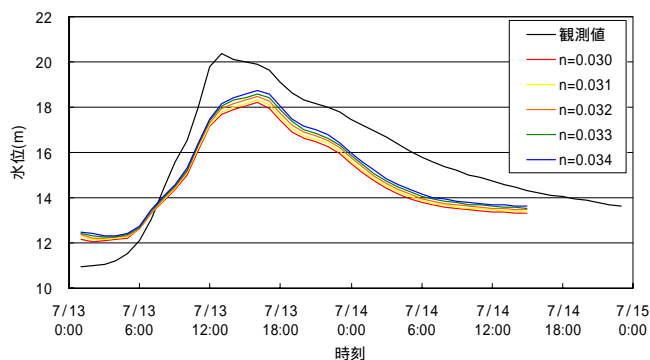


図-9 水位のハイドロ(大堰観測所 n'=0.034、最大流量 1390m³/s)

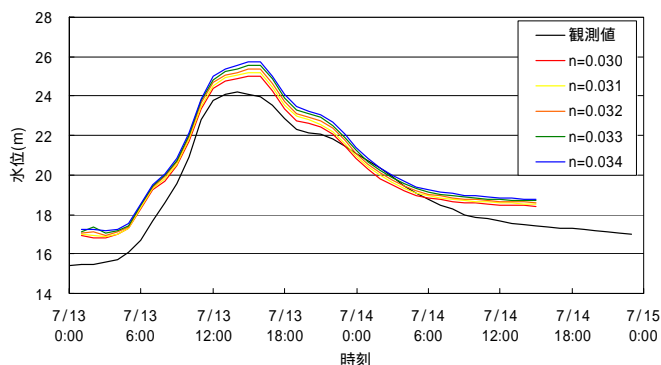


図-10 水位のハイドロ(見附観測所 n'=0.030、最大流量 1570m³/s)

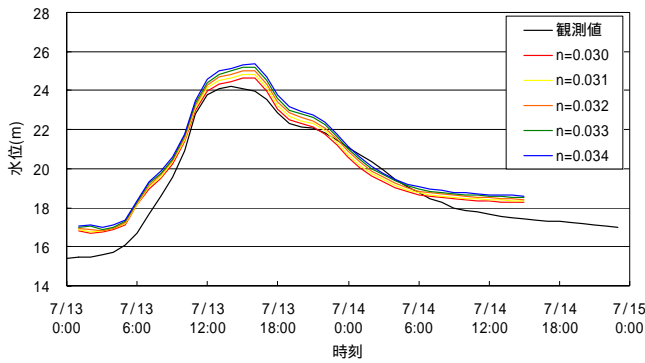


図-8 水位のハイドロ(見附観測所 $n=0.032$ 、最大流量 $1470\text{m}^3/\text{s}$)

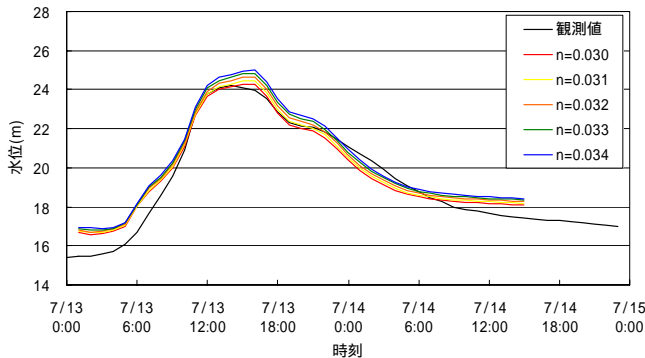


図-9 水位のハイドロ(見附観測所 $n=0.034$ 、最大流量 $1390\text{m}^3/\text{s}$)

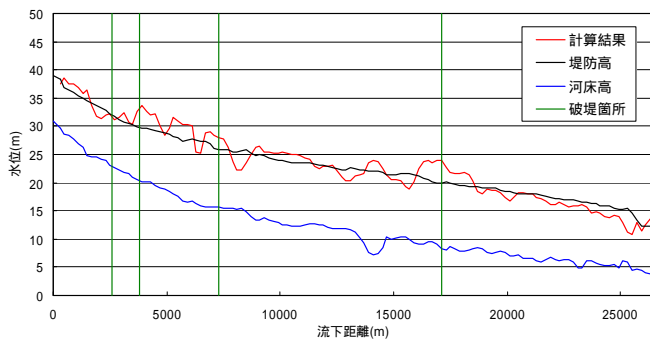


図-12 水位縦断面図(流量 $1570\text{m}^3/\text{s}$ 、 $n=0.030$ 、 $n=0.030$)

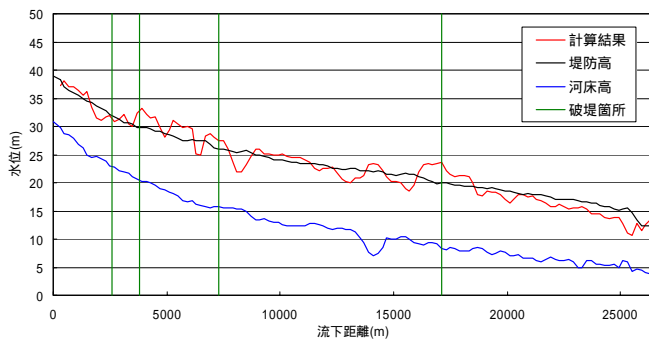


図-13 水位縦断面図(流量 $1470\text{m}^3/\text{s}$ 、 $n=0.032$ 、 $n=0.030$)

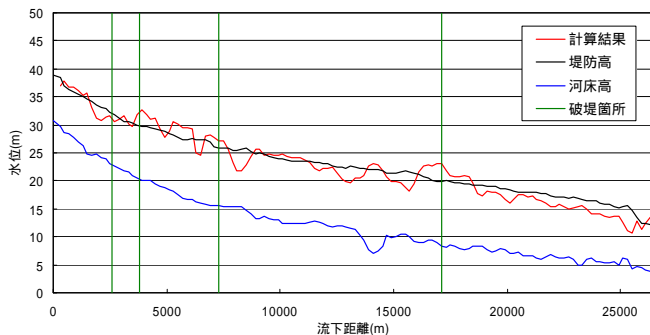


図-14 水位縦断面図(流量 $1390\text{m}^3/\text{s}$ 、 $n=0.034$ 、 $n=0.030$)

7. 考察

不等流の計算では、流下距離 17100mで破堤したところでは、水位が堤防高よりも高くなっている。流下距離 17100m近くでは、急激に堤防幅が小さくなり、断面積が小さくなった。このことが、水位が高くなった原因の一つではないかと考えられる。このことから、この箇所で破堤したものと考えられる。破堤した箇所以外でも堤防高よりも水位が高くなった箇所がある。この原因としては、実際に破堤した箇所より流出した流量を考慮していないこと、実断面を長方形断面と仮定して計算をしたこと、境界条件である合流部の水位と流量が観測されていないため、実際の水位と流量がわからないということ、などが考えられる。一方、上流部における他の破堤した箇所では、堤防高よりも計算結果が低くなっている。これは、稚児清水川の流入流量を考慮しなかったことが考えられる。

不定流の計算では、破堤した4箇所ですべて堤防高よりも水位が高くなっていた。しかし、それ以外の箇所でも堤防高よりも水位が高くなっている箇所が多くある。この原因としては、先に述べた理由が考えられる。

8. 結論

不等流と不定流の計算結果より 7.13 水害時のときの最大流量は $1400\text{m}^3/\text{s}$ から $1600\text{m}^3/\text{s}$ であり、マンニングの粗度係数は 0.030 から 0.034 ではないかと考えられる。

9. 今後の課題

長方形断面ではなく実断面で計算を行うようにすること。そして、破堤した箇所で堤防高よりも高くなり流出したと考えられる流量を考慮することである。