

内水氾濫解析による浸水抑制効果の予測と危険区域の指定に関する検討

長崎大学大学院 学生会員○丸山寛起 三軌建設（株） 正会員 吉本静磨
 長崎大学工学部 正会員 川池健司 長崎大学工学部 フェロー 野口正人

1. はじめに

近年、都市域において雨水排水不良による内水氾濫が常習化している。浸水区域を想定するための解析モデルの構築は、効果的な治水対策を可能にする。そこで本研究では、内水氾濫解析モデルを構築し、長崎県諫早市における浸水域を数値シミュレーションによって予測することを試み、さらに排水施設の新設や既存の排水施設の排水能力増強による浸水軽減効果、および流速と浸水深を考慮した危険区域の指定に関する検討を行なう。

2. 氾濫解析の方法

本研究では、諫早市街地の内水氾濫解析を行なうにあたり、低平地部分を任意形状の非構造格子に分割し、水路、道路等をモデル化した。さらに、低平地部分に直接雨水が流出する斜面を考慮するために非構造格子の外周接続辺から斜面上方に最急勾配線を引くことにより、これらの斜面を抽出した。それぞれに、非構造格子による二次元解析モデル¹⁾と、中間流表面流統合型 kinematic wave モデル²⁾を適用し、以下に示す基礎方程式を用いた。斜面と低平地格子との境界において、斜面からの流出流量を低平地外周からの横流入量として解析を行なった。

<斜面>

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = B \cdot r$$

1) $0 < A \cdot \cos q < B \cdot g \cdot D$ のとき

$$Q = \frac{k}{g} \cdot A \cdot \sin q \cdot \cos q$$

2) $B \cdot g \cdot D \leq A \cdot \cos q$ のとき

$$Q = \frac{\sqrt{\sin q}}{n} \cdot \left(\frac{A}{B} \cdot \cos q - g \cdot D \right)^m + \frac{k}{g} \cdot A \cdot \sin q \cdot \cos q$$

<低平地>

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = r$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial uM}{\partial x} + \frac{\partial vM}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial x} - \frac{gn^2 M \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial uN}{\partial x} + \frac{\partial vN}{\partial y} = -gh \frac{\partial H}{\partial y} - \frac{gn^2 N \sqrt{u^2 + v^2}}{h^{4/3}}$$

なお、 A は流水断面積、 Q は流量、 r は降雨強度、 k は透水係数、 γ は空隙率、 D は A 層厚、 B は斜面幅、 θ は地表面勾配、 m は $5/3$ 、 h は水深、 M, N は x, y 方向の流量フラックス、 u, v は x, y 方向の流速、 H は水位（ $=h+z$ ： z は地盤高）、 n はManningの粗度係数である。対象領域に降った雨は19箇所の排水機場と5本の本明川支川からのみ対象領域外に排出され、その他の境界は堤防または樋門で囲まれている。また、本明川支川の下流端では、簡単のため流れを等流としてManning式を用いて排水流量を求める。

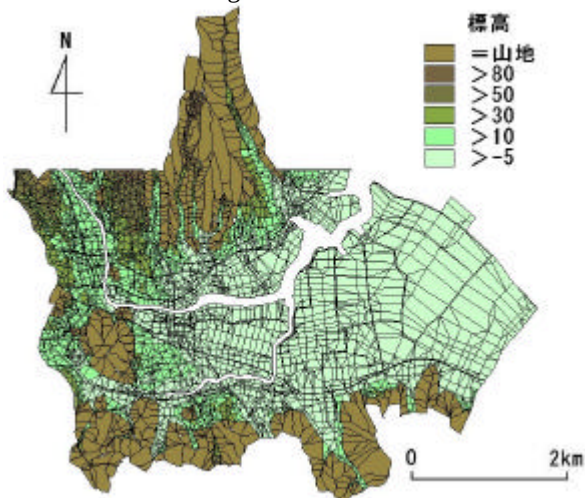


図-1 解析格子と標高

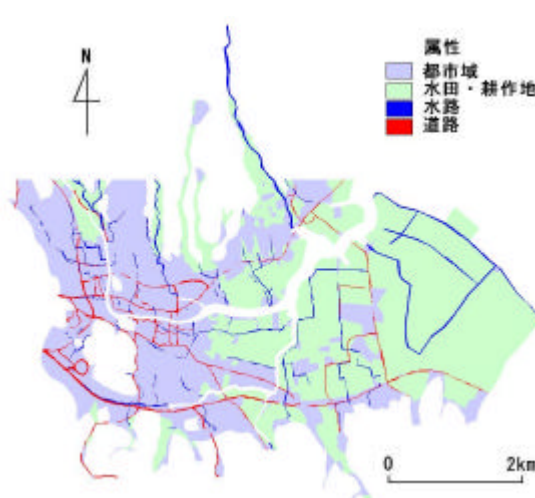


図-2 解析格子の属性

キーワード 内水氾濫解析, 抑制効果, 危険区域

連絡先 〒852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 Tel.095-819-2619

3. 解析結果と内水氾濫抑制の考察

対象領域をモデル化した非構造格子とその標高およびそれに隣接する斜面部分を図-1 に、非構造格子の属性を図-2 に、示す。対象降雨は 1999 年 7 月 23 日の諫早集中豪雨災害時に諫早観測所で観測された 10 分ごとのデータ（図-3）を採用し、対象領域全域に一樣に与えた。

図-4 に、解析中に浸水深が 0.5m 以上に達した地域と 1999 年水害当時の浸水実績³⁾との比較を示す。図中 B,C,D 地区において両者はかなり良好に一致した。これは、この地区で道路、水路網を詳細に表現したためだと考えられる。A,E 地区において相違が生じた原因として、全域一様の降雨データを適用したことや流域からの排水を考慮しなかったこと等が考えられる。

内水氾濫解析のハード的対策への応用例として、図-4 中の A,B,C,D 地区に仮想ポンプ場の設置、または既存の排水施設の能力を増強させて内水氾濫の軽減に及ぼす効果について検討する。全域で $90.0\text{m}^3/\text{s}$ の新設、 $46.3\text{m}^3/\text{s}$ の増強を行なったときの排水対策前後での浸水域の比較を図-5 に示す。図より排水対策を行なうことで内水氾濫による浸水被害が軽減されることがわかる。しかし、浸水被害を完全に防ぐことはコスト面からも難しく、また、想定規模を超過する降雨の発生は否定できないことから排水施設による内水氾濫の抑制には限界があるといえる。

次に、内水氾濫解析のソフト的対策への応用例として、避難する際の危険区域を解析によって求め、内水氾濫による人的被害の軽減を図る。図-6 に午前 10 時 00 分における浸水深と流速を考慮した危険区域を示す。危険区域の指定には浸水域や浸水深が注目されがちだが浸水深とは無関係に比較的勾配が急な箇所で大いな流速が発生していることがわかる。この場合、危険区域は浸水深が大きい a,c,d 地区だけでなく、浸水深は大きくないが流速が大きい b,e 地区も危険区域といえる。

4. おわりに

本研究では、内水氾濫解析による被害の軽減策について検討した結果、ハード的対策を講じることによる浸水被害の軽減が予測できた。また、危険区域についても浸水域だけでなく、浸水深に無関係に流速が大きく避難の際に危険な区域があることが本研究によりわかった。

<参考文献> 1) 川池健司・井上和也・戸田圭一：非構造格子の都市氾濫解析への適用, 水工学論文集, 第 44 巻, pp.461-466, 2000. 2) 立川康人・原口明・椎葉充晴・高棹豚馬：流域地形の三角形要素網表現に基づく分布型降雨流出モデルの開発, 土木学会論文集, No.565/II-39, pp.1-10, 1997. 3) 速報 1999, 7, 23 長崎県諫早集中豪雨災害

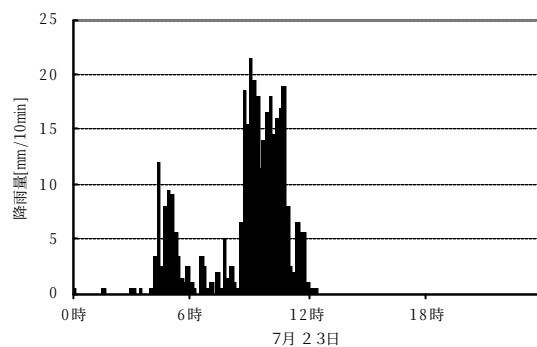


図-3 1999 年 7 月 23 日の降雨量

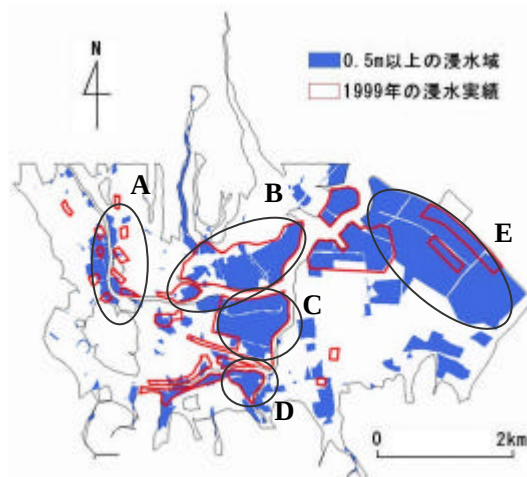


図-4 解析による浸水域と浸水実績の比較

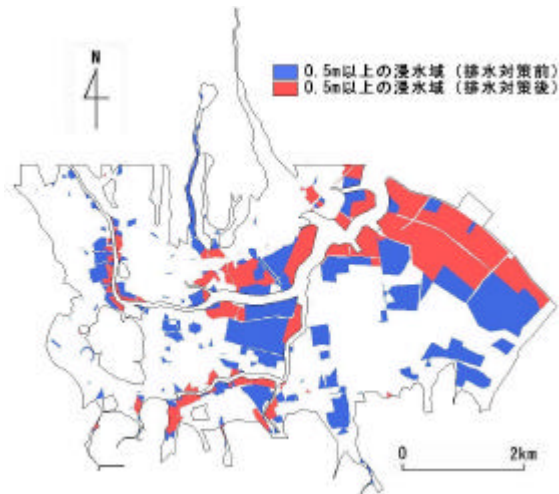


図-5 排水対策前後での浸水域の比較

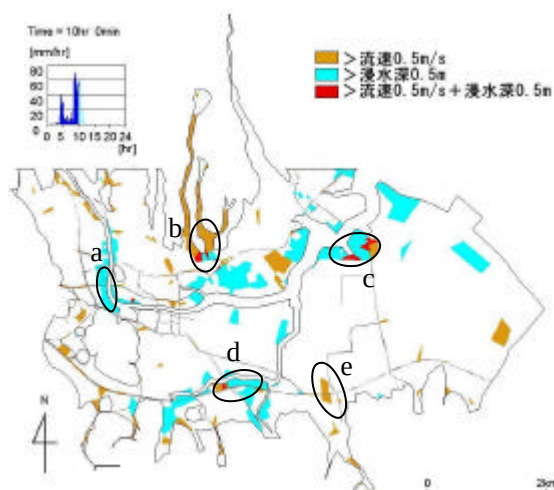


図-6 解析による危険区域 10 時 00 分