

河川流・氾濫流一体解析法に基づく2015年鬼怒川氾濫の家屋被害状況と破堤幅変化の関係

東京理科大学大学院 学生会員 ○吉井祥真, 窪田利久, 鎌田直樹, 鈴木聡佑
東京理科大学 正会員 柏田仁, 二瓶泰雄

1. はじめに

近年, 甚大な豪雨災害が多発している. 洪水氾濫による家屋被害が甚大だった近年の豪雨災害としては, 平成27年関東・東北豪雨, 平成30年西日本豪雨, 令和元年東日本台風, 令和2年7月豪雨など数多く存在する. これらのうち流下型氾濫が顕著だった令和2年球磨川災害を除くと, 破堤氾濫による家屋被害が顕著であった. 現在進行中の流域治水プロジェクトを見据えた家屋対策としては, 耐水建築技術の開発・導入や高台移転等が挙げられる. これらの対策を展開する上では, 家屋被害と氾濫流による水理量の関係性を明らかにすることは必要不可欠であるが, 洪水氾濫は津波と比べてデータ数が少ないため, これらの関係性は不明な点が多い. 特に, 破堤氾濫時の破堤プロセスと家屋被害の関係は未解明である. 本研究では, 破堤幅が時間と共に広がったH27年関東・東北豪雨時の鬼怒川氾濫を対象として, 破堤幅の時間変化と家屋被害状況との関係を明らかにすることを目的とする. 破堤地点周辺の流況は複雑であるため, ここでは, 河川流・氾濫流一体解析法を採用する.

2. 研究方法

(1) 鬼怒川氾濫の概要: H27年関東・東北豪雨では, 台風18, 19号により, 同年9月9~10日に鬼怒川流域に記録的な大雨が降った. これより, 鬼怒川左岸25kp付近(若宮戸地区)では9/10 6時頃より溢水が発生し, 左岸21kp(三坂地区)では同日12:50頃に堤防が決壊した. その結果, 茨城県常総市の1/3に相当する40km²の浸水が発生した. また, 若宮戸・三坂地区にて甚大な家屋被害が発生し, 全壊26棟, 損壊大8棟, 損壊小22棟であり, 特に決壊地点近傍に全壊が集中した(図-1)¹⁾. この時, 21kp付近の決壊幅の時間的推移としては, 国交省資料²⁾とYouTube動画からの判読より, 20m(12:50), 80m(13:36), 120m(15:02), 160m(16:54)と段階的に広がり, 最終的に17:30に200mまで広がった(図-1).

(2) 解析方法と計算条件: 本研究では, 河川流・氾濫流一体解析を実施した. ここでは, 平面二次元流動計算を行い, 将来的な三次元流動解析を念頭に, 直交曲線座標系の2D-3Dハイブリッドモデル³⁾に含まれる平面二次元モデルを用いた. 計算対象領域は, 図-2に示すように, 鎌庭水位観測所(27.25kp)から鬼怒川水海道水位観測所(11kp)までとし, 河道・氾濫域を含んでいる. 計算格子幅は流下方向20m, 横断方向15mとする. 解析期間は2015/9/9 18:00~9/10 24:00である. 境界条件としては, 河道部の上流端では福岡ら⁴⁾による流量解析結果, 下流端では観測水位を与えた. 氾濫域では上流側では閉境界, 下流端では一部開境界条件をそれぞれ与えた.

3. 結果と考察

(1) 破堤幅の時間変化と家屋被害の関係: 破堤幅の増加に伴う決壊地点周辺の流況変化及び家屋被害の関係を調べるために, 複数時刻の決壊地点周辺における流速ベクトルと流速絶対値コンターを図-3に示す. ここでは, 破堤幅増加直後の13:00, 13:40, 15:10, 17:40の4つの時刻の結果を表示する. また, 家屋被害分布を, 図-1と同じ被災形態別の色を用い, 各家屋で単位幅流量が最大となった時刻毎にマークの形状を分けて図示している. これより, 13:00では, 決壊幅20mであり, 最大4.3m/sとなる高流速が発生しているが, 2.0m/sを超える高流速の範囲は決壊幅程度に限られてい

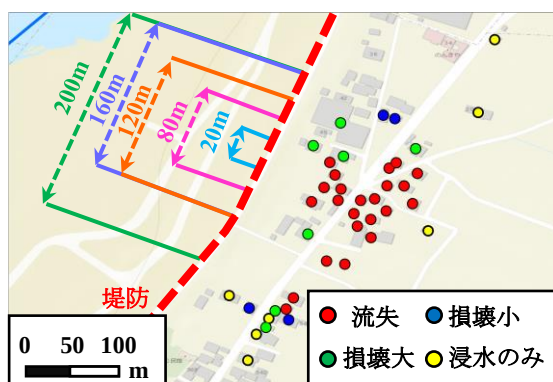


図-1 決壊地点周辺の家屋被害と破堤幅の推移(鬼怒川21kp左岸)

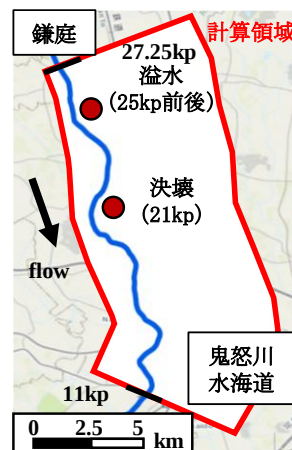


図-2 計算対象領域

キーワード: 家屋被害, 破堤幅, 鬼怒川, 平成27年関東・東北豪雨, 河川流・氾濫流一体解析

連絡先: 〒278-8510 千葉県野田市山崎2641 東京理科大学5号館3階水理研究室 TEL: 04-7124-1501 (内線4069)

る．そのため，単位幅流量が最大となった家屋はなかった．決壊幅 80m の 13:40 では，高流速範囲が決壊地点から放射状に広がっており，最大流速は 5.1m/s となった．これに応じて，単位幅流量が最大となった家屋は決壊地点前面の 2 棟であり，いずれも流失家屋であった．

次に，決壊幅 120m の 15:10 では，高流速範囲はさらに拡大し，最大流速はやや減り 3.8m/s となった．決壊地点南側（下流方向に相当）の方が北側（上流側）より高流速になり，決壊地点を挟んで非対称の流速分布となった．これは，地盤高の高低差の影響を受けると共に，決壊地点において河川流の運動量輸送が反映されているためであり，河川流・氾濫流一体解析による効果が示された．この時の単位幅流量が最大となった家屋数も急増し，全壊のみならず，その他の被害形態でも見られた（合計 33 棟）．16:54 の破堤幅が 160m となった直後では単位幅流量最大の家屋はなかった（図省略）．最終破堤幅 200m となった 17:40 では，高流速の範囲も拡大しているが，河川水位の低下に伴って最大流速は 3.5m/s と減少した．ただし，決壊幅拡大範囲の前面の家屋では単位幅流量最大となっており，その中に流失家屋も 3 棟も含まれていた．このように，破堤幅の時間変化と家屋被害の空間分布には明瞭な関係があることが示唆された．

(2) 水理量と家屋被害の関係：標準木造家屋の倒壊限界⁵⁾と今次水害の家屋被害状況を比べるために，解析結果より得られた浸水深と流速を家屋一棟毎に求めてプロットしたものを図-4 に示す．図中の水深と流速は，単位幅流量最大の時の結果である．また，図中には新・旧耐震基準（実線，破線）の倒壊限界⁵⁾も図示する．これより，流速と水深が各々 2.0m/s, 2.0m を超えると全壊家屋が多く存在し，これらは倒壊限界（旧耐震基準）を上回っている．一方，倒壊限界を下回り，小さな浸水深でも全壊家屋が 7 棟（図中 A-G）存在した．

このように耐震基準を下回っても家屋が全壊した要因には，家屋特性や水理特性の影響が考えられる．被災当時の家屋の情報が現時点では不十分で，家屋構造や階数等の面からは検討できない．一方，水理特性としては，この 7 棟の家屋は流速は約 2m/s に達し十分な流速と言えるが，浸水深が小さく 1m 以下の家屋もある．これは，用いた DEM データの影響もあり得るが，浸水深の再現性は概ね問題ないことを確認している．一方，本解析で考慮できていない地盤侵食状況を見ると，被災後では，広範囲に地盤侵食が見られ，その中に家屋 A～G も位置していた（図-5）．これより，地盤侵食が進み家屋の基礎ごと流失した可能性が高いものと考えられる．このことから，家屋被害を評価する際には，流速と浸水深以外にも土砂水理の観点が必要であることが示唆された．

謝辞：本研究の一部は（一財）大成学術財団により実施された．ここに記して謝意を表する．

参考文献：1) 二瓶ら：河川技術論文集，Vol.22，2016．2) 堤防調査委員会：鬼怒川堤防調査委員会 報告書，2016．3) 二瓶ら：土木学会論文集，No.803，II-73，2005．4) 福岡ら：河川技術論文集，Vol.22，pp373-378，2016．5) 国交省，洪水浸水想定区域図作成マニュアル（第4版），2017．

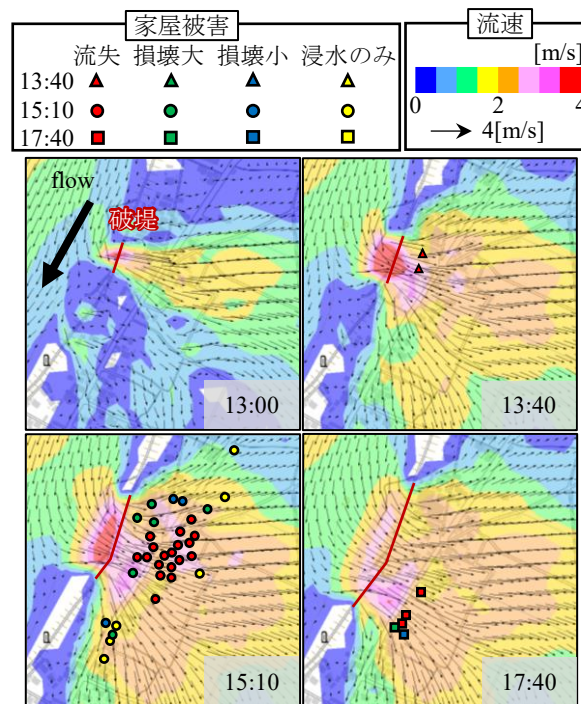


図-3 決壊地点周辺の流速コンターと家屋被害の関係

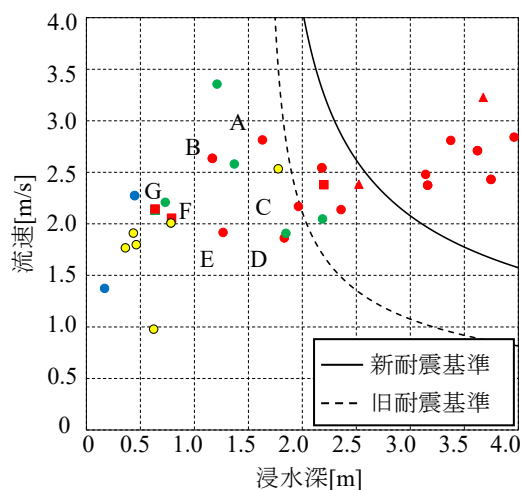


図-4 家屋被害と水理量，倒壊限界の関係

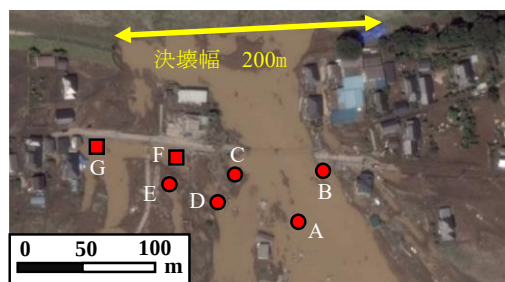


図-5 決壊地点周辺における地盤侵食の様子 (Google Earth)