

東北地方太平洋沖地震津波で阿武隈川を遡上・越水した津波による被害の局所性の要因分析

埼玉大学大学院
埼玉大学大学院
埼玉大学大学院

学生会員
学生会員
正会員

○庭田 侑
佐藤 誠幸
田中 規夫

1. 目的

東北地方太平洋沖地震津波は、阿武隈川を含む複数の河川で、河川を遡上し堤防を越流した。阿武隈川で氾濫した津波により堤防裏法面部や裏法尻部で洗掘・落堀被害が生じたが、川沿いにおいて被害状況が大きく異なる等、局所性が高い¹⁾ことが指摘されている。田中ら¹⁾は数値解析による再現計算で得られた越流時間によって落堀被害を評価し、被害が大きくなる閾値が存在することを示している。しかし被害状況を精度よく評価するためには、越流時間だけでなく津波のエネルギーを表す力学的パラメータも含めて定量評価する必要がある。よって、本研究では阿武隈川を対象として、数値計算により津波の河川遡上とその氾濫を再現し、現地調査によって得られた落堀被害を適切に表現する要因ならびに力学的パラメータを明らかにし、その閾値を定量化することを目的とする。

2. 研究方法

(1)数値解析モデル
断層モデルと非線形長波方程式を基本としたモデル¹⁾を使用し、阿武隈川河口周辺の津波を再現した。
(2)力学的パラメータの算出
落堀被害を評価するために、越流箇所におけるせん断応力 τ 、運動量 M 、エネルギー量 E を算出した。算出式をそれぞれ式(1)、式(2)、式(3)に示す。

$$\tau = g(\zeta + h) \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gn^2}{(\zeta + h)^{7/3}} Q_y \sqrt{Q_x^2 + Q_y^2} \quad (1)$$

$$M = \int_0^H \rho v^2 (1 \times dz) = \int_{H_b}^{H_w} 2\rho g z dz = \rho g (H_w^2 - H_b^2) \quad (2)$$

$$E = \rho g h_d^2 + \frac{1}{2} \rho h_d v^2 \quad (3)$$

ここに、 ζ は水位(m)、 Q_x 、 Q_y は x 、 y 方向の線流量(m^2/s)、 h は初期状態の静水深(m)、 g は重力加速度(m/s^2)、 n はマンニングの粗度係数($m^{-1/3}s$)、 ρ は水の密度(kg/m^3)、 H_w は堤防上の水位(m)、 H_b は堤防標高(m)、 H_d は越流落差(m)である。
(3)落堀の位置とスケールについて

宮城県阿武隈川周辺の現地調査¹⁾によって得られた落堀スケールについて、落堀の体積を河道方向の長さで除し、単位長さ当たりの落堀体積を求めた。数値解析との比較では、落堀体積の大きかった4地点(地点A-D)に加え、落堀被害の小さかった右岸(地点E)と左岸(地点F)に1点ずつ対象地点を選定した。図-1に落堀と出力点の位置、表-1に落堀のスケールを示す。



図-1 落堀と出力点の位置

表-1 落堀のスケール

	長さ(河道方向)(m)	体積(m ³)	単位長さ当たりの体積(m ³)
落堀 A	20	400	20
落堀 B	24	384	16
落堀 C	10	140	14
落堀 D	11	165	15

3. 研究結果と考察

(1)初期越流時間

本研究では、河川からの越流が始まってから陸を遡上する波が到達するまでの時間を初期越流時間 t_f とし、その時間内で力学的パラメータの値を評価した。ここで、地点 E, F では、計算出力結果によれば堤外からの越流が起こったのは、陸を遡上する津波が到達した後であったため、 t_f を定めることができなかった。今回は落堀の被害が大きかった地点と比較するため、河川からの越流が始まってから 100 秒間を仮の初期越流時間 t_f として比較した。

(2)力学的パラメータと落堀スケールの比較

数値解析より得られたせん断応力 τ 、運動量 M 、エネルギー量 E と単位長さ当たりの落堀体積の比較を行った。図-2 に越流箇所(堤内地)におけるエネルギー(以後、堤内エネルギー)の最大値に対する単位長さ当たりの落堀体積の関係を、図-3 に堤内エネルギーの t_f 内での合計値に対する単位長さ当たりの落堀体積の関係を示す。これらの図より、河口付近の落堀 A, B では最大値が大きく、河川の蛇行や橋梁の影響を受けて越流が激しかったと考えられる亘理大橋手前付近の落堀 C, D では合計値が大きいことが分かる。また、被害の小さかった地点 E, F では最大値、合計値ともに小さいことが分かる。 τ 、 M についても、同様の傾向が見られた。

さらに、図-4 に落堀 A 付近での水位の時間変化を、図-5 に落堀 D 付近での水位の時間変化を、図-6 に地点 E での水位の時間変化を示す。これらの図より、被害の大きかった落堀 A, D 付近では堤内がドライな状態で越流している(陸上を遡上する津波が到達する前に、河川遡上津波の氾濫が生じている)のに対し、被害の小さかった地点 E では堤内に氾濫水が存在している(陸上を遡上する津波が到達している)状態で越流が発生している。また河口からの距離が大きくなると、 t_f も大きくなることがわかる。

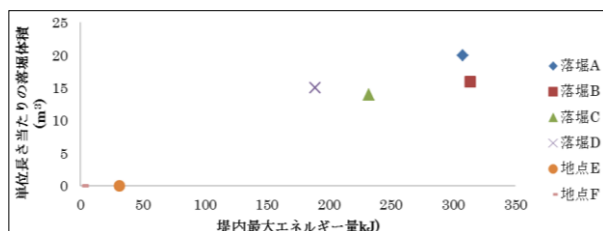


図-2 越流箇所(堤内地)におけるエネルギー最大値に対する単位長さ当たりの落堀体積

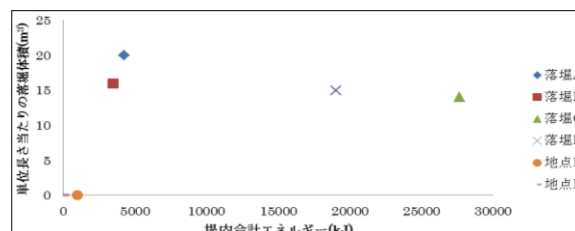


図-3 越流箇所(堤内地)におけるエネルギーの t_f 内の合計値に対する単位長さ当たりの落堀体積

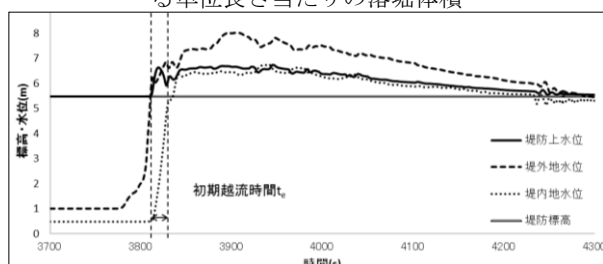


図-4 落堀 A 付近での水位の時間

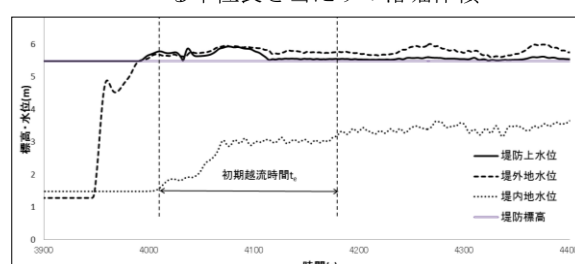


図-5 落堀 D 付近での水位の時間変化

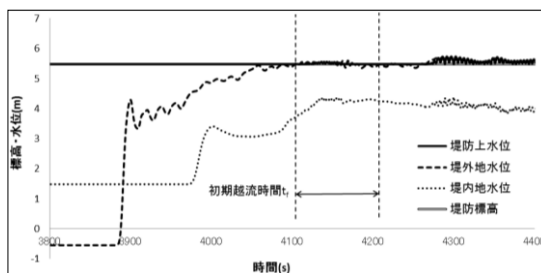


図-6 地点 E での水位の時間変化

4. 結論

- 1) 本研究で選定した力学的パラメータの最大値がある閾値を越えると落堀被害が大きくなり、地点 A, B のように値が大きければ t_f が小さくても落堀被害は大きくなる等、越流時間では表現できない要因が特定できた。
- 2) 地点 C, D のように河川から離れた地点で、河川蛇行や橋梁などの要因で越流が生じた場合には、力学的パラメータの最大値が小さくても、 t_f が長ければ力学的パラメータの合計値が大きくなり、落堀被害が大きくなる。
- 3) 海からの津波が陸域を遡上する前に、河川遡上津波の氾濫が生じた場合には、落堀被害が大きくなる。

参考文献

- (1) 田中規夫, 八木澤順治, 佐藤誠幸, 細萱陽: 東日本大震災における津波の河川遡上による堤防越流と被害状況の把握, 河川技術論文集, 第 18 巻, pp.357-362, 2012.