

第 I 部門

アースダム決壊に伴う決壊状況解析とその浸水マップ作成に関する研究

京都大学工学部

学生会員

○岩橋 卓也

京都大学大学院工研究科

正会員

Charatpangoon Bhuddarak

京都大学大学院地球環境学堂

正会員

清野 純史

1. 研究の背景と目的

日本は、世界の中でも特に地震活動が活発な地域に位置しており、多くのダム被害が観測されている。そこで本研究では、東北地方太平洋沖地震により決壊した藤沼ダムに注目する。ダム決壊時の対策をハード対策とソフト対策に分けて考えると、ハード対策では膨大な費用及び時間がかかることに加え、想定をこえる災害に備えることは難しい。そこで、ソフト対策に重点をおき、自助の促進をおこなう。そのためには事前に被害状況を把握することが必要となる。よって、本研究では、同地震による藤沼ダムの決壊状況及び周辺の浸水状況を予測(把握)し、浸水マップを作成、洪水状況を調査することを目的とする。

2. 水理解析手法

河川における水理解析には ArcGIS10.2 と河川解析ソフト HEC-RAS(Hydrologic Engineering Center-River Analysis System)を用いる。まず、Arc-GIS を用いて藤沼ダム周辺の数値標高データから地理情報を取得する。このデータを HEC-RAS にインポートし、流量等の条件を入力して藤沼ダム下流周辺における浸水深の変化をシミュレートする。

3. ダム決壊時の再現計算

3.1 ダム決壊時の再現計算

ダム決壊時の流量及びダム決壊部の断面状況の再現計算を行う。ダム決壊部における流速が決壊部水深の平方根に比例すると仮定すると、流量 $Q_b(\text{m}^3/\text{s})$ は定数 α_1 を用いて以下の式(1)で表される。

$$Q_b = \alpha_1 b (H - Z)^{\frac{3}{2}} \quad (1)$$

H はダムの水位(m), Z は決壊部底部の高さ(m), b は決壊部幅(m)を表す。また、決壊部の浸食速度が流速に比例すると仮定すると、ダムの水位 H 及び決壊部底部の高さ Z は定数 α_2 を用いて以下の式(2)及び式(3)で表される。

$$Z = Z_0 + \frac{\left(\frac{b}{\alpha_2 \alpha_1 A_s}\right) \left[(H - Z)^{\frac{1}{2}} - (H_0 - Z_0)^{\frac{1}{2}} \right] + \ln \left[\frac{1 - \frac{b}{\alpha_2 \alpha_1 A_s} (H - Z)^{\frac{1}{2}}}{1 - \frac{b}{\alpha_2 \alpha_1 A_s} (H_0 - Z_0)^{\frac{1}{2}}} \right]}{\frac{1}{2} \left(\frac{b}{\alpha_2 \alpha_1 A_s}\right)^2} \quad (2)$$

$$H = \frac{4}{\left[\frac{\alpha_1 b dt}{A_s} + \frac{2}{(H_t)^{\frac{1}{2}}} \right]^2} \quad (3)$$

H_0 及び Z_0 はダム決壊開始時のダムの水位(m), 決壊部の高さ(m), H_t は Z を限りなく 0 に近づけた時のダムの水位を表し, $H_0 = 16.7(\text{m})$, $Z_0 = 16.6(\text{m})$ とする。なお、本研究では Singh et al.¹⁾のダム決壊時の流量計算結果をもとに試行錯誤的に α_1 及び α_2 を求め、 $\alpha_1 = 1.42$, $\alpha_2 = 1.1 \times 10^{-3}$ とする。また、ダム決壊部断面を幅 $b = 40(\text{m})$ の長方形断面と考える。

3.2 再現計算の結果

流量 Q_b 及び総流量の再現計算の結果を図 1 に示す。ダムの水位 H , 決壊部高さ Z の再現計算の結果を図 2 に示す。図 1 より決壊開始後の約 26 分で流量が最大となり、このときのピーク流量 $Q_b \approx 2600(\text{m}^3/\text{s})$ となることが分かる。また、図 2 よりダム決壊開始後 28 分にダム堤防が完全に決壊すること、ダム決壊開始後 25 分から決壊部水位が急激に低下しはじめることが分かる。

4. 浸水マップを用いた洪水状況評価

4.1 浸水マップの作成

再現計算で得た結果をもとに、クリギング手法を用いて浸水マップを 1 分間隔で作成する。このとき使用したマニング値を表 1 に示す。作成した浸水マップを用いて、実際に被害が大きかった地域における洪水状況を評価する。作成した浸水マップの最大浸水域を図 3 に示す。

4.2 被害状況の評価

Google earth を用いて藤沼ダム決壊前後における河川周辺の物的被害状況の大小を目視で判別する。判別の結果、建物の被害は図 4 に示すように、ダム堤防から下流 900(m)左岸周辺、2500(m)右岸周辺、2900(m)両岸周辺の 3 地域に集中していることが確

認できた．それぞれを地域 A，地域 B，地域 C とする．

4.3 各地域における洪水状況の評価

ダム決壊後，浸水深が 1(m)に達した時間を洪水流の到達時間，各地域周辺で浸水域が最も大きくなった時間をピーク到達時間，浸水深 1(m)以上の状態が継続する時間を洪水の継続時間とする．作成した浸水マップをもとに，地域 A，地域 B，地域 C におけるこれらの洪水状況の評価する．各地域における洪水状況を表 2 に示す．

4.4 考察

ピーク到達時間は，それぞれ洪水到達時間から 8 分後，5 分後，9 分後と目視で認知してからの完全な避難は難しいといえる．被害が大きい地域は，いずれも河川の屈折部及び蛇行部に位置していた．一方，河川の直線区間に位置する建物は比較的に被害の小さいことが確認できた．これは，屈折部及び蛇行部では，流水が滞り，洪水が疎通しにくいいため，洪水の流出量が大きくなることが原因だと考えられる．また，山間部ではわずかな地域を残してほとんどの地域が浸水しており，避難場所が限られてくるので事前にダム決壊時の対応を考えておくことが重要であると言える．

表 1 水理解析に用いるマニング値

水路区分		マニング値
都市部	高密度居住区	0.08
	中密度居住区	0.06
	低密度居住区	0.04
自然河川	小流路，雑草なし	0.033
	小流路，雑草，灌木	0.040
	小流路，雑草多，礫河床	0.050
	山地流路，砂利，玉石	0.050
	山地流路，玉石，大玉石	0.060

表 2 地域別洪水状況評価

	地域 A	地域 B	地域 C
洪水到達時間 (分)	20	29	26
ピーク到達時間 (分)	28	34	35
洪水継続時間 (分)	22	15	24

5. 結論

本研究では，藤沼ダム決壊における洪水状況の再現計算を行い，非定常流浸水マップを作成し，被害が大きかった地域の洪水状況の評価した．被害の大

きい地域は河川の屈折部及び蛇行部に集中する傾向にあることが確認できた．また，山間部の地域では浸水深が大きくなることが確認できた．これらの地域では，事前にダム決壊時の対応を考えておくことが重要であるといえる．

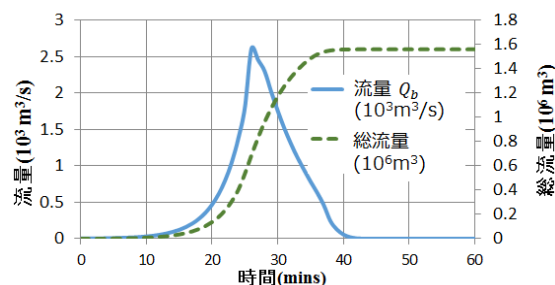


図 1 流量及び総流量の時間変化

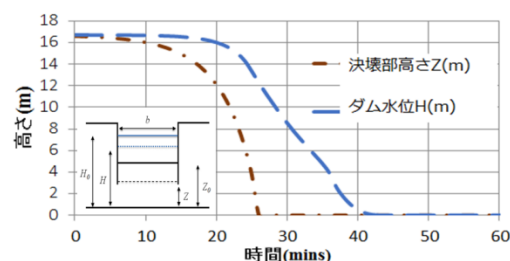


図 2 ダム水位及び決壊部高さの時間変化

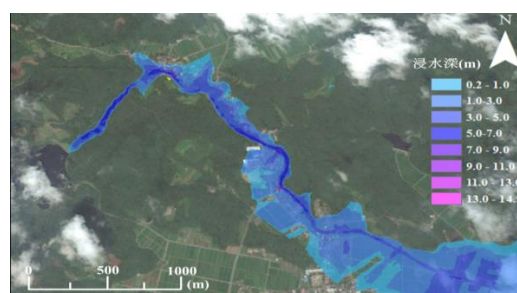


図 3 非定常流最大浸水域

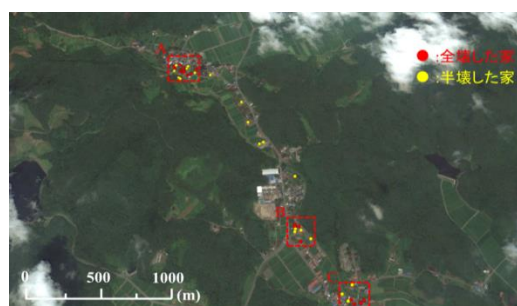


図 4 藤沼ダム下流における被害状況

参考文献

1. Singh V.P. and Scarlatos P.D. : Analysis of Gradual Earth - Dam Failure, Journal of Hydraulic Engineering, vol.114, pp.21-42, 1988.