

I - B426

堤防の地震被害の影響の推定法

建設省土木研究所 正会員 濱田 禎
同 上 正会員 杉田秀樹

1. まえがき

兵庫県南部地震では河川施設を含めて公共土木施設に甚大な被害が生じた。公共土木施設の震災対策を進めるためには、施設自体の耐震性を高めることはもちろん、大規模地震により被害を生じた場合の影響をできるだけ軽減することが重要である。本研究では、堤防被害の影響として越水による堤内地の浸水に着目し、地震による堤防の沈下起因して越水が発生した場合の被害額の期待値の推定手法を提案する。

2. 影響の推定

被害額の期待値の推定フローを図1に示す。個々の計算ステップについてモデル河川を対象とした試算結果を併せて以下に示す。

ステップ1. 地震動に関する関数の設定¹⁾

任意の堤防箇所における地震動の大きさと発生確率を評価するため、ある領域内におけるマグニチュード M 以上の地震の発生確率、震央距離が Δ 以内である確率、および最大加速度の距離減衰式³⁾をそれぞれ(1)～(3)式により与える。

$$\lambda_M = 10^{b_1 - b_2 \cdot M} \cdots (1)$$

$$P_\Delta = \pi \cdot \Delta^2 / \pi \cdot r^2 = \Delta^2 / r^2 \cdots (2)$$

$$a_{\max} = a_1 \cdot 10^{a_2 \cdot M} \cdot f(\Delta) \cdots (3)$$

$$(a_1 = 403.8, a_2 = 0.265, f(\Delta) = (\Delta + 30)^{-1.218}) \cdots (3)$$

ここに、 b_1 、 b_2 は地震の平均発生率を表す係数で、比較的発生頻度の高い地域を対象として $b_1 = 4.53$ 、 $b_2 = 0.808$ を用いる²⁾。(2)式では、震源の位置が半径 r の円内に均一に分布すると仮定している。

ステップ2. 堤防の沈下量に関する関数の設定⁴⁾

堤防高 h を(4)式により与える。(4)式は既往の地震による堤防の被害が最大加速度が概ね 100gal 以上で生じはじめてることと⁴⁾、兵庫県南部地震においては推定最大加速度が 200～300gal の箇所でも最大 3m の沈下が生じたことに基づいて経験的に定めた。

$$h(a_{\max}) = h_0 - 1.5(a_{\max} - 100)(m); (a_{\max} \geq 100), h(a_{\max}) = h_0 (m); (a_{\max} < 100) \cdots (4)$$

ここで、 h_0 は地震前の堤防高で、6.59m（再現期間 150 年の流量が流れた際の最大水位）とした。

ステップ3. 越水の発生確率及び被害額の評価

河川堤防には、地震が発生するしないに関わらず、越水が発生する確率は存在する。仮に地震が発生して堤防が沈下すれば、越水が発生する確率は増加する。この増加分がここで求めるべき確率である。図2はモデル河川の計算対象地点における断面図である。二次元の不定流計算によれば、例えば、再現期間 50 年の流量がこの河川に流れた場合、堤防の高さが 5.6m 以下であれば越水が発生する。

越水による被害額は別途開発された氾濫シミュレーター⁵⁾によって求めた。これは流域をメッシュ分割し浸水域の大きさを計算するとともに、浸水したメッシュごとの資産価値（人命は含まない）と被災度の積の総和をとることで被害額を評価するものである。

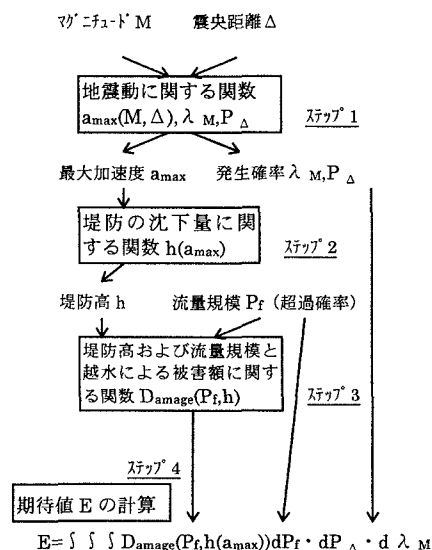


図1 期待値計算の手順

キーワード：河川堤防、洪水、地震防災、リスク評価

〒305 茨城県つくば市旭1 TEL0298-64-3245

モデル河川を対象に、流量と堤防高さを表1の10ケースに変化させた場合の被害額を図4に示す。

ステップ4．被害額の期待値の評価

ステップ1～4を総合して、地震により越水が発生した場合の被害額の期待値Eを(5)式により算定する。

$$E = \int_{M_{\min}}^{M_{\max}} \int_{r_0}^{P_0} P_0 \text{Damage}(P_f, h) \cdot 2 \Delta / r^2 \cdot \ln 10 \cdot b_2 \cdot 10^{b_1 - b_2 \cdot M} \cdot dP \cdot d\Delta \cdot dM \cdots (5)$$

ここに、 $\text{Damage}(P_f, h)$ は堤防高さhのときに超過確率 P_f の流量によって越水が発生した場合の被害額を表し、図4により与えられる。例えば、 P_f が1/(100年)、hが5.6mの場合には被害額 $\text{Damage}(P_f, h)$ は2550億円となる。また P_0 は現況の堤防高に対応する流量の超過確率を、さらに P_h はマグニチュードがM、震央距離が Δ の地震が発生した場合の堤防高に対応する流量の超過確率を表している。モデル河川の被害額の期待値は(5)式により1300万円/年と評価される。

3. まとめ

任意の地点において堤防の地震被害に起因して越水が発生した場合の被害額の期待値を評価する手法を提案するとともに、モデル河川を対象に試算を行った。従来漠然ととらえられていた地震被害の影響を定量的に把握するための手法として、各種地震対策への応用が期待される。地震対策の効果を評価するためには、本手法による被害の評価に加えて以下の要因の影響を考慮する必要がある。すなわち、①河川堤防の耐用年数、②流域の資産価値の将来予測、③流域全体の面的な評価（堤防沿いに線的な地震対策を行ってはじめて地震対策の効果は発現される）、④波及効果発生（被害額が大きくなるにつれて復興に要する時間的・人的パワーは加速度的に増加する）、⑤流域の住民の安心感等の要因である。これらの要因の定量的な評価手法についてさらに研究が必要である。

参考文献：1)古岡潤一：既往の液状化・非液状化事例に基づく地震時液状化確率の定式化、土木技術資料、第37巻、第31号、pp.44-49、1995、2)佐々木康、田村敬一他：確率論的手法に基づく地震動強度の再現期待値の試算、土木研究所資料第2419号、1986、3)宇田高明、松尾修他：平成5年釧路沖地震災害調査報告、土木研究所報告、第193号、第6編、4)日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編、pp.135-141、1990、5)栗城稔、末次忠司他：氾濫シミュレーション・マニュアル(案)、土木研究所資料第3400号、1996

表1 氾濫計算の条件及び結果

No.	洪水波形 (再現期間)	堤防高 (m)	浸水面積 (ha)	被害額 (億円)	人口 (千人)
1	150年	6.59	693	2286	113
2	150年	5.60	881	3319	149
3	150年	5.19	893	3418	152
4	150年	4.28	917	3637	156
5	50年	5.60	463	1443	71
6	50年	5.19	577	1759	92
7	50年	4.28	675	2210	110
8	30年	5.19	385	1089	57
9	30年	4.28	515	1563	81
10	10年	4.28	227	420	31

注)堤防高の6.59,5.60,5.19,4.28mはそれぞれ再現期間150,50,30,10年の洪水波形による最大水位に相当する。

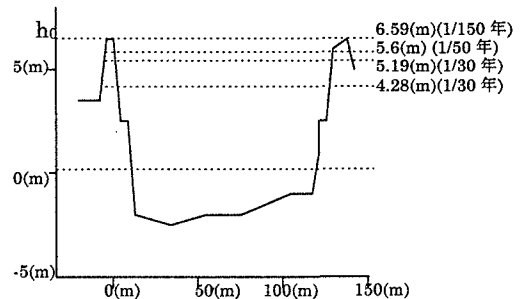


図2 計算対象地点の断面図

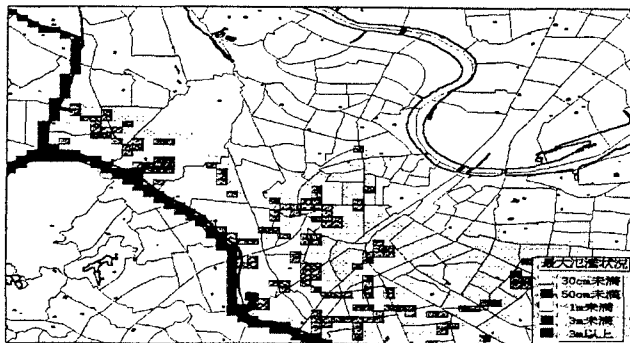


図3 氾濫シミュレーション

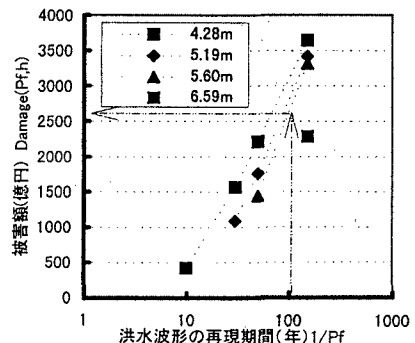


図4 洪水波形、堤防高、被害額の関係