

地震と洪水確率を考慮した利根川堤防の安定性評価

芝浦工業大学 学生会員 ○香山 智史

J R 東 元芝浦工業大学 岸田 千華

芝浦工業大学 正会員 岡本 敏郎

1. 目的

現在利根川沿岸の中下流域において、計画洪水が発生した場合に、堤防が低いため溢れる箇所が15カ所見つかっている。この計画洪水とは、概ね200年に1回起きる規模の降雨による洪水を想定している。一方、河川堤防、港湾という水が関係する構造物では地震によって発生した被害が特に多く、また液状化現象が付随しているケースも多く発生している。このため洪水によってのみ、河川堤防の検討をするのではなく、地震と洪水が同時に発生したときなど、地震との関係を検討する必要がある。そこで本研究では利根川堤防を取り上げ、地震を考慮した場合の堤防の安定性評価手法について検討した。

2. 研究方法

研究対象を、利根川の下流より106km～110.9km地点の茨城県坂東市とし、この区間では重要水防箇所が3地点ある。この地点を下流より洪水箇所1, 2, 3とした。(図1)過去の地震については地震ハザードステーションより、過去の洪水については利根川上流河川事務所より、液状化判定のボーリングデータは国土交通省の情報公開制度より、入手した。

3-1. 地震

地震ハザードステーションによれば、茨城県坂東市に影響のある地震は、地震断層の長さ、変位量の関係より、地震カテゴリーIに相当する、福島県沖の地震、茨城県沖の地震、相模トラフ沿いの地震であった。また、今回は被害を発生させる地震として、マグニチュード6.5以上の地震に着目した。図2のように、過去約1500年の地震を解析した結果、50～200年周期で坂東市に影響のある地震が発生する。今回は平均をとり、125年周期を採用する。

3-2. 洪水

茨城県坂東市に影響のある洪水は、過去300年の利根川上流での被害を調査した。表1のように、1700年代、1800年代、1900年代ともに100年間に3回ずつ洪水が起こっており、解析結果14～51年周期で坂東市に影響のある洪水が発生していた。今回は平均をとり36年周期を採用する。

3-3. 液状化

地震による堤防の損傷は主に液状化によるものと考えられる為、液状化判定を行った。F_L値を用いてボーリング地点における液状化判定を行うもので、地表から20mまでの表層のF_L値を用いて積分を行い、岩崎らの式によってP_L値を求める。

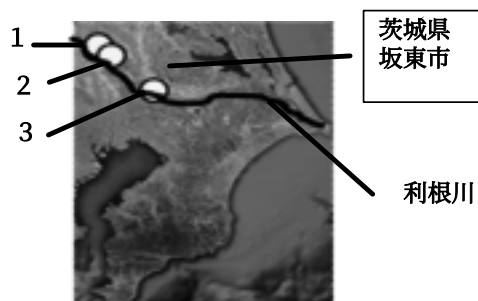


図1 利根川堤防検討位置と坂東市

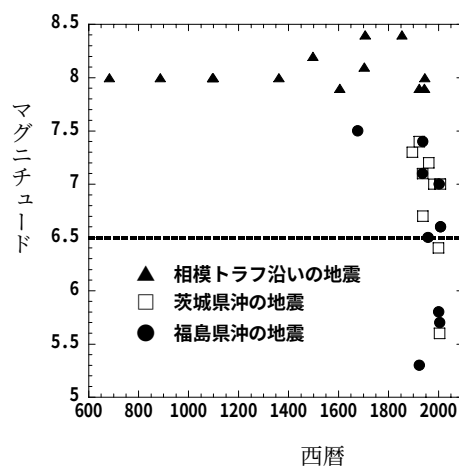


図2 坂東市において影響の大きい地震履歴

表1 利根川洪水年表

1700年代	1800年代	1900年代
1704年	1802年	1910年
1742年	1846年	1947年
1786年	1896年	1998年

キーワード 利根川, 堤防, 地震, 洪水, 確率

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲3丁目7-5 芝浦工業大学 TEL03-5859-8360

液状化判定する地点は、図3に示すように洪水が予測される箇所
の近隣で、ボーリングデータが入手できた箇所とした。判定結果に
よると、4地点とも液状化の可能性が「いくらかあり」となった。
今回の研究対象である茨城県坂東市の3地点は、今回液状化判定し
た4地点に近接し、似た地盤構造及び力学特性と仮定すると、研究
対象の洪水箇所3地点も「いくらか可能性あり」となることになる。
地震により液状化が発生し、堤防高さが確保できなくなるというシ
ナリオが起こりうることになる。

3-4. 地震と洪水確率

(1) 確率の基本的考え方

地震と洪水の組み合わせとして、図4のように、これらが
同時に発生する場合と、地震と洪水が前後して発生する場合
が考えられる。洪水の再現期間を T_w 年、地震の再現期間を T_e
年とすると、これらの事象に対する年超過確率はそれぞれ
 $1/T_w$ 、 $1/T_e$ となる。地震と洪水は互いに独立な事象と考えら
れるので、1年間に両方の事象が発生する確率を P_1 とすると、

$$P_1 = 1 / (T_w \cdot T_e)$$

さらに、地震と洪水の継続時間をそれぞれ t_w 年、 t_e 年とす
ると、1年間に地震と洪水の両方が発生した条件の下で、両事
象が重なり合う確率 P_2 は

$$P_2 = t_w + t_e$$

したがって地震と洪水の両方が1年間に発生し、両事象が重
なり合う確率 P は、

$$P = P_1 \times P_2 = (t_w + t_e) / (T_w \cdot T_e)$$

となる。

(2) 坂東市における両事象が同時に起こる確率

地震および洪水の再現期間をそれぞれ125年、36年とし、地
震動および洪水の継続時間をそれぞれ2分($=3.8 \times 10^{-6}$ 年)、2
時間($=2.3 \times 10^{-4}$ 年)とすると、 $P = 5.20 \times 10^{-8}$ /年となる。発生確
率が 10^{-7} 以下の外部事象は考慮する必要がないと考えられる。
したがって今回は考慮する必要がないことになる。

(3) 地震後に洪水の場合

次に地震後に洪水が起きた場合を考える。地震による被害の修復が必要なケースとし、修復期間を考慮した確率 P' を求める。地震動および洪水の再現期間は同じとし、洪水継続時間は修復期間を加え、3ヵ月($=8.24 \times 10^{-3}$ 年)とすると、 $P' = 1.83 \times 10^{-6}$ /年となる。したがって今回は考慮する必要があることになる。

4. まとめ

今回の研究より河川堤防の耐震の重要性が示せた。今後は、地震と洪水が同時に起こる可能性があり、また洪水確率を求める際は地震による被害の修復期間を考慮する必要がある。他の洪水検討箇所でも今回の手法を適用することが必要である。

5. 参考文献

利根川上流河川事務所，地震ハザードステーション，国土交通省関東地方整備局

表2 P_L 値と液状化可能性との関係

P_L 値	液状化の可能性
$15 \leq P_L$	大
$5 \leq P_L < 15$	いくらかあり
$0 \leq P_L < 5$	なし

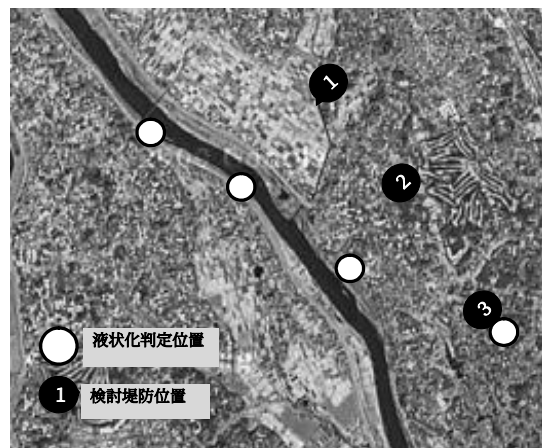


図3 液状化判定位置

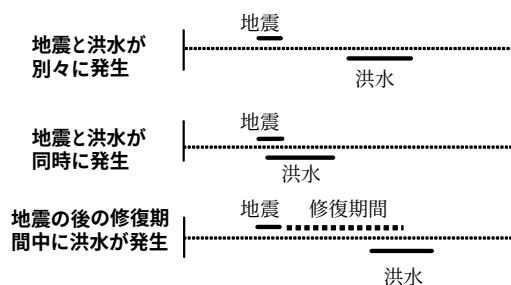


図4 地震と洪水の確率の考え方（1年に対し）