

地点別の地盤増幅特性を考慮した貯水槽被害の危険性評価

中央大学大学院 学生会員 ○亀山 拓希
 中央大学 正会員 佐藤 尚次
 (株)エヌ・ワイ・ケイ 正会員 小野 泰介
 中央大学 正会員 平野 廣和

1. はじめに

2016年の熊本地震では、市民の生活に影響する給水タンクや配水タンクに多くの被害が発生した。¹⁾

地震による貯水槽被害の要因として、やや長周期地震動によるスロッシング現象と短周期地震動によるバルジング現象が考えられる。地震動の周期特性は表層地盤の増幅特性の影響を大きく受ける。そのため、貯水槽被害は地震動特性と関連があり、地点別の地盤特性の影響を大きく受けると考えられる。

そこで、本研究では実際の地震被害を分析し、貯水槽被害と地盤特性の関連を評価するとともに、今後、発生が想定される地震に対して、地点別の地盤特性を考慮した貯水槽被害の危険性を評価する。

2. 対象地点の選定

本研究では、実際の地震被害として、熊本地震での貯水槽被害地点を対象とする。また、今後、東京湾北部地震等により、多大な被害が発生すると想定される東京都23区の中でも、災害拠点病院23地点を対象とする。

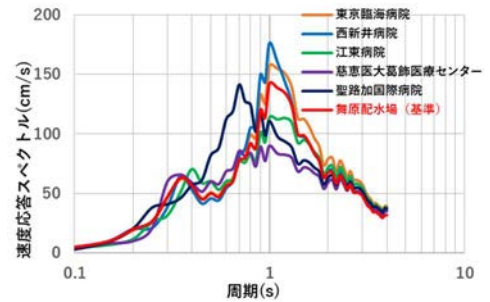
3. 研究手法

3-1. 地震危険度解析の概要

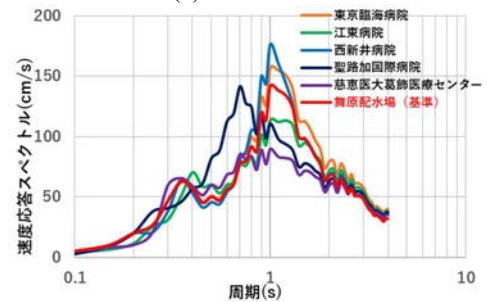
本研究では、地震調査委員会が示す「確率論的地震動予測地図」の作成手法を参考に用いる。また、地震危険度解析で用いる地震動強さは、安中ら²⁾の距離減衰式より推定される工学的基盤面の応答スペクトルに地盤増幅率を乗じることで算出する。また、地盤増幅率は、対象地点の地盤柱状図を基に重複反射理論の考え方をを用いて周波数応答関数を算出し、地盤増幅率の評価を行う。

3-2. 応答スペクトルの類似度評価

本研究では、熊本地震での応答スペクトルと東京都における応答スペクトルの類似度評価を行うことで、貯水槽被害の危険性を評価する。類似度評価には、久世ら³⁾によって提案された特徴ベクトルを用いた類似度評価手法を用いる。

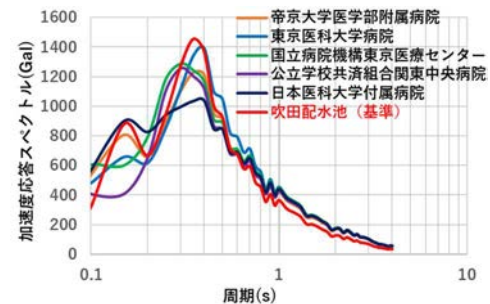


(a) $k = 0.5$

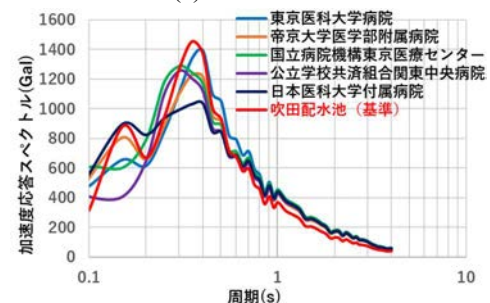


(b) $k = 2.0$

図-1 舞原配水場での速度応答スペクトルの類似度評価



(a) $k = 0.5$



(b) $k = 2.0$

図-2 吹田配水池での加速度応答スペクトルの類似度評価

キーワード 地震危険度解析, 地盤増幅特性, バルジング現象, スロッシング現象

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 TEL 03-3817-1816

類似度評価は、基準波形 a である熊本地震の応答スペクトルより算出した特徴ベクトルを S_a 、任意波形 b である東京都における応答スペクトルより算出した特徴ベクトルを S_b として、波形間の非類似度 D_S を算出し、評価する。非類似度 D_S は、ユークリッド距離を参考に、後述の重み係数 w_i を導入して次式(1)により算出する。

$$D_S(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^{101} (S_{ai} - S_{bi})^2 w_i^2} \quad (1)$$

ここで、重み係数 w_i は次式(2)より算出する。

$$w_i = \frac{(S_{ai})^k}{\sum_{i=1}^{101} (S_{ai})^k} \quad (2)$$

重み係数 w_i に含まれる k について、 $k = 0$ では、全ての周期で等しい重みで非類似度が算出され、 k が大きくなるほど、スペクトルのピークを重視した重み係数 w_i を与えることになる。本研究では、 $k = 0.5, 2.0$ の2通りで類似度評価を行う。類似度評価を行い、類似度が高い上位5地点を抽出した結果を図-1、図-2に示す。

4. 解析結果

図-1より、スロッシングが発生した舞原配水場では、速度応答スペクトルの卓越周期が1.0s程度となっている。これは、一般的なスロッシングの固有周期と比べ、短周期であるが、他の被害地点よりやや長周期となっている。また、舞原配水場と類似度が高いと評価された地点は、いずれも他の地点と比べ、やや長周期側で卓越しており、スロッシングの危険性が高いと考えられる。図-2より、バルジングが発生した吹田配水池では、加速度応答スペクトルの卓越周期が0.35s程度となっている。これは、一般的なバルジングの固有周期と近く、バルジング被害との対応性が良いと考えられる。また、吹田配水池と類似度が高いと評価された地点は、いずれも卓越周期が0.3-0.4s程度であることから、バルジングの危険性が高いと考えられる。

以上の結果を基に、東京都の対象地点における貯水槽被害の危険性について、被害原因ごとに評価した結果を図-3に示す。この結果より、東京都23区の西側はバルジング、東側ではスロッシングが発生する危険性が高い地点が多くなっていることが分かる。これは、東京都の地盤の特徴としてよく知られている、東側に軟弱地盤が広がっているという特徴がよく反映された結果であるといえる。このように、地震による貯水槽被害の危険性評価が可能となれば、貯水槽の耐震、制震対



図-5 東京都における $k = 0.5$ での貯水槽被害の危険性評価

策の進展に活かすことができると考えられる。

5. おわりに

本研究では、熊本地震を対象に貯水槽被害と地盤特性、応答スペクトルの関連について評価を行い、その結果を基準として、東京都における解析結果と類似度評価を行うことで、貯水槽被害の危険性評価を行った。その結果、地震動による貯水槽被害は地盤特性の影響をよく反映した結果となった。

今後の課題は、本研究の評価で用いている類似度評価が貯水槽被害の危険性を評価するうえで妥当な手法であるかを検討することである。また、地震動の振幅や貯水槽の諸元を用いた固有周期等の他の影響について検討していく必要がある。全国大会当日には、研究手法の妥当性の検討結果を示したいと考えている。

参考文献

- 1) 井上涼介, 坂井藤一, 大峯秀一: 2016年熊本地震における水槽被害および地震動特性との関連について, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.73, No.4, I_711-I_720, 2017.
- 2) 安中正, 山崎文雄, 片平冬樹: 気象庁 87 型強震計記録を用いた最大地動及び応答スペクトル推定式の提案, 第 24 回地震工学研究発表会講演論文集, Vol.24, 161-164, 1997.
- 3) 久世益充, 能島暢呂: 地震動特性の特徴ベクトルを用いた類似波形の抽出手法, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.75, No.4, I_529-I_540, 2019.