

水道施設の耐震診断用レベル2地震動の設定について

中電技術コンサルタント(株)	正会員	○片山 吉史、古川 智
広島市水道局	非会員	嘉村 真二、片岡 淳
広島大学	正会員	一井 康二
広島大学	非会員	神野 達夫
広島大学	正会員	加納 誠二

1. はじめに

2009年に改訂された「水道施設耐震工法指針・解説」¹⁾では、レベル2地震の設定方法として、震源断層を想定した地震動評価を行い、当該地点での地震動を設定することが推奨されている。そこで、広島市水道局では、市内164ヶ所の上水道施設の耐震設計・診断に用いるレベル2地震動を設定するために、広島市地域防災計画の5つの想定地震を対象に統計的グリーン関数法によって地震動予測を行った。

ここでは、採用した地震動予測法のうち、164ヶ所と数の多いサイト増幅特性を、市内及び市周辺部の地震観測点の既知サイト増幅特性をもとに、当該地点の常時微動観測から設定したことを主に報告する。

2. 想定地震と対象施設

想定地震は、広島市地域防災計画²⁾で想定している5つの地震とした。図-1に示すように、地殻内地震として岩国断層帯、五日市断層、己斐断層による地震を、スラブ内地震として安芸灘～伊予灘の地震を想定した。なお、海溝型地震である東南海・南海地震については、別途、中央防災会議によって予測された工学的基盤位置の地震動³⁾を利用した。

対象施設は、主要施設である取水場、浄水場を含む配水池等の構造物164ヶ所であり、図-1に示すように太田川デルタ背後の丘陵地に市街化区域が拡大したため、対象施設の多くが全市域の主に丘陵地に位置している。

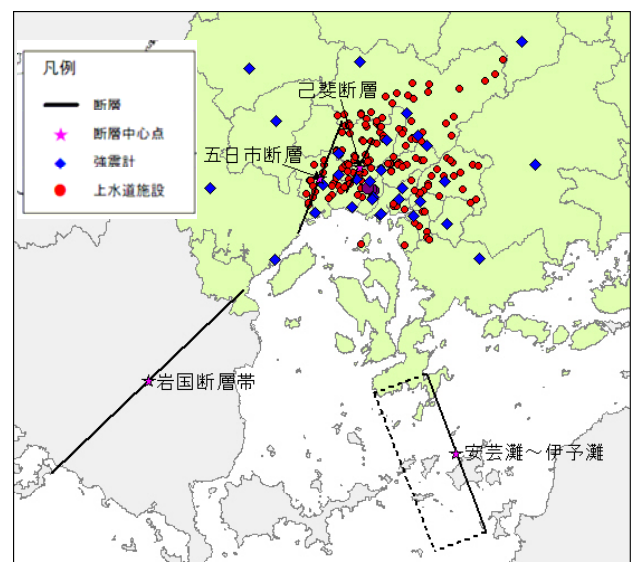


図-1 想定地震、対象施設、地震観測点の位置

3. サイト特性の設定

統計的グリーン関数法による地震動予測に用いるサイト特性の設定は、工学的基盤から地表までの表層地盤に加え、地震基盤から工学的基盤までの深層地盤の情報が重要である。そこで、広島市周辺のK-NET、KiK-netの強震観測点で得られた地震動記録のフーリエスペクトルに対して、スペクトルインバージョンによって求められたサイト増幅特性⁴⁾を利用することを考えた。また、K-NET、KiK-netの観測点は、10ヶ所と少ないため、広島県と広島市が設置している図-1に示す対象施設に近い19ヶ所の地震観測点のサイト増幅特性を利用することとした。

地震観測点のサイト増幅特性の求め方は、まず、①10ヶ所のK-NET、KiK-net観測点の既知サイト増幅特性を抽出し、②県・市の観測点における同一小地震記録のフーリエスペクトル比を作成して、③既知サイト増幅特性にこれに乗じて19ヶ所の県・市の観測点のサイト増幅特性を求めた。

次に、求めた29ヶ所の地震観測点のサイト増幅特性を対象施設のサイト増幅特性として利用するため、レベル2地震動、統計的グリーン関数法、常時微動観測、サイト増幅特性、設計応答スペクトル、上水道

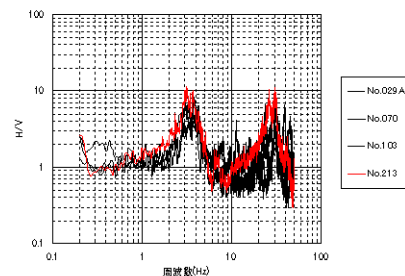
〒734-8510 広島市南区出汐2丁目3-30 TEL(082)255-5501 FAX(082)256-5455

震観測点と164ヶ所の対象施設位置において、常時微動観測を実施した。測定した波形から水平成分のスペクトルを鉛直成分のスペクトルで除してH/Vスペクトルとした。

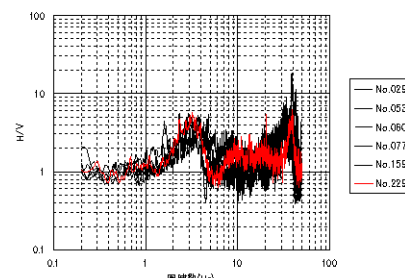
さらに、地震観測点と対象施設位置のH/Vスペクトルを比較し、H/Vスペクトルのピーク周波数 $f_{\max}$ とスペクトル形状 $(H/V)_{\max}$ 等の類似性を評価して各対象施設のサイト増幅特性を決定した。

図-2に代表的な地震観測点のH/Vスペクトルに類似する対象施設位置のH/Vスペクトルを重ね書きしたものを示す。(a)は地震観測点のピーク周波数 $f_{\max}=1\sim 5\text{Hz}$ 、スペクトル形状 $(H/V)_{\max}\div 10$ のH/Vスペクトルに類似する対象施設3ヶ所のH/Vスペクトルを重ね書きしたものを示す。同様に、(b)はピーク周波数 $f_{\max}$ は同じであるが、スペクトル形状 $(H/V)_{\max}\div 5$ と小さいもの、(c)は $f_{\max}=10\sim 30\text{Hz}$ とピーク周波数が高周波数側に移動したH/Vスペクトルである。

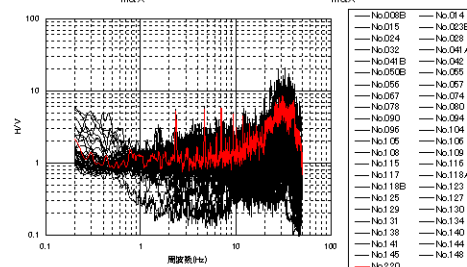
$f_{\max}=10\text{Hz}$ 以下の低周波数側にピーク周波数を持つ場合にはある程度の類似性は確保できたと考えるが、(c)のように $f_{\max}=10\text{Hz}$ 以上のピーク周波数を持つ場合には、ばらつきが大きい。対象施設の多くが丘陵地に位置しているため、 $f_{\max}=10\text{Hz}$ 以上のピーク周波数が観測される対象施設は、164ヶ所のうち87ヶ所と多い。対象施設の多くは比較的剛性の高い池状構造物であり、構造物の固有周波数は10Hz前後の場合が多いため、今後、この周波数帯域での類似性の確保が必要と考える。



(a) $f_{\max}=1\sim 5\text{Hz}$, $(H/V)_{\max}\div 10$



(b) $f_{\max}=1\sim 5\text{Hz}$, $(H/V)_{\max}\div 5$



(c) $f_{\max}=10\sim 30\text{Hz}$, $(H/V)_{\max}\div 10$

図-2 H/V スペクトルの類似性の評価

4. 設計応答スペクトルの設定

図-3には、対象施設において予測したレベル2地震動の減衰定数5%の設計応答スペクトル例を示す。この対象施設では、設定した設計応答スペクトル(非超過確率90%(区間)と記した紫線)が固有周期0.3秒(周波数3Hz)付近において1997年度版指針⁵⁾の設計応答スペクトル(凡例でⅡ種地盤と記した青線)に比べて大きい。これは、対象施設位置の常時微動観測結果からH/Vスペクトルのピーク周波数 $f_{\max}=3\text{Hz}$ であり、この周波数帯域で地震基盤からの大きな増幅特性が反映された結果である。

5. まとめ

広島市水道ビジョン(2010～2020)では、構造物の耐震化計画として2020年までに全ての耐震診断を実施し、その結果に基づいた耐震化計画の策定、耐震補強を実施するものとしている。このため、今後、本成果を有効に活用し、効果的、経済的な耐震化を図る必要がある。

本報告で用いた地震記録は、防災科学技術研究所のK-NET、KiK-net、広島県震度情報ネットワーク、広島市地震情報ネットワークで観測されたものである。ここに記して感謝の意を表わす。

参考文献

1) (社)日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，2009。 2) 広島市：地域防災計画，2009。 3) 中央防災会議：東南海・南海地震の被害想定について，東南海，南海地震等に関する専門調査会 4) 武田純也，神野達夫，三浦賢治：スペクトルインバージョンに基づく中国地方の強震観測点における地盤増幅特性評価—その2 推定精度向上に関する検討—，日本建築学会中国支部研究発表会，2010。 5) (社)日本水道協会：水道施設耐震工法指針・解説，1997。

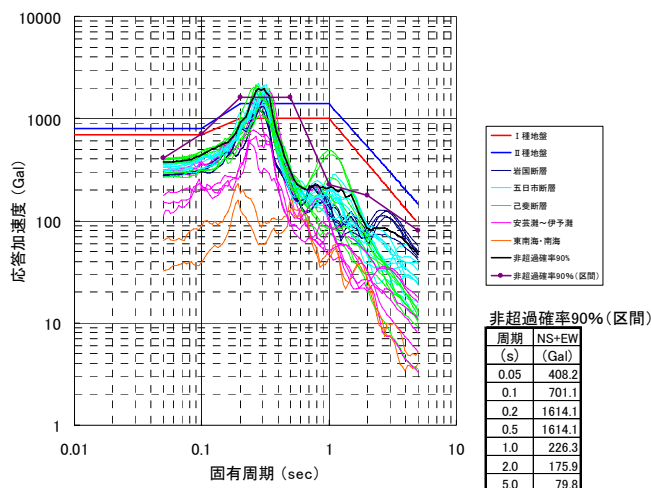


図-3 設計応答スペクトルの設定(対象施設)