

地震ハザード評価からみたダム照査用下限加速度応答スペクトルに関する一考察

(財)電力中央研究所 正会員 ○中島 正人
(財)電力中央研究所 フェロー会員 平田 和太

1 はじめに

近年, 各種土木構造物のレベル2地震動に対する耐震性能照査が進められている。ダムに関しては従来震度法に基づく設計体系であったが, 2005年に国土交通省より発表された「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説¹⁾」により, ダム地点毎にレベル2地震動を評価して耐震性能照査を行うことになった。本報では, 上記指針案で設定されている照査用下限加速度応答スペクトルが, 地域毎にどの程度の超過確率レベルに相当するかを, 確率論的地震動ハザード評価により検討した。

2 照査用下限加速度応答スペクトル¹⁾

現在, レベル2地震動は「当該地点において現在から将来にわたって考えられる最大級の強さを持つ地震動」と定義されており, ダム地点の周辺において過去に発生した地震に関する情報や, 周辺に分布する活断層やプレート境界等の情報について十分に調査して, レベル2地震動の定義に沿った地震を「想定地震」として選定することが記述されている。

また, 震源断層が地表面に現れていない場合でも, 地下の断層を震源とするある程度の規模の地震が発生する可能性を考慮して, 「照査用下限加速度応答スペクトル」と称し, 例えば想定地震による地震動推定値がこれを下回る場合でも, この応答スペクトルに適合する地震動は考慮するものとしている。この応答スペクトルは, 地表に何らかの痕跡を残すと考えられている地震はマグニチュード(M)6.5を超えると考えて, M6.5規模の地震が発生する断層面中心の直上から一定距離(10km)の地表面範囲で発生した場合に地表面で生じる地震動を試算し, その平均値に標準偏差を加えたレベルを包含するとともに, ダムの固有周期帯の影響を加味したものとして設定されている。

3 解析手法・解析モデル

(1) 地震ハザード解析手法・地震発生源モデル

地震発生源モデルは, 国の地震調査研究推進本部(地震本部)による評価²⁾に基づき作成したモデルを用いた。ただし, 震源規模・発生位置の特定が難しい地震の発生領域(ランダム地震域)の規模別発生頻度モデルの b 値についてはランダム地震域毎に算出した値を用いた。過去の活動履歴情報がある地震発生源については地震の発生時系列を更新過程でモデル化した, 非ポアソン型の地震ハザード解析手法を用いる。地震ハザード曲線 $p_0(Y \geq y; t)$ は, 対象地点において現在から t 年間において地震動強度 Y が少なくとも1回, ある値 y を超える確率であり次式から計算される。

$$p_0(Y \geq y; t) = 1 - \prod_{k=1}^L \{1 - P_k(Y \geq y; t)\} \quad (1)$$

ここで $P_k(Y \geq y; t)$ は地震発生源 k で発生する地震により期間 t において地震動強度 Y がある値 y を超える確率を表す。解析対象地点は図1に示す6地点を選択し, 高地震帯に対しては地震の複数回発生を考慮した地震ハザード解析手法³⁾を用いる。

(2) 地震動距離減衰式

松本らにより提案された, ダムサイトを対象とした応答加速度 $S_A(T)$ を地震動指標とする距離減衰式⁴⁾を用いる。距離減衰式のばらつき U は対数正規分布に従うと仮定し, 周期毎のばらつきは文献⁴⁾で示されている数値を用いた。なお本解析では確率分布の裾野の打ち切りおよび振幅依存性⁵⁾は考慮していない。

4 計算例

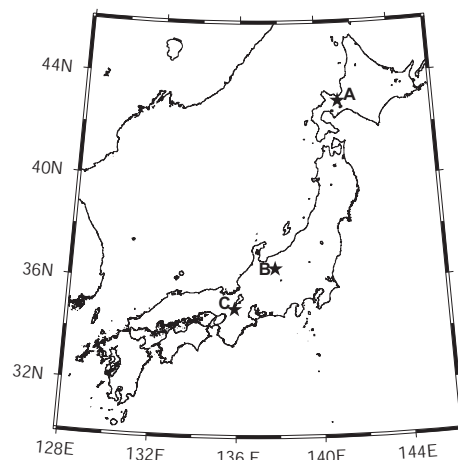


図1 解析対象地点

Key Words: 地震ハザード, 照査用下限加速度応答スペクトル, 一様ハザードスペクトル, 参照確率

〒270-1194 千葉県我孫子市我孫子 1646, TEL.04-7182-1181, FAX 04-7184-2941, E-mail : masato@criepi.denken.or.jp

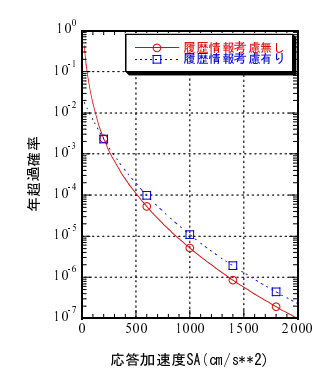


図2 地震ハザード曲線 (B 地点)

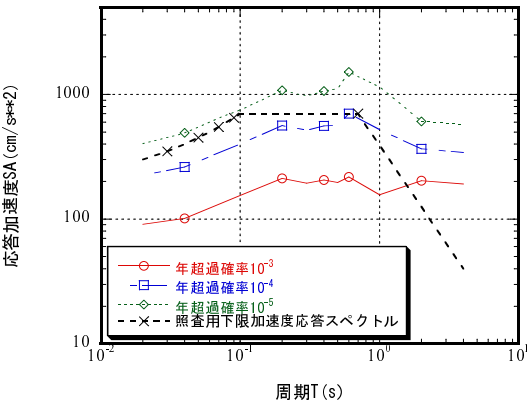


図3 一様ハザードスペクトル (A 地点)

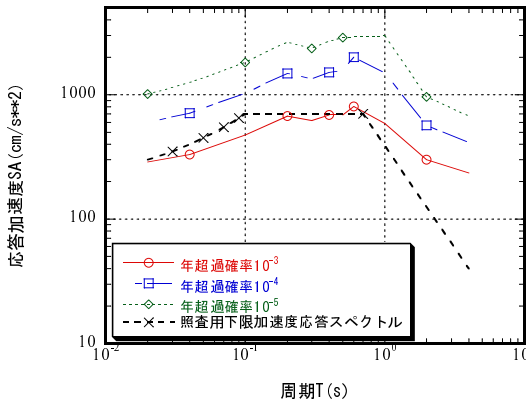


図4 一様ハザードスペクトル (B 地点)

(1) 地震ハザード解析結果

地震ハザード解析結果例として、地点 B に対して計算した、周期 0.02s における地震ハザード曲線を図 2 に示す。比較のために過去の地震発生履歴情報を考慮しないポアソン型の地震ハザード解析結果を示す。地点 B においては地震発生履歴情報を考慮する、更新過程に基づく地震ハザード解析手法を用いることにより、両者の結果が有意に異なることがわかる。硬質地盤を対象とした他の地震動距離減衰式を用いた解析結果、代表地点のフラクタイル地震ハザード曲線の試算例については発表時に示す。

(2) 一様ハザードスペクトルと下限スペクトルの比較

11 つの周期毎に算出した地震ハザード曲線に基づき、3 つのレベルの年超過確率 (10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5}) に対して一様ハザードスペクトルを計算した。図 3 に A 地点における一様ハザードスペクトルを示す。下限スペクトルと比較すると、周期 0.02s から 1.0s までの範囲では、下限スペクトルは年超過確率 10^{-3} と 10^{-4} の間に位置することがわかる。図 4 に B 地点における一様ハザードスペクトルを示す。B 地点においては下限スペクトルは年超過確率 10^{-3} の一様ハザードスペクトルと同じ程度の振幅である。同様に計算した 4 地点も含めて、一様ハザードスペクトルと下限スペクトルを比較した結果を表 1 に示す。今回対象とした 6 地点では、下限スペクトルは年超過確率 10^{-4} の一様ハザードスペクトルと同程度の地点が多い。また全地点に共通して、周期 1.0s より長周期側では一様ハザードスペクトルと下限スペクトルの形状が大きく異なることが分かった。

5 まとめ

本報告では、ダム地点を対象として地震ハザード解析を実施し、地震ハザードの地域差を明らかにすると共に、国交省指針案でダム耐震性能照査で用いるレベル 2 地震動の下限基準として与えられている下限スペクトルと超過確率の関係について検討を行った。下限スペクトルがレベル 2 地震動となる地点も少なくないことも予想され、耐震性能照査だけでなくダム施設のリスク管理を考えた場合、下限スペクトルの確率論的位置付けも重要になると考えている。

謝辞 本報告の地図は描画ソフトウェア GMT⁶⁾ を用いて作成した。

参考文献

1) 国土交通省河川局：大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説，2005. 2) 地震調査研究推進本部 地震調査委員会：確率論的地震動予測地図の説明，2009. 3) 中島正人：高地帯における地震ハザード評価方法の提案，電力中央研究所研究報告：N08069，2009. 4) 松本徳久，吉田 等，佐々木 隆，安中 正：ダムサイトでの地震動の応答スペクトル，大ダム No.186，Vol.1，pp.69-76，2004. 5) 翠川三郎，大竹雄：地震動強さの距離減衰式にみられるバラツキに関する基礎的分析，日本地震工学論文集 第 3 巻，第 1 号，pp.59-70，2003. 6) Wessel, P. and W.H.F.Smith: New improved version of the Generic Mapping Tools released, *EOS Trans.AGU*, **79**, 579, 1998.

表-1 下限スペクトルの参照確率	
地点	参照確率レベル
A	$10^{-5} \sim 10^{-4}$
B	$10^{-4} \sim 10^{-3}$
C	$10^{-5} \sim 10^{-4}$
D	10^{-5}
E	$10^{-5} \sim 10^{-4}$
F	$10^{-4} \sim 10^{-3}$