# 「どこにでも起こりうる直下地震」による漁港施設の地震動設定について

(株)エイト日本技術開発 災害リスク研究センター　正会員　○福島　康宏
神戸大学 都市安全研究センター　正会員　長尾　毅

## １．はじめに

平成 27 年 7 月に,「漁港・漁場の施設の設計参考図書」(以下,「漁港設計参考図書」と呼ぶ)が公表され,平成 19 年 7 月に改訂された「港湾の施設の技術上の基準・同解説」(以下,「港湾基準」と呼ぶ)と同様に,それまでの仕様規定型から性能規定型の設計体系への移行が謳われている.設計地震動についても新しい知見による設定方法が追加されている.漁港設計参考図書では,レベル２地震動の設定において,対象施設近くに活断層が発見されていない地域においても,「どこにでも起こりうる直下地震」についても照査を行うことが原則とされているが,「どこにでも起こりうる直下地震」の地震動として,賀祥ダム基礎における 2000 年鳥取県西部地震(*M*7.3)の強震記録(以下,「賀祥ダム波」と呼ぶ)を用いることができることとなっている.しかし,対象施設でのサイト特性を考慮して設定された地震動とどの程度異なるのか明らかになっていないことから,本検討では,サイト増幅特性が非常に大きい場合と非常に小さい場合の *M*6.5 の直下地震の地震動を試算し,賀祥ダム波との比較を行った.

## ２．漁港設計参考図書での記載

漁港設計参考図書では,「どこにでも起こりうる直下地震」について,「マグニチュード 6.5 程度の直下地震について,震源特性・伝播経路特性・サイト特性を考慮した計算により地震動を設定することが望ましい.」と記載されている一方で,「震源特性の設定,計算等に困難がある場合は,我が国においてどの地域であってもレベル２地震動として最低限考慮すべき強さの地震動として,賀祥ダムの波形を用いてもよい.この波形は,地震のマグニチュードは 6.5 よりも大きめであるが,ダム地点というサイト増幅特性の非常に小さな場所で観測された波形であるため,沿岸域にマグニチュード 6.5 の地震が来襲した時の工学的基盤の地震動波形に相当するものとして示している.」とされている.さらに,「この波形には観測地点(賀祥ダム)のサイト特性が反映されていることから,各地の漁港に適用するには厳密にはサイト特性の置換を要する.しかし,サイト特性の置換をしなくとも,全国各地の漁港の最低限考慮すべきレベル２地震動の工学的基盤の地震動波形として照査に用いることは妥当と考えられる(これは,賀祥ダムの波形のスペクトルからの判断による).」と記されているが,その根拠等の詳細は示されていない.

## ３．サイト特性考慮した地震動と賀祥ダム波の比較

震源特性については,港湾基準に従い,震源パラメータを**表 1** の通り設定した.また,アスペリティは 1 つとし,破壊開始点の位置は,地震波がアスペリティを通って対象施設に向かうよう設定した.

伝播経路特性の減衰を表す $Q$ 値については,鶴来ほかによる式(1)を用いた.

$$Q(f)=63.8f^{1.00} \tag{1}$$

サイト特性のうち,地震基盤～工学的基盤のサイト増幅特性は,野津・長尾によるスペクトルインバージョンに基づき,国土技術政策総合研究所により公開されているものを用いた.本検討では,**図 1** に示す通り,増幅特性が非常に大きな松山港(松山-G)と増幅特性が非常に小さな東備港(日生)を例として用いた.一方,サイト位相特性の補正には,松山港(松山-G)の増幅特性に対しては,松山-G で観測された 2002 年 3 月 25 日 22 時 58 分の安芸灘の地震(*M*4.7)の強震記録(NS 成分)を,東備港(日生)の増幅特性に対しては,KiK-net 日生(OKYH13)で観測された 2003 年 12 月 13 日 12 時 32 分の播磨灘の地震(*M*4.6)の強震記録(NS 成分)を,それぞれ線形の重複反射理論で工学的基盤に引き戻した波形を用いた.

キーワード　レベル２地震動,どこにでも起こりうる直下地震,サイト特性
連絡先　〒164-8601 東京都中野区本町 5-33-11　(株)エイト日本技術開発 災害リスク研究センター　TEL 03-5341-5146

(1)に示した条件を用い，M6.5の直下地震の工学的基盤における地震動を算定した．本検討では，野津ほかによる，経験的サイト増幅・位相特性を考慮した統計的グリーン関数法を適用している．

算定した地震動と賀祥ダム波の比較を**図2**に示す．賀祥ダム波は，東備港(日生)のサイト特性を考慮した地震動と比べると非常に大きく，松山港(松山-G)のサイト特性を考慮した地震動と比べると，周期1.5秒程度以下の周期帯では概ね小さくなっている．

## 4．おわりに

本検討では，サイト増幅特性が非常に大きい場合と非常に小さい場合のM6.5の直下地震の地震動と，漁港設計参考図書において「どこにでも起こりうる直下地震」の地震動として用いることができるとされている賀祥ダム波との比較を行った．その結果，賀祥ダム波は，対象施設のサイト増幅特性が非常に大きい場合には危険側の設計地震動となり，対象施設のサイト増幅特性が非常に小さな場合には安全側すぎる設計地震動となった．合理的な設計地震動の設定のためには，対象施設のサイト増幅特性を適切に考慮することの重要性をあらためて認識する必要がある．

**謝辞**　　防災科学技術研究所KiK-net，港湾地域強震観測による強震記録を使用しました．

**参考文献**

・水産庁：漁港・漁場の施設の設計参考図書　　・国土交通省港湾局：港湾の施設の技術上の基準・同解説
・鶴来，澤田，宮島，北浦：構造工学論文集，Vol.48A，pp.577-586，2002.　　・野津，長尾：港湾空港技術研究所資料，No.1112，2005.　　・国土交通省国土技術政策総合研究所港湾研究部港湾施設研究室ウェブサイト

表1　震源パラメータ

| 震源特性 | | 設定値 |
|---|---|---|
| 巨視的震源特性 | 傾斜角 $\delta$ | 90.0 deg |
| | 気象庁マグニチュード $M_J$ | 6.5 |
| | 地震モーメント $M_0$ | 2.11E+18 Nm |
| | モーメントマグニチュード $M_W$ | 6.2 |
| | 断層面積 $S$ | 170.5 km$^2$ |
| | 長さ $L$ | 13.0 km |
| | 幅 $W$ | 13.0 km |
| | 静的応力降下量 $\Delta\sigma$ | 2.31 MPa |
| | S波速度 $V_S$ | 3.5 km/s |
| | 密度 $\rho$ | 2.8 g/cm$^3$ |
| | 剛性率 $\mu$ | 3.43E+10 N/m$^2$ |
| | 平均すべり量 $D$ | 0.36 m |
| | 断層全体の短周期レベル $A$ | 6.80E+18 Nm/s$^2$ |
| 微視的震源特性 | アスペリティの面積 $S_a$ | 37.5 km$^2$ |
| | アスペリティの平均すべり量 $D_a$ | 0.72 m |
| | アスペリティの地震モーメント $M_{0a}$ | 9.30E+17 Nm |
| | アスペリティの静的応力降下量 $\Delta\sigma_a$ | 10.42 MPa |
| | アスペリティの実効応力 $\sigma_a$ | 10.42 MPa |
| その他の震源特性 | 破壊伝播速度 $V_r$ | 2.8 km/s |
| | アスペリティのライズタイム $\tau_a$ | 0.54 s |
| | 高周波遮断周波数 $f_{max}$ | 6.0 Hz |

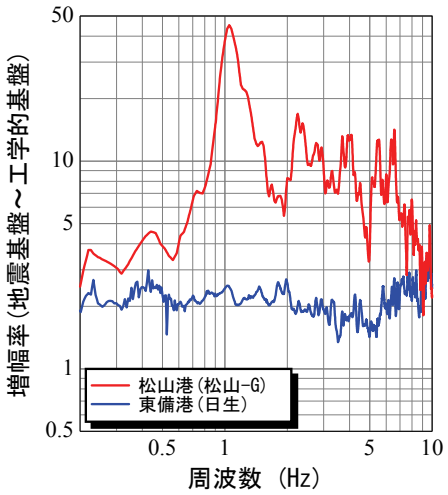


図1　考慮したサイト増幅特性

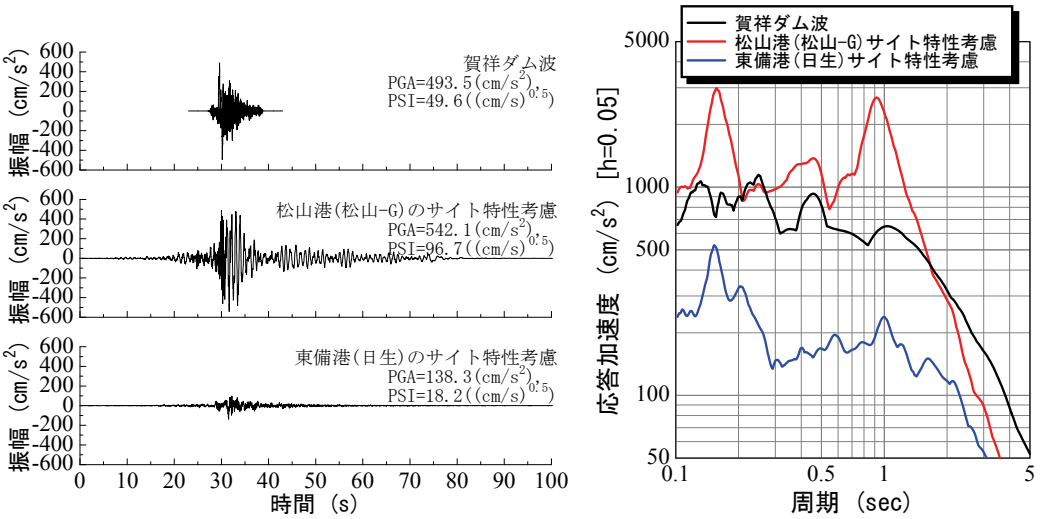


図2　計算した地震動の比較（左：加速度時刻歴波形，右：加速度応答スペクトル）