

サイト増幅特性に着目した地震動指標値のばらつきに関する検討

(株)エイト日本技術開発 中国支社 防災保全部 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

港湾施設などの土木構造物の性能設計において性能照査手法として用いられている信頼性設計などでは、構造物の破壊確率の評価のために作用のばらつきの評価が必要である。設計入力地震動の設定の際には震源特性、伝播経路特性、サイト特性を考慮する必要があるが、深層地盤と浅層地盤による増幅特性(サイト増幅特性)は地点により大きく異なることが知られている。これまで、距離減衰式を用いた地震動指標値のばらつきについては多くの研究があるが、サイト増幅特性のばらつきを考慮した地震動のばらつきに関する研究例は少ない。

本検討では、福島・長尾と同様に、IBR003 強震観測点を対象として、周辺強震観測点と同時記録を用いて評価されるサイト増幅特性を算定し、そのサイト増幅特性を考慮したレベル 1 地震動の最大加速度、最大速度のばらつきを算定した。

2. サイト増幅特性の評価方法とそのばらつき

サイト増幅特性が既知の地点 R を基準点、同じ地震が観測されている地点 T を対象地点とする。両地点での地震動の観測記録のフーリエ振幅スペクトル $O_R(f)$, $O_T(f)$ は、震源特性 $S(f)$, 伝播経路特性 $P_R(f)$, $P_T(f)$, サイト増幅特性 $G_R(f)$, $G_T(f)$ の積として次式で表現できる。

$$O_R(f) = S(f) \cdot P_R(f) \cdot G_R(f) \quad (1)$$

$$O_T(f) = S(f) \cdot P_T(f) \cdot G_T(f) \quad (2)$$

ここで、伝播経路特性 $P_R(f)$, $P_T(f)$ は

$$P_R(f) = \exp\left\{-\left(\pi f r_R\right) / \left(Q(f) V_s\right)\right\} / r_R \quad (3)$$

$$P_T(f) = \exp\left\{-\left(\pi f r_T\right) / \left(Q(f) V_s\right)\right\} / r_T \quad (4)$$

で表される。ここで、 r_R , r_T はそれぞれ地点 R , T までの震源距離、 $Q(f)$ は伝播経路の減衰を表す Q 値、 V_s は S 波速度である。これより、地点 T のサイト増幅特性 $G_T(f)$ は次式で表される。

$$G_T(f) = G_R(f) \cdot \frac{O_T(f)}{O_R(f)} \cdot \frac{r_T}{r_R} \cdot \frac{\exp\left\{-\left(\pi f r_R\right) / \left(Q(f) V_s\right)\right\}}{\exp\left\{-\left(\pi f r_T\right) / \left(Q(f) V_s\right)\right\}} \quad (5)$$

本検討では、防災科学技術研究所 K-NET, KiK-net の 5 地点 (FKS011, FKS012, FKS013, IBR002, IBRH13) を基準点として IBR003 のサイト増幅特性を算定した。使用した同時観測記録数は 142~266 である。基準点を FKS011 とした場合のサイト増幅特性の例を図 1 に示す。サイト増幅特性の常用対数の標準偏差を図 2 に示す。0.5~10Hz の平均は 0.19~0.25 であり、仙台~塩竈を対象とした平井・長尾による検討(0.25)と同程度となっている。図 3 には、基準点-対象地点間距離とサイト増幅特性の常用対数の標準偏差(0.5~10Hz の平均)の関係を示す。距離が大きくなるほどサイト増幅特性のばらつきも大きくなる傾向が見られる。

3. サイト増幅特性のばらつきを考慮したレベル 1 地震動のばらつき

IBR003 について、サイト増幅特性のばらつきを考慮した地震動を算定する。ここでは、IBR003 に近い日立港で確率論的地震ハザード解析によって設定されているレベル 1 地震動のサイト増幅特性を IBR003 のサイト増幅特性で置換している。表層地盤の非線形性は考慮していない。算定した地震動の加速度時刻歴波形の例を図 4 に示す。最大加速度は FKS011 を基準点とした場合 476.3 cm/s², IBR002 を基準点とした場合 316.6 cm/s² であり、無視できない相違がある。

図 5 には、算定した地震動の最大加速度と最大速度を示す。平均的なサイト増幅特性を考慮した地震動のキーワード 地震動, サイト増幅特性, ばらつき

連絡先 〒700-8617 岡山県岡山市北区津島京町 3-1-21 (株)エイト日本技術開発 中国支社 防災保全部 TEL 086-252-7644

大加速度，最大速度(■)は，個々の地震動の最大加速度，最大速度(○)の平均(■)よりも小さかった。

また，最大加速度と最大速度の標準偏差とサイト増幅特性の標準偏差(0.5～10Hz での平均値)の関係を図 6 に示す。サイト増幅特性の標準偏差が大きいと，最大加速度と最大速度の標準偏差が大きくなっている。前者と後者の比の平均は，最大加速度で 0.59，最大速度で 0.70 であった。

4. おわりに

本検討では，IBR003 強震観測点を対象として，周辺強震観測点との同時記録を用いたサイト増幅特性を考慮したレベル 1 地震動を算定し，そのばらつきを評価した。得られた知見は以下の通りである。

- ・基準点と対象地点との距離が長いほど，サイト増幅特性のばらつきが大きくなる傾向が見られた。
- ・平均的なサイト増幅特性を考慮した地震動の最大加速度，最大速度は，個々の地震動の最大加速度，最大速度の平均よりも小さかった。危険側の耐震設計につながらないように留意する必要がある。

なお，これらの知見は 6 地点の強震観測点での強震記録から得られたものであり，他の強震記録へのこれらの知見の適用性に関するさらなる検討が必要である。

謝辞：防災科学技術研究所 K-NET の強震記録を使用しました。記して謝意を表します。

参考文献

- ・福島康宏，長尾毅：土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.75 (2019)，No. 4，[特]地震工学論文集，Vol.38，2019。(印刷中)
- ・野津厚，長尾毅：港湾空港技術研究所資料，No.1112，2005。
- ・平井俊之・長尾毅：土木学会論文集 B3(海洋開発)，Vol.68，No.2，I_468-I_473，2012。

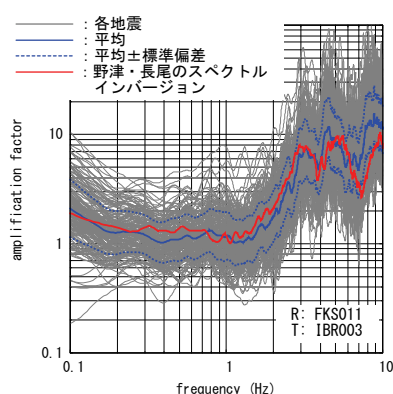


図1 サイト増幅特性算定例

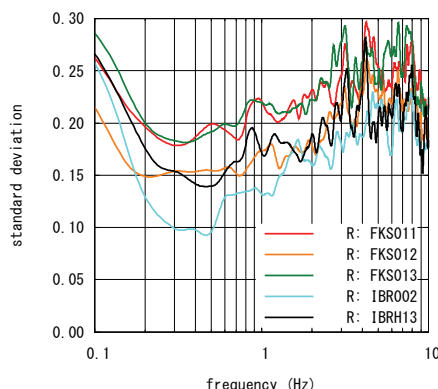


図2 サイト増幅特性の標準偏差

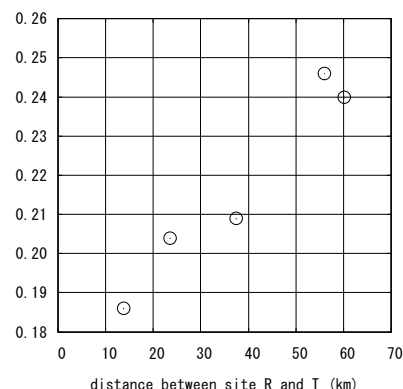


図3 R-T 間距離と標準偏差

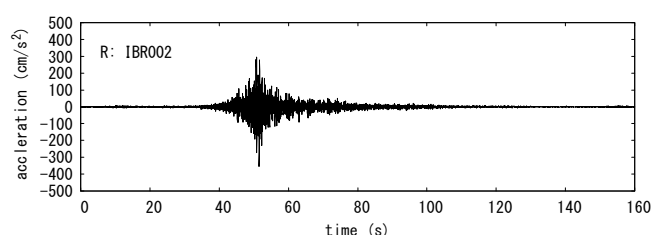
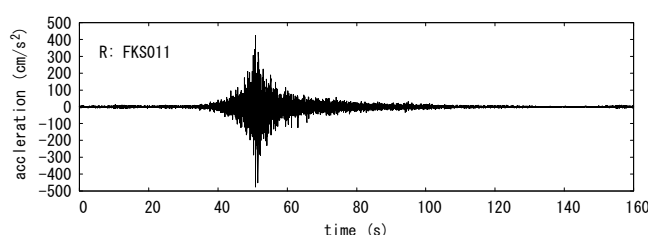


図4 IBR003 でのレベル 1 地震動の加速度時刻歴の例

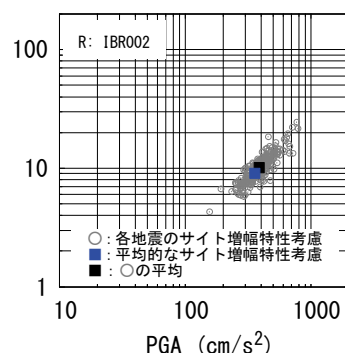
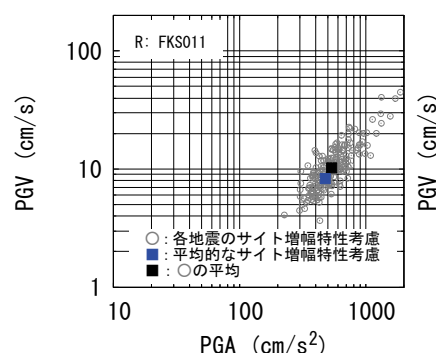


図5 レベル 1 地震動の最大加速度と最大速度の例

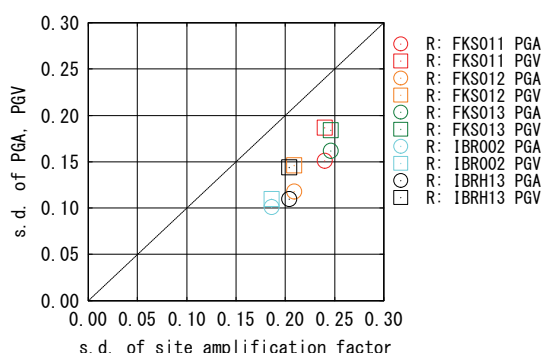


図6 サイト増幅特性と指標値のばらつき