

せん断波速度の不均質な空間分布のモデル化に関する一考察

日本大学 正会員 ○中村 晋
東北学院大学 正会員 吉田 望

1. はじめに

地盤の動的解析を行うために必要な動的地盤物性として、どのような解析手法を用いてもせん断波速度はその基本定数となることがよく知られている。実地盤におけるその特性をモデル化する場合、種々の不確定性へ配慮することが必要となる。そのモデル化過程に含まれる不確定性の要因として、以下の3つを挙げることができる。

- i) 地盤物性の調査結果と実地盤特性の差異
- ii) 地盤物性の不均質な空間分布に起因する地盤のモデル化の差異
- iii) 地震応答解析手法に応じた応答推定精度のばらつき

ここでは、東京湾内の火力発電所の敷地内で実施されたサスペンション法および板たたき法により得られたPS検層のデータに基づいて、iii)以外のせん断波速度の不確定性について検討を行った結果を報告する。

2. せん断波速度の不確定性のモデル化手法

PS検層によるせん断波速度が既知とすると、調査手法の精度(α_{s1})はPS検層による区間平均的な値とその区間内の不均質な空間分布に対応する小区間の値との差異、調査により得られた値と実際の値との差異(σ_{s2})はPS検層に関する調査結果と実際の地盤内での値との差異である。ここで、PS検層とは現位置におけるせん断波速度の探査法であり、一般に地表での板たたきを振動源とするダウンホール法が用いられる。PS検層により得られた値 V_{sp} より推定される原位置におけるせん断波速度のばらつきは、2つの差異のばらつきを乗じることにより得られる。

$$V_s(V_{sp}) = \alpha_{s1} \times \alpha_{s2} \times V_{sp} \quad (1)$$

その空間分布は、得られたせん断波速度のばらつきを表す特性値である平均値と変動係数と相関距離によって表す。

3. 実測データに基づくせん断波速度の不確定性のモデル化

東京湾内の火力発電所の敷地内で実施されたサスペンション法による0.2m間隔で求められた詳細な地盤のせん断波速度の調査結果¹⁾²⁾と同一地点で実施された板たたき法により求められたせん断波速度との関係を図-1に示す。調査手法の精度(α_{s1})は、ダウンホール法により求められたせん断波速度 V_{sp} 区間内のせん断波速度の空間変動をサスペンション法によるせん断波速度が精度よく表していると仮定すると、せん断波速度 V_{sp} とその区間内のサスペンション法によるせん断波速度の平均値と変動係数との関係として得られる。その関係は図-2に示すとおりであり、 V_{sp} が200m/s以下では、その値はサスペンション法によるせん断波速度の平均値の95%程度となっているが、 V_{sp} が200m/s以上では V_{sp} の値がサスペンション法による値に比べ大きな値となっていることが分かる。

次に、調査により得られた値と実際の値との差異(α_{s2})は、現位置における調査値と実地盤内での値との差異を示すため、実地盤内での値は実地盤震動という観点での評価値であると考えられる。佐藤は、地震観測が実施

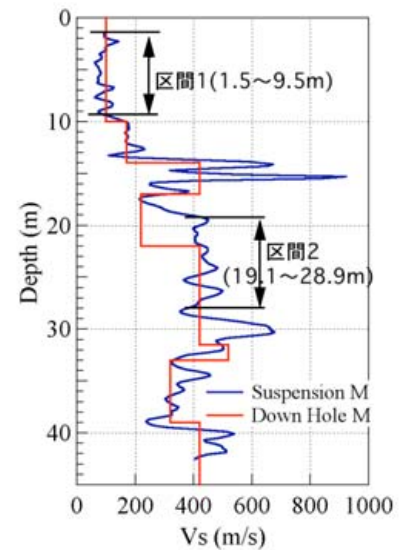


図-1 サスペンション法とダウンホール法によるPS検層の比較

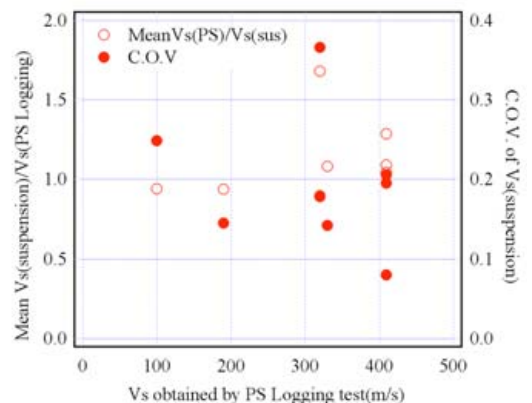


図-2 PS検層によるせん断波速度とサスペンション法より得られたせん断波速度の平均値と変動係数の関係

キーワード せん断波速度, 不確定性, ばらつき, 相関距離

連絡先 〒963-8642 郡山市田村町徳定字中河原1 日本大学工学部土木工学科 TEL 024-956-8712

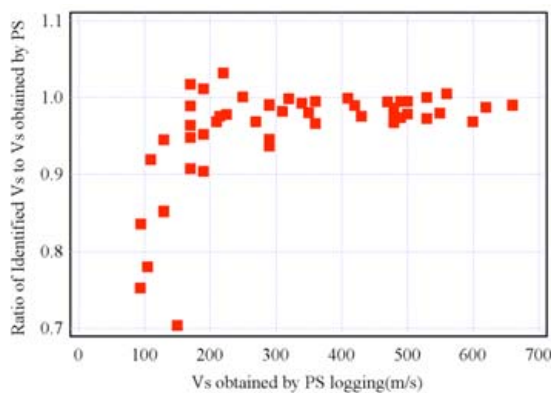


図-3 PS 検層による V_s と同定された V_s の比の関係

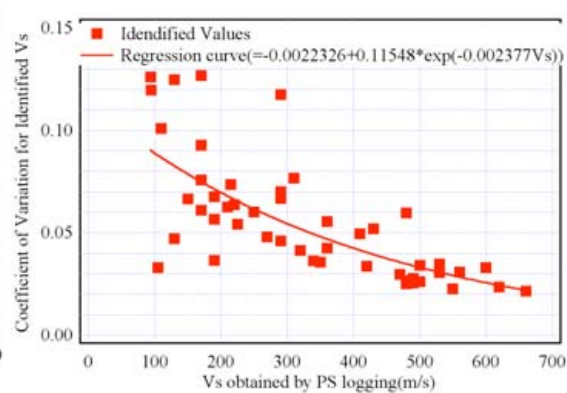
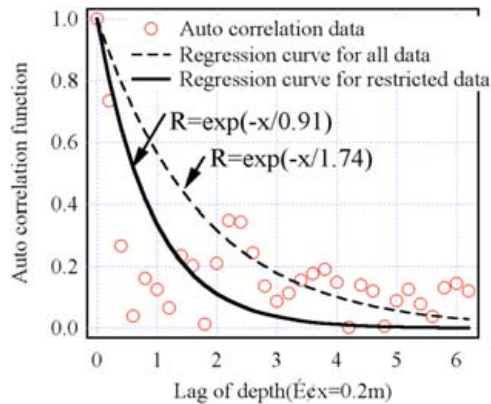


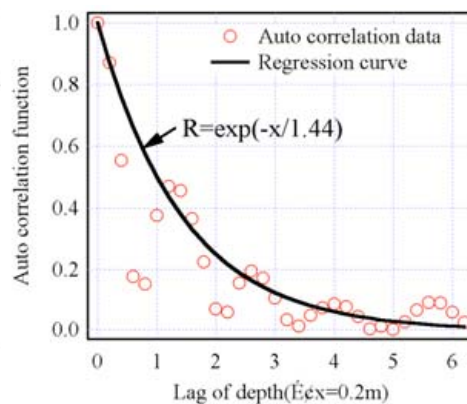
図-4 PS 検層による V_s と同定された V_s の変動係数の関係

され、せん断波速度構造が PS 検層により得られている地盤について、複数の弱震記録に基づいたせん断波速度の同定を実施している³⁾。その際、地震毎に得られた同定値の平均値（以後、同定平均値）や変動係数を求めている³⁾。そのデータに基づいた分析⁴⁾より得られた PS 検層によるせん断波速度（以後、 V_{sp} ）と地震観測により同定された地盤のせん断波速度の変動係数とを空間分布に伴うばらつきの評価と同様に関連づけるため、両者の関係

を図-3, 4 示す。図には、 V_{sp} と変動係数の回帰式も示している。図中の回帰式によれば、せん断波速度の平均値 150m/s を PS 検層により得られた値と仮定すると、その変動係数は 0.08 と得られる。



a) 区間 1



b) 区間 2

図-5 せん断波速度の自己相関関数速度の変動係数の関係

最後に、せん断波速度の空間分布を表す特性値である相関距離を設定する。ここでは、図-1に示した地盤データの分析に用いた地盤データより、土質が類似し、土質の差異によるせん断波速度変化やトレンドが少ない区間として、深さ1.5m～9.5m（以後、区間(1)と呼ぶ）と深さ19.1m～28.9m（以後、区間(2)と呼ぶ）の2つの区間を対象として、相関距離を算出した。その2つの区間のせん断波速度の変動成分について図-5に示す自己相関関数を求め、自己相関関数 R を深度 z と相関距離 η パラメータとする指数関数 $\exp(-z/\eta)$ でモデル化し、最小二乗法により相関距離 η を算出した。図には、最小二乗法により算出した相関距離 η を用いた指数関数モデルも合わせて示している。得られた相関距離は、区間(1)で1.0m($\eta=0.91$ mより)、区間(2)で1.4m($\eta=1.44$ mより)となった。区間(1)のせん断波速度平均値は $V_s=91.4$ m/sであり、区間(2)の平均値は $V_s=426.4$ m/sであり、せん断波速度の大きさにより、相関距離は大きくなると考えられる。

4. あとがき

この例を除き、我が国において、地盤物性の空間的な変動を表す相関距離に関する情報は、極めて乏しい。また、前述のサスペンション法による詳細な地盤のせん断波速度の調査も実施されているものの、そのような観点での分析がほとんど実施されていないのが現状であり、データの収集と分析が期待される。

参考文献

1) 吉田望他, 地盤の不均質さが地震応答に与える影響に関するケーススタディ, 第9回日本地震工学シンポジウム, pp.223-228, 1994, 2) 増田民夫他, 地盤震動解析法の高精度化に関する研究, 第9回日本地震シンポジウム, pp.373-378, 1994, 3) 佐藤智美, 地震記録から同定した地震動の統計的特性と地盤の非線形性を考慮した強震動予測に関する研究ORI 研究報告 93-04, pp.107-125, 1993, 4) 中村晋, 秋山充良, 澤田純男, 安中正, 西岡勉: 被災度と関連づけたRC橋梁の損傷確率の評価手法とその適用, 日本地震工学会論文集, 第6巻, 2号, pp.17-34, 2006.