

高知道の軟弱地盤区間における地盤のせん断波速度と N 値の関係

表面波探査 せん断波速度 N 値

愛媛建設コンサルタント 正会員 ○田窪 裕一
 愛媛建設コンサルタント 正会員 神野 邦彦
 愛媛大学工学部 国際会員 森 伸一郎
 愛媛大学大学院 学生会員 佐伯 嘉隆

1. はじめに

著者らは、高知自動車道の伊野 IC～須崎東 IC 間の軟弱地盤上の盛土を対象に、多点表面波探査法 (MASW) により地盤のせん断波速度構造を評価した¹⁾。盛土直下における地盤の表面波探査により、既に拘束圧と S 波速度の関係が明らかにされている²⁾。しかし、N 値と S 波速度の関係については良好な関係が示唆されている²⁾ものの未検討である。

そこで、本稿では盛土周辺地盤で測定を行った 134.840kp、140.450kp 地点の S 波速度測定値と既存の調査ボーリングによる N 値の関係を明らかにした。

2. 測定条件と解析方法

図-1 に高知自動車道における表面波探査の実施地点を示す。測定場所は、高知自動車道の伊野 IC～須崎東 IC 間の 130.650kp から 140.700kp の約 10km 区間の 11 地点 19 測線である。当該区間は丘陵間に軟弱層が 15～35m 程度堆積している。一部の盛土区間では軟弱地盤対策として、サンドドレーンや敷網、深層改良が施工されている。

表面波探査は、表面波 (レイリー波) の分散性 (周波数によって異なる伝播速度となる性質) を利用して地下構造を探査する方法である。図-2 に本研究で用いた多点表面波探査法 (MASW) の測定概念図を示す。この方法は、直線上に多数配置したセンサー (ジオフォン) で測定・解析することにより深度 20m 程度までの地盤の S 波速度を効率よく高密度な二次元断面として画像化する手法である。表面波探査はボーリングなどが不用なため、短時間・低コストで広範囲の S 波速度構造を求めることができる。測定では、受振器には 4.5Hz の速度計ジオフォン 24 個を 2.0m 間隔で設置して測定した。また、表面波の起振源は、かけやによる地面の打撃による。測線は盛土法肩、小段、法尻および周辺地盤における盛土軸方向に設置した。本論文では周辺地盤の結果のみを対象とする。24 チャンネルの測定結果より、11 個の断面での一次元速度構造を得る。測定地点の代表値を決定するために、信頼度の高いデータを用いて平均化 S 波速度を算出した。

3. 測定結果と考察

盛土の周辺地盤で測定を実施したのは、134.840kp 及び 140.450kp 地点の 2 地点である。図-3 にこの 2 地点の土質柱状図と N 値分布及び平均化 S 波速度構造を示す。当地の地層構成は、GL-10.6～14.3m までは、粘性土主体の N 値 0～15 の軟弱地盤で、その下位には N 値 15～28 の砂質土・粘性土が分布している。145.450kp 地点の GL-14.5m 以深では、N 値 50 以上 (換算 N 値 50.0～62.5) の礫質土が確認されている。134.840kp 地点では、N 値分布と平均化 S 波速度分布を比較すると、前者では GL-3m 付近を最小として、それ以浅ではやや大きくなり、またそれ以深では増加して GL-9m では極大となる。極大となった地点より深いところでは GL-12～13m で極小になり、GL-15m で N 値が 20 を超えている。後者では GL-5m 付近で最小となり、それ以浅とそれ以深で Vs が増大する。GL-13m 付近で極大となっている。したがって、N 値分布を約 2m 下げれば、分布傾向は相関の高いものとなる。145.450kp 地点は、N 値分布と平均化 S 波速度分布を比較すると増減の傾向が類似する区間がある。N 値では GL-3m 付近で最小となり、深さとともに N 値も大きくなっている。S 波速度分布では、GL-5m で最小となり、それ以深では深さとともに漸増する。したがって、N 値分布を約 2m 下げれば、分布傾向は相関の高いものとなる。これらの標準貫入試験を行ったボーリングは、高速道路中心線上に分

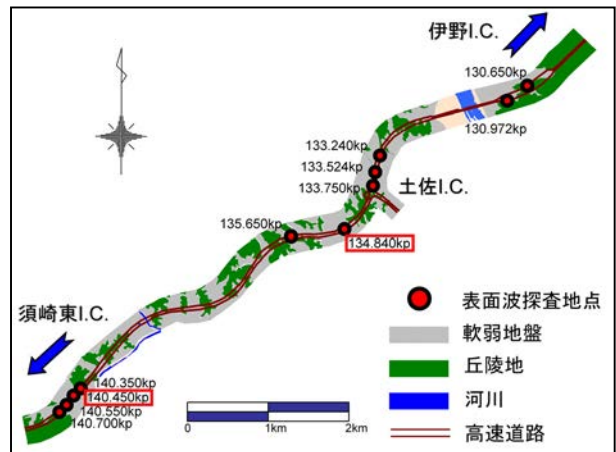


図-1 高知自動車道における表面波探査の実施地点

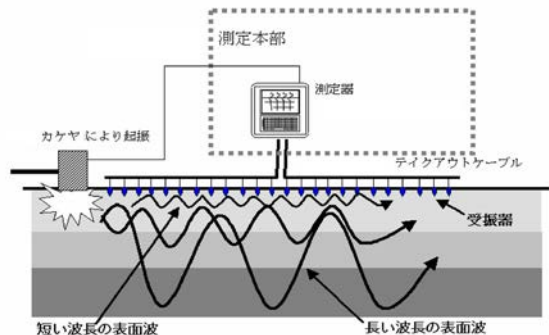


図-2 多点表面波探査法の測定概念図

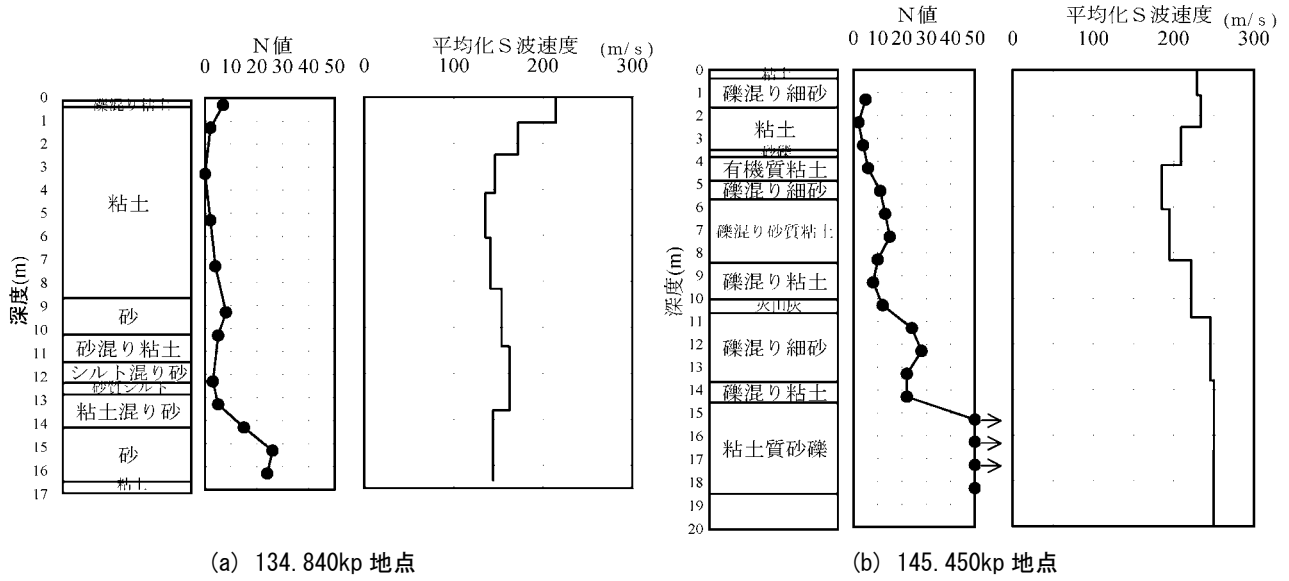


図-3 土質柱状図と N 値分布及び盛土周辺地盤の平均化 S 波速度構造

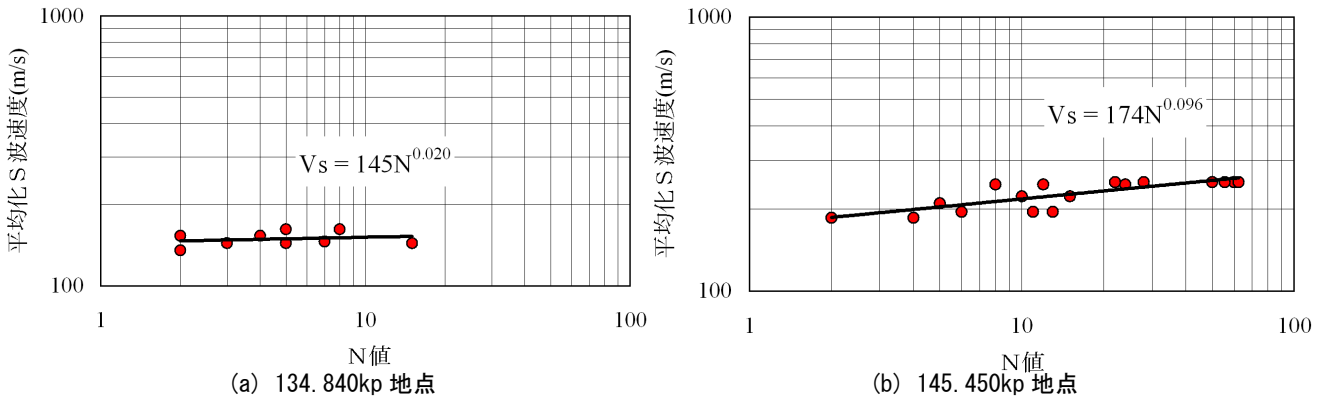


図-4 平均化 S 波速度と N 値の相関

布しており、水田耕作面もしくは耕作表土削除面から施工されている可能性がある。また、表面波探査は、水田内を縦横に走る農業道路の舗装面からなされている。したがって、それらの高低差は 1~2m あるものと考えられる。そこで、N 値分布については、深さをそれぞれ 2m だけ低くなるようにして、表面波探査による Vs 値との関係を検討する。

図-4 に平均化 S 波速度と N 値の関係を示す。134.840kp 地点では N 値 15 以下に限定されるが、弱い相関が見られ、回帰式の傾きは小さい ($V_s=145N^{0.020}$)。145.450kp 地点では、表層の大きくなっている S 波速度は対応する N 値がない。そのため、傾きがやはり小さいものの正の相関が見られ回帰式 ($V_s=174N^{0.096}$) を得る。これらの回帰式は、当地の地盤特性を反映した平均化 S 波速度の推定式として利用することができる。

このように、ボーリングによって地盤構成がわかり、標準貫入試験がなされている地点で地盤の表面波探査を行えば、地域特有のせん断波速度の推定式を得ることが可能となる。したがって、地域や地盤の特徴を反映した地盤の地震応答解析を行い、詳細な性能設計を行うためには、表面波探査を活用して地域特有の地盤特性を評価することが有効であると考えられる。

4. 結論

高知自動車道において軟弱地盤区間を対象に、多点表面波探査法による盛土の S 波速度を測定した。得られた S 波速度は既存の標準貫入試験の N 値と相関があり回帰式を得た。その結果、表面波探査を用いることによって、地域の地盤特性を反映した平均化 S 波速度と N 値の回帰式を S 波速度の評価式として利用することができることがわかった。

謝辞 本研究は、地盤工学会四国支部内に設けられた「NEXCO 西日本四国支社 耐震性評価手法検討委員会」(委員長 愛媛大学 矢田部龍一教授)の研究の一環として実施したものです。実施に当っては、NEXCO 西日本四国支社の関係者の皆様には大変お世話になりました。記して謝意を表します。

参考文献 1) 田窪 裕一, 神野 邦彦, 佐伯 嘉隆, 森 伸一郎, 河野 幸一: 表面波探査による高速道路盛土堤体のせん断波速度, 第 42 回地盤工学研究発表会発表講演集 CD-ROM, pp. 37-38, 2007.7.
2) 森 伸一郎, 佐伯 嘉隆: 異なる拘束圧下における土質のせん断波速度, 第 42 回地盤工学研究発表会発表講演集 CD-ROM, pp. 337-338, 2007.7.