

高知自動車道における軟弱地盤の南海地震時の応答特性

軟弱地盤 地震応答 南海地震

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	和仁 晋哉
愛媛建設コンサルタント	正会員	西本 健一
愛媛大学大学院	学生会員	佐伯 嘉隆

1. はじめに

四国において来るべき南海地震を想定した場合の地震対策の合理的な立案のためには、耐震性能を合理的に評価することが重要である。長周期の卓越した継続時間の長い地震動が想定されるため、長大橋梁や高橋脚橋梁のほか、軟弱地盤に建設された盛土や橋梁の耐震性能を科学的・合理的に評価することが必要である。地盤には地域性があるため、これを反映させた耐震性能評価手法の確立が期待される。この手法の開発のために、高知平野をほぼ東西に走る高知自動車道をモデルとして、なかでも大部分が軟弱地盤上に建設されて盛土の区間が多い伊野 IC と土佐 IC の間を対象に耐震性検討を行った。また、この区間では盛土のみならず平野内の大小の河川を横断する橋梁の基礎も少なくない。これらの性能評価に先立ち、地盤基礎構造物の耐震性能を左右する地盤の地震時応答特性を検討したのでその一部を紹介する。

2. 解析対象と解析方法

図-1 に高知自動車道における軟弱地盤分布と検討対象区間を示す。高知道の伊野 IC から須崎東 IC 間内の 130.1KP から 140.9KP の約 10km の区間が対象で、ここには 30 の軟弱地盤区間がある。この区間で、ボーリングデータがある地点で常時微動測定を行うとともに、なかでも詳細な地盤調査がある地点において地震応答解析を行った。図-1 の中には、盛土の地震応答解析の対象とした 13 地点の地盤の S 波速度構造図を示す。この区間は軟弱地盤区間と丘陵地区間とが交互に現れ、軟弱地盤においては約 15～35m の深さで岩盤面が現れる。

地震応答解析には、中央防災会議から公開されている南海地震の震度評価の際に計算された工学的基盤の地震動の加速度時刻歴を利用した。地震動はおおよそ 1km 四方のメッシュごとに計算されており、そのメッシュは図-1 にも描いている。大メッシュ（番号 5033）がさらに 1km 四方のメッシュに細分化され、図では小メッシュ番号が 1269 や 2326 などと記されている。実際の評価では対応する小メッシュの地震動を用いて計算するが、ここでは、応答特性の

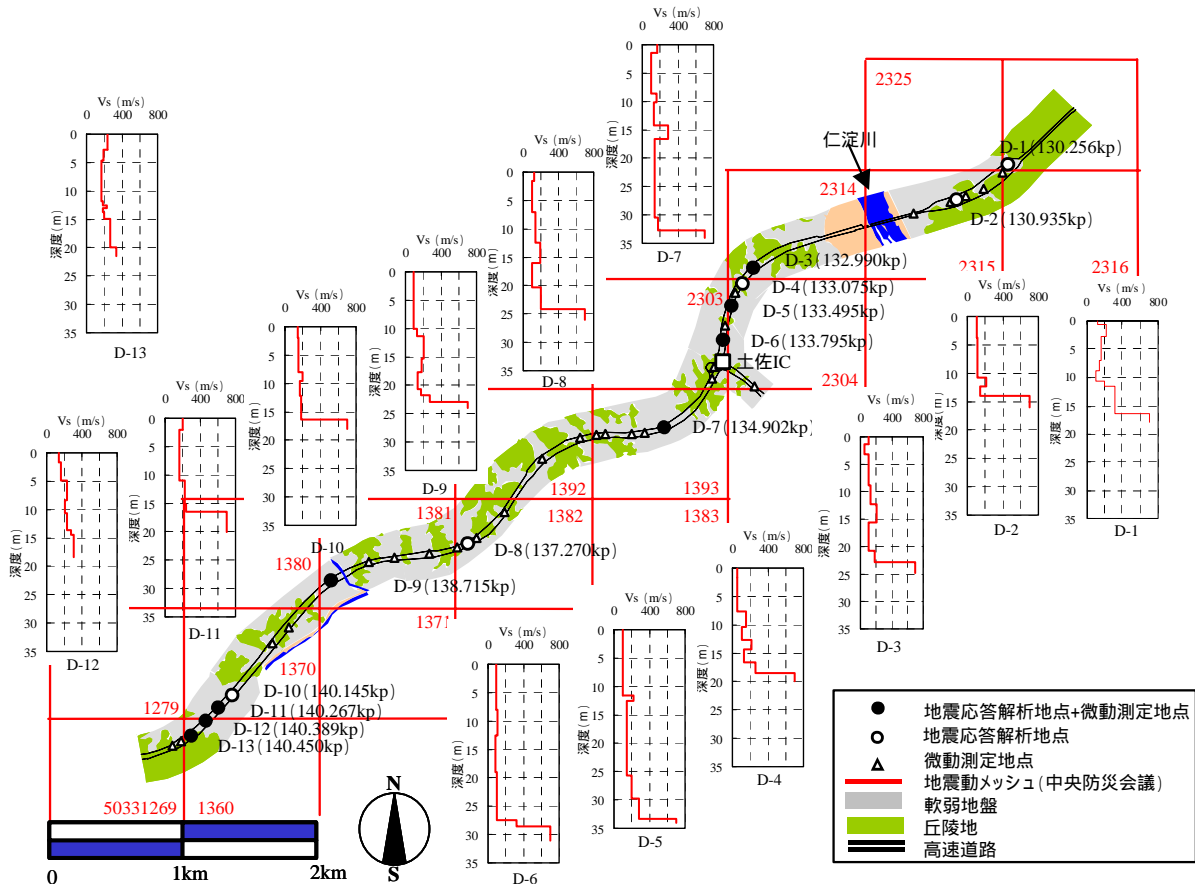


図-1 高知自動車道における軟弱地盤分布と検討対象区間

Seismic response of soft soil sites along Koch Highway during assumed Nankai earthquake

Kohno, K. (1, Ehime Kensetsu Consultant), Mori, S. (2, Ehime University), Kazuni, S.(2), Nishimoto, K.(1), Saeki, Y.(2)

比較のために、ほぼ中央に位置する 1393 のメッシュに代表させ、この地震動を用いた計算結果を対象とする。図-2 に入力地震動の加速度時刻歴を示す。なお、これらの地震動は長周期成分が適切に評価されているとは言えないが、この検討の対象となる軟弱地盤や橋梁では問題がないと判断される。

地震応答解析は、重複反射理論による等価線形解析プログラム SHAKE を用いた。解析に先立ち、約 20 地点のボーリングと室内試験のデータに基づいて土質に対応する代表的な物性を設定した。せん断波速度 V_s は道路橋示方書に示される $V_s=80N1/3$, $100N1/3$ の経験式により評価した。繰返し変形特性は、3 種の土質については不攪乱試料を採取して中空ねじり試験や三軸試験により評価した。他は、安田・山口、今津・福武の式を利用した。岩盤については、一律 $V_s=700m/s$ で線形とした。図-3 に各種の繰返し変形特性のひずみ依存性を示す。

3. 解析結果

図-4 に、例として、D-7 地点における最大加速度、(基盤との) 最大相対変位、せん断ひずみの最大応答値分布を示す。この地点では、最大加速度が地表では入力基盤より大きく低減し、変位が 17cm に達している。これらは 8~30m まで、ほぼ一様に 1% 程度の大きなせん断ひずみが発生しているためである。このように、地表の最大加速度、最大相対変位と地中の最大せん断ひずみを見ると地盤の地震応答特性は大略把握できる。表-1 に各地点の最大応答値を示す。地盤中の最大ひずみは 13 箇所中、1% 以上が 9 箇所、3% 以上が 6 箇所、5% 以上が 2 箇所である。1% を越えれば破壊域に入るので、1~5% のせん断ひずみに対応する変形特性の評価が重要になると言える。この地域では砂層が少ないので、液状化よりは研究の多くない軟化特性の評価が重要性を増す。また、ひずみが大きい分、最大相対変位は 8 箇所で 10cm を越え、杭基礎に作用する地盤変形は大きくなり、地震動による地盤変形が地震作用として寄与する割合は大きくなると考えられる。最大加速度は、増幅と減衰するところがあり、その差が大きい。

4. 結論

高知自動車道の軟弱地盤における地盤物性を評価し、南海地震を想定した地震応答特性を評価した。1~5% のせん断ひずみに対応する変形特性、軟弱粘性土層の軟化特性、杭基礎への地盤変形としての地震作用が大きいことがわかった。

謝辞

本研究は、地盤工学会四国支部内に設けられた「JH 四国道路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。実施に当たっては、西日本高速道路高松技術事務所の関係者の皆様には大変お世話になりました。記して感謝致します。

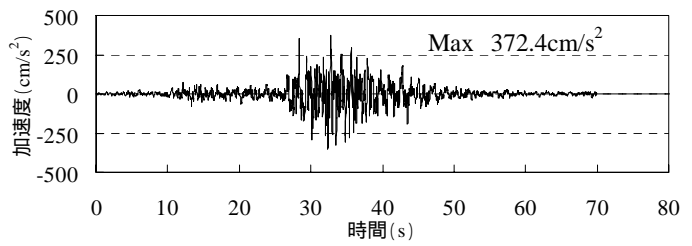


図-2 入力地震動 (メッシュ 5033 1393)

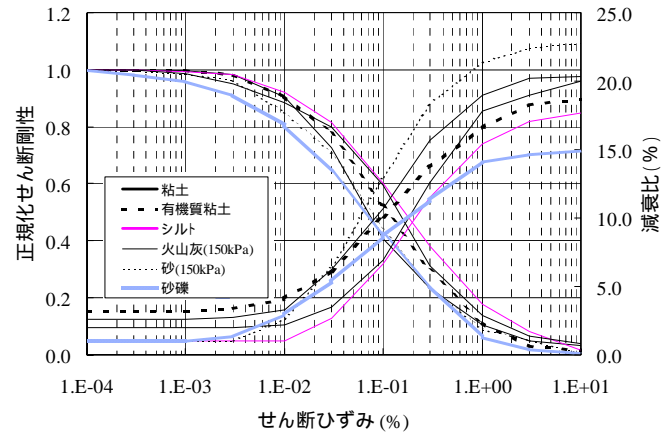


図-3 各種の繰返し変形特性のひずみ依存性

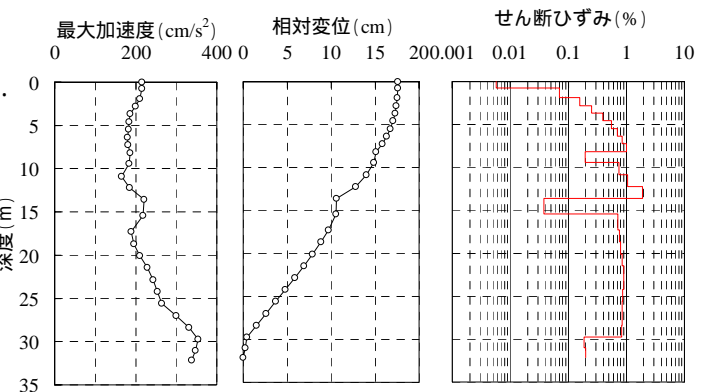


図-4 最大値応答分布 (D-7 地点)

表-1 各地点の最大応答値

	最大加速度 (cm/s^2)	最大相対変位 (cm)	最大せん断 ひずみ (%)
D-1	406.8	7.0	3.2
D-2	440.0	10.8	2.3
D-3	386.0	15.8	2.5
D-4	441.2	15.4	5.3
D-5	259.7	19.8	3.0
D-6	131.9	14.0	3.1
D-7	215.2	17.6	1.9
D-8	442.9	15.8	3.3
D-9	272.1	18.6	6.4
D-10	458.9	7.2	0.8
D-11	467.9	5.4	0.7
D-12	426.1	1.9	0.2
D-13	411.7	4.7	0.6