

橋梁の地震応答における地盤凍結の影響

大日本コンサルタント(株) ○正会員 寺田 武志 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 岡田 慎哉
 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 西 弘明 土木研究所 寒地土木研究所 正会員 佐藤 京
 大日本コンサルタント(株) 正会員 原田 政彦

1. はじめに

寒冷地の橋梁では、冬季に地盤が凍結し橋脚の挙動に影響を与えると予想されるが、地震時と組み合わせて検討した事例はほとんどない。そこで、本検討では橋梁の地震応答における地盤凍結の影響を把握することを目的とし、地盤と構造物の動的相互作用を考慮できる2次元 FEM モデルを用いて、平温時と地盤凍結時における地震応答解析結果の比較検討を行った。

解析対象として選定した温根沼大橋には、P3 橋脚位置における上部構造、橋脚頂部、地盤-1.5m および地盤-17m の4点に地震計が設置されており、免震支承採用区間のみが竣工した時点で1994年10月に北海道東方沖地震(M8.1)が発生し、橋梁桁上で橋軸方向に最大354galの強震記録(平温時)が得られている。強震記録と平温時における2次元 FEM 解析結果の比較は、文献1)を参照されたい。

2. 解析方法

検討に用いる解析モデルは、地盤と構造物の動的相互作用を考慮できる2次元 FEM モデルとした(図-2)。橋脚は、同地震において損傷が見受けられなかったことを考慮して、全断面有効の弾性はり要素でモデル化し、免震支承はバイリニア型の履歴特性を有する非線形バネ要素とした。地盤はひずみ依存特性を考慮できる修正 R-O モデルとした。入力地震波は地盤-17mの基盤面で記録された橋軸方向の加速度波形とし、粘性減衰は Rayleigh 減衰を用いた。モデル底面は固定境界とし、側面は粘性境界とした。地盤の凍結深度は地表面から50cmまでとし、地表に海水が存在するP4付近を除くA1~P3の範囲までを橋軸方向の凍結範囲とした。凍結地盤の地温は $T = -10^{\circ}\text{C}$ と仮定し、文献2)に示される地温 T とせん断弾性波速度 V_s との関係(図-3)等をもとに、凍結地盤の動的物性値を表-1のように設定した。

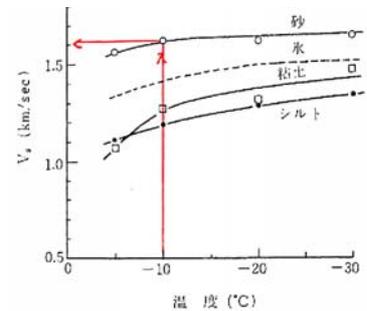


図-3 温度-せん断波速度関係(文献2より)

表-1 凍結地盤の動的物性値の設定

	平温時	凍結時 ($T = -10^{\circ}\text{C}$)
V_s (m/s)	115	1500
G_0 (kN/m^2)	23093	3700000
E_D (kN/m^2)	69279	10000000
h_{max}	0.3	0.3

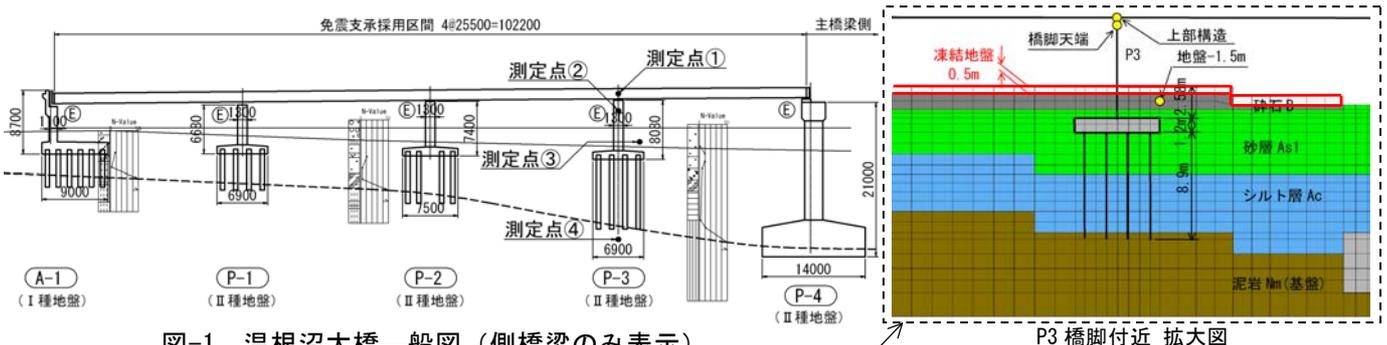


図-1 温根沼大橋一般図(側橋梁のみ表示)

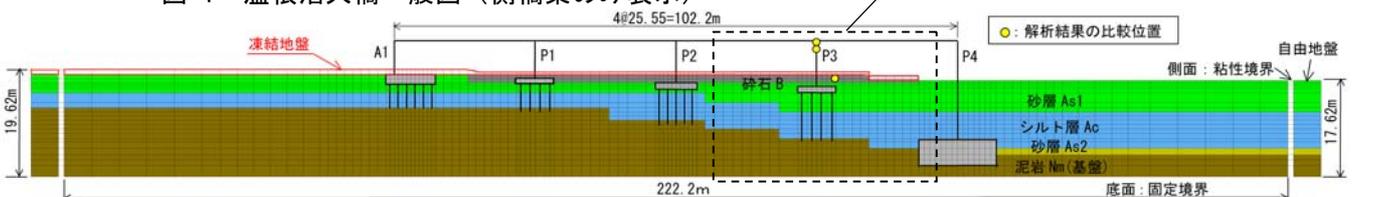


図-2 2次元 FEM モデル

キーワード 凍結地盤, 2次元 FEM, 1994年北海道東方沖地震, 強震記録, 地震応答解析
 連絡先: 〒343-0851 埼玉県越谷市七左町5-1 大日本コンサルタント(株)構造事業部 TEL 048-988-8113 FAX 048-988-8134

3. 解析結果

文献1) に示す強震記録との比較より、本検討に用いる2次元FEM解析モデルの精度が確認されたため、地盤凍結時における解析もある程度の精度を有しているものとして解析結果の比較を行った。

P3 橋脚の加速度と変位を示した図-5 より、加速度は上部工以外では地盤凍結時に増加する傾向が見られるが、変位はどの着目点でも平温時と凍結時で大きな差が生じていない。また、橋脚の断面力の比較結果を示した図-4 より、P3 橋脚の凍結地盤付近でせん断力と曲げモーメントの増加率が最も大きく、凍結地盤を設けていない P4 橋脚でも P3 橋脚と比較して増加率は小さいが同様の傾向であることがわかる。これらは地表面付近の凍結地盤の剛性が高いことの影響であると考えられる。

4. おわりに

これらの結果から、橋脚柱において平温時はフーチングが支点となるのに対して、地盤凍結時は凍結地盤も支点に近い状態とみなせるため、地表面付近の断面力が増加する可能性が考えられる。よって、地表面付近に段落しが設けてある場合などは地盤凍結時に危険性が増す可能性があり、寒冷地において地盤が凍結する条件の橋梁を耐震検討する場合には注意すべき事項と考えられる。

【参考文献】

- 1) 吉岡, 岡田, 石川, 佐藤, 原田: 2次元FEM地震応答解析による免震橋の地震時表挙動の推定精度, 土木学会第62回年次学術講演会, 2007(投稿中)
- 2) 日本建設機械化協会: 地盤凍結工法一計画・設計から施工まで-, 1982

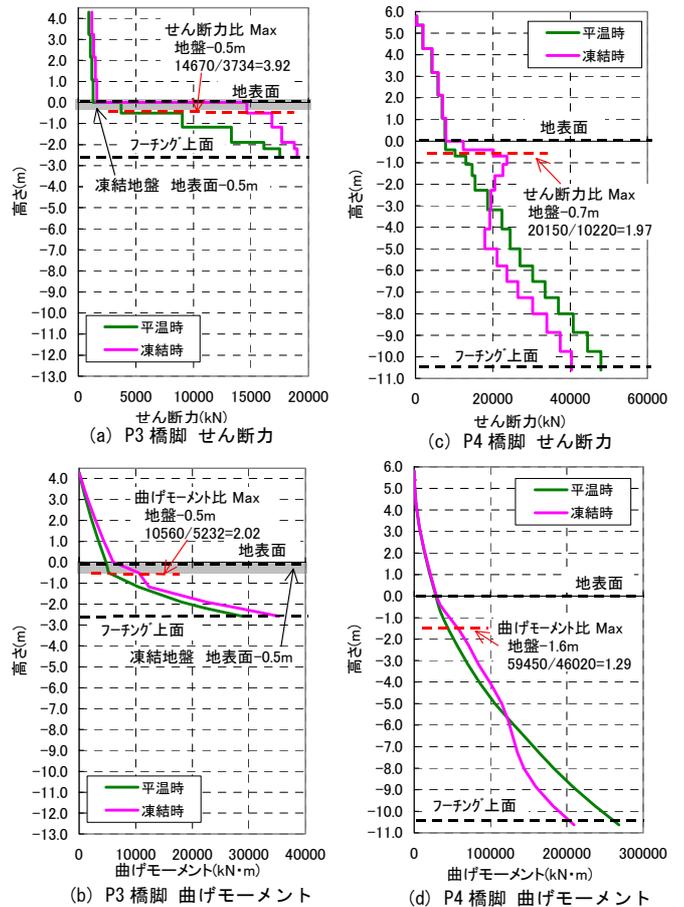


図-4 橋脚の最大断面力分布の比較

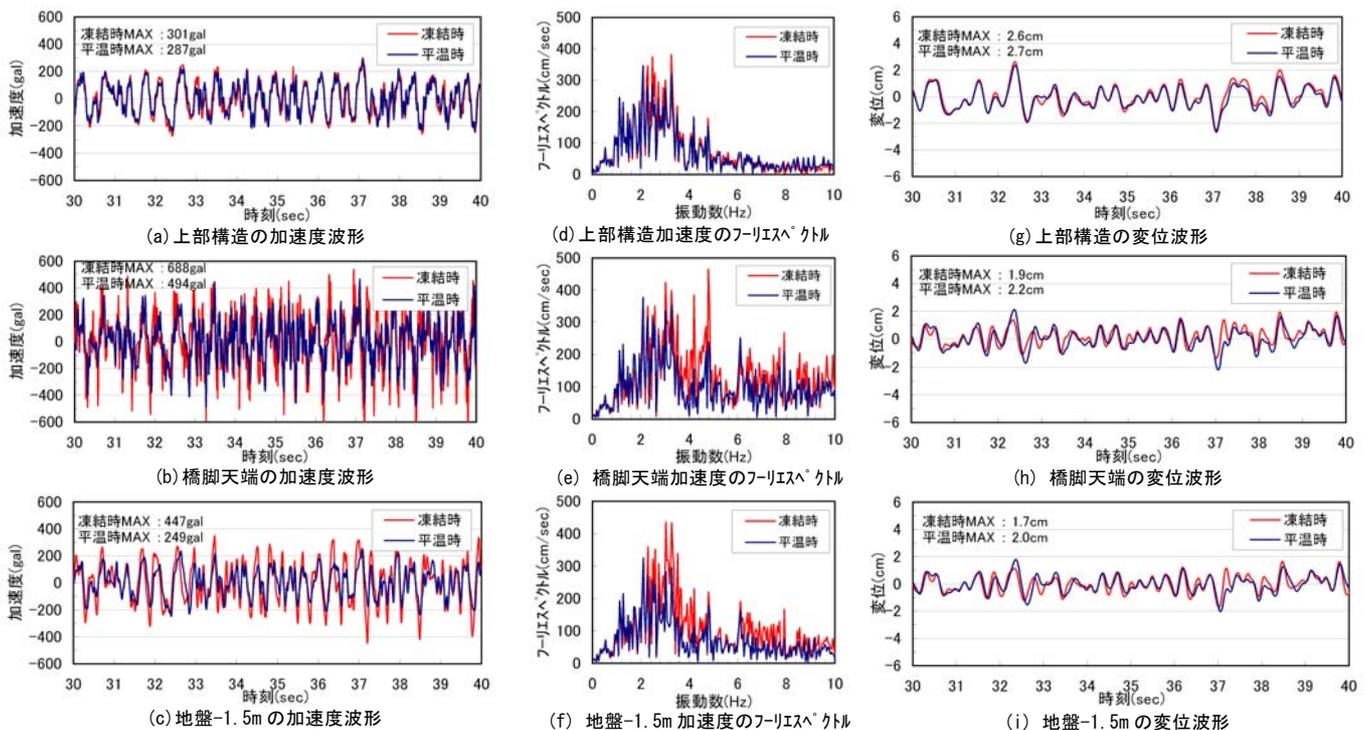


図-5 応答波形及び応答履歴の比較