

液状化地盤上に存在する橋梁の橋台背面アプローチ部
における段差解消に関する基礎的検討

九州大学大学院 学生会員 ○斧田 和樹 九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀

1. はじめに

2011 年東北地方太平洋沖地震では、東北地方整備局が管理する 1504 橋のうち 364 橋で、橋台背面アプローチ部に段差が生じた。これらの被害は、側方流動によって橋台が側方に移動したことが原因であると予測されるものもある。地震直後は、この段差により緊急車両が通行不可能になったり、通行時の速度制限が行われたりした。地震直後のこのような被害を解消することは非常に重要である。このような背景を踏まえ、本研究では地盤と橋梁の連成を考慮した地震応答解析を実施し、液状化発生時における橋台や背面地盤の挙動、それらの被害に対する地盤改良の効果の確認を目的として検討を行った。

2. 解析概要

本解析では、液状化による構造物被害予測プログラム FLIP を用いた。本研究ではこれまでの研究で用いてきた地盤条件、橋梁条件をもとに地盤改良を行った場合と行わなかった場合とで解析を行い、結果を比較することにした。地盤改良を行う前の解析モデルの全体図を図-1 に、地盤の物性値を表-1 に示す。表-1 において layer1 と layer2 が橋台背面に存在する地盤となる。layer3 は橋台底面直下の地盤であり、layer4 と layer5 がその下部に存在している地盤である。本解析では layer3 のみが液状化層となっており、地盤と杭基礎に関してのみ非線形性が考慮されている。橋台背面アプローチ部の沈下が引き起こされるのは橋台の側方移動が原因の 1 つとして考えられるため、地盤改良を行ったモデルにおいては、橋台の側方移動を制限するために深層混合処理工法による地盤改良を兩岸橋台背面側の液状化層に行った。左岸橋台における地盤改良の範囲を図-2 に示す。この地盤改良の範囲は、橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討(その 2)²⁾で述べられている橋台に対して主働側となる橋台の後趾位置と軟弱層の最下層から 45° のすべり面を仮定した主働崩壊角で立ち上げた位置を橋台の側方移動に対する影響範囲と考え、この影響範囲を改良範囲として決定した。深層混合処理工法とは、改良材と軟弱土を原位置で攪拌・混合し、化学的硬化作用により地盤を改良する工法である。本解析では、地盤が固化されたと考え、図-2 に示した改良範囲は土の物性値から固化された土の物性値に変化させ、液状化させないモデルとした。表-2 に固化された土(固体)の物性値を示す。固化された土と周囲の土層は完全付着として変位が同一となるようにモデル化しており、物性値を表-2 に示す。

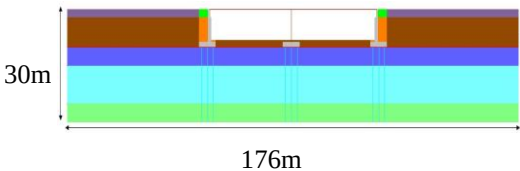


図-1 解析モデル全体図(地盤改良前)

表-1 地盤物性値

土層区分	層厚D	層上端 上載圧 σ_v	湿潤 密度 ρ_t	N値	せん断 抵抗角 ϕ_f
	(m)	(kPa)	(t/m^3)		(°)
layer1	2.1	0	1.8	5	39
layer2	7.9	37	1.8	10	39
layer3	5.0	177	1.0	2	37
layer4	10.0	226	1.0	10	38
layer5	5.0	324	1.0	20	39

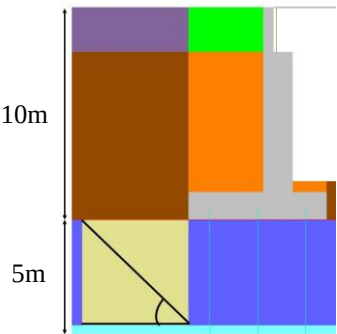


図-2 左岸橋台拡大図(地盤改良後)

表-2 深層混合処理工法物性値

	ヤング率 (kN/m^2)	ポアソン比	密度 (t/m^3)
CDM	250000	0.33	1.8

キーワード：橋台背面アプローチ部、地盤改良、液状化

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 W2 1101 電話&FAX：092-802-3374

3. 解析結果

入力した地震動は、2011 年東北地方太平洋沖地震において福島県相馬市で観測された地震動を工学的基盤面に引き戻したものをを用いている。地盤改良を行う前と地盤改良を行った後の橋台背面アプローチ部の段差量を表-3 に、地盤改良を行った後と行う前の左岸橋台下部の杭基礎の最大水平変位を図-4、杭基礎に作用する最大曲げモーメントを図-5 に示す。最大水平変位・最大曲げモーメントについて正負は考慮されていない。阿部らの研究³⁾より、段差量が 15(cm)以上の場合、軽自動車では走行が不可能になり、乗用車や大型トラックでも通行可能速度が制限されることが分かっているため、表-3 より地盤改良前のモデルにおいては左岸側において段差障害が発生することが分かる。しかし、地盤改良後のモデルでは地盤改良前のモデルよりも段差量が段差障害を起こさない程度に低減していることがわかる。これは橋台の側方移動が制限されたことにより、それに伴う背面地盤部の沈下が減少したためであると思われる。また図-4 を見てみると、杭の最大水平変位は液状化層の存在するモデル下端から 15(m)~20(m)の地点において大きくなることが分かり、地盤改良を行うことによって液状化層付近での杭の最大水平変位が大幅に減少することが確認された。これは、液状化層の水平方向への移動が地盤改良を行うことによって減少したからではないかと思われる。また、今回モデル化した杭は 670(kN・m)で降伏することを踏まえて図-5 を見てみると、今回用いたモデルにおいては地盤改良の有無に関わらず、杭は降伏していない。しかし、地盤改良を行うことによって液状化層の存在する 15(m)~20(m)の地点付近の杭に作用する曲げモーメントは減少したが、モデル下端から 0(m)~10(m)の位置においては杭に作用する曲げモーメントが増加したことが分かる。これは深層混合処理工法をおこなった部分が上載土圧によって下側へ押し込められたことにより、杭に圧力がかかったためではないかと思われる。

4. まとめ

今回用いたモデルにおいては地盤改良を行うことによって、橋台背面アプローチ部の段差量の減少や、杭の最大水平変位の減少、液状化層が存在する位置付近の杭に作用する最大曲げモーメントの減少が確認された。今後は液状化層の深度や厚さを変化させた解析を行っていきたい。

表-3 背面アプローチ部の段差量

	左岸段差量(cm)	右岸段差量(cm)
地盤改良前	17	11
地盤改良後	1	2

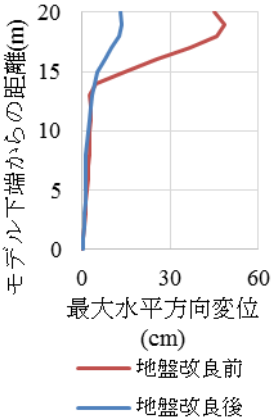


図-4 杭の最大水平変位

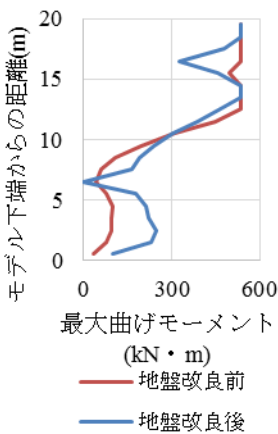


図-5 杭基礎に作用する最大曲げモーメント

参考文献

1) 梶田幸秀, 柿永恭佑, 宇野州彦, 北原武嗣: 橋桁の影響を考慮した液状化地盤上にある橋台の地震時応答に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.72, No.4, pp.338-347, 2016

2) 中谷昌一, 竹口昌弘, 白戸真大, 原田健二, 野村朋之: 橋台の側方移動対策ガイドライン策定に関する検討(その2), 土木研究所資料, 第 4174 号, 2010

3) 阿部雅人, 藤野陽三, 吉田純司, 朱平: 高架橋の 3 次元動的解析モデルを用いた桁間連結装置および車両通行性能の評価, 土木学会論文集, No.773/ I -69, pp.47-61, 2004.