

惣領橋の中間橋脚沈下被害に関する地盤の不整形を考慮した検討

九州大学大学院 学生会員○丹藤修平, 副島健太郎, 正会員 梶田幸秀, 松田泰治

1.目的

惣領橋は、熊本県上益城郡益城町にある 1988 年に建設された橋長 33.3m, 2 径間 PC 単純 T 桁橋である。平成 28 年熊本地震において、左岸側橋台を基準点として、中間橋脚の梁上端で 309mm(上流側)、376mm(下流側)の沈下が確認された。その被害の再現のため、これまで中間橋脚付近のボーリングデータに基づいた整形地盤モデルでの解析を実施してきたが、中間橋脚の沈下被害を再現できなかったため、本研究では、中間橋脚付近に加え右岸側、左岸側のボーリングデータも用いた不整形地盤に対して、あらためて地震時の液状化による構造物被害予測プログラムである FLIP を用いて有効応力解析を実施し、中間橋脚の沈下被害に対して検討を行ったものである。

2.解析概要

図 1 に不整形地盤モデルを示す。地盤の物性値の決定には FLIP 要素シミュレーションツール(FLIPSIM)を用いた。FLIPSIM の簡易設定法により、各層の平均 N 値、層中央の上載応力、細粒分含有率を入力し、物性値を決定した。図-2 に今回の解析で用いたボーリングデータより得られた N 値を示す。図-2 において、深度 0m は中間橋脚下の地下水位面とした。中間橋脚でのボーリングデータとレベル 2 タイプ 2 地震動から液状化安全率(FL 値)を算出し、液状化安全率が 1 を下回った地点を表-1 に示す。図-1 でいえば、液状化が発生するのは、礫混じり砂、砂質シルトである。整形地盤で実施した文献 1)では、排水条件を仮定しているが、本解析では、非排水条件で実施している。杭の先端の位置は、設計図面を参考に、中間橋脚の杭で深度 16.8m, 左岸側橋台の杭で深度 18.0m, 右岸側橋台で深度 18.1m とした。また、この解析モデルでは、先端支持力は杭先端に非線形バネ要素を設置することでモデル化している。中間橋脚の杭先端の支持層の N 値のばらつきが図-3 のように大きい。したがって、中間橋脚では杭の先端支持力が期待できないため、N 値を 8 の場合と 45 の場合で支持力を算出

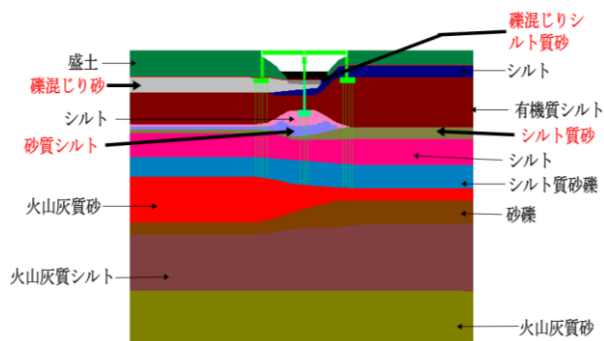
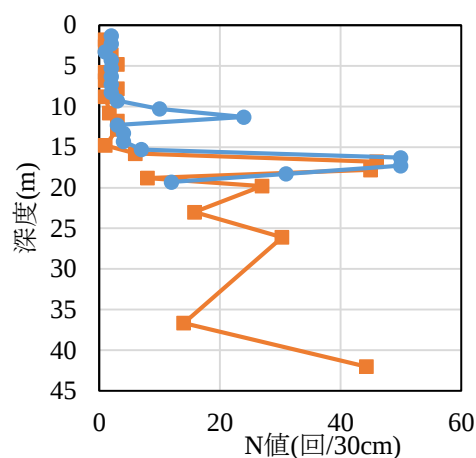


図-1 不整形性を考慮した解析モデル



—■— 中間橋脚 —●— 右岸側

図-2 N 値の分布

表 1 FL 値が 1 未満の層

計測深度(m)	FL値
0~1.3	0.357
1.3~2.3	0.389
8.25~9.25	0.097
9.25~10.30	0.225
10.30~11.30	0.385
14.30~15.30	0.709
15.30~16.30	0.395
16.30~17.30	0.775

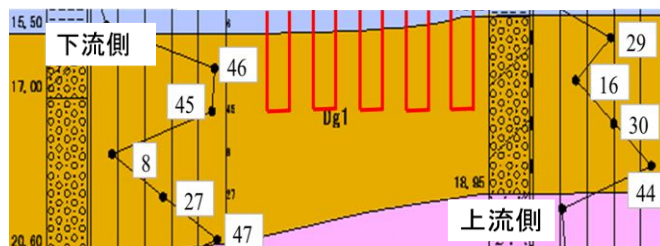


図-3 中間橋脚の杭の先端

キーワード 平成 28 年熊本地震, 橋梁沈下, 液状化

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡 744 092-83123474

した．解析モデルでは奥行方向を中間橋脚の杭間でモデル化しているため両橋台の杭の支持力が過少評価される．そのため、杭本数を考慮して先端支持力を算出した．惣領橋のある益城町での観測点（KiK-net 益城）の地震基盤で観測された NS 方向の地震動を 1 次元モデル(KiK-net 益城での地盤データを使用したモデル)の下面に入力し、惣領橋の工学的基盤と同程度(深度 42m)まで引き上げた地震動は図-4 に示すとおりである．モデル最下面（工学的基盤）に入力した．

3.解析結果

図-5 に N=8 の場合のモデルの最終変形図を示す．また、図-6 に左岸側橋台、中間橋脚の杭先端部の沈下量（鉛直方向変位）を示す．図-6 より、この解析モデルの最大沈下量は、N=8 の場合左岸橋台下で約 0.9cm、中間橋脚下で約 13.9cm であった．また N=30 の場合についての最大沈下量は左岸橋台下で約 1.6cm、中間橋脚下で約 4.3cm であった．N 値が小さい場合、すなわち中間橋脚の杭の先端支持力が小さい場合の方がより大きく沈下しており、実現象に近い．また、N=8 の場合の中間橋脚下の地盤の鉛直変位を図 7 に示す．杭基礎直下、液状化層下端、杭先端の地盤の深度はそれぞれ中間橋脚上の地下水位面から 6.8m、10.1m、17.5m である．液状化の影響で橋梁のフーチングが沈下し、先端支持力の弱かった中間橋脚がより多く沈下したと考えられる．

4.まとめ

地盤を実際の状況に近い不整形モデルにして解析を行ったところ、中間橋脚が左岸橋台よりも沈下するという現象については N 値が 8 と 30 のどちらの場合でも再現できたが、沈下量の大きさについては、実現象とは異なる結果となった．ボーリングデータが地震後に行われたデータであるため、地震前に比べて地盤が密になっている可能性や、惣領橋と KiK-net 益城の直線距離が 2.5km あるため地震動が少し異なる可能性であることなどを考慮に入れて検討を行っていきたいと考えている．また、今回の解析では非排水条件で行ったため、排水条件での解析も行いたいと考えている．

参考文献

1) 梶田幸秀，副島健太郎，宇野州彦，松田泰治：2016 年熊本地震における惣領橋の中間橋脚の沈下現象に関する一考察，第 38 回 地震工学研究発表会論文集，CD-ROM（論文番号 1355），2018

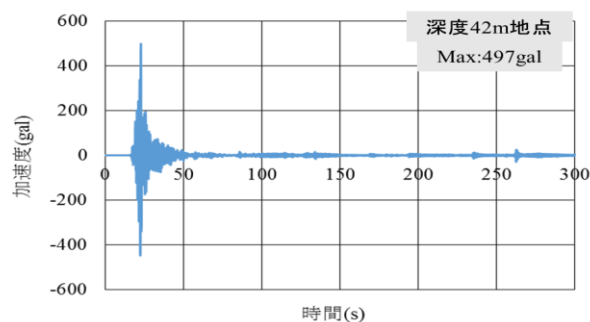


図-4 入力地震動

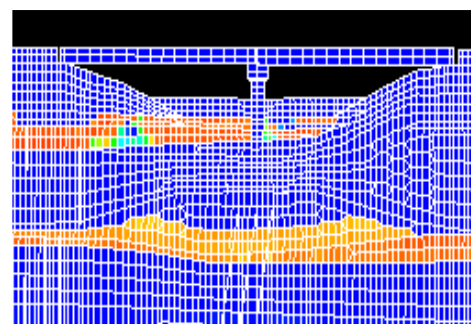


図-5 終局図(N=8)

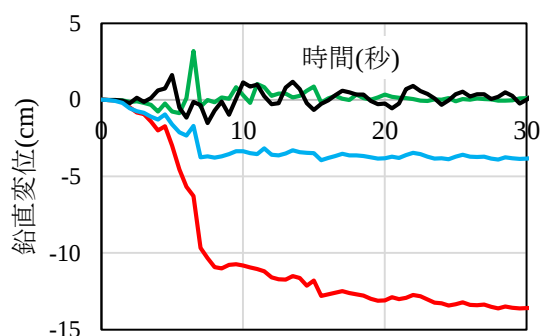


図-6 鉛直変位時刻歴

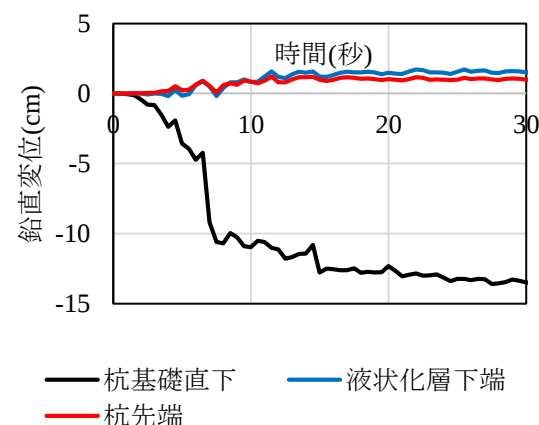


図-7 中間橋脚下の地盤変位