

2016年熊本地震における惣領橋の中間橋脚沈下被害に関する一検討

九州大学大学院 学生会員 ○副島健太郎, 学生会員 斧田和樹, 正会員 梶田幸秀, 正会員 松田泰治

1.目的

1988年に建設された橋長33.3m, 2径間PC単純T桁橋である惣領橋では, 2016年熊本地震において, 左岸側橋台を基準点として, 中間橋脚の梁天端で309mm(上流側)、376mm(下流側)の沈下が確認され, 上部構造が「V字」型になっているのが確認された。もし, 大幅な橋脚沈下が生じれば, 交通に支障がでたり, 復旧が大規模化したりすることが予想される。河川を跨ぐ橋梁は全国に数多く存在するため, 本研究では, 中間橋脚の沈下の原因の推定を目的とし, 地震時の液状化による構造物被害予測プログラム (FLIP) を用いて解析を行った。

2.解析概要

地震発生後に中間橋脚付近で実施されたボーリング調査の結果を基に, 図-1 に示すとおり, 橋軸方向に成層に広がる地盤を仮定したモデルを作成した。図-2 にボーリングデータより得られたN値を示す。図-2における深度0mは中間橋脚での川底(地表面)であり, 地下水位面は深度0mに仮定した。液状化層は, 深度10.8~11.8mと深度17.8~19.8mの層に設定した。なお, 実際の橋台では斜杭もあったが解析モデルではすべての杭を直杭としてモデル化している。解析にあたって, 杭の周面摩擦力は杭-地盤間にジョイント要素を設置することでモデル化を行い, 奥行き方向の杭間での地盤のすり抜けは杭-地盤相互作用ばねを設置することでモデル化を行った。また, 奥行き方向は中間橋脚の杭間と同じようにモデル化した。先端支持力は杭先端に非線形ばねを設置することでモデル化している。中間橋脚は図-3のように支持層のN値のばらつきが大きい。さらに, 調査結果より杭先端が特に礫が少なく緩い箇所位置することが分かった。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した。また, 表-1に杭先端の位置と杭先端の支持力を示す。

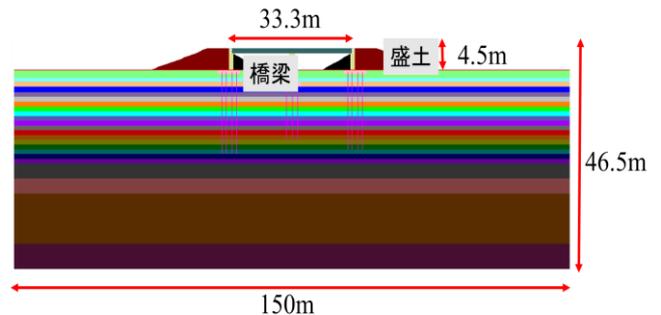


図-1 惣領橋のモデル化

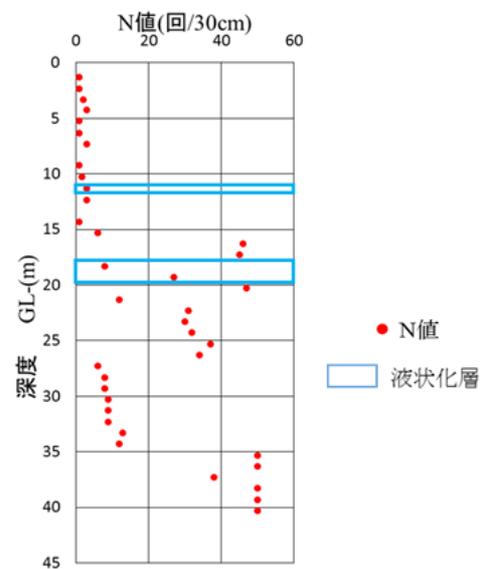


図-2 ボーリング柱状図

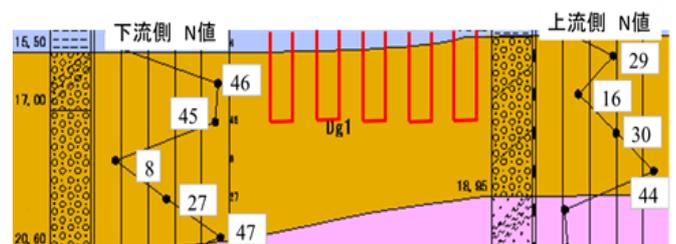


図-3 中間橋脚の杭先端

表-1 杭1本当たりの先端支持力

	左岸橋台	中間橋脚	右岸橋台
杭長(m)	15	11	17
杭先端N値	30	8	45
先端極限支持力(kN)	1618.0	452.4	2544.7

キーワード 平成28年熊本地震, 液状化, 橋梁沈下

連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744 TEL092-802-3374

入力地震動として、Kik-net 益城で観測された深さ 255 m地点の地震基盤加速度（南北方向成分）を、解析地盤の最下面に相当する位置（深度 42m）まで、kik-net 益城での地盤条件で引き上げた地震波（図-4）をモデル最下面に入力している。

3.解析結果

中間橋脚及び左岸橋台の天端における鉛直変位時刻歴を N 値が 45 の場合を図-5 に、N 値が 8 の場合を図-6 に示す。N 値が 45 の場合、左岸橋台が中間橋脚より 3.6cm 大きく沈下した。N 値が 8 の場合、左岸橋台からの相対変位で中間橋脚が 6.3cm 沈下しており、左岸橋台と中間橋脚の沈下量が逆転している。図-7 にモデルの最終変形図を示す。過剰間隙水圧比が 0 に近い場合は青色、1 に近い場合は赤色で表示されている。図-7 から深度 10.8~11.8m の液状化層の過剰間隙水圧比は 1 に近いのに対し、深度 17.8~19.8m の層の過剰間隙水圧比はあまり上昇していないことが確認できる。また、N 値が 8 の場合での中間橋脚直下の地盤の鉛直変位を図-8 に示す。図-8 から杭先端の地盤があまり沈下していないこと、杭基礎直下の地盤が中間橋脚と同じように沈下していることが確認できる。このことから、深度 10.8m~11.8m の液状化の影響で橋脚のフーチングが沈下したことが考えられる。また、表-1 と図-5 及び 6 から先端支持力の弱かった中間橋脚が左岸橋台より大きく沈下したと考えられる。

4.結論

本研究では、中間橋脚の沈下原因を推定するための解析を非排水条件で行った。解析では、N 値 8 の場合で中間橋脚が約 13.4cm 沈下、左岸橋台が約 7.1cm 沈下しており、左岸橋台からの相対変位で中間橋脚が 6.3cm 沈下した。沈下の生じた原因には、中間橋脚の杭の先端支持力の小さいことが影響していると考えられる。一方、実現象では 37.1cm 沈下したことに比べて解析では 6.3cm しか沈下しなかった。今後は、排水条件や前震の影響などの他の要因による沈下の影響を考慮することで、中間橋脚が沈下する原因の解明に努めたい。

謝辞

ボーリングデータは熊本県より提供いただきました。本解析は、一般社団法人九州橋梁・構造工学研究会熊本地震対応特別委員会 WG2(土構造/盛土 WG)の方々との協力の下、行いました。ここに記し、感謝の意を表します。

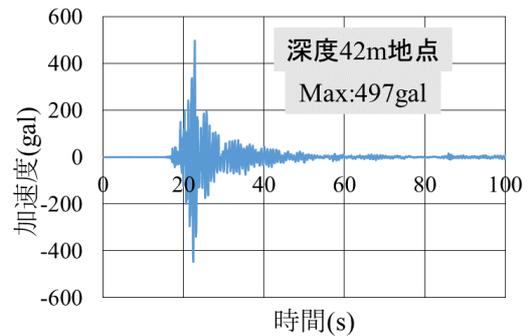


図-4 入力加速度

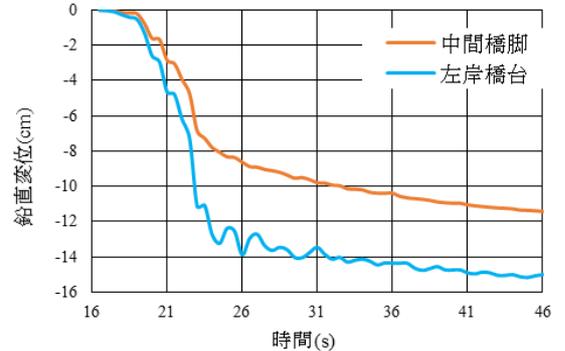


図-5 鉛直変位時刻歴(N 値 45)

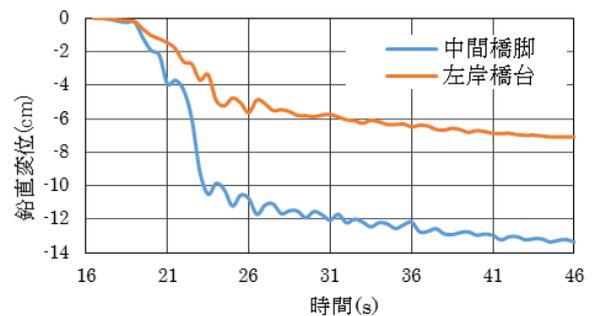


図-6 鉛直変位時刻歴(N 値 8)

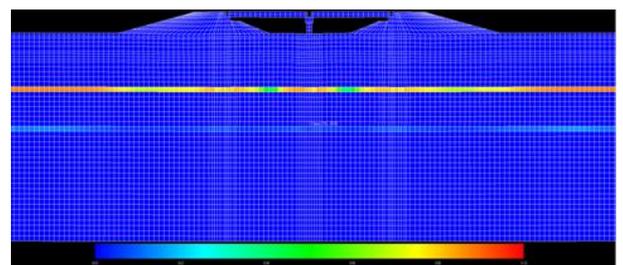


図-7 終局図

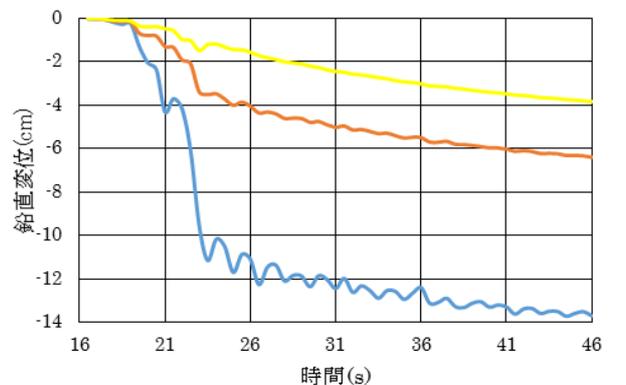


図-8 中間橋脚直下の地盤の鉛直変位(N 値 8)