

惣領橋における中間橋脚の地盤沈下に関する一考察

九州大学 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. はじめに

平成 28 年熊本地震において、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、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、写真-1 のように上部構造が「V 字」型になっているのが確認された。そこで、本研究では、中間橋脚の沈下の原因を推定するため、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。



写真-1 中間橋脚の沈下現象

2. 解析概要

図-1 に示すとおり、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、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、図-3 に地下水位面（水色の線）と液状化層を仮定した土層（赤枠）の位置を示す。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。また、ボーリングデータより得られた N 値などを用い、レベル 2 タイプ 2 地震動から算定された液状化安全率（FL）の値が 1 より小さい地点を液状化層と仮定しており、その地点での液状化安全率の値を表-1 に示す。杭の先端の位置は、設計図面を参考に解析モデルでは、中間橋脚の杭では深度 14.8m、左岸側橋台の杭では深度 17.8m、右岸側橋台では深度 16.8m とした。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。図-2 と表-1 より、中間橋脚の杭は、深度約 15m から 17m にある N 値が 30 程度と比較的大きいが液状化安全率は 1 を少し下回ると判断される土層の上面のとこまでであることがわかる。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、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。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。入力地震動として、Kik-net 益城で観測さ

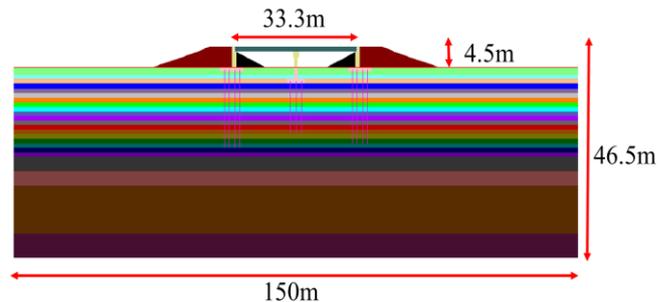


図-1 惣領橋の成層地盤モデル

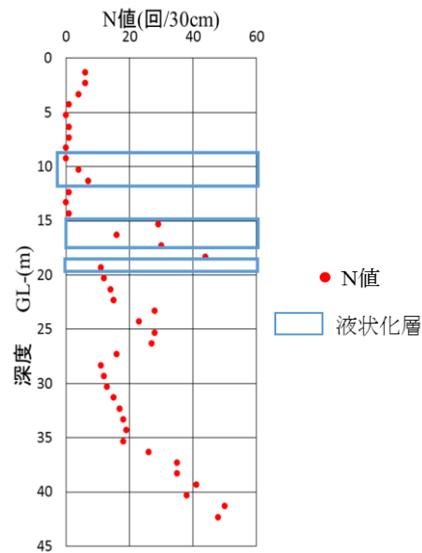


図-2 ボーリング柱状図

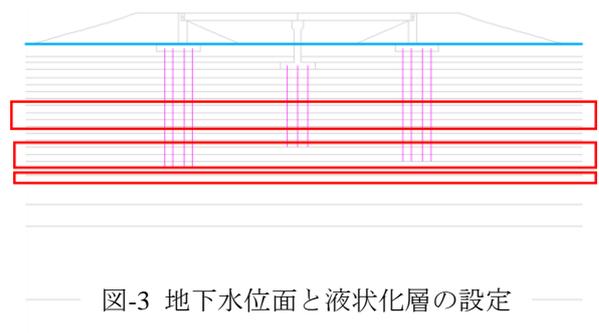


図-3 地下水位面と液状化層の設定

れた深さ 255m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

図-5 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-5 より、深度 14.8m から深度 17.8m に設定した液状化層のうち、実際に過剰間隙水圧の上昇が見られたのは、深度 15.8m から深度 16.8m の層だけであり中間橋脚先端部の土層は液状化による急激な剛性低下を起こしていない。この解析モデルの沈下量の推移を図-6 に示す。図の横軸は、中間橋脚から左岸側、右岸側の距離を表す。橋長が 33.3m のため、橋台は中間橋脚から約 16m 離れた地点にある。なお、図の沈下量は計測深度-3.2m の節点での鉛直変位とした。図よりわかるとおり、地盤（赤点）は橋台・盛土付近で沈下し、中間橋脚やモデルの端部では上昇している。これは、盛土などで上載圧が大きな橋台付近から上載圧が小さな橋脚やモデル端部付近に土が流動する現象が起こったためと考えられる。図-6 より、中間橋脚は約 13.8cm 沈下、左岸橋台は約 19.2cm 沈下しており、橋台を基準点とした中間橋脚の梁先端の相対変位は、実際の現象とは異なり上昇している。中間橋脚では地盤は上昇し、また、中間橋脚の杭先端部では液状化による地盤の急激な剛性低下は見られず、先端支持力が確保されているためであると考えられる。なお、今回行った解析は非排水条件であり、排水条件での解析を行うことで、左岸橋台に比べて杭の短い中間橋脚は過剰間隙水の消散に伴い大きく沈下することが考えられる。

4. まとめ

今回の研究では、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。今回の解析では、中間橋脚が約 13.8cm 沈下、左岸橋台が約 19.2cm 沈下しており、実際の現象と一致しなかった。

今後は、排水条件での解析を行い、中間橋脚が沈下する条件などの原因解明に努めていきたい。

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、一般社団法人九州構造・橋梁研究会熊本地震対応特別委員会 WG2(土構造/盛土 WG)の方々の協力の下、行いました。ここに記し、感謝の意を表します。

表-1 液状化層の FL 値

計測深度 (m)	FL
9.25	0.097
10.3	0.225
11.3	0.385
15.3	0.709
16.3	0.395
17.3	0.775
19.3	0.472

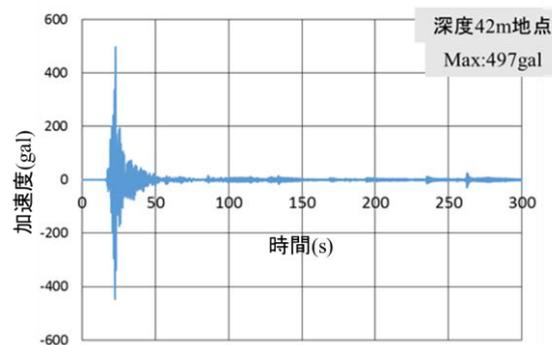


図-4 入力地震動

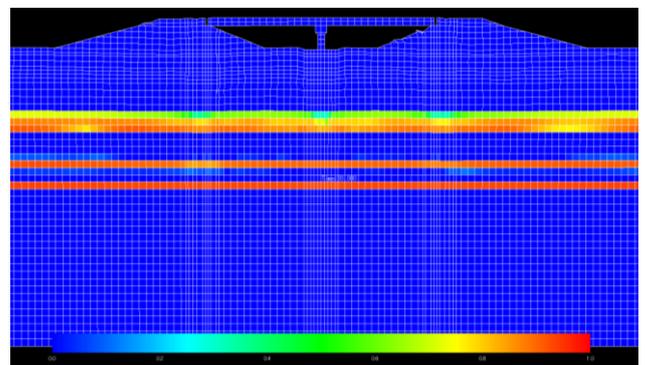


図-5 成層地盤の終局図

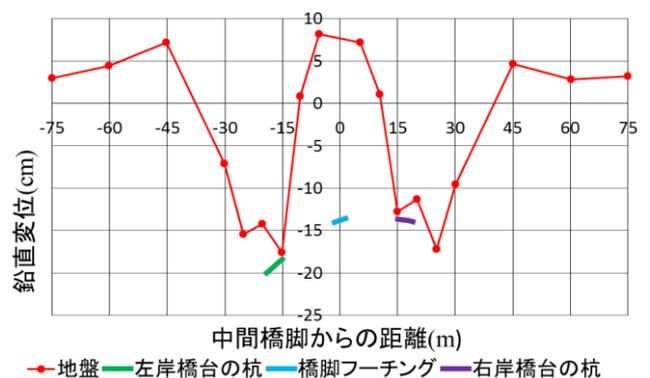


図-6 沈下量の比較(計測深度-3.2m)