

火山灰質粘性土の繰り返し軟化考慮の有無による橋梁被害状況の違いに関する一考察

九州大学大学院 学生会員 ○藏元 航平  
九州大学大学院 正会員 梶田 幸秀  
土木大学大学院 フェロー会員 松田 泰治

1. はじめに

1964年新潟地震において液状化被害が発生したことを受けて液状化に関する研究が活発に行われてきた。液状化が発生する可能性がある地盤の条件の1つとして砂質土であることとされていた。しかし、1978年伊豆大島近海地震などで粘性土の液状化被害が起きてからは、地震による水平力受けると、粘性土でも繰り返し载荷によるせん断剛性が低下することも確認されている。今回解析対象とする熊本県益城町にある惣領橋は、2016年熊本地震による被害が確認された。惣領橋の位置する地盤には、火山灰質粘性土が堆積している。惣領橋の被害状況の再現に関して著者らの研究<sup>1)</sup>では、火山灰質粘性土の繰り返し载荷による剛性低下を考慮していない解析を実施している。そこで、本研究では2次元有効応力解析ソフトFLIPを用い、益城町で採取された火山灰質粘性土の繰り返し载荷試験から得られた軟化特性を考慮した液状化パラメータを設定した地震応答解析を行い、惣領橋の被害状況を改めて考察することを目的とする。

2. 解析概要

図-1に地盤モデルを示す。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である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。表-1に今回の解析で用いた各層の地盤物性値を示す。通常、液状化解析では、地下水位面以下の砂層を液状化層として設定する。文献1)では、図-1において赤字で記した左岸橋台直下の礫混じり砂(As1)などを液状化層と設定したが、本解析では、砂層に加えて、青字で記したシルト(Ac1)、有機質シルト(Apt)などの火山灰質を主体とする粘性土層についても液状化層として液状化パラメータを設定した。この際、粘性土層については、文献2)に示された益城粘性土の繰り返し载荷実験結果をもとに液状化パラメータをフィッティングにより決定している。各層の液状化パラメータを表-2に示す。モデル最下面に入力した地震動は図-2にし

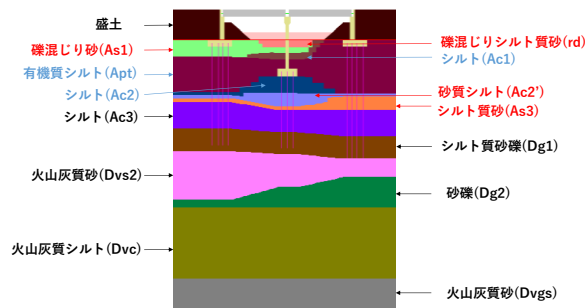


図-1 地盤モデル

表-1 各層の地盤物性値

地層	N値	有効上載応力 $\sigma'_v$ (kPa)	細粒分含有率 Fc(%)
盛土	7	17.8	70
礫混じりシルト質砂(rd)	6	12.1	7.4
礫混じり砂(As1)	6	28	19.7
シルト(Ac1)	2.2	35.6	70
有機質シルト(Apt)	0.8	43.2	70
シルト(Ac2)	1.5	54.5375	70
砂質シルト(Ac2')	1.5	66.775	40.6
シルト質砂(As3)	4.5	74.1	42.4
シルト(Ac3)	2	89.5	70
シルト質砂礫(Dg1)	32.4	132.7	11
火山灰質砂(Dvs2)	15.8	168.7	39.1
砂礫(Dg2)	30.3	200.4	15
火山灰質シルト(Dvc)	14	258.1	70
火山灰質砂(Dvgs)	44.3	324.375	5

表-2 各層の液状化パラメータ

地層	$\phi(^{\circ})$	S1	W1	P1	P2	C1
礫混じりシルト質砂(rd)	28	0.005	4.788	0.5	0.662	3.191
礫混じり砂(As1)	28	0.005	2.575	0.5	0.505	3.185
砂質シルト(Ac2')	28	0.005	7.953	0.5	0.362	2.465
シルト質砂(As3)	28	0.005	4.26	0.5	0.467	2.734
シルト(Ac1)	28	0.005	175	0.85	0.457	2.9
有機質シルト(Apt)	28	0.005	21.8	3.3	0.346	4.93
シルト(Ac2)	28	0.005	220	1.05	0.398	2.65

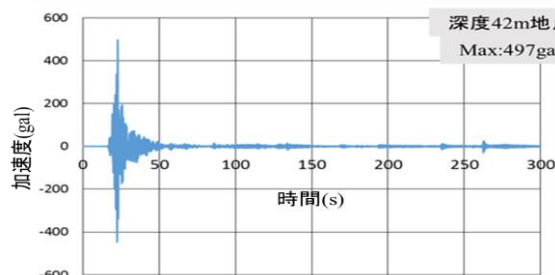


図-2 入力地震動

キーワード：火山灰質粘性土、液状化、繰り返し軟化

連絡先：〒819-0395 福岡市西区元岡 744 ウエスト 2 号館 11 階 1101 号室 TEL&FAX：092-802-3374

めすとおりであり、主要動である 16 秒から 46 秒までを入力地震動とした。

### 3. 解析結果

粘性土の繰り返し軟化特性を考慮しないモデル(以下、考慮なし)と益城粘性土の繰り返し載荷実験結果をもとにせん断剛性の低下を考慮するモデル(以下、益城粘性土考慮)の2パターンで解析を行った。図-3,4 にモデルの最終変形図と過剰間隙水圧比のコンター図を示す。粘性土層を液状化層として設定したことにより、過剰間隙水圧が上昇する範囲が増えたことがわかる。また粘性土層は、もともと液状化しにくい範囲ではあるので、過剰間隙水圧比がそれほど上昇していないこともわかる。次に、図-5 に左岸橋台を基準とした中間橋脚の鉛直変位を上向き正として示す。益城粘性土を考慮することで沈下量が増大することは確認できるが、左岸橋台から見た中間橋脚の最終沈下量は考慮なしが 41mm, 益城粘性土考慮が 83mm となり、実被害(約 300mm)との差はまだ大きいことが分かった。図-6 に示す前面地盤、背面地盤の上向きを正とした時の鉛直変位を図-7,8 に示す。2つのパターンを比較して益城粘性土を考慮すると背面地盤の沈下量、前面地盤の隆起量が大きくなっていることが分かる。このことから側方流動が活発になっていると考えられる。

### 4. 結論

通常の液状化解析では考慮しない粘性土層の繰り返し軟化特性を考慮した2次元有効応力解析を実施した。その結果、地盤沈下の程度が大きくなることは確認されたが実被害より小さい沈下量となった。また、繰り返し軟化を考慮した場合、背面地盤から前面地盤への地盤流動が大きくなった。

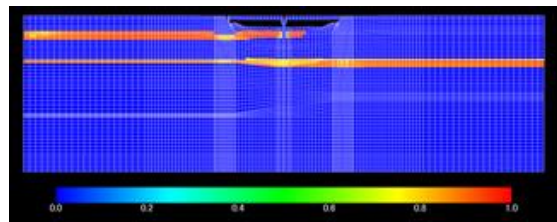


図-3 最終変形図(考慮なし)

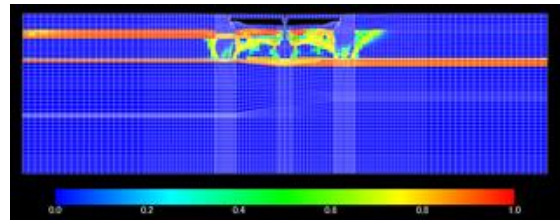


図-4 最終変形図(益城粘性土考慮)

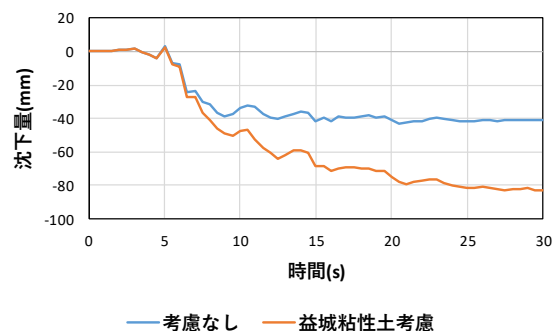


図-5 左岸橋台を基準とした中間橋脚の鉛直変位

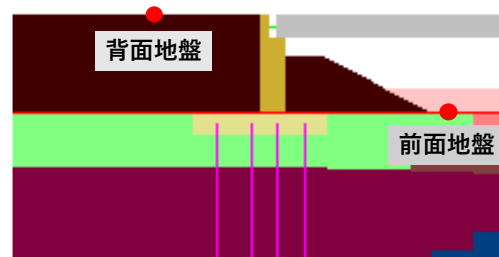


図-6 出力節点の位置

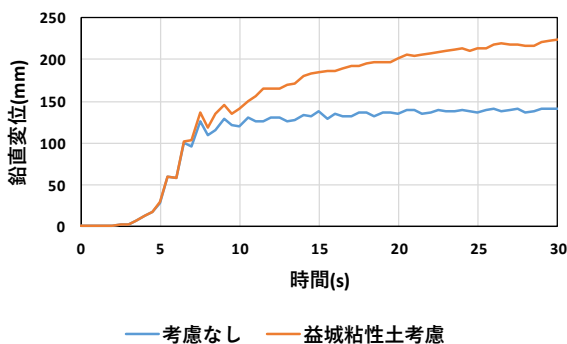


図-7 前面地盤の鉛直変位

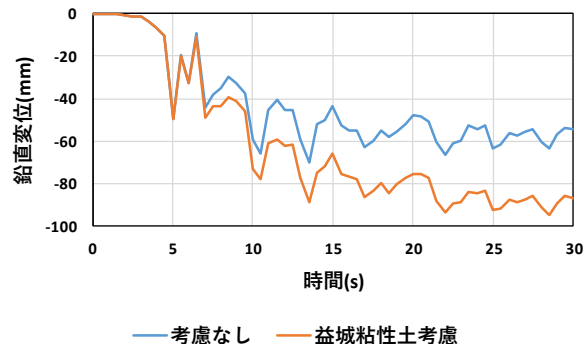


図-8 背面地盤の鉛直変位

参考文献：1) 梶田幸秀，丹藤修平，宇野州彦，松田泰治：惣領橋の中間橋脚沈下被害に対する不整形地盤を用いた検討，土木学会論文集 AI(構造・地震工学)Vol.76, No4, pp310-319, 2020, 2) 一般社団法人九州橋梁・構造工学研究会：2016年熊本地震被害調査・分析報告書，p299-327, 2019