

複数回地震動による橋台背面部の沈下に対する種々の検討

九州大学 学生会員 ○石丸輝 九州大学大学院 正会員 梶田幸秀
九州大学大学院 学生会員 福井誠司 九州大学大学院 フェロー会員 松田泰治

1. はじめに

2016 年熊本地震では、河川を跨ぐ橋梁において橋台背面アプローチ部の段差が数多く報告されており、複数回の地震動が作用したことによって橋台背面部の段差が拡大したことも確認されている(写真-1 参照)。地震直後はこの段差により、緊急車両が通行不可能になり、また、通行時の速度制限が行われた。著者らは過去に、2016 年熊本地震の前震と本震の 2 回の強震動を用いて河川を跨ぐ仮想の橋梁に入力した際の橋台背面アプローチ部の沈下現象に着目した地震応答解析を行っている¹⁾。本論文では入力地震動の発生順序及び最大加速度の大きさの差に着目した検討を行った。

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²⁾³⁾。FLIP は有効応力法に基づく地震応答解析プログラムである。本研究では、FLIP を用いて、図-1 に示す解析モデルの解析を行った。解析条件は排水条件で行い、排水時間は 2556 秒とした。排水時間の設定については、排水が 2500 秒程度で完了することを事前の解析で確認したため、時間ループ数の設定との兼ね合いで今回の排水時間とした。図-1 において、Layer6 は工学的基盤を想定している。地下水位面は Layer3 の上端と同位置に設置しており、Layer3 のみが液状化層となっている。地盤はカクテルグラスモデル要素でモデル化した。その物性値を表-1 に示す¹⁾。図-2 と図-3 は今回の解析で用いた入力地震波を表し、100 秒間入力した。図-2 は 2016 年 4 月 16 日に発生した本震において、KiK-NET 益城観測点で観測された東西方向の地表面加速度を k-shake((株)構造計画研究所 製)により工学的基盤に引き戻したものである。図-3 は 2016 年 4 月 14 日の前震での地震波について同様の処理を行ったのち、全加速度成分の値を半分にした結果である。本論文では、この地震波を半分前震と呼称する。本解析では半分前震を作用させたのち本震を作用させたものを case-1 とし、作用する順序を逆にしたものを case-2 とする。



4 月 15 日撮影(段差量約 15cm)



5 月 13 日撮影(段差量約 30cm)

写真-1 宮園橋（益城町）における段差被害程度の比較

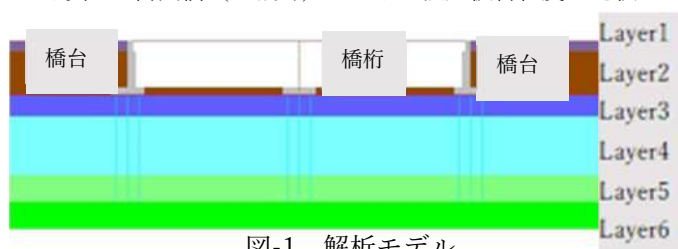


図-1 解析モデル

表-1 地盤物性値

	N値	層厚(m)
Layer1	5	2.1
Layer2	10	7.9
Layer3	2	5
Layer4	10	10
Layer5	20	5
Layer6	50	5

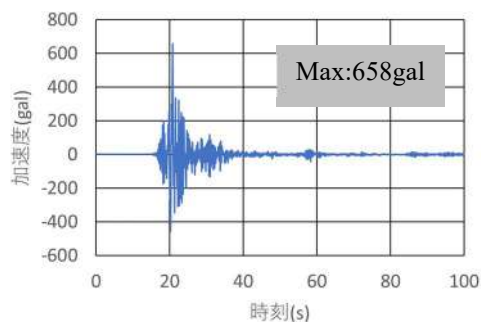


図-2 本震

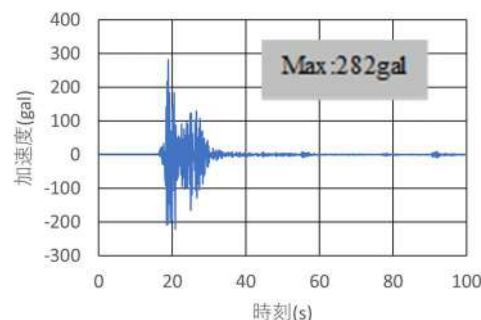


図-3 半分前震

3. 解析結果

解析の結果、段差量時刻歴を図-4、図-5 に示す。図-4 は case-1 における時刻歴、図-5 は case-2 における時刻歴を示している。今回は橋台天端部とそこから 6m 離れた背面地盤との沈下量の差を段差量と定義した。地震波単体の段差量は表-2 に、2 回の地震波における段差量を表-3 に示す。表-3 から分かるように左右平均の段差量にほとんど違いが見られないことから、加速度に差のある地震動を入れ替えたことによる段差量への影響は本解析では少ないという結果であった。また、地震動単体における段差量の和と case-1 及び case-2 の段差量を比較すると、case-1、case-2 の段差量の方が小さかった。これは、1 度目の加振により、地盤が締め固まったことが要因として考えられる。さらに、過去に行った熊本地震の前震と本震を用いた場合の解析結果⁴⁾と比較すると(表 4)、単体での段差量の和と半分前震+本震の段差量の比は約 87%、前震+本震で約 78%となり、加速度の小さい半分前震を用いた複数回地震動の段差量は、単体での段差量の単純和に近づいている。これより、それまでに経験した地震動が大きければ、地盤状態が変化し、段差量は小さくなる傾向にあると考えられる。

4. まとめ

今回の解析結果より、複数回地震動を考慮した地震応答解析において、加速度の大きく異なる地震動を作用させる順序を入れ替えても、段差量に大きな違いは確認できなかった。また、地震動単体での段差量の和に比べ、複数回地震動での段差量が小さくなった。つまり本解析では、複数回地震動における安全性を考慮する際は、地震動の順番及びその加速度の差はあまり影響しないこと、地震動単体での段差量を足し合わせる方が地震動を連続して入力したものを考慮するより安全側となることが考えられる。また、過去の研究との比較により、それまでに経験した地震動が大きければ、地盤状態がより変化し、段差量は小さくなる傾向にあると考えられる。

参考文献

- 1) 梶田幸秀, 斧田和樹, 宇野州彦, 北原武嗣, 松田泰治: 複数回地震動作用時における橋台背面アプローチ部の沈下に対する検討, 第 9 回インフラ・ライフライン減災対策シンポジウム, 2019.01.
- 2) 森田年一, 井合進, Hanlong LIU, 一井康二, 佐藤幸博: 液状化による構造物被害予測プログラム FLIP において必要な各種パラメタの簡易設定法, 港湾技研資

料, No.869, 1997.

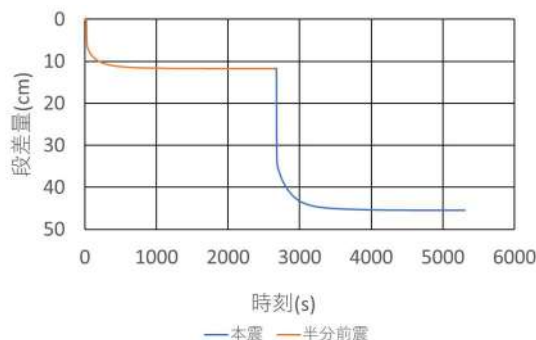


図-4 半分前震後本震(case-1)の段差量時刻歴

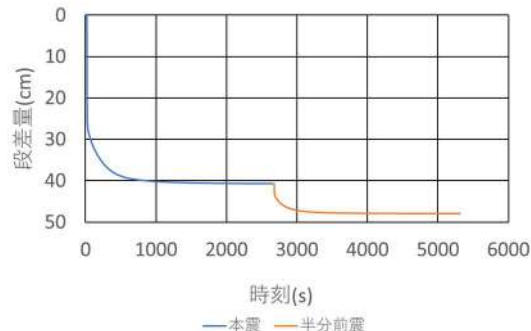


図-5 本震後半分前震(case-2)の段差量時刻歴

表-2 地震動単体における段差量

	半分前震終了時	本震終了時
左側	11.7cm	40.7cm
右側	11.8cm	40.7cm
左右平均	11.75cm	40.7cm

表-3 複数回振動における段差量

	半分前震後本震終了時	本震後半分前震終了時
左側	46.9cm	48.1cm
右側	44.0cm	47.8cm
左右平均	45.45cm	47.95cm

表-4 段差量の比較

	左右平均
本震と半分前震の和	52.4cm
半分前震後本震終了時	45.4cm
本震後半分前震終了時	47.9cm
本震と前震の和	63.0cm
前震後本震終了時	49.6cm
本震後前震終了時	50.1cm

- 3) Susumu IAI, Yasuo MATSUNAGA and Tomohiro KAMEOKA: ANALYSIS OF UNDRAINED CYCLIC BEHAVIOR OF SAND UNDER ANISOTROPIC CONSOLIDATION, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.32, No.2, pp.16-20, 1992.
- 4) 福井誠司: 複数回地震動の発生順序を考慮した橋台背面アプローチ部の沈下に対する検討, 2020