

2016年熊本地震における阿蘇大橋の破壊メカニズムの推定

東北大学 学生会員 ○細川 聡一郎
東北大学 正会員 運上 茂樹

1. 目的

2016年の熊本地震において、3径間連続桁、トラス逆ランガー部、単純桁から構成される橋長206mの阿蘇大橋が落橋した。本橋の崩落要因として、地震動、斜面からの崩壊土砂、基礎の崩壊、地盤変位（断層変位を含む）あるいは、これらの複合的な作用が指摘されている^{1),2)}。これらの要因のうち、崩壊土砂が路面上に堆積する影響については既存の研究によってその影響が大きくないことが明らかにされている。このため、本論では地震動と崩壊斜面側の地盤が対岸側に向かって変位した場合を対象に、本橋の変形特性や破壊の起点となる可能性ある部材について検討することを目的とした。3つの構造から構成される本橋全体のモデル化を行い、地震動を与えた時刻歴応答解析と、斜面側の3径間連続桁の橋台、橋脚あるいはアーチアバットの位置に強制変位を漸増させる解析を行った。現地での調査も並行して行い、これらの結果から主にトラス逆ランガー部に注目し、部材損傷の進展、そして破壊に至ったプロセスに関する考察を行った。

2. 解析モデル

本論では、図-1に示すように梁要素・トラス要素・ばね要素を用いて橋梁全体のモデル化を行った。トラス逆ランガー部、桁部の主桁、横桁、端柱、斜材、アーチ下弦材は非線形の梁要素とし、それ以外の部材はトラス要素を用いて解析を行った。斜面側の基礎は橋軸方向を除いて変位を拘束した。本橋のアーチ下弦材及び端柱は、コンクリート巻立てによってアーチアバットに固定化されている。また、ランガー部の桁と連続桁および単純桁の間には、それぞれ遊間0.15mが設けられており、桁どうしの接触を再現するため、遊間が減少する側に変形する接触ばね要素としてモデル化を行った。

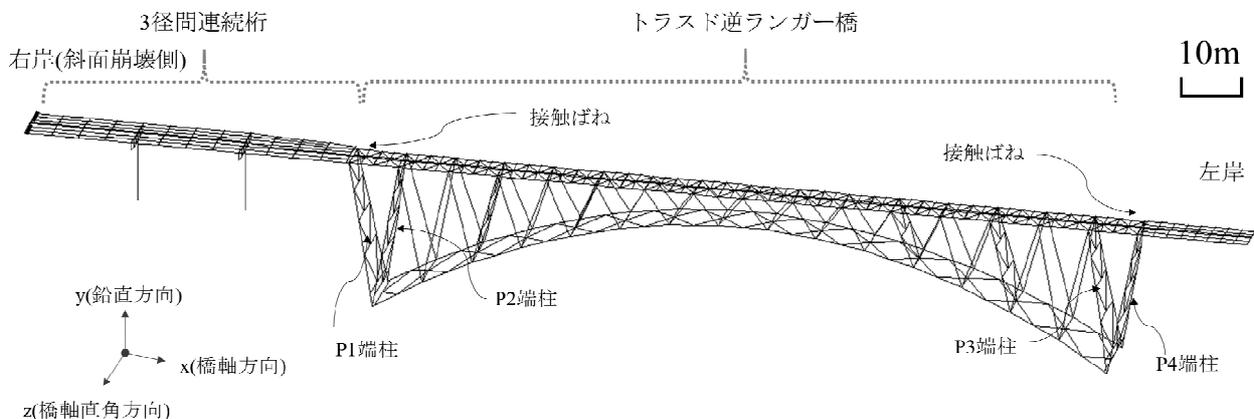


図-1 解析モデルと地盤変位を与えた位置

3. 現地での調査

阿蘇大橋の崩落現場における調査により、斜面側のアーチアバットが残存していることを確認し、レーザ距離計を用いて、左岸側橋台から右岸側橋台までの距離と、左岸側橋台から右岸側アーチアバットまでの距離の測定を行った。この結果と設計図面上の寸法とを比較したところ、兩岸の距離は設計図面上の寸法に比べ1.2mほど短くなっているのに対し、左岸と対岸のアーチアバットとの距離はほとんど変化していないという結果が得られた。

4. 解析概要

汎用構造解析プログラム TDAPIII を用いて以下の解析を行った。

キーワード：熊本地震 阿蘇大橋 被害分析

連絡先：〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06 東北大学工学部建築・社会環境工学科

構造設計学研究室 022-795-7453

(1) 地震動を与えた時刻歴応答解析

自重が作用した状態を初期状態とし、阿蘇大橋に最も近い K-NET 大津で記録した地震動を入力し、時刻歴応答解析を行った。その際に部材が降伏するかを確認した。

(2) 斜面側の基礎全てに強制変位を与え漸増させる解析

自重が作用した状態を初期状態とし、**図-2**に示すように、右岸（崩壊斜面側）の橋台基礎、橋脚基礎、アーチアバット位置に等しい橋軸方向の強制変位 x_g を与えた。強制変位量 x_g は文献1)に基づき、最大で2.000mまで0.001mごとのステップに分けて漸増解析を行い、各変位ステップにおいて降伏箇所と変形の様子を確認した。

(3) アーチアバットを固定とし強制変位を与え漸増させる解析

図-3に示すよう、右岸（崩壊斜面側）の橋台の基礎、橋脚基礎に強制変位 x_g を与え、アーチアバットは各方向の変位を拘束する条件のもとで、解析(2)と同様な漸増解析を行った。

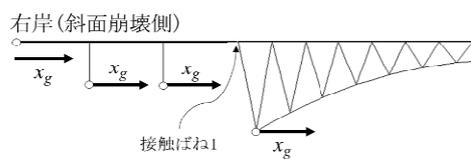


図-2 解析(2)の条件

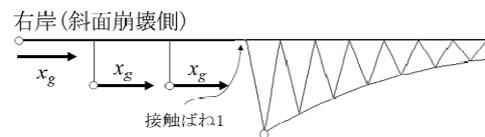


図-3 解析(3)の条件

5. 解析結果

解析(1)において地震動を与えた際には弾性挙動の範囲で部材の降伏は確認されなかった。降伏点に対する応答値の割合が最も高かったのはアーチ下弦材のスプリング部の39%であった。解析(2)において、強制変位 x_g が1.000m 付近における変形状況は、**図-4**のように橋全体が鉛直上向きに折れ曲がるような変形モードとなった。一方、解析(3)において、強制変位 x_g が1.280m 付近における変形状況は、**図-5**のように橋全体がS字状となる変形モードとなった。いずれの漸増解析においても右岸側のアーチ下弦材スプリング部が最初に降伏し、この付近の端柱から降伏部材が拡大していった。

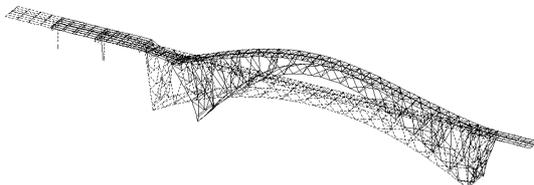


図-4 解析(2) : $x_g=1.000\text{m}$ 付近の変形の状況

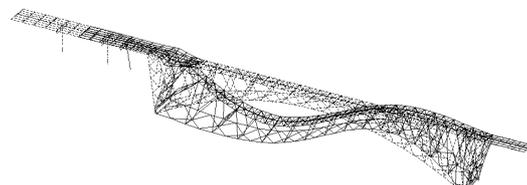


図-5 解析(3) : $x_g=1.280\text{m}$ 付近の変形の状況

6. まとめ

本研究の結果をまとめると以下の通りとなる

- (1) 阿蘇大橋は地震動によって主要部材が損傷した可能性は低いと推定された。
- (2) 地盤変位が右岸側に与えられた場合には、ランガー部の右岸側のスプリング部において最初に降伏が起き、この部分を起点に破壊が進展して崩壊に至った可能性が考えられた。
- (3) 現地での調査結果から斜面側のアーチアバットが変位しなかったという仮定においては橋全体がS字状に変形する破壊モードとなった可能性が推定され、支承条件によって大きく変形モードが変化する可能性があることが示された。

7. 参考文献

- 1) 千田 知弘, 崔 準ホ, 平川 康之, 川崎 巧, 渡辺 浩 : 航空レーザ測量に基づく地盤変動と斜面崩壊による崩土を考慮した阿蘇大橋崩落の可能性に関する検討, 土木学会論文集, A1, Vol74, I_381-I_394, No.4, 2017.
- 2) 原 倅平, 浅井 光輝, 磯部 大吾郎, 田中 聖三 : ASI-Gauss 法による阿蘇大橋崩落のプロセスの検証, 計算工学講演会論文 Vol.23B-09-05, 2018.

謝辞 K-NET を運用する防災科研の皆様には、貴重な地震波のデータの提供していただき御礼申し上げます。