

熊本地震における阿蘇大橋の破壊メカニズムに対する一考察

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、トラス逆ランガー橋、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⁾。本論は、これらの要因のうち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ている。3つの構造から構成される本橋全体のモデル化を行い、斜面側の3径間連続桁の橋台、橋脚の位置および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い、主に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において主桁は梁要素とした。アーチ下弦材及び端柱は断面寸法が大きく、基部がコンクリート巻立てによってアーチアバットに結合されているため同様に梁要素とし、これ以外のランガー部の部材はトラス要素とした。それぞれの部材については、断面と材料条件から降伏状態を考慮した非線形部材とした。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した。

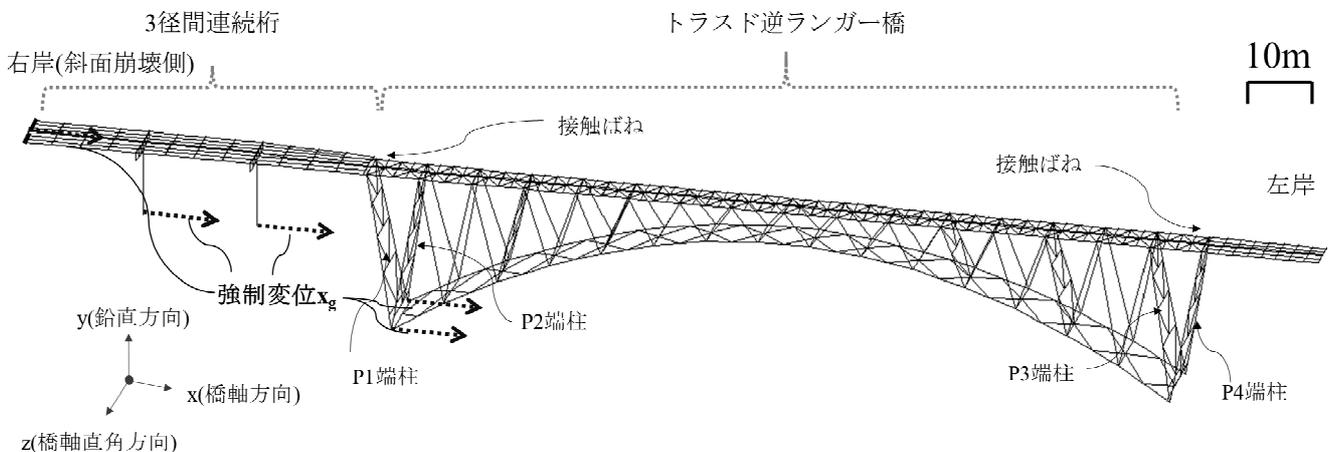


図-1 解析モデルと地盤変位を与えた位置

3. 解析方法

解析には汎用構造解析プログラム TDAPIII を用いた。自重が作用した状態を初期状態とし、図-1に示したように、右岸（崩壊斜面側）の橋台、橋脚、アーチアバット位置に同様な橋軸方向の強制変位 x_g を与えた。強制変位量は文献1)に基づき、最大で2.0mまで0.01m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した部材と変形の様子を確認した。

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

4. 結果と考察

各変位ステップにおける強制変位量 x_g (m)と部材の降伏位置との関係を表-1に示す。図-2(1)に示すように、 $x_g=0.200$ m 前後で両岸のアーチ下弦材のスプリング部が最初に降伏した。続いて図-2(2)のとおり、 $x_g=0.370$ m を上回ると右岸（斜面崩壊）側の端柱、続いて左岸側の端柱において降伏が発生した。アーチ下弦材および端柱は、コンクリート巻立てによってアバットに剛結されているため、変位に対し曲げモーメントが増加しやすい条件になっていたことが考えられる。いずれの接触ばねも $x_g=0.300$ m の付近で固定状態に至ったことを確認しており、連続桁がアーチ部および単純桁を橋軸方向に圧縮する状態になったことで、 $x_g=0.357$ m にてアーチ部側の連続桁が降伏した。 $x_g=1.000$ m 付近ではアーチ下弦材クラウン部でも降伏が発生した。図-3は、図-2に示した変位における橋全体系の変形状況を示したものである。右岸側の変位によって橋全体として圧縮され、上側に折れ曲がる様子が確認された。

表-1 各ステップ数と降伏箇所

x_g (m)	部材降伏位置
0.155	右岸側アーチリブのスプリング部
0.204	左岸側アーチリブのスプリング部
0.357	アーチ部側の連続桁
0.370	P1 端柱下部
0.391	
0.395	P2 端柱下部
0.397	
0.446	P4 端柱下部
0.449	
0.470	P3 端柱下部
0.731	P1, P2 端柱上部
0.954	スパン中央付近下横構
1.048	スパン中央, 1/4 付近のアーチリブ
1.169	
1.857	スパン中央部主桁
1.888	

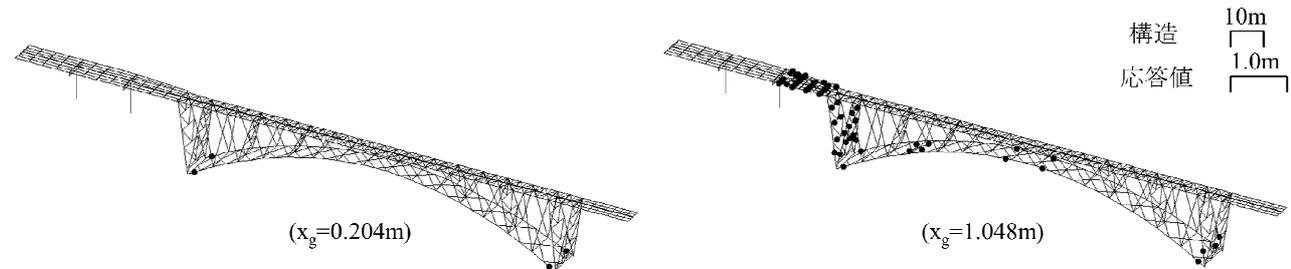


図-2 x_g の値と降伏した部材位置

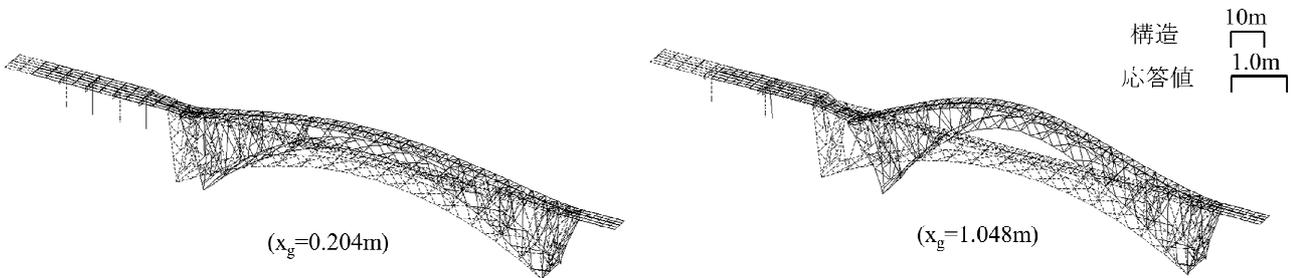


図-3 x_g の値と変形状況

5. まとめ

阿蘇大橋が地盤変位によって橋軸方向に圧縮された状態を仮定した場合に、アーチ下弦材のスプリング部で降伏し始め、端柱、そしてアーチ下弦材クラウン部でも降伏し、破壊していく破壊モードとなった。

6. 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.