

3次元FEM解析によるローラー支承部の地震被害発生メカニズムに関する研究

九州大学大学院 正会員 崔 準祐 九州大学大学院 学生員 下野 将樹
九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲 オイルス工業株式会社 正会員 長田 修一

1. はじめに

2005年3月に発生した福岡県西方沖地震により、既設曲線橋のローラー支承が破損し、破断したローラーの一部が隣接橋梁に飛び出すという被害が生じた。これを受け、著者らはこの地震被害発生メカニズムを解明することを目的とし、鉛直力をパラメータとしたローラー部の水平加力実験を実施した¹⁾。その結果、被害支承部は鉛直方向への偏心荷重が作用している状態で破損した可能性が高いと推測された。本文では、実験結果および被害原因の推測に基づき、3次元FEM解析により、ローラー支承部の地震被害発生メカニズムに関する検討を行った。

2. 地震被害の概要

福岡県西方沖地震の調査報告書²⁾では、被害橋梁の周辺において、被害ローラー支承の可動方向と直角な方向への強い地震動が観測されたこと、また破断したローラーの一部が隣接する橋梁に飛び出したことが報告されている。写真-1に破断したローラーの様子を示す。ローラーは細径部の端部で破断しており、その断面形状は上下方向へせん断されたような形状となっていることが分かる。



写真-1 破断したローラー

3. 解析概要

本研究では、どのような鉛直力が作用している状態でローラーが破損したかを確認するために、ローラー部の有限要素解析モデルを作成し、鉛直力の作用状態がローラーの破壊メカニズムに与える影響を検討した。

3.1. 解析モデル

図-1に解析モデルのモデル図を示す。解析モデルはローラー(弾塑性体)、上支承板(剛体)、下支承板(剛体)により構成されており、全て6面体ソリッド要素によりモデル化した。拘束条件については、ローラー部は全方向自由、上支承板は鉛直方向のみ自由、下支承板はX軸方向のみ自由、他は固定とした。また、ローラーと支承板の接触摩擦係数 μ は0.15とした。材料諸元は表-1に示すとおりである。

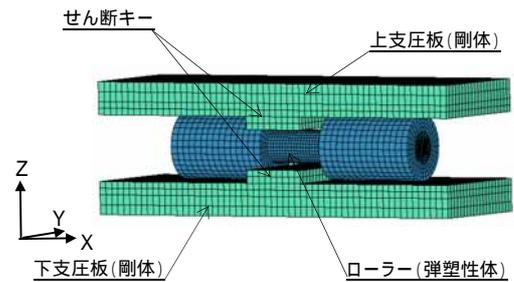


図-1 解析モデル図

表-2 検討ケース

	CASE1	CASE2	CASE3
P(kN)	30	80	800
	CASE4	CASE5	CASE6
P ₁ (kN)	380	360	340
P ₂ (kN)	20	40	60
	CASE7	CASE8	CASE9
P ₁ (kN)	320	300	280
P ₂ (kN)	80	100	120
	CASE10	CASE11	CASE12
P ₁ (kN)	260	240	220
P ₂ (kN)	140	160	180

表-1 材料諸元

ローラー	
ヤング率(N/mm ²)	2.058E+05
ポアソン比	0.3
ν (N/mm ²)	600
降伏条件	Von Mises
ひずみ硬化	等方硬化則
支承板	
ヤング率(N/mm ²)	2.058E+05
ポアソン比	0.3

3.2. 荷重方法及び検討ケース

荷重方法は上支承板に鉛直力を与えた状態で下支承板に水平方向変位を与え、せん断キーとローラー部を接触させることによりローラー細径部が引張荷重を受ける方法とした。検討ケースを表-2に示す。CASE1~3は、既往の実験結果を再現するためのもので、CASE4~12は上支承板に対して鉛直方向への偏心荷重を作用させたものである。これらの荷重方法の概念図を図-2に示す。

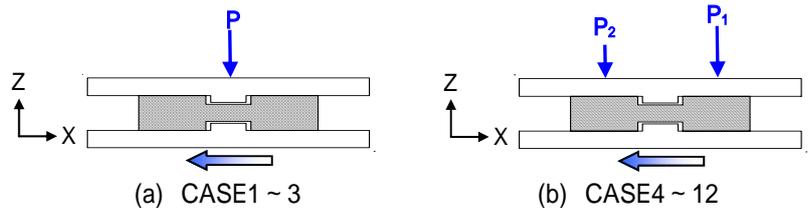


図-2 荷重方法の概念図

キーワード ローラー支承部, 水平加力実験, FEM解析, 鉛直力
連絡先 〒819-0395 福岡市西区元岡744ウエスト2号館1101 TEL 092-802-3374

3.3. 解析条件

解析は準静的(動的陽解法)で実施し,有限要素解析ソフトLS-DYNA(ver.9.71)を用いた.

4. 解析結果

4.1. 損傷箇所に関する検討

図-3に終局時における相当塑性ひずみのコンター図を示しており,まず各検討ケースにおける損傷箇所について比較を行った. CASE1~3における終局時の損傷箇所を比較すると, CASE1はローラー細径部の端部付近(図-3(a)), CASE2はローラーの中央部(図-3(b)), CASE3はローラー細径部の端部(図-3(c))に損傷が生じることが分かる.

次に,鉛直方向への偏心荷重を作用させた CASE4~12における損傷箇所を比較した. CASE4~CASE11においては,せん断キーとローラー細径部が接触し,ローラー細径部の端部に損傷が生じた(図-3(d); CASE6). これらの損傷は, CASE3と類似している. 一方, CASE12においては,偏載の割合が小さいため,ローラー細径部の中央に損傷が生じ, CASE2と同様な損傷箇所となった(図-3(e)).

4.2. 破断後の飛出し現象に関する検討

図-4にCASE1とCASE6において,終局時にローラーが支圧板から受ける鉛直方向への接触力の分布を示す. これより, CASE6において破損したローラーの一部が上下の支圧板により押さえつけられている力は, CASE1と同程度であることが分かる. 既往の実験¹⁾より, CASE1のように,ローラーが上下の支圧板により押さえつけられている力が弱いと,ローラーが破断した後に破断したローラーの一部が飛出す可能性が高く, CASE3のように鉛直力が大きいと飛出す可能性は低いことが分かっている. したがって, 図-4より, CASE6のような偏心荷重を受ける状況でローラーが破損した場合,破断したローラーの一部が飛出す可能性は高いことが分かる.

5. 結論

ローラー部に鉛直方向への偏心荷重が作用した場合,ローラーの損傷がローラー細径部の端部に生じ,さらに破断後に破損したローラーの一部が飛出す可能性が高いことが分かった. このローラー部の終局挙動は,実機の地震被害の様子と一致しており,被害を受けた既設曲線橋のローラー支承部は,鉛直方向への偏心荷重が作用した状況で破損したと考えられる.

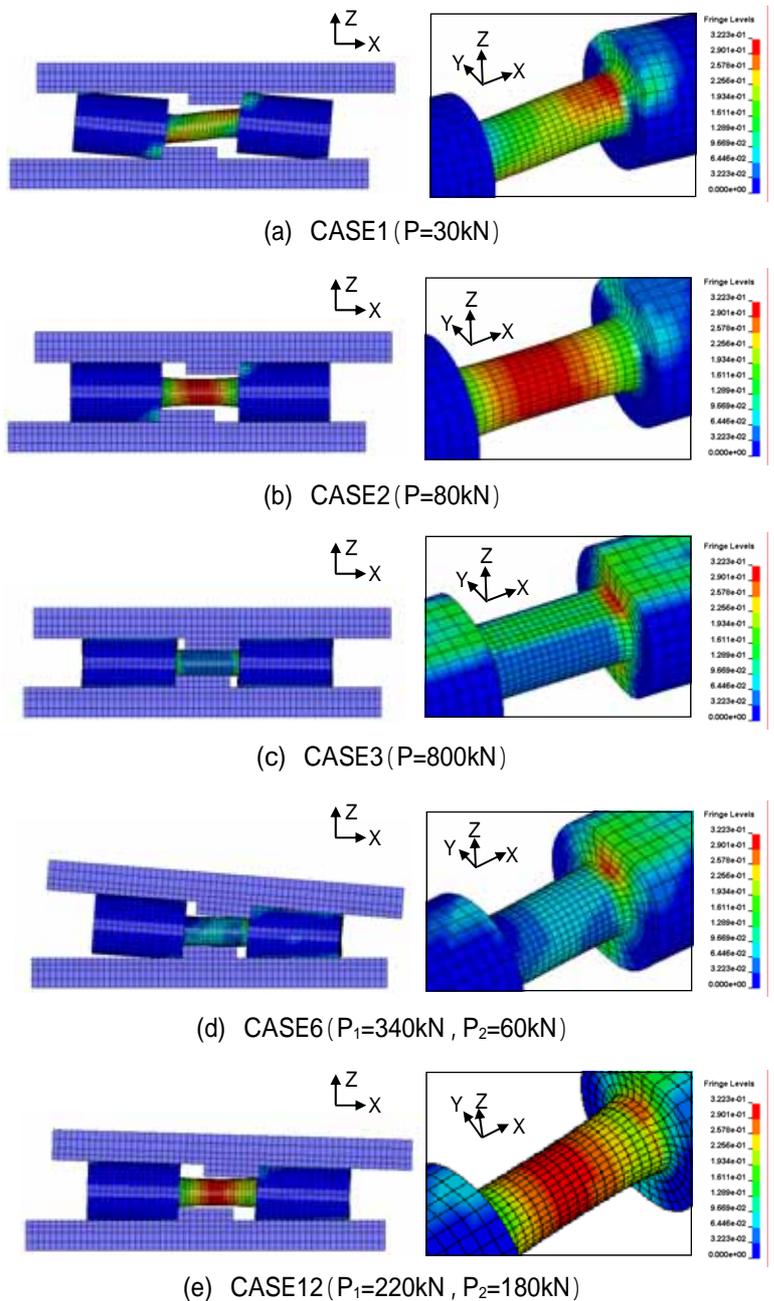


図-3 終局時の相当塑性ひずみのコンター図

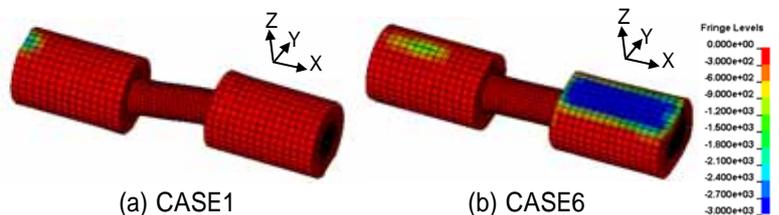


図-4 上下支圧板から受ける鉛直方向接触力の分布

参考文献

- 1) 崔準祐, 大塚久哲, 長田修一, 小南雄一郎: 鉛直力の増減によるローラー支承の破壊形状に関する実験的考察, 第64回年次学術講演会概要集, 2009
- 2) 土木学会西部支部: 2005年福岡県西方沖地震被害調査報告書, 2005