

3次元 FEM 解析による模型ローラー支承の水平斜め方向载荷実験の再現性

九州大学大学院 学生会員 ○徳永 裕二
 九州大学大学院 正会員 崔 準祐
 九州大学大学院 フェロー 大塚 久哲
 オイレス工業株式会社 非会員 小南 雄一郎

1. はじめに

曲線橋の可動支承が水平斜め方向の地震力を受けたときの該当支承の挙動を明らかにするため、筆者らは過去に水平载荷方向をパラメータとした模型ローラー支承の破壊実験を実施し(写真-1)、その結果に基づいてローラー支承の解析モデルを提案している¹⁾。ここでは、図-1に示すように、ローラーの軸と水平力のなす角度を 0° 、 30° 、 60° として载荷実験を行い、各実験結果から初期剛性の変化率を求めてローラー支承の解析モデルを提案しているが、曲線橋の支承部にはあらゆる方向から地震力が作用することが想定されるため、任意方向からの地震力に対する検討が必要である。そこで、本研究では、任意方向の水平力を受けるローラー支承の挙動を3次元 FEM 解析により解明し、曲線橋の可動支承に対しあらゆる方向からの地震力に対して対応可能な解析モデルを構築することを目的としている。本稿では、その第一ステップとして、既往の実験に対して3次元 FEM 解析を行い、その結果の再現性について述べる。



写真-1 実験の様子

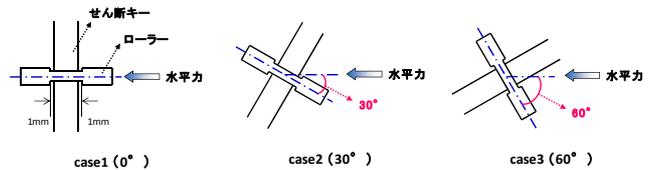


図-1 実験ケース

2. 模型ローラー支承の FEM 解析

(1) 解析モデル

解析モデルおよび試験体に用いた材料の諸元をそれぞれ図-2、表-1に示す。解析モデルは、上支圧板(剛体)、ローラー(弾塑性体)、下支圧板(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を行った。ヤング率については、実験結果から推測した値を用いず、ここでは炭素鋼の規格値を用いた。ローラーと支圧板の接触摩擦係数 μ は、実験結果を参考にして0.15とした。拘束条件については、表-2に示すようにローラー部は全方向自由、上支圧板は鉛直方向のみ自由、下支圧板はX軸方向のみ自由とした。

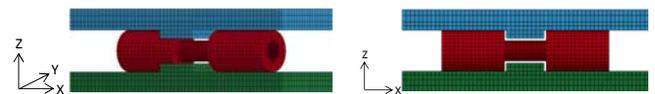


図-2 解析モデル

(2) 载荷方法および解析条件

本解析における载荷方法は、上支圧板に対し、鉛直力を与えた状態で下支圧板に強制変位を与え、上下支圧板のせん断キーとローラーが接触して細径部が引張荷重を受ける方法である。解析は、準静的(動的陽解法)で実施し、汎用有限要素解析ソフト LS-DYNA を用いた。

表-1 材料の諸元

	ローラー	支圧板
材料モデル	弾塑性体	剛体
質量密度 (g/cm ³)	7.83	456
ヤング率 (N/mm ²)	2.058×10^5	2.058×10^5
ポアソン比	0.3	0.3
降伏応力	600	
降伏条件	VonMises	
ひずみ硬化	等方硬化則	

表-2 解析モデルの拘束条件

	X	Y	Z	RX	RY	RZ
上支圧板	fix	fix	free	fix	fix	fix
ローラー	free	free	free	free	free	free
下支圧板	free	fix	fix	fix	fix	fix

キーワード ローラー支承, 载荷実験, 水平斜め方向, FEM 解析

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学大学院 TEL 092-802-3374

(3) 解析結果

a) 水平力と水平方向変位関係の比較

実験と解析により得られた下支圧板に生じる水平力と水平方向変位の関係を図-3(a), (b), (c)に示す。摩擦力が生じ、ローラーが抵抗し始めるまでの水平方向変位については、0° の場合、実験結果と解析結果の差は 0.7mm 程度であり、実験をおおむね再現できたと考えられるが、30° と 60° の場合、実験結果と解析結果の差はそれぞれ 1.9mm, 1.7mm となっており、実験の再現精度が低い。これは、解析では上支圧板を水平方向に対して完全固定としているが、実験では上支圧板が完全に固定されておらず、上支圧板が水平移動していたことが考えられる。

b) 初期剛性の変化率の比較

各載荷ケースにおいて、初期剛性および 0° に対する 30° , 60° の初期剛性の変化率を実験と解析で比較したものを図-4 に示す。初期剛性は、図-3 の実験結果と解析結果において、せん断キーとローラーが接触し始める点とローラーの降伏点(各グラフにマーカーで示す)をそれぞれ読み取り、両点を結び、算出している。初期剛性の値については実験と解析で差が生じているが、初期剛性の変化率については比較的近い値を得ることができた。したがって、水平力の載荷方向の変化に伴う初期剛性の変化については、本解析により実験結果をおおむね再現できたと考えられる。

c) ローラーの変形形状の比較

図-5 は、ローラーの変形形状について実験結果と解析結果を比較したものである。解析結果におけるローラーの変形形状をみると、角度が大きくなるにつれて、ローラーが斜め方向に引っ張られていることがわかる。このことから、本解析より、実験におけるローラーの変形形状をおおむね再現できたと考えられる。

3. まとめ

FEM 解析による模型ローラー支承の水平斜め方向載荷実験の再現性を確認した。FEM 解析により得られたローラーの初期剛性については、全ケースにおいて実験結果との差異がみられたが、載荷方向の変化による初期剛性の変化率については実験結果に比較的近似しており、おおむね再現できたといえる。今後、試験体のヤング率をみなおして、ローラーの初期剛性の再現精度をより高めていく予定である。

参考文献

1) 崔準祐, 徳永裕二, 大塚久哲, 小南雄一郎: 模型ローラー支承の破壊実験とローラー支承のモデル化が曲線橋の地震時応答に及ぼす影響, 第 32 回土木学会地震工学論文集, 2012 年 9 月

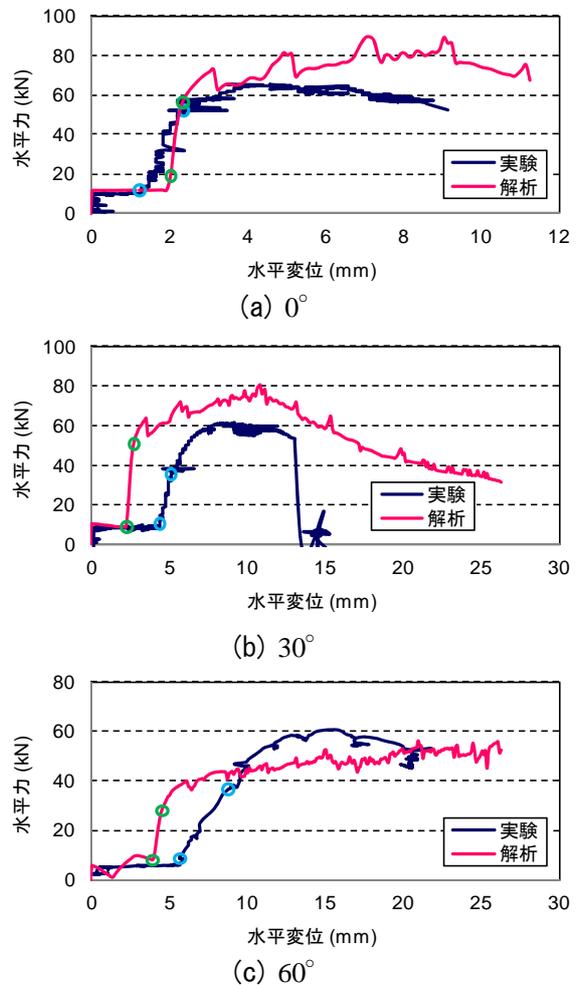


図-3 水平力-水平変位の関係の比較

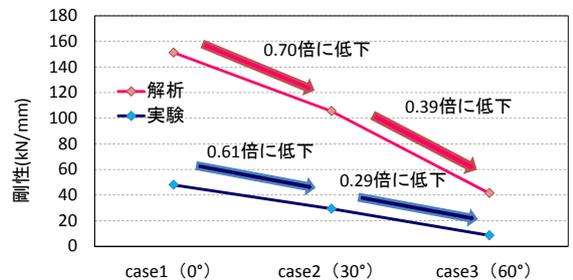


図-4 初期剛性の変化率の比較



図-5 ローラーの変形形状の比較