

# 複合荷重下の鋼製支承の破壊過程及び終局状態に関する基礎的研究

九州大学 学生会員 ○野田 航平 九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹  
九州大学大学院 フェロー会員 園田 佳巨 九州大学大学院 学生会員 GIBE HAGERE

## 1. 目的

平成 28 年 (2016 年) 熊本地震では、橋梁や関連部材に多数の被害が生じた。鋼製支承においても、多くの損傷や破壊が生じ、それに伴い、橋梁全体系の機能に影響を及ぼす事例もあった。兵庫県南部地震以降、地震時の鋼製支承の終局状態に関する研究<sup>(例えば, 1)</sup>はいくつか行われているが、地震時に想定される様々な荷重が作用した際の鋼製支承の破壊過程や終局状態を詳細に分析した検討は少ない。そこで、本研究では、有限要素法により詳細なモデル化を実施した解析を実施することで、地震時に想定される複合荷重下のピン支承及びピンローラー支承の破壊過程及び終局状態の解明を試みた。

## 2. 解析手法

### 2.1. 解析対象

本研究では、図-1, 2 に示すピン支承とピンローラー支承を解析対象とした。これらは、日本道路協会標準設計における設計反力が約 1500kN のものである。

### 2.2. 解析条件

非線形有限要素解析汎用ソフトウェアである MSC.MARC を用いて、各パーツを詳細に離散化し、各パーツ間に接触条件を仮定することで実際の支承の状態をモデル化した。また、全てのパーツは鋼製であることから、降伏条件には von Mises、硬化則にはバイリニア型の等方硬化則を採用し、アップデート・ラグランジュ法を用いた大変形解析を実施した。

### 2.3. 解析ケース

地震時に想定される荷重状態として、鉛直・水平方向の荷重の組み合わせにより下記ケースを設定した。

- ケース 1: 死荷重一定、橋軸方向に強制変位
- ケース 2: 死荷重一定、橋軸直角方向に強制変位
- ケース 3: 死荷重一定、45° 方向に強制変位
- ケース 4: 上揚力一定、橋軸方向に強制変位
- ケース 5: 上揚力一定、橋軸直角方向に強制変位
- ケース 6: 鉛直上向きに強制変位

全 6 ケースで、ケース 1~3 は水平載荷方向の影響、

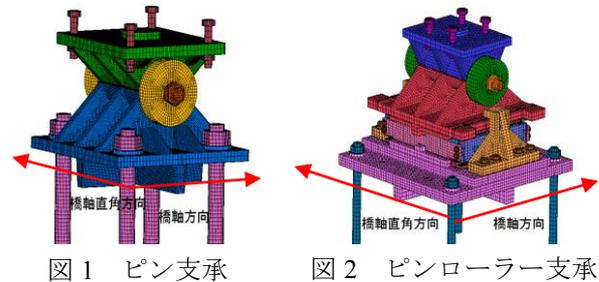


図 1 ピン支承

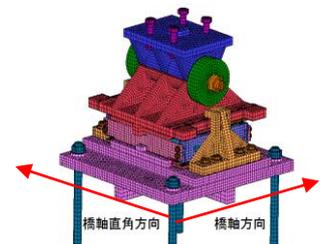


図 2 ピンローラー支承

ケース 1, 2, 4, 5 は上揚力の影響を把握するために設定した。なお、ケース 1~5 における死荷重はピン、ピンローラー共に 1200kN とし、上揚力はピンを 243kN、ピンローラーを 143kN とした。

## 3. 解析結果

### 3.1. ピン支承

図 3 にケース 1~3 の荷重-変位関係を示す。どのケースにおいても、設計荷重を上回る十分な耐荷力を有していたが、設計荷重に満たない荷重状態で一部の接触面において塑性化が生じた。また、ケース 1 では、ピンが回転を伴い円柱面に乗り上げることが確認され、ピンの脱落に至ることが推察される (図 4 参照)。一方、ケース 2 では、ピンくびれ部が上下沓の凸部と接触したことから、最終的にはくびれ部が引張破断することが推察される (図 5 参照)。45° 方向に変位を与えたケース 3 では、ケース 1 と 2 の両方の特徴が見られたが、荷重-変位関係はケース 1 と近似していた。

図 6 にケース 1,2,4,5 の荷重-変位関係を示す。死荷重を与えたケースに比べ、上揚力を与えたケースの方が耐荷力が低いことがわかった。これは、キャップと上下沓が接触したことによるピンの浮き上がりが確認されたことに拠るものと推察される。最終的にはキャップの破壊と共にピンの脱落が起こることが予想される。また、鉛直荷重が異なる場合でも、水平載荷方向が同じであれば同様の降伏が生じたが、死荷重の場合よりも上揚力を与えた場合の方が小さい荷重で降伏が生じた。

### 3.2. ピンローラー支承

図 7 にケース 1~3 の荷重-変位関係を示す。ピン支承

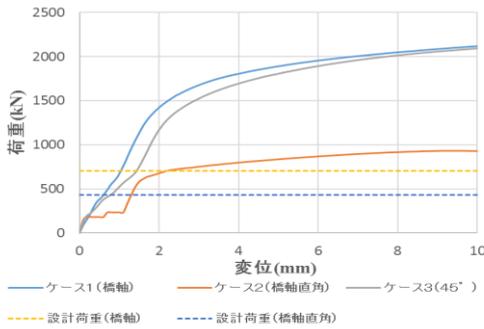


図3 荷重-変位関係 (ピン支承ケース 1,2,3)

と同様に、設計荷重に満たない荷重状態でも接触面で塑性化が生じていた。ケース1では、サイドブロックと下沓が接触し、接触部に応力の集中が見られた(図8参照)。最終的にはサイドブロックが破壊され、ローラーの脱落が起こると推察される。一方、ケース2では、ローラーのくびれ部と底板及び下沓が接触し、くびれ部が降伏した(図9参照)。最終的には、くびれ部が引張破断すると推察される。45°方向に変位を与えたケース3では、ケース1とケース2の両方の特徴が見られたが、荷重-変位関係はケース2と近似していた。

図10にケース1,2,4,5の荷重-変位関係を示す。ピン支承と同様に、上揚力を与えたケースの方が耐荷力が低いことが確認できた。また、上揚力を与えたことにより、サイドブロックと下沓の上面との接触が確認された。最終的には、サイドブロックが破壊してピン構造が完全に浮き上がり、ローラーの脱落につながることを推察される。

4. 結論

本研究で得られた成果を以下に記す。

- 1) ピン支承, ピンローラー支承ともに設計荷重を上回る耐荷力を有しているものの, 設計荷重以下でも一部の接触部で塑性化が生じることが確認できた。
- 2) 水平荷重方向の影響として, 45°方向に変位を与えた場合, ピン支承は橋軸方向に変位を与えた場合と, ピンローラー支承は橋軸直角方向に変位を与えた場合と近似した耐荷性能を有することが確認できた。
- 3) 上揚力の影響として, 上揚力作用時に水平変位を受ける場合はピンやローラーの脱落が生じやすくなることが確認できた。

今後は、動的プッシュオーバー解析を行い、破壊過

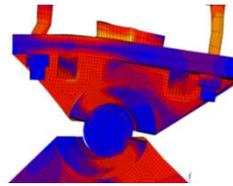


図4 ピンの回転

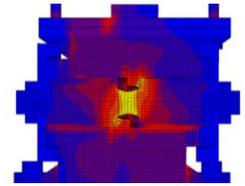


図5 ピンくびれ部の変形

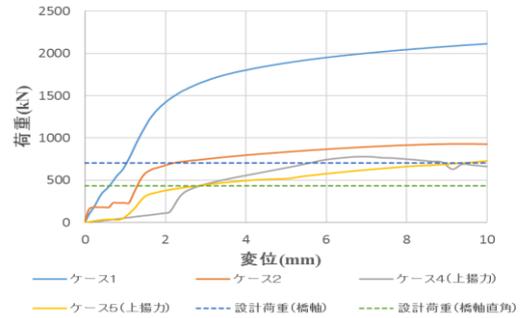


図6 荷重-変位関係 (ピン支承ケース 1,2,4,5)

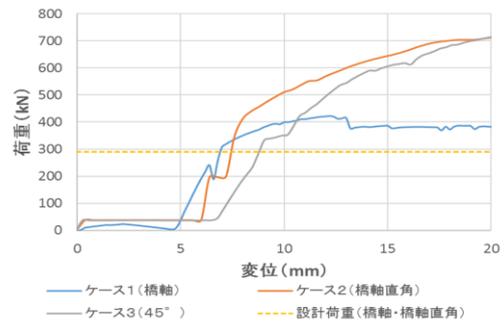


図7 荷重-変位関係 (ピンローラー支承ケース 1,2,3)

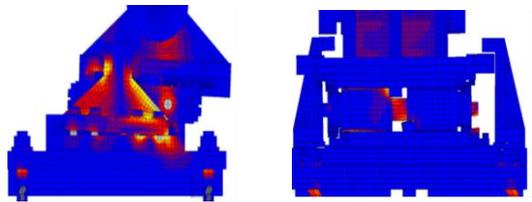


図8 サイドブロック接触

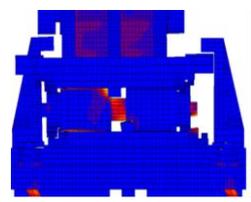


図9 ローラーの降伏

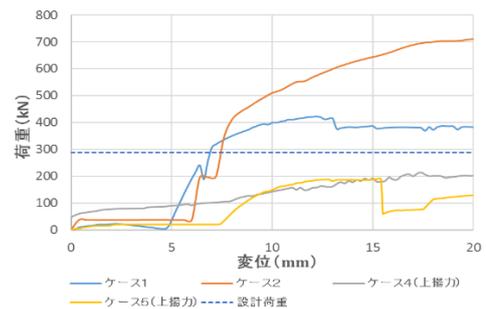


図10 荷重-変位関係 (ピンローラー支承ケース 1,2,4,5)

程と終局状態への影響を明らかにしていく予定である。

参考文献

(1) 阿部雅人、吉田純司、藤野陽三、森重行雄、鶴野禎史、宇佐美哲：金属支承の水平終局挙動、土木学会論文集 No.773/I-69, 63-78, 2004.10