

縦補剛せん断パネルを有する鋼管集成橋脚の耐震性能に関する解析的研究

神戸大学大学院工学研究科 学生員 ○榊野航平 神戸大学大学院工学研究科 正会員 橋本国太郎
 阪神高速道路株式会社 正会員 杉山裕樹 阪神高速道路株式会社 正会員 曾我恭匡
 阪神高速道路株式会社 正会員 田中将登

1. 研究背景および目的

鋼管集成橋脚とは、図-1 に示すように 4 本の鋼管を履歴型ダンパー機能を有する横つなぎ材で結合し、それを 1 つの橋脚とする構造である。横つなぎ材の中央部のせん断パネルには低降伏鋼点を用い、大規模地震発生時には 2 次部材であるせん断パネルの損傷を先行させることで 1 次部材の鋼管への損傷を小さくすることができる。また、従来型の橋脚に比べて、工期や工費を削減できる点、大規模地震後に早期復旧が可能な点、それほど大きな施工ヤードを必要としない点など耐震性能以外にも本構造には多くのメリットがあり、阪神高速道路海老江 JCT を始め実用化がされている。現在、本橋脚において制震性能を向上させることを目的に横つなぎ材中央部に縦補剛材を有しフーチング基礎から杭基礎とした形式が提案され、その新形式の横つなぎ材については実物大実験による検討などが行われてきた。しかし、杭や地盤も含めた構造全体での検討は行われていない。そこで本研究では 3 次元 FEM によって縦補剛せん断パネルを有する鋼管集成橋脚全体のモデル化を行い、実験では検討が困難な橋脚全体の力学的挙動について検討を行うことを目的としている。

2. 解析モデル

解析対象は都市高速道路で検討している鋼管集成橋脚構造である。汎用有限要素解析コード ABAQUS を用いて弾塑性有限変位解析を行った。橋脚部は全てシェル要素でモデル化を行い、メッシュ分割は横つなぎ材部分に関して 1 要素あたり 20mm×20mm とし、鋼管部分はそれよりも粗めに 1 要素あたり 100mm×100mm とした。使用した材料特性については表-1 に示す。初期不整についてはせん断パネルの初期たわみのみを考慮した。基礎は鋼管ソイルセメント杭を想定し、杭部分ははり要素でモデル化を行った。地盤抵抗については、大阪地区の実地盤パラメータを用いた、杭基礎一体型である本構造についてはフーチングに鉛直方向ばねを集約する道路橋示方書に従うと杭の深さ方向の応答を再現できないため、鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計²⁾に従い図-2 に示すばねモデルで再現した。また、横つなぎ材のボルト接合部の再現は行っていない。

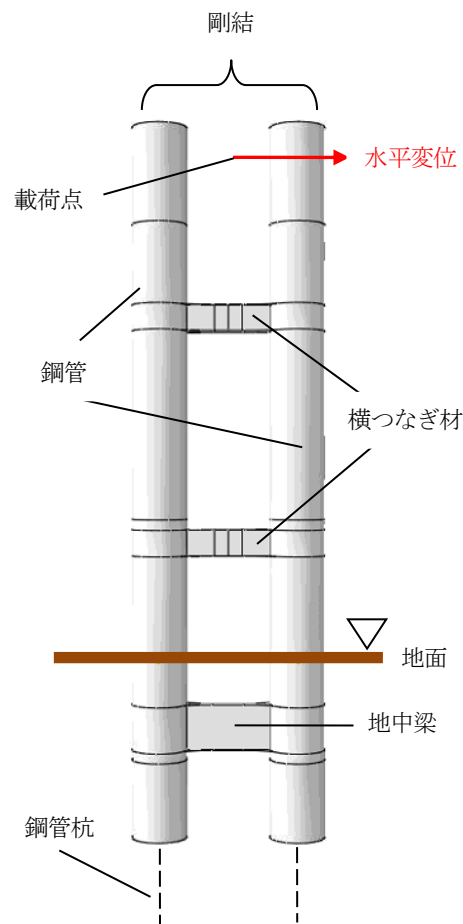


図-1 鋼管集成橋脚立面図

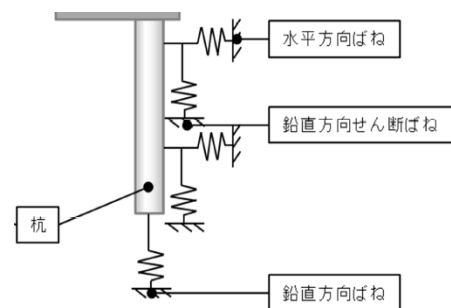


図-2 鉄道標準による地盤抵抗モデル

表-1 材料特性

材料名	部材名	弾性係数(MPa)	ポアソン比	降伏点(MPa)	引張り強度(MPa)	引張り強度時塑性ひずみ	材料構成則
LY225	せん断パネル	205	0.3	225	350	0.3	混合硬化則
SM400A	ダイヤフラム	200	0.3	235	400	0.2	線形移動硬化則
SM490A	横つなぎ材(せん断パネル以外)・地中梁			355	490	0.2	
SKK490	鋼管			315	490	0.2	

キーワード：鋼管集成橋脚，せん断パネルダンパー

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 Phone:078-803-6278

3. Pushover 解析

本構造の全体剛性および耐荷力を評価するために Pushover 解析を行った。図-1 に示すように鋼管の横梁部分を剛結し、横梁中央部を載荷点にして水平方向に変位を漸増させた。載荷点の反力を水平荷重として、図-3 に水平荷重-水平変位関係を示している。なお、検討したのは縦補剛材があるケースと無いケースの 2 ケースで、以前検討した地面部を完全固定したケースの結果も示している。図-3 より、縦補剛材の有無は、せん断パネルおよび鋼管の降伏にはほとんど影響していないが、せん断パネルの座屈には大きく影響を及ぼしていることがわかる。

4. 正負交番載荷解析

橋脚の繰返し荷重作用下の耐荷力や変形能などを含めた耐震性能を評価することを目的に正負交番載荷解析を行った。3 章でのせん断パネルの降伏を受けて、 $1\delta=30\text{mm}$ として、水平変位を $+0.5\delta \rightarrow -0.5\delta \rightarrow +1\delta \rightarrow -1\delta$ 以降、 1δ ずつ変位量を 8δ まで増加させ、正負交番載荷解析を行った。載荷点、検討ケースおよび水平荷重の定義は 3 章の時と同様である。図-4 に上側のせん断パネルでのせん断力-せん断変位関係を示している。せん断変位はせん断パネルの両端の高さ方向の相対変位と定義した。図-4 より、縦補剛材がない場合はせん断変位量が大きくなる一方、せん断パネルの座屈が進展しやすいため、次第にせん断力が小さくなっていた。なお、図-4 中には設計書での Type II 地震動に対する最大せん断変位と許容せん断変位もそれぞれ緑線と紫線で示しているが、最大せん断変位は正負交番載荷解析での $4\sim 5\delta$ のときのせん断変位と同程度であった。また、荷重-変位関係の囲う面積より求めた橋脚全体のエネルギー吸収量と図-4 のグラフが囲う面積より求めたせん断パネルのエネルギー吸収量の比よりせん断パネルのエネルギー吸収率を求め、図-5 に示す。この結果より、エネルギー吸収率は変位の増大とともに低下すること、上下のせん断パネルでのエネルギー吸収率は、下側が常に大きい、その差は段々と縮まっていくことがわかった。

5. 結論および今後の課題

本研究では、地盤部分を含めた縦補剛材せん断パネルを有する鋼管集成橋脚全体のモデル化を行い、その力学的挙動を検討した。結果として、縦補剛材の有無によってせん断パネルの座屈タイミングが大きく違うこと、エネルギー吸収も含め、上下のせん断パネルで力学的挙動が大きく異なることがわかった。今後の検討事項としては、横つなぎ材のボルト接合部を考慮した検討、上下のせん断パネルそれぞれでの最適な横つなぎ材形式の検討が挙げられる。

参考文献：1) 金治英貞，鈴木英之，野中哲也，馬越一也：履歴型ダンパー付き鋼管集成橋脚の損傷制御構造に関する基礎的研究，構造工学論文集，Vol.50A，pp.559-566，2004.3

2)(財)鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物，2012.1.

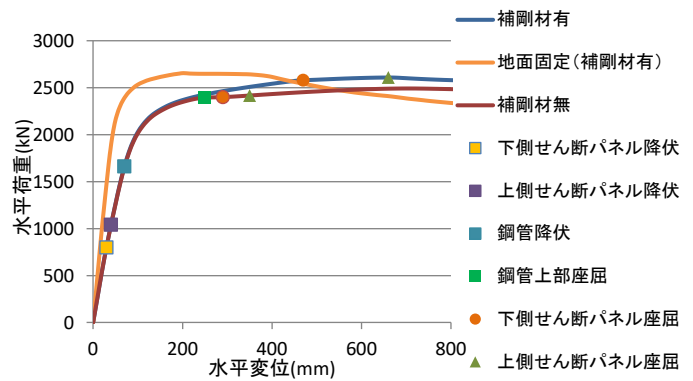


図-3 水平荷重-水平変位関係

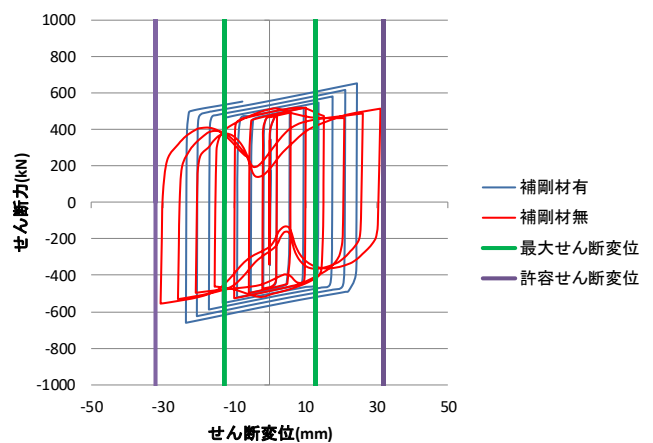


図-4 上側せん断パネルのせん断力-せん断変位関係

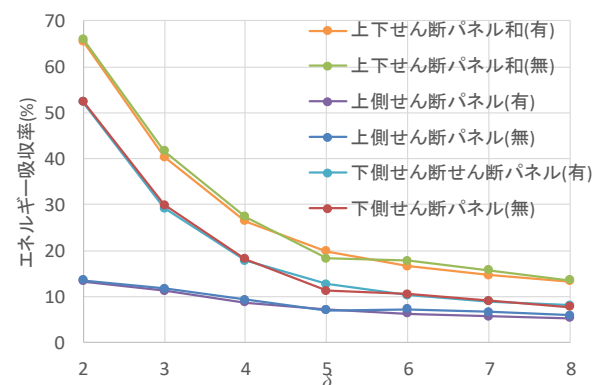


図-5 せん断パネルのエネルギー吸収率