

多径間連続橋脚の制震ブレースによる耐震向上策

名古屋大学 正会員 葛西昭¹
 JFE エンジニアリング 正会員 能登晋也²
 名古屋大学 フェロー 宇佐美勉¹

1 はじめに

1995年の兵庫県南部地震以来、土木分野では構造物の耐震設計について多くの検討がなされている。例えば、橋脚の免震対策としてゴム支承が広く用いられるようになった。鋼製支承に比べ、ゴム支承が桁の地震応答に追従することで効果を発揮してきた。しかし、ゴム支承を用いると、大地震下では上部構造物に大きな応答が生じることも分かっている。そこで、今日ダンパーを用いて橋のエネルギー吸収を増大させて、地震応答を抑えるという制震補強策について多くの研究が行われている¹⁾。

そこで、本研究では対象の4径間連続高架橋に対して、この制震の考えを取り入れた、座屈拘束ブレースを導入することを考える。このブレースにエネルギーを吸収させ、橋梁全体の応答を小さく抑えることを目的とする。座屈拘束ブレースについては文献2)で実験、解析の両面から多くの検討を行い、そのエネルギー吸収性が実証されている。本研究ではブレースの有無による橋脚の応答に着目し、地震応答解析を行い検討する。

2 解析概要

本研究では、構造物 - 地盤の連成効果を取り込むことのできる図-1に示す4径間連続高架橋を有する地盤一体型モデルを採用する。基となる解析モデルの詳細、解析手法については文献3)を参照されたい。ここでは構造パラメータ、地盤パラメータのみを表-1, 2に示すことにする。以下に、その解析モデルに導入するブレースについての概要をまとめる。

2.1 座屈拘束ブレースの概要

本研究では、橋脚の応答が他の橋脚に追従するという連続橋の連成効果を考慮し、右側橋脚(Pier3)のみに図-1のように座屈拘束ブレースを配置した。また、本来、鋼製ラーメン橋脚等にブレースを導入する場合、柱基部にかかる力が大きい場合、柱基部から梁中央部にかけてブレースを配置すると最も効果的である。しかし、本研究では鋼製支承にピンを用いてモデル化したことに着目し、その回転変形を利用するという効果も同時に考慮し、橋脚頂部付近にのみブレースを配置することにした。具体的には最も吸収可能である、橋脚基部 スパン中央に配置した場合の状態を基に、スライドさせる形で、配置位置を決定した。

次に採用したブレースの剛性は以下の方法により、簡易設計を行った。ブレースは小規模な弾性地震動の基では、弾性域内の応答を示すような強度を持ち、また、大規模地震動の場合には、早期に塑性域にまで達し、ブレースのエネルギー吸収効率を高める必要がある。そのため、降伏軸力はレベル1地震動を入力した場合は、弾性域内での挙動を示し、レベル2地震動を加えた場合は安定した塑性変形を生じる部材を仮定する。この条件のもとブレースの設計を行った。表-1にブレースのパラメータを示す。また、設計においてはすべて地盤をばねで置き換えたモデルを用いている。ブレースのモデル化には軸力部材として、トラス要素を用い、両端をピン結合としている。また、ブレースの材料構成則は完全弾塑性を仮定した。

3 解析結果および考察

図-2にブレースを導入した効果を橋脚の復元力特性により比較して示す。図中縦軸は橋脚の持つ復元力を降伏水平荷重で無次元化したもの、横軸は橋脚頂部の橋脚基部の対する水平方向相対変位を降伏変位で無次元化したものをプロットしている。

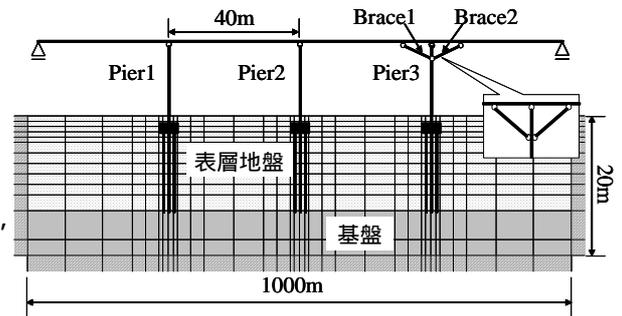


図-1 解析モデルの概念図

表-1 構造パラメータ

橋脚	
システムの固有周期 (s)	1.00
使用鋼材	SM490
ヤング率 (GPa)	206
ポアソン比	0.30
降伏応力 (MPa)	314
断面形状	正方形補剛箱形
設計水平震度	0.25
幅厚比パラメータ	0.35
細長比パラメータ	0.39
アスペクト比	0.50
ブレース材	
使用鋼材	SS400
降伏応力 (MPa)	235
断面積 (m ²)	0.025
長さ (m)	2.205
降伏軸力 (kN)	5875

表-2 地盤パラメータ

層	表層地盤	基盤
地盤の種類	粘性土	砂質土
層厚 (m)	15.0	5.0
ポアソン比	0.47	0.47
減衰定数	0.15	0.02
平均N値	10	50

キーワード：座屈拘束ブレース、鋼製橋脚、連続高架橋、地盤 構造物の動的相互作用

¹〒464-8603 名古屋市千種区不老町 TEL:052-789-4617

²〒100-8202 東京都千代田区丸の内 1-1-2 TEL:03-3217-2138

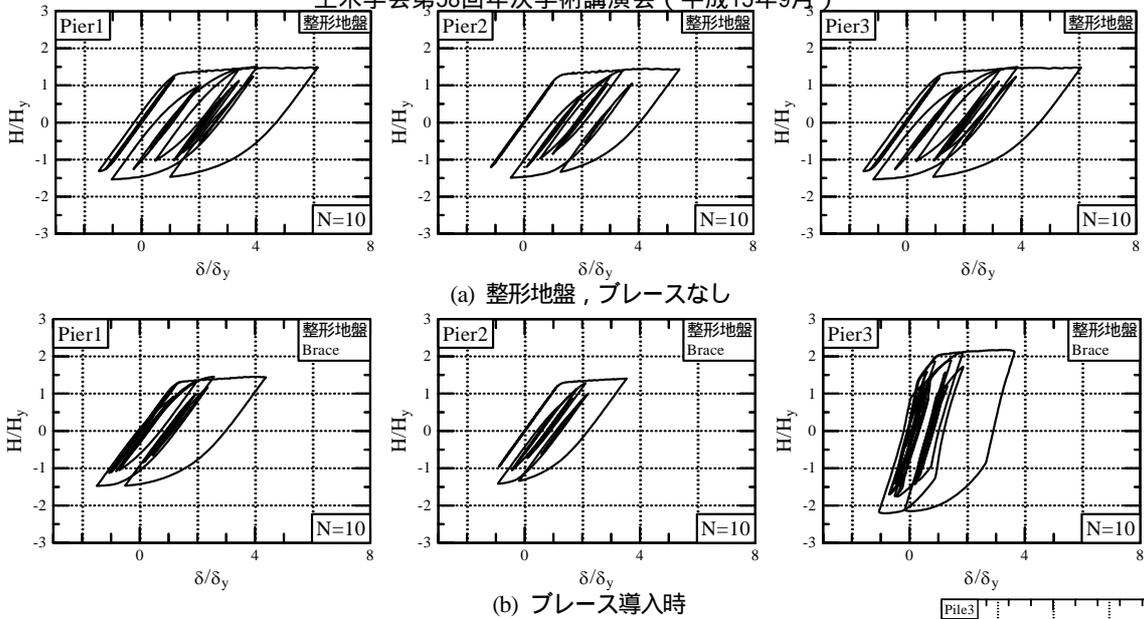


図2 橋脚の復元力特性

なお、この相対変位は橋脚基部の剛体的な回転成分は除去していることに留意されたい。(a)がブレース無し、(b)がブレースを導入したモデルである。ブレースを導入した Pier3 においては橋脚にかかる水平荷重が増し、最大応答変位で $2\delta_y$ 以上応答が低減している。さらに、ブレースを導入していない Pier1,2 においても応答の減少は著しく、連続橋の連成効果を利用した耐震策であったことがわかる。

さて、ブレースを導入することにより、橋脚自体の応答は減少することが分かった。しかし、ブレースにより橋脚自体がより剛になり、その分、基礎に多くの影響を及ぼしている可能性が考えられる。そこで、ブレースを導入することによる杭の応答に着目する。図3に Pier3 の基礎の杭頭で測定した応力 - ひずみ関係を示す。ブレースを導入した場合、橋脚の変位は低減したが、Pier3 の基礎での杭の応答が大きくなっている。これは、ブレースを導入することにより橋脚自体が剛になり、水平荷重が増大し、その影響の一部が杭の応答を大きくする要因に繋がっていると考えられる。橋脚の応答が低減した理由に杭への負担の他に、ブレースのエネルギー吸収に因るところが大きいといえる。図4に Brace2 の荷重 - 変位関係を示す。図は縦軸にブレースにかかる軸力を降伏軸力で無次元化したもの、横軸にブレースの軸変位を降伏軸変位で無次元化したものである。ブレースは $15\delta_y$ 近くまで応答し、非常にエネルギー吸収能率の高さが伺える。

また、本論文では割愛させて頂くが、硬い層が橋脚の近くに存在する場合、同様にブレースを導入すると、前述のモデル同様に Pier3 の応答はもちろん、Pier1,2 の応答も低減することができた。また、このような条件の地盤の場合、杭へ負担をかけることなく応答を低減できたことを特筆しておく。

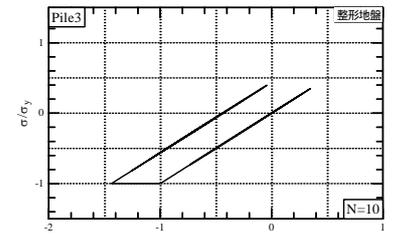
4 まとめ

本研究では4径間連続橋の耐震向上策として、座屈拘束ブレースを導入し、構造物の応答に与える影響について検討を行った。以下に得られた結論・課題を述べる。

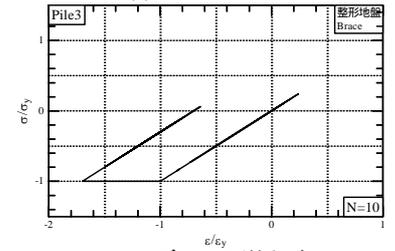
- 1) 連続橋において、ひとつの橋脚にブレースを導入することで、その橋脚の応答はもちろん、他の橋脚の応答も低減することができた。これは、連続橋の応答が他の橋脚に追従するという連成効果に因るところが大きい。
- 2) 橋脚にブレースを導入するとその橋脚の剛性が増し、橋脚への水平荷重が増大する。そのため、地盤の条件によっては、その影響が杭への負担をもたらすことがある。
- 3) 最適なブレース配置により、耐震性向上策を講じるようにすべきであるが、本研究ではそこまでの検討ができていない。今後、どのような最適配置があるか、また、どのような地盤条件で行うことが有効であるのか等の検討が必要である。

参考文献

1) 中村剛・Anat Ruangrassamee・川島一彦：2段階摩擦型及び非線形粘性型制御を用いた橋梁の地震応答特性，第6回地震時保有耐力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集，pp.363-368，2003.1.
 2) 加藤基規・宇佐美勉・葛西昭：座屈拘束ブレースの繰り返し弾塑性挙動に関する数値解析的研究，土木学会構造工学論文集，Vol.48A pp.641-648，2002.3.
 3) 能登晋也・葛西昭・宇佐美勉：ローカルサイト・イフェクトが多径間連続橋脚の応答に及ぼす影響に関する基礎的研究，第57回年次学術講演会概要集（掲載予定），土木学会 全国大会，2003.



(b) ブレースなし



(a) ブレース導入時

図3 杭の応力 - ひずみ関係

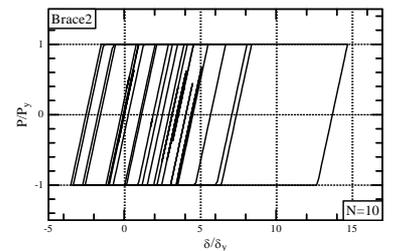


図4 ブレース材の荷重 - 変位関係