

斜材付き π 型ラーメン橋の耐震性能における斜材背面抵抗の影響

(株)大林組 正会員 ○中村 泰 正会員 武田 篤史
(株)高速道路総合技術研究所 正会員 稲荷優太郎

1. 目的

高速道路などで跨道橋として多く用いられている斜材付き π 型ラーメン橋(以下、斜 π 橋と称す)は、一般に、2 基の下部構造のみで支持される構造として設計される¹⁾が、現実には地震時に斜材背面などの地盤抵抗が予想される。そこで、フレーム解析によって斜材背面地盤等の影響を検討した。

2. 解析概要

解析対象は図-1 に示す橋長 50.3m、幅員 5.4m の変形斜 π 橋で、1983 年に完成した橋梁とした。垂直材上下端にはメナーゼヒンジが配されており、斜材は PC 構造である。斜材背面地盤は、埋土として、 $N=15$ 、 $\phi=30^\circ$ 、 $E_0=42,000\text{kN/mm}^2$ を想定した。

解析ケースは、フーチング底面のみ地盤抵抗を地盤ばねとして考慮したケース N と、ケース N にフーチング前背面、橋脚前背面、斜材背面の地盤抵抗を地盤ばねとして加えたケース S の 2 ケースとした。

解析モデルは、橋脚、斜材および垂直材をファイバー要素、主桁を梁要素とした。ファイバーモデルは、変動軸力の影響を考慮するためであり、H14 道路橋示方書(以下、道示と称す)の塑性ヒンジ長を基本として要素長を定め、道示に示される材料構成則を用いた。主桁の剛性は、降伏時割線剛性を用いた。地盤ばねは道示に従ったが、橋脚前背面および斜材背面はケーソン基礎前面に用いる方法で計算した。斜材背面ばねの向きは斜材直交方向としたが、これは、水平にすると地盤ばねが斜材に軸力を与えるためである。この時、水平用に規定されている地盤反力度の上限値を用いることができないことから、斜材背面ばねのみ上限値を考慮しないこととした。

荷重は自重解析を行った後、分布質量に対して右向きを震度を漸増させる静的解析とした。

3. 解析結果

図-2 に水平震度－変位関係を示す。各イベントにつけられた番号は、図-3 の変形図に示される位置に対応している。斜材背面ばね等を考慮することにより、剛性および曲げ終局耐力が大幅に向上する。一方で、右側橋脚のせん断破壊を防止することは困難であるとともに、右側斜材の損傷(せん断破壊、曲げ降伏)が大きくなるのがわかる。

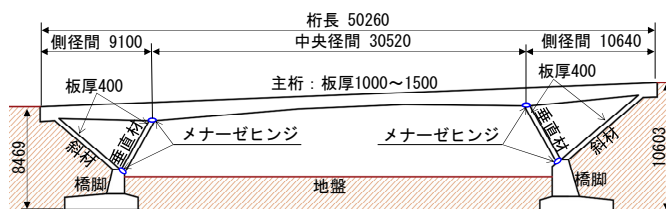
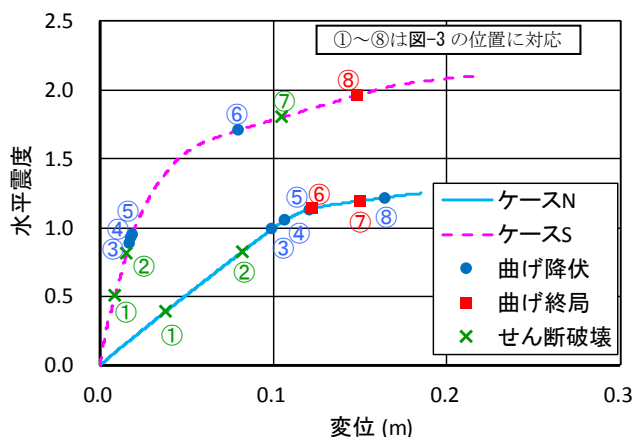
図-1 解析対象の斜 π 橋

図-2 水平震度－変位関係

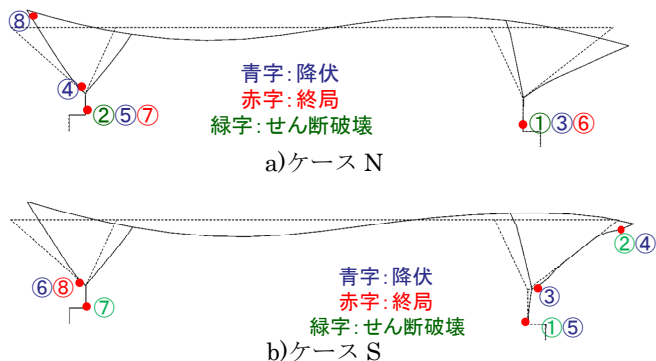


図-3 変形図(初降伏時)

キーワード 斜材付き π 型ラーメン橋梁、斜材背面抵抗、耐震性能

連絡先 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 TEL 042-495-1111

図-3に初降伏時の変形図を示すが、特徴的なのは右側斜材の変形である。斜材背面ばね等がないケースNでは、下端から変位しているが、斜材背面ばね等があるケースSでは上端付近で大きな曲げ変形が生じている。もともと斜材は曲げ部材ではなく軸力部材あるため、曲げ剛性が小さく斜材背面地盤反力により大きな曲率が生じた。

図-4にケースSにおける初降伏時および終局時の斜材背面の地盤反力度分布を示す。上下端のみに地盤反力が働いており、中央部は地盤反力を受けていない。斜材は、自重、慣性力、地盤反力および端部断面力により複雑な曲げモーメント分布となるが、上下端で発生する地盤側引張の曲げモーメントにより巨視的にはスパン中央側に反った変形となるためである。本解析において地盤反力度の上限値は考慮していないが、水平ばねを想定した地盤反力度の上限値と比較すると、圧倒的に大きな地盤反力が発生しており、斜め方向の地盤ばねの上限値の設定によっては斜材背面ばねの影響は小さくなることがわかる。

図-5に右側斜材下端のM-N相関を示す。軸力は圧縮を正としている。斜材背面ばね等がないケースNでは、スパン中央側引張の曲げモーメントとともにトラス部材としての引張軸力を受ける。その後、橋脚基部が降伏することにより構造系が変化して、曲げモーメント増分の向きが反転し、引張軸力は増加しなくなる。従って、橋脚降伏後は変形が進むとともに斜材の損傷は小さくなる。一方、斜材背面ばね等があるケースSでは弾性時からケースNと反対向きにモーメントが増加するとともに、引張軸力の増加が大きく、最終的には引張破断に至る。これは、主桁の下向き変位に対し、斜材背面ばねの鉛直成分が抵抗するためである。

図-6に水平力の分担を、左右橋脚の基部、右側斜材背面、右側橋脚背面、左側橋脚前面に分けて示す。曲げに関するイベントに関しては、発生した水平震度を図-2、3と同様の記号で表している。弾性時は、左右の橋脚が4割、斜材背面が5割程度の配分であったが、水平震度0.95で右側橋脚基部が降伏すると橋脚の分担割合は下がり、橋脚背面の分担が増える。水平震度1.6程度で橋脚背面地盤ばねが上限値に達すると、斜材背面の分担が低下し、左側橋脚基部の分担が増える。斜材背面ばねは、水平震度1.6程度まで5割程度の水平力を分担するため、非常に大きな影響を及ぼすことがわかる。また、橋脚背面も最大で3割程度の水平力を分担するため、無視できないことがわかる。

4. まとめ

斜π橋に関して、斜材背面などの地盤抵抗の影響を考慮するため、フレーム解析を行った、解析の結果、地盤抵抗の影響を考慮することで耐力や剛性は大きくなるものの、橋脚のせん断破壊を抑制することは困難であるとともに、斜材のせん断や軸力に対して損傷が大きくなる傾向が明らかとなった。なお、この傾向は別途行った動的解析による照査でも表れているが、斜材背面ばねなどの設定方法にも大きく影響を受けていると考えられる。今後、斜材背面ばねなどの合理的な設定方法について、検討を行っていく予定である。

参考文献 1) 東・中・西日本高速道路(株)：設計要領 第二集 橋梁建設編，2016. 8.

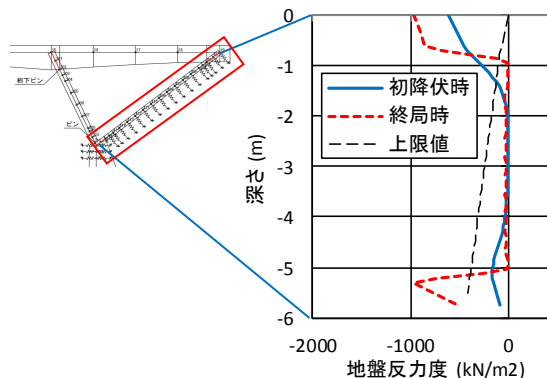


図-4 斜材背面の地盤反力度分布

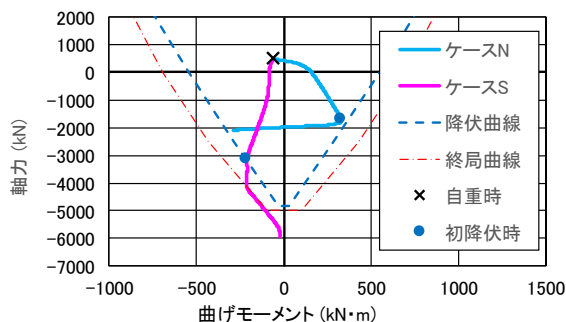


図-5 斜材下端のM-N相関

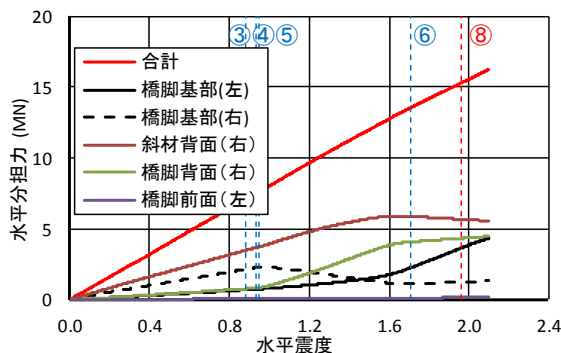


図-6 水平力の分担