

### 斜材付きπ型ラーメン橋の耐震性能の検討

(株)ドゥユー大地 正会員○李 首一  
 西日本高速道路(株) 正会員 緒方 辰男  
 西日本高速道路(株) 桑原 秀明  
 (株)ドゥユー大地 正会員 伊川 嘉昭

#### 1. はじめに

斜材付きπ型ラーメン橋(以下、「斜π橋」という)は、垂直材と斜材で主桁を支持する構造で、各部材はヒンジもしくは剛構造で接合されている。また、斜π橋は主桁や斜材背面が土工と接しており、土圧の影響を受ける。このような構造的特徴から、斜π橋は地震時の挙動が一般的な橋梁に比べ複雑で、大規模地震時の挙動を想定することが困難である。そこで、一般的な構造諸元で構成した仮想の斜π橋を対象に、非線形動的解析を実施し、斜π橋の地震時の構造特性や構造上の弱点を確認した。

#### 2. 橋梁構造諸元

解析を実施した仮想橋梁の構造諸元については、既存の斜π橋を対象に、橋長等の構造諸元を分析し、その結果から設定した。図1~図3に解析を実施した斜π橋の構造図および斜材のPC鋼棒配置図を示す。

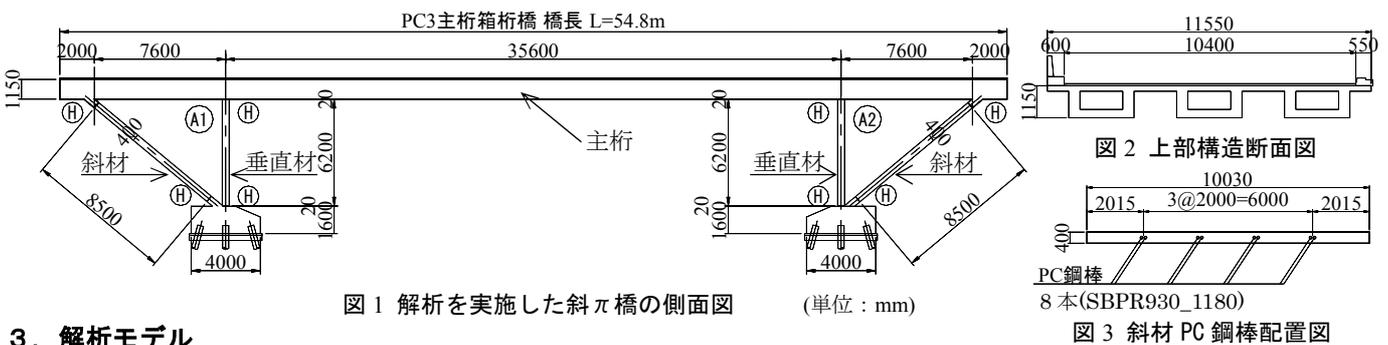


図1 解析を実施した斜π橋の側面図 (単位: mm)

図2 上部構造断面図

図3 斜材 PC 鋼棒配置図

#### 3. 解析モデル

解析モデルは、図4に示すようにはり・ばね要素による立体モデルとした。また、主桁・斜材の背面受働土圧の影響に着目するため、「Case1 背面受働土圧無」、「Case2 背面受働土圧有」の2ケースについて検討を実施した。ここで、Case2の主桁・斜材に作用する背面受働土圧は線形ばね要素で設定するものとし、ばねの剛性は図5に示すように背面土を対象に別途実施した非線形静的 FEM 解析の結果から算定した初期剛性を用いた。これは、斜π橋が一般的に切土区間に建設されており、背面土は安定性が高く、降伏しにくいと考えられるためである。なお、背面受働土圧の算出に用いる地盤は砂質土で、N 値を 30 と仮定した。

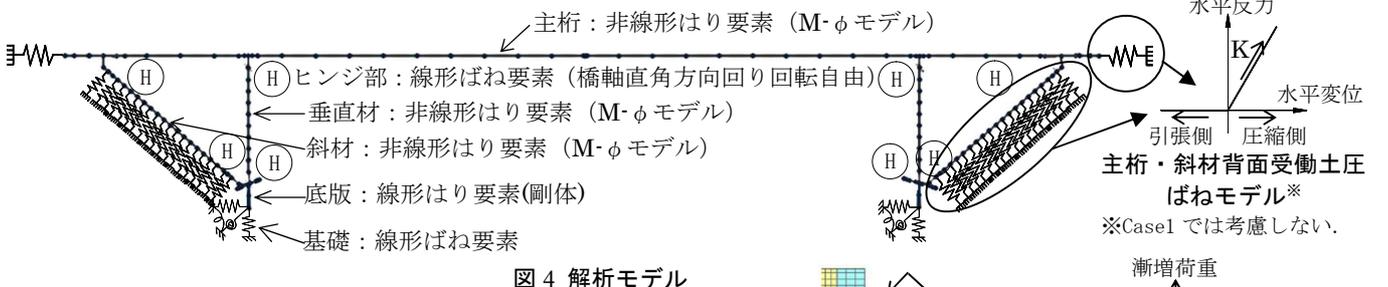


図4 解析モデル

#### 4. 耐震性能評価項目

一般的な斜π橋を対象とした耐震性能照査は、各部材の変形量(曲率)・耐力、ヒンジ部の変形量(回転角)と耐力に着目し行った。各部材・ヒンジ部の耐震性能評価項目を表1に示す。

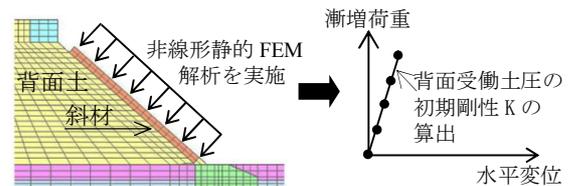


図5 斜材背面受働土圧の算出方法

キーワード 斜材付きπ型ラーメン橋, 耐震性能, 非線形動的解析, 背面受働土圧, 部材健全度

連絡先 〒733-0037 広島県広島市西区西観音町 17-17 (株)ドゥユー大地 TEL: 082-532-5120 FAX: 082-532-5130

表 1 耐震性能評価項目

着目部材	耐震性能評価項目	許容値
主桁	曲率	PC鋼材が弾性限界に達する曲率もしくは最外縁鉄筋が降伏点に達する曲率
	せん断	せん断耐力
ヒンジ部	回転角	主桁・フーチングと垂直材・斜材の接触によるヒンジ部の回転拘束限界
	応力	許容軸圧縮/引張応力度, 許容せん断応力度
垂直材, 斜材	曲率, せん断	許容曲率, せん断耐力

5. 斜π橋の大規模地震時照査結果

図1の斜π橋を対象とした大規模地震時照査結果を図6~図7および表2~表3に示す。ここで、照査に用いた地震動は、道路橋示方書(H24)に示される地震動とした。解析の結果、橋軸方向の主桁の曲率が許容値を上回る以外は、すべての照査項目において、応答値が許容値を満足する結果であった。なお、背面受働土圧を考慮することで、主桁の曲率は低減し、許容値を満足する結果となった。また、垂直材については、橋軸直角方向で大きな応答が発生しており、斜材については背面土の影響を考慮することで、橋軸方向のせん断力が大きくなる傾向にあった。

一方で、主桁・斜材背面が盛土等で地盤強度が小さい場合についても検討した。その結果、図8に示すように、盛土上部の背面土が先に降伏し、上部構造の変形を拘束できないため、応答値が大きくなり、斜材および主桁の健全度が低下することを確認した(斜材の場合、応答曲率と許容曲率の比率は0.03から1.69に増加する)。



表 2 大規模地震時照査結果(橋軸方向)

着目部材	耐震性能評価項目	Case1 背面受働土圧無		Case2 背面受働土圧有	
		照査結果	判定	照査結果	判定
主桁	曲げ曲率 $\mu\text{m}^{-1}$	(1.54)	NG	(0.07)	OK
	せん断 kN	(0.62)	OK	(0.48)	OK
ヒンジ部	応力 $\text{N}/\text{mm}^2$	(0.88)	OK	(0.81)	OK
垂直材	曲げ曲率 $\mu\text{m}^{-1}$	(0.01)	OK	(0.01)	OK
	せん断 kN	(0.10)	OK	(0.10)	OK
斜材	曲げ曲率 $\mu\text{m}^{-1}$	(0.01)	OK	(0.03)	OK
	せん断 kN	(0.22)	OK	(0.88)	OK

表 3 大規模地震時照査結果(橋軸直角方向)

着目部材	耐震性能評価項目	照査結果	判定
主桁	曲げ曲率 $\mu\text{m}^{-1}$	(0.06)	OK
	せん断 kN	(0.33)	OK
ヒンジ部	応力 $\text{N}/\text{mm}^2$	(0.60)	OK
垂直材	曲げ曲率 $\mu\text{m}^{-1}$	(0.95)	OK
	せん断 kN	(0.68)	OK
斜材	曲げ曲率 $\mu\text{m}^{-1}$	(0.22)	OK
	せん断 kN	(0.76)	OK

( )内の値は応答値と許容値の比率を示す。

6. まとめ(斜π橋の大規模地震時の構造特性)

表2~表3から確認した斜π橋の大規模地震時における構造特性について、以下に示す。

- 1)橋軸方向の照査において、背面受働土圧を考慮しない場合、主桁は垂直材付近で部材健全度が低い傾向にある。一方、背面受働土圧を考慮した場合、主桁の変形が拘束され、曲率が減少し、部材健全度が向上する。
- 2)背面受働土圧の载荷により斜材のせん断力が増加するため、斜材の橋軸方向の部材健全度は低下する。
- 3)橋軸直角方向において、垂直材の部材健全度が比較的低い傾向にある(本検討では許容値は満足した)。

なお、写真1に示すH16年新潟県中越地震における斜π橋の損傷事例<sup>1)</sup>によると、本検討の解析結果と同様に、橋軸方向では部材に損傷がなく、橋軸直角方向では、垂直材に耐震性能上問題がないと評価される程度の曲げ・せん断ひび割れが生じていた。この実橋での損傷事例から本検討結果の傾向が妥当であると推定される。

7. おわりに

検討結果から切土区間に建設されている斜π橋は、比較的耐震性能が高い構造であることが確認できた。ただし、背面土の地盤状況が斜π橋の耐震性能を左右するため、実橋で斜材背面と裏込め土の間に空隙がないことを確認することが重要である。また、本検討は、一般的な構造諸元のモデルにより解析したが、限定的な条件による結果にすぎない。したがって、今後は、支間バランスとPC鋼材配置量、斜材角度などの変



写真1 垂直材の損傷事例<sup>1)</sup>

参考文献

1)堺淳一, 運上茂樹: H16年新潟県中越地震における斜材付π型PCラーメン橋の損傷分析, 土木技術資料, 2007.8.