

# PRC斜材付π型2主版桁ラーメン橋の耐震設計に関する一考察

丹羽 信弘<sup>1</sup>・濱本 浩伸<sup>2</sup>・坂本 眞徳<sup>1</sup>・廣瀬 彰則<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 中央復建コンサルタンツ(株) 総合第1本部 (〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10)  
<sup>2</sup>正会員 工修 中央復建コンサルタンツ(株) 総合第1本部 (〒533-0033 大阪市東淀川区東中島 4-11-10)

## 1. はじめに

高速道路等の跨道橋として数多く建設される斜材付π型ラーメン橋（以下、斜π橋）の耐震設計にあたっては、「道路橋の耐震設計に関する資料<sup>1)</sup>」を参考として、図-1に示すように地震時保有水平耐力法（以下、保耐法）による下部構造および上部構造の設計が行われるようになった。

しかし、斜π橋に保耐法を適用する場合、所定の耐震性能を確保するための断面決定に多大な労力を要す。とくに、図-2に示すように、主桁を2主版桁とする場合には中空床版に比べて主桁下縁が狭小であるため、地震時の中間支点部における主桁下縁引張力に対して、断面拡大などの大幅な補強を必要とし、断面決定が非常に困難な状況を呈している。

本報告は、斜π橋の主桁断面に PRC 2主版桁構造を採用した場合の耐震設計手法のうち、保耐法による上部構造の安全性について検討した結果を述べるものである。

解析は振動単位を考慮して全体系モデルとし、橋脚・鉛直材・斜材の非線形特性を考慮した荷重漸増増載荷法（プッシュオーバーアナリシス）を適用した。

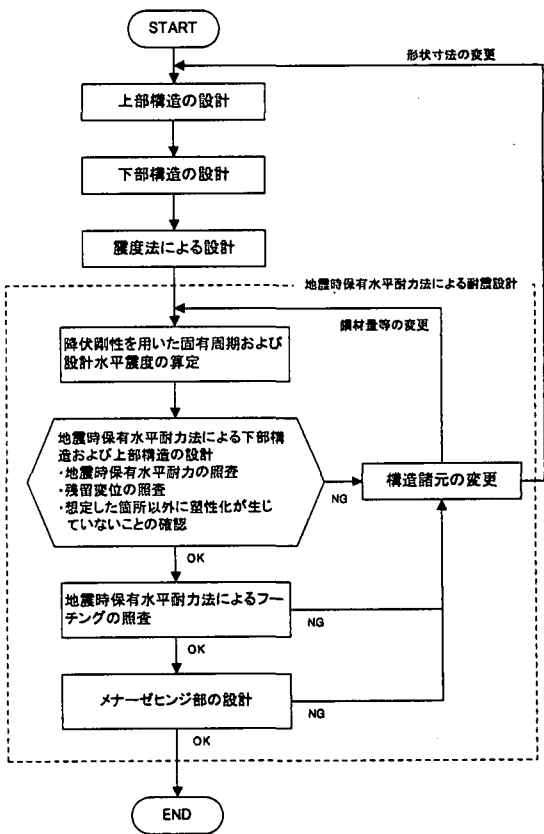


図-1 斜π橋の設計計算の流れ

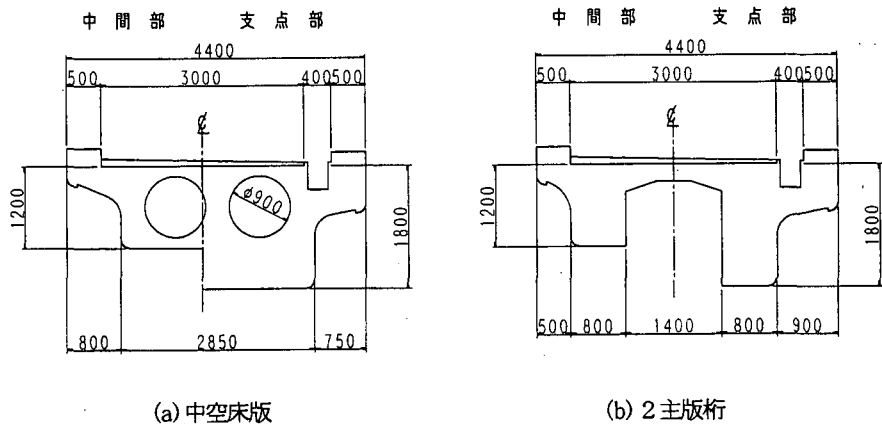


図-2 主桁断面形状

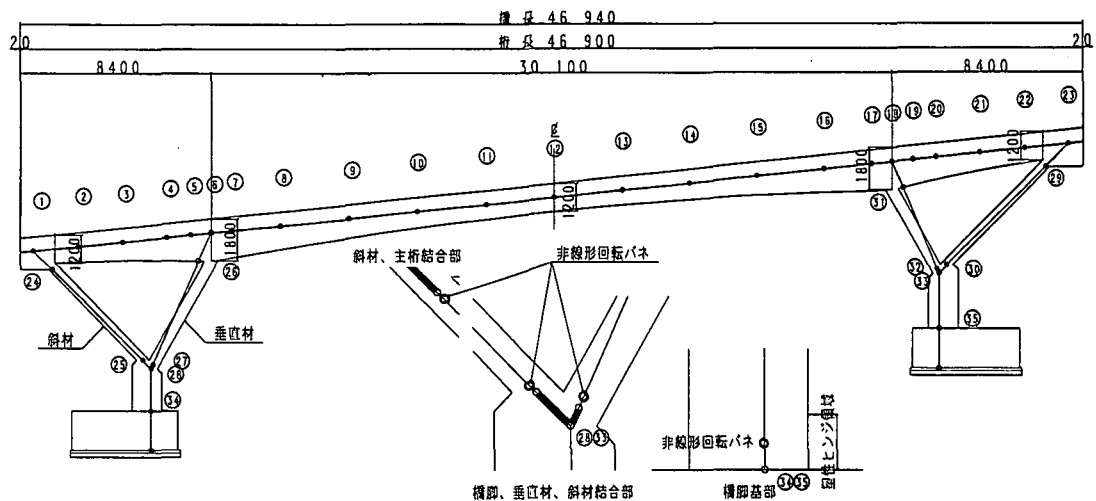


図-3 解析モデル

## 2. 保耐法解析モデル

図-3 に保耐法に用いた解析モデルを示す。

解析モデルについては、橋脚基部、垂直材および斜材の端部は地震時において塑性化が生じる可能性があるため、塑性ヒンジ領域の中央に完全弾塑性型の非線形回転バネを設けた。

## 3. 解析条件および照査方法

図-3 の解析モデルに水平震度を漸増载荷して上部構造の慣性力作用位置における初降伏変位、終局変位およびそれに対する水平震度を算出する。対象橋梁が左右非対称であることから、地震動の载荷方向は両方向とした。

解析は死荷重時の断面力を初期状態とし、初降伏時および終局時の定義としては、いずれかの橋脚基部の曲げモーメントが降伏曲げモーメントに達したときを初降伏時、橋脚基部の塑性ヒンジが全て終局状態に達したときを終局時とした。

保耐法による斜π橋の安全性の照査項目としては、破壊形態（曲げ破壊先行型）、地震時保有水平耐力、残留変位、終局時の斜材、主桁の安全性等が挙げられるが、本報告ではその中でも特に主桁の安全性に着目して述べる。

主桁断面の決定方法は、道路橋示方書V編9.8解説に基づき、主桁の初降伏モーメントが保耐法により得られた終局時発生曲げモーメントを満足させるものとした。

## 4. 解析結果および断面変更

震度法による設計の結果、主桁下縁には D32 (SD345)

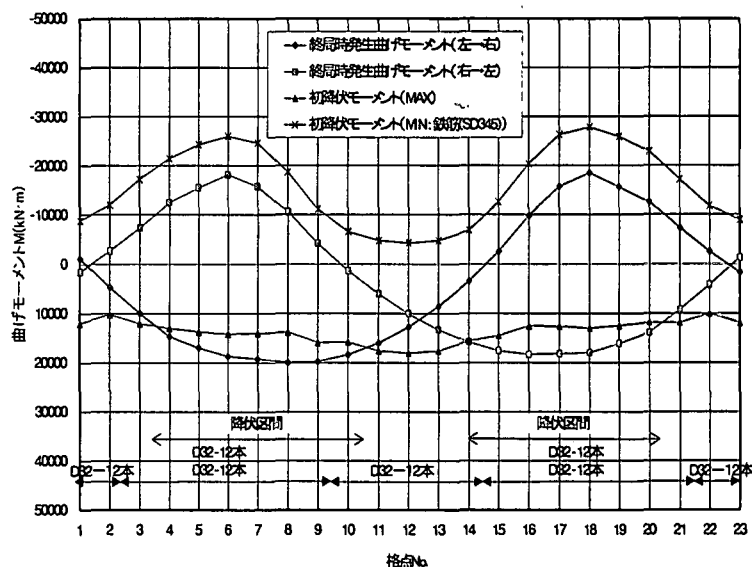
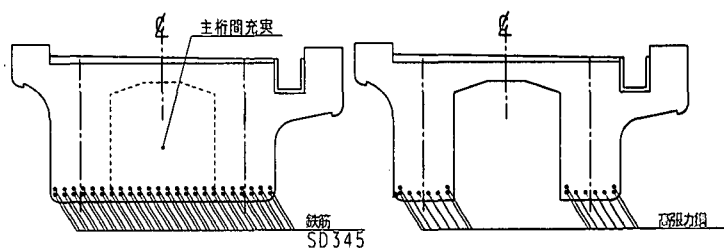


図-4 発生曲げモーメント図（鉄筋案）



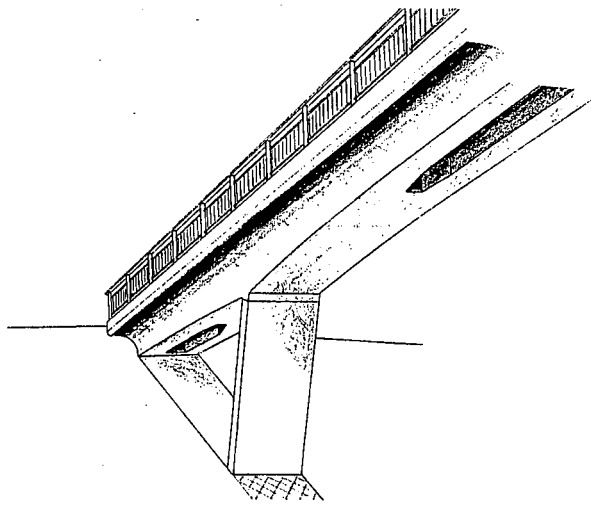
A) 主桁断面拡大案

B) 鉄筋代替案

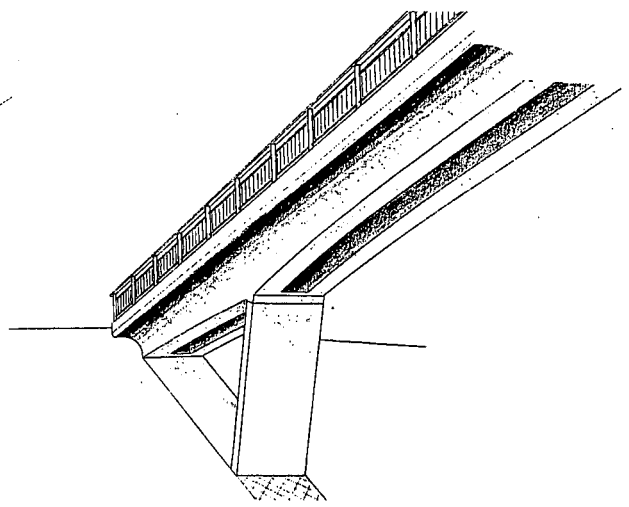
図-5 主桁補強方法

鉄筋を最大とし、水平方向 125mm ピッチ、最大 2 段で配置している。ただし、径間中央付近には、主ケーブルが主桁下縁に配置されるため、鉄筋は 1 段配置とした。

図-4 に、震度法レベルで決定した主桁断面による保耐法の設計結果を示す。格点 4～10、14～20 間において上部構造が降伏しており、主桁の断面変更が必要となった。



A 案) 主桁断面拡大案



B 案) 鉄筋代替案

図-6 イメージ図

表-1 鋼材の機械的性質

|                            | SD345 | SD490 | 異形PC 鋼棒 |
|----------------------------|-------|-------|---------|
| 引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )  | 490   | 620   | 1,080   |
| 降伏点強度 (N/mm <sup>2</sup> ) | 345   | 490   | 930     |
| 比率 (降伏点)                   | 1.00  | 1.42  | 2.70    |

そこで、改善策として次に示す2案を提案し、検討を行った。

- A 案) 降伏区間の2主桁筋の間に充実断面として主桁断面を拡大する方法
- B 案) 降伏区間の主桁下縁に配置される主鉄筋の代わりに高張力鋼材を用いる方法

図-6 に完成イメージ図を、図-7~9 に、A、B 案の検討結果を示す。

A 案は、主桁下縁における鉄筋量を増やすために主桁断面を拡大して、鉄筋配置を可能としたものであるが、上部工重量が増加し、その他の部材および基礎工への負担が大きくなる問題を有する。

これに対してB案は、上部構造降伏区間の主桁下縁主鉄筋 (SD345) の代わりに、高張力鋼材を配置する方法である。本検討では、SD490 と異形PC 鋼棒の2案を提案する。異形PC 鋼材とは、総ネジPC 鋼棒を意味し、鋼棒の両側面にねじ状のリップが成形されたものであり、一般のPC 鋼棒に比べて、コンクリートとの付着性に優れている。

表-1 に示すとおり、SD345 に対し、SD490 では1.4倍、異形PC 鋼材では約2.7倍の降伏点強度を有する。

図-8 に示すSD490 の場合、主桁下縁にD32を

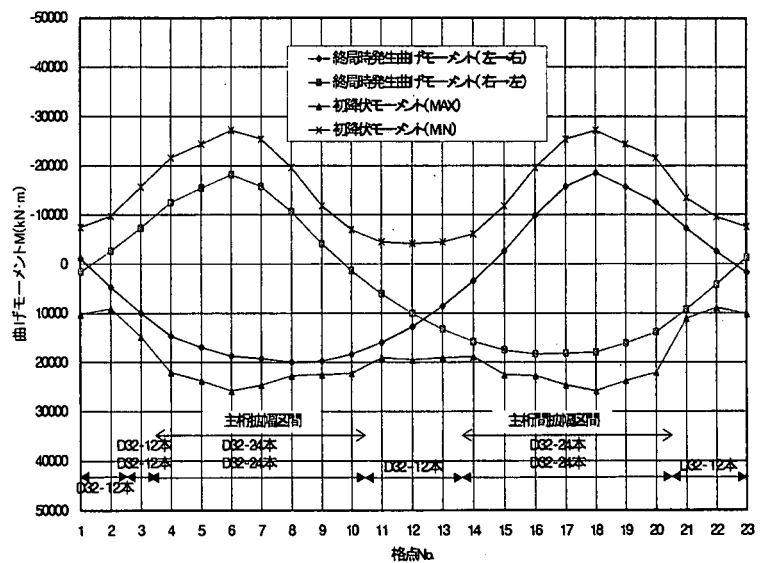


図-7 A 案 発生曲げモーメント図 (主桁断面拡大案)

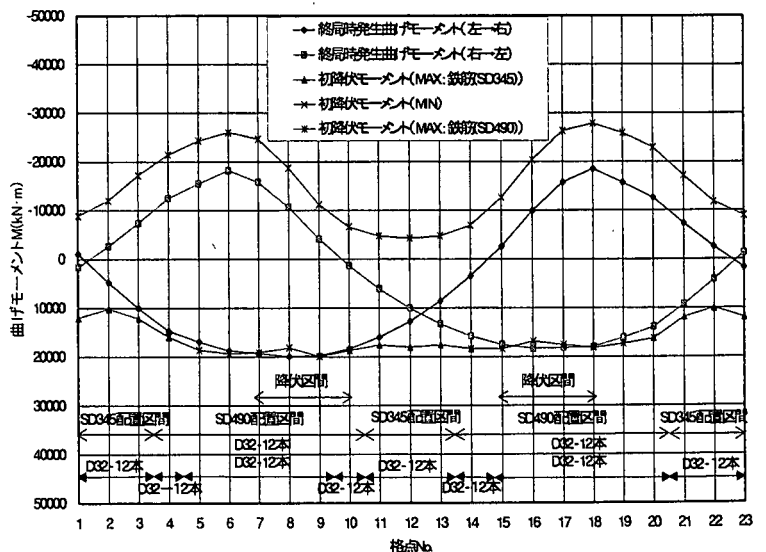


図-8 B(1)案 発生曲げモーメント図 (SD490 案)

2 段配置した場合でも、格点 7～10, 15～18 で所定の初降伏モーメントを満足できず耐震性能を確保できない。

これに対して、図-9 の異形 PC 鋼棒を用いた場合には、主桁断面形状はそのまま保耐法を満足させることが可能である。経済性においても A 案とほぼ同等となった。

5. まとめ

斜π橋に 2 主版桁断面を採用した場合の耐震設計に際しては、以下の点に配慮する必要がある。

- ・震度法レベルで設計された断面では、保耐法での主桁下縁軸方向曲げモーメントに抵抗できず、桁下空頭に余裕のある場合は桁高変更、桁下空頭に余裕のない場合は桁幅の変更が必要となる。
- ・保耐法設計では、特に中間支点付近の下縁に発生する軸方向曲げモーメントに対する補強が重要である。
- ・初降伏モーメントが不足する中間支点付近の主桁幅を拡大して下縁の軸方向鉄筋の本数を増加させる手法により、上部工を降伏させないことも可能である。
- ・高張力鋼を主桁下縁鉄筋に代わって配置する手法は、2 主版桁形状を保持したままで初降伏モーメントを大きく改善することを可能とし、保耐法での断面決定手法として有効である。ただし、カップラーによる PC 鋼棒同士の継手が生じる場合は、配筋にあたってかぶり確保などの十分な配慮が必要である。
- ・2 主版としての構造の連続性からは、B 案が望まれる。

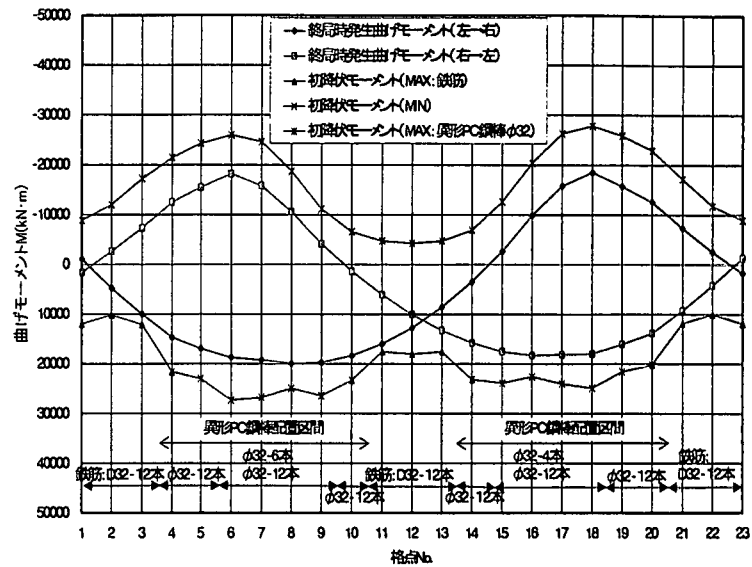


図-9 発生曲げモーメント図 (異形 PC 鋼棒案)

本報告が、今後の 2 主版タイプの斜π橋耐震設計の一助になれば幸いである。

参考文献

1) 道路橋の耐震設計に関する資料，平成 10 年 1 月，(社) 日本道路協会  
2) 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，平成 8 年 12 月，(社) 日本道路協会