

鋼・コンクリート複合橋脚接合部の構造合理化

阪神高速道路(株)建設事業本部 建設技術課

正会員 ○篠原 聖二

阪神高速道路(株)京都事業部 京都線建設事務所

正会員 加藤 祥久

1. はじめに

鋼・コンクリート複合橋脚は、図-1 に示すように鋼製柱と鉄筋コンクリート柱（以下、RC 柱）を接合することにより、通常の鋼製橋脚で使用するアンカーフレーム構造が不要となり、コスト縮減を図ることが可能な構造である。一方、写真-1 のような接合部の内部は、作用力を伝達する孔あき鋼板ジベル（以下、PBL : Perfobond-Leisten）と鉄筋の干渉や、狭隘な部分でのコンクリート充填不足が懸念されるため、施工性への配慮が必要である。

現行の設計法¹⁾では、作用力に対するフランジ側 PBL と接合部上面のダイヤフラムのみで力の伝達を行っているが、実際にはウェブ側 PBL もある程度負担していると考えられる。そこで、接合部の構造合理化に資することを目的として、フランジ側 PBL、接合部上面のダイヤフラムおよびウェブ側 PBL の荷重の分担について、3次元 FEM 解析を用いた検討を行った。

2. 解析条件

図-2 に解析モデルを示す。解析モデルは接合部を中心とした部分モデルとし、着目する接合部に境界条件の影響が出ないように、上下端の断面を伸ばしたモデルとした。コンクリート部材はソリッド要素、鋼板部材はシェル要素としてモデル化を行った。ダイヤフラム部の鋼板とコンクリートの接触については、圧縮力は伝達するが、引張力は伝達しない条件とし、鋼板とコンクリートの付着力および摩擦力は無視した。PBL は 2 方向の非線形せん断ばね要素と面直角方向の弾性ばね要素でモデル化した。PBL の非線形ばね特性は既往の実験²⁾から得られた図-3 のモデルとした。

荷重は、対象とした橋脚の設計計算に用いた最大断面力となる L2 地震時の接合部下端の最大断面力が再現できるように载荷した。表-1 に解析に用いる荷重条件を示す。解析モデルの上端部（鋼製柱部）には、剛体要素を配置し平面保持を確保し、下端部（RC 柱部）は完全拘束とした。

解析ケースは、面内曲げ最大時（橋軸方向地震力作用時）と面外曲げ最大時（橋軸直角方向地震力作用時）の 2 ケースを行ったが、本稿では作用力が大きい面外曲げ最大時の結果を示す。

3. 解析結果

(1) 鋼製部の鉛直応力分布

各 PBL 位置における鋼板板厚中心の鉛直応力を抽出した結果を

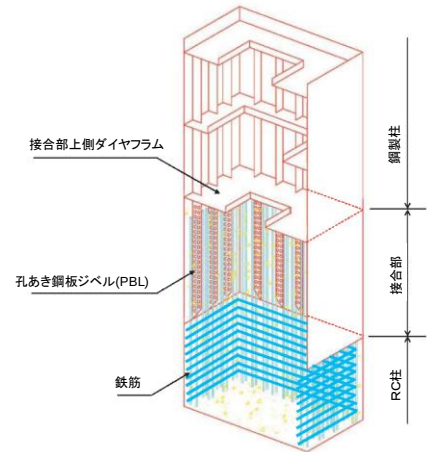


図-1 鋼・コンクリート複合橋脚

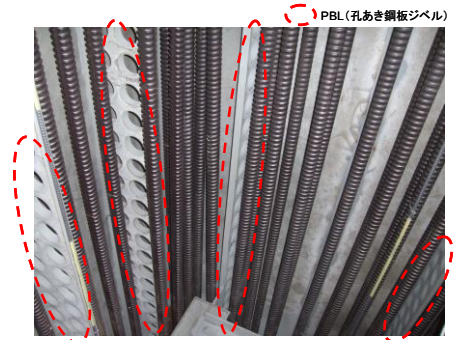


写真-1 接合部内部

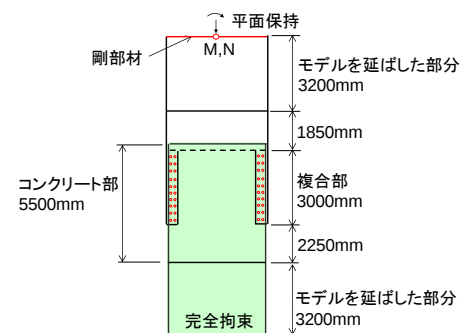


図-2 解析モデル

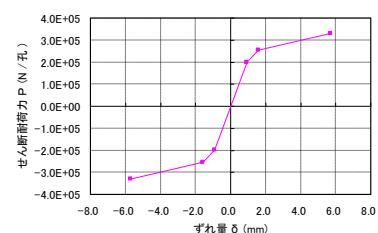


図-3 PBL の非線形ばね特性

キーワード 鋼・コンクリート複合橋脚、接合部、PBL、孔あき鋼板ジベル、3次元 FEM 解析

連絡先 〒550-0011 大阪市西区阿波座 1-3-15 阪神高速道路株式会社建設事業本部 TEL 06-6535-9428

図-4 および図-5 に示す。接合部では、鋼製柱からの作用力が PBL とダイヤフラムにそれぞれ分担され、PBL とダイヤフラムでそれぞれ 72%, 28% ずつの荷重を分担している。

(2)PBL ばね反力分布

PBL の鉛直方向ばね反力分布を図-6 に示す。なお、反力は図-4 の鋼製部の鉛直応力算出位置と同じ位置にある PBL より抽出した。反力は上端・下端で大きくなるが、PBL ばね特性の弾性域に収まっていた。フランジ側、ウェブ側の PBL がそれぞれ分担する荷重は、PBL のばね反力を合計すれば求めることができ、圧縮フランジの PBL 分担力を N_{FLG} 、圧縮側ウェブの PBL 分担力を N_{WEB} とすれば、以下のように求まる。

$$N_{FLG} = \Sigma (\text{圧縮フランジ PBL のばね反力}) = 28,561.7(\text{kN})$$

$$N_{WEB} = \Sigma (\text{圧縮ウェブ PBL のばね反力}) = 16,236.0(\text{kN})$$

4. まとめ

鋼製柱部材の作用力は、接合部で PBL（フランジ側、ウェブ側）とダイヤフラムに分担されることから、次のように表現できる。

$$P_C = N_{FLG} + N_{WEB} + N_{DIA}$$

P_C : 鋼製柱部材に作用する圧縮軸力 ($P_C = 56,114.7\text{kN}$)

N_{FLG} , N_{WEB} , N_{DIA} : フランジ側 PBL, ウェブ側 PBL, ダイヤフラムが各々分担する荷重

N_{FLG} , N_{WEB} は解析によるばね反力により算出されていることから、ダイヤフラムが分担する支圧力は $N_{DIA} = 11,317.0(\text{kN})$ と求まる。フランジ、ウェブ、ダイヤフラムの分担荷重を、手引き¹⁾に従って求めた設計計算値と比較すると表-2 のようになる。FEM 解析より求めた分担比率のうち、圧縮フランジの PBL とダイヤフラムの分担荷重の比をとると $N_{FLG} : N_{DIA} = 72 : 28$ となり、これは手引きに示されている分担比率 ($N_{FLG} : N_{DIA} = 70 : 30$) に近い結果となっている。本結果から、ウェブ側の PBL も少なからず荷重の分担をしており、設計法を見直すことで PBL の枚数や板厚の減少などの接合部構造の合理化が可能になると考えられる。

参考文献

- 1) 阪神高速道路(株): 鋼・コンクリート複合橋脚設計手引き, 2008.
- 2) 安田 扶律, 志村 敦, 長澤 光弥: 油小路線における鋼-コンクリート複合構造の検討, 阪神高速道路公団技報, 第 22 号, 2005.

表-1 荷重条件

軸力N (kN)	橋軸方向	直角方向
	曲げモーメントM (kN・m)	曲げモーメントM (kN・m)
20,469	113,304	209,079

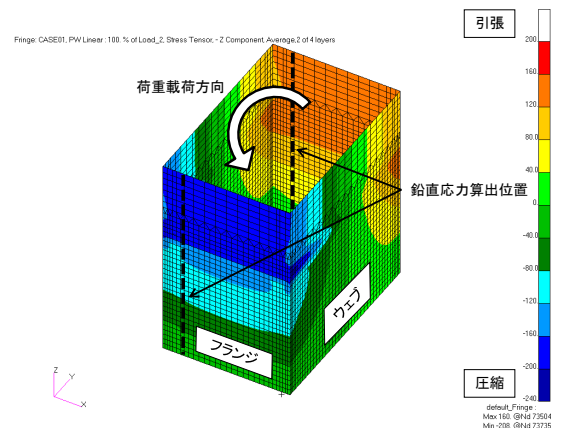


図-4 鋼製部鉛直方向応力コンター図

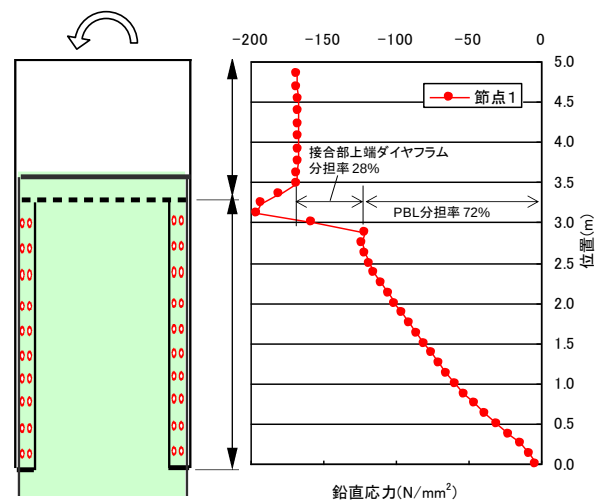


図-5 鋼製部鉛直方向応力分布

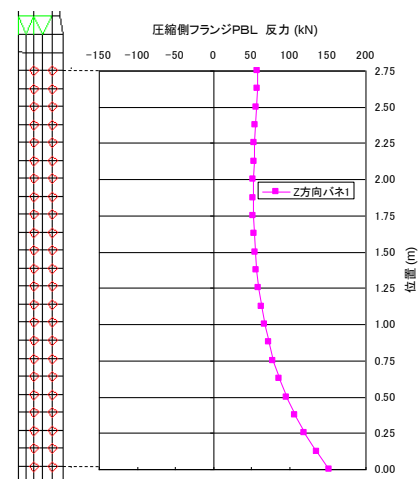


図-6 PBL 鉛直方向ばね反力分布

表-2 手引き設計計算値と FEM 解析値の比較

	$N_{FLG}(\text{kN})$	$N_{WEB}(\text{kN})$	$N_{DIA}(\text{kN})$	$N_{FLG} : N_{WEB} : N_{DIA}$
手引き設計計算値	35,389.1	0.0	15,166.7	70 : 0 : 30
FEM解析結果	28,561.7	16,236.0	11,317.0	51 : 29 : 20

※FEM解析結果の分担比率のうち、フランジとダイヤフラム
のみの比率をとると、 $N_{FLG} : N_{DIA} = 72 : 28$