

I-13 複合門型ラーメン橋脚の設計

国土交通省 四国地方整備局 法人会員 和田 雅和*
 (株)長大 高松支店 福永 昭彦**
 (株)長大 高松支店 正会員 ○河上 守**

1. はじめに

東大洲高架橋は、一般国道 56 号大洲道路に計画される橋梁であり、大洲 I.C～大洲北 I.C 間をバイパスする設計速度 80km/h の自動車専用道路である。本橋は側道を跨ぐ曲線線形を有することから、跨道部橋脚形式を門型橋脚とする必要があり、その構造形式比較の結果、複合門型ラーメン橋脚を採用した。本報告は、横梁を鋼製、柱を RC 構造とした複合門型ラーメン橋脚の構造検討に関するものである。検討内容は、鋼横梁と RC 柱との接合部における応力伝達機構の検討および非線形静的解析・非線形動的解析による地震時変形性能の照査に関するものである。

2. 複合門型ラーメン橋脚の設計

(1) 接合部構造

複合門型ラーメン橋脚を図-1に示す。複合門型ラーメン橋脚における接合部構造は、鋼製横梁の断面力(曲げ、軸力、せん断)を確実に接合部材を介して RC 橋脚柱に伝達できる構造とし、且つ当橋脚の構造特性に適した接合構造の選定を行う必要がある。採用接合構造形式は、既往実績および保耐レベルの地震動において、接合部下フランジに引張力が発生するなどの理由により、貫通鉄筋定着を併用した鋼製柱埋込み形式を採用した。図-2にその構造概要を示す。

(2) 接合部の設計

接合部の応力伝達は、隅角部応力が鋼製柱に溶接されたスタッドジベル(φ22×150)を介して、橋脚コンクリートおよび鉄筋に伝達することから、鋼製柱内部にも補助鉄筋を配置することとした。なお、鋼製柱内補助鉄筋は、設計上において期待しないものとした。以下に示す設計方針にて接合部の設計を行った。

- 1) 隅角部は鋼構造としての隅角部設計による。
- 2) 複合構造としての設計断面は、①-①断面に着目する。
- 3) ①-①断面での断面力が鋼製梁からスムーズに RC 橋脚に伝達されるよう、スタッドジベルを配置する。
- 4) スタッドジベルは埋込み鋼製柱フランジ面に配置し、 S_v を受け持つと考える。
- 5) ①-①断面は荷重ケースにより圧縮・引張力が作用するが、これらは RC 断面にて受け持つものとする。
- 6) ①-①断面に作用するせん断力 S に対してスタッドジベルを配置する。
- 7) 引張力が作用するフランジ面のスタッドジベルは外面設置のみを有効とする。
- 8) ラーメン面外方向に

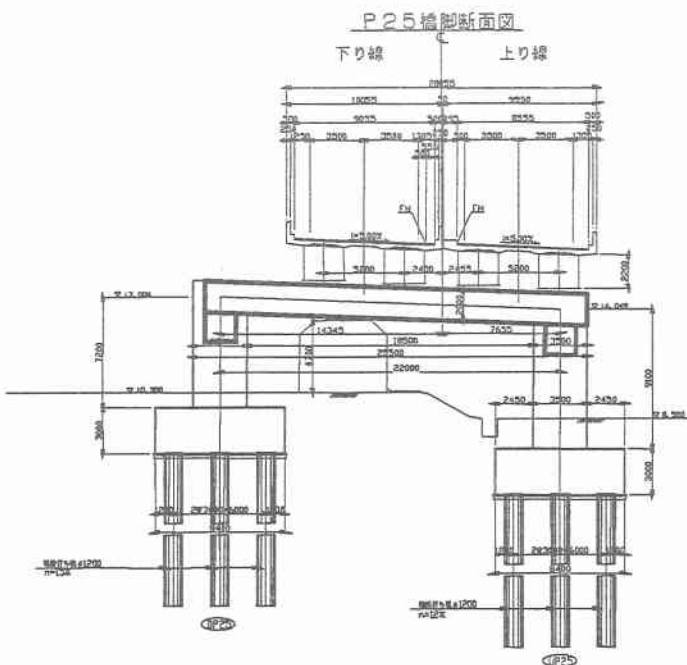


図-1 断面図

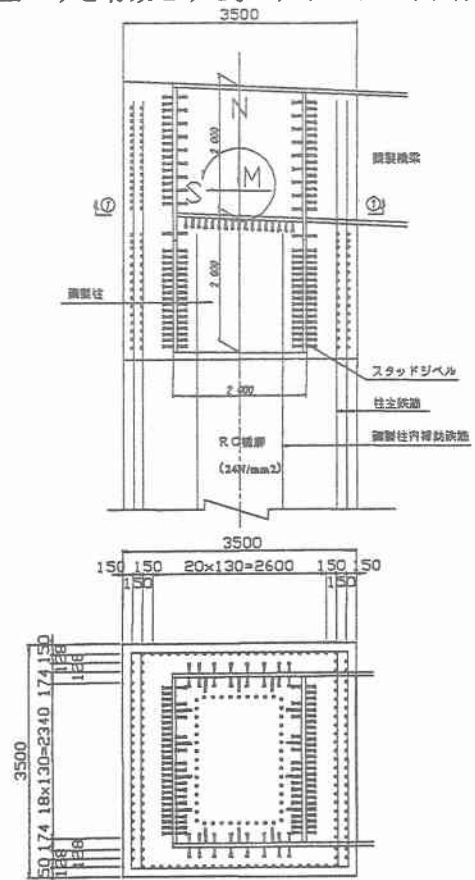


図-2 接合部構造概要

Key Word : ラーメン橋脚、複合構造、接合部

* 〒795-8512 愛媛県大洲市中村字長畑 210

** 〒760-0017 香川県高松市番町 3-3-17-6 階

Tel.0893-24-5185 Fax.0893-23-5906

Tel.087-831-2602 Fax.087-831-2668

は、最大間隔でスタッドジベルを配置する。9) 埋込み鋼製柱は RC 柱内に主鉄筋の定着長程度埋込むものとする。

複合構造接合部（隅角部）にあたる RC 柱柱頭部は、鋼製横梁同様、常時荷重において繰り返し荷重を受ける箇所であることからその使用限界状態にも配慮し、各設計断面力による照査に加え、ひび割れ幅に対する制限値を設け柱配筋の決定を行った。ひび割れ幅の制限値としては、「コンクリート標準示方書 設計編 7.4」¹⁾に準じ、 $0.005c$ ($c:100\text{mm}$) 以下となることとした。その結果、ラーメン面内方向において D51-2 段配筋が必要となった。

3. 耐震設計

(1) 非線形静的解析

本橋脚は前述したように、複合構造接合部（隅角部）がスタッドジベルを介した鋼製柱で一体化されており、その変形性能や動的耐力は十分解明されていない。よって、この不確定要素を考慮し、接合部剛性を 0（ピン結合） $\sim \infty$ （剛結合）に変化させても、漸増水平荷重によって生じる終局状態は柱基部のみとなるような断面諸元を求め、複合門型ラーメン橋脚の耐震安全性を確保した。図-3 にその解析モデル概要を示す。

ラーメン面内の柱形状および配筋は、死・活荷重状態における柱頭部のひび割れ幅の制御により決定されたため、等価水平震度下において柱部材は弾性域（ひび割れは超える）に留まる結果となった。また、鋼製横梁においても、常時荷重で決定した断面にて降伏応力以下となった。

(2) 非線形動的解析

非線形動的解析は、橋脚の非線形性を直接非線形履歴モデルに取り込んだ時刻歴応答解析法を用いた。積分法は Newmark- β 法 ($\beta=1/4$) とし、構造減衰はレーリー減衰を用いた。解析モデルは、非線形静的解析と同様、下部工を 1 基ずつ抽出したモデルにて行い、最終的に橋梁全体系モデルでの照査も実施した。安全性の照査は、地震動タイプ I・タイプ II それぞれの標準波形 3 波（Ⅲ種地盤）の入力地震動を用いた時刻歴応答解析応答値の 3 波平均値にてその安全性を照査した。照査の結果、静的解析結果同様柱部材を含むすべての部材の応答値が弾性域内となる結果を得た。タイプ II の 3 波平均最大応答曲げモーメント図を図-4 に示す。

4. 接合部 FEM 解析

本接合方法の特徴は、隅角部断面力を鋼製柱およびスタッドジベルを介して RC 橋脚に伝達させるものである。よって、その妥当性を確認するため FEM 解析を行ない検証を行なった。（図-5 にモデル図を示す。）検討ケースは、スタッドの非線形なずれ性状を表わした非線形せん断バネ²⁾を考慮したモデルにより、以下の 2 項目を目的とした検討を行なった。検討の結果、設計上考慮していない鋼製柱の抵抗が大きく、柱鉄筋の応力は 40% 程度小さくなる結果を得た。またタイプ II 地震動時においてもスタッドの健全性が確認できた。

<接合部の不確定性を考慮した解析モデル>

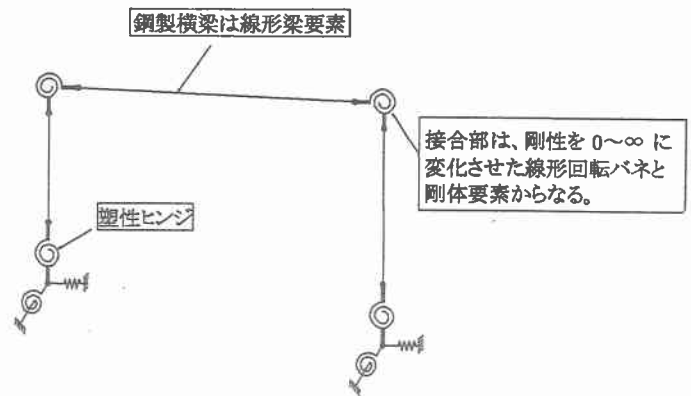


図-3 プッシュオーバー解析モデル

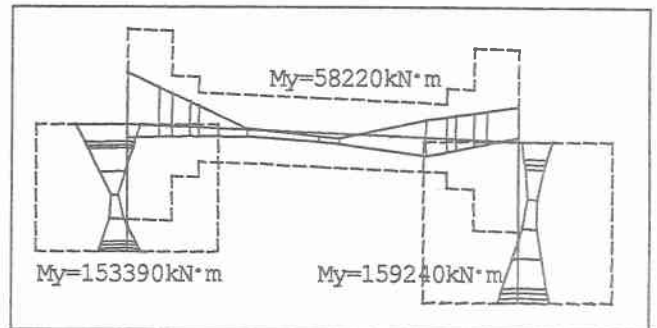


図-4 曲げモーメント図（動的解析）

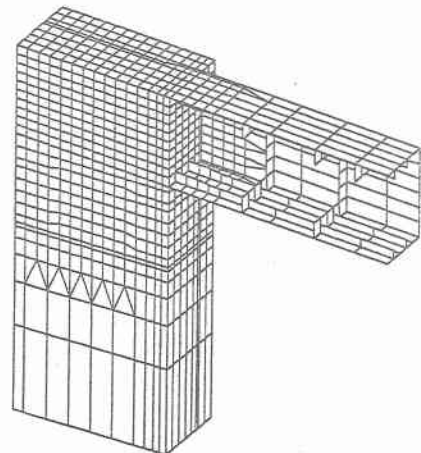


図-5 FEM 解析モデル図

- 1) 死+活荷重時における柱部材への応力伝達
- 2) タイプ II 地震動時におけるスタッドの健全性

5. おわりに

コスト縮減が要求された構造形式として本複合門型ラーメン橋脚を提案し実施設計を行ったが、その構造には以下の問題点があり、今後の課題としたい。

- ① 実績が少なく、その接合部の変形性能や動的耐力が十分解明されていない。
- ② 柱主鉄筋施工にかなりの精度を要する。
- ③ 隅角部架設においても、精度が要求され、且つ複雑な架設となる。

【参考文献】1) 社団法人 土木学会：コンクリート標準示方書 設計編、1996. 2) 社団法人 日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究の現状、1996.11.