

鉛直にプレストレスを導入したPC橋脚の設計・施工

- 一宮IC高架橋 -

名古屋支店 土木技術部 武村浩志
 名古屋支店 土木工事第一部 南 英浩

1. はじめに

橋脚の耐震性能を改善し、被災後の橋梁の供用性能を高めることを目的に鉄筋コンクリート(以下、RC)橋脚の鉛直方向にプレストレスを導入したプレレストコンクリート(以下、PC)橋脚が研究・開発された。現在ではその設計手法は確立され、平成11年11月に(社)プレレストコンクリート技術協会から「プレレストコンクリート橋脚の耐震設計ガイドライン」(以下、ガイドライン)が刊行された。しかし施工実績はこれまでまだなかった。今回、わが国で初めて4径間連続鋼箱桁橋(図-1)を支持するRC橋脚のうちの1橋脚をPC構造に変更することとなった。発注当時はPA7からPA10が断面形状の等しいRC橋脚であったが、試験的施工という意味で、PA8のみをPC橋脚に設計変更した。

2. 工事概要

工事名称: 県道高速清洲一宮線一宮IC工区下部工事
 工事場所: 愛知県一宮市丹陽町九日市場一宮IC地内
 工事期間: 平成14年6月20日～平成14年11月30日
 発注者: 名古屋高速道路公社
 設計条件を表-1に示す。

表-1 設計条件

下部工形式	張り出し式橋脚
基礎工形式	場所打ち杭 1500
支承条件	反力分散支承
地域区分	A地域
重要度区分	B種の橋
地盤種別	種地盤
上部構造重量	7100 kN
コンクリート	ck = 35 N/mm ²
鉄筋	SD345
P C鋼材	SWPR7B 12S12.7

3. PC橋脚の最適断面

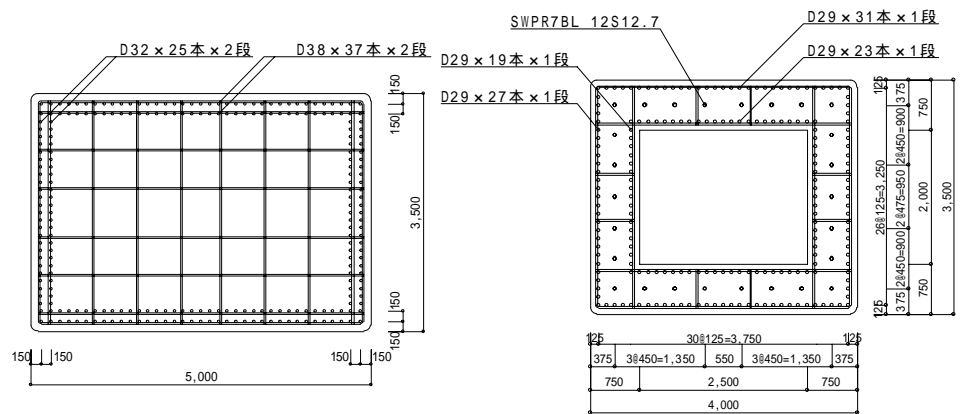
RC橋脚をPC橋脚に変更するに際し、検討すべきパラメータは断面寸法、鉄筋量、PC鋼材量、導入緊張力など数多く存在する。PC橋脚の最適断面諸元を決定するために、数種類のケーススタディを行い、下記の事項が明らかになった。

- 曲げ耐力はRC橋脚と同程度であること
- プレストレスによる軸圧縮応力は2～4N/mm²であること
- PC鋼材と鉄筋の耐力分担率は0.5程度であること
- 降伏剛性はRC橋脚と同程度であること

図-2は、以上の条件を満たすPC橋脚断面と変更前のRC橋脚断面の比較図である。PC橋脚の断面積および配筋量はRC橋脚のそれに比べ、それぞれ約半分に低減された。

4. 地震時保有水平耐力法における照査

設計はまずガイドラインに従い、地震時保有水平耐力法の照査を行った。その手順は、固有周期および設計水平震度の算出、慣性力作用位置における水平力～水平変位の算出、破壊形態



RC 橋脚

PC 橋脚

図-2 断面比較図

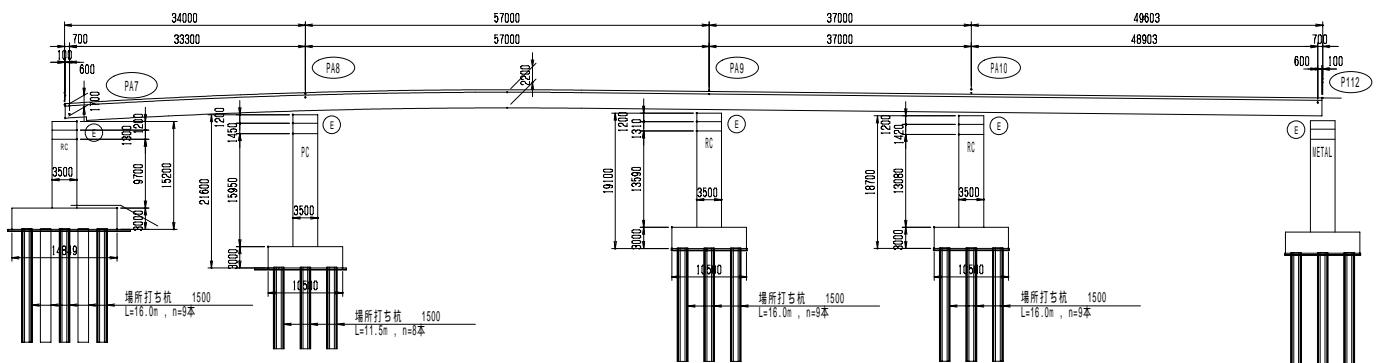


図-1 橋梁一般図

の判定、最後に地震時保有水平耐力の検討である。その結果、すべてのケースにおいて等価水平力が地震時保有水平耐力以下であり、PC橋脚の安全性が確認された。

5. 非線形動的解析における照査

地震時保有水平耐力法による耐震設計結果の照査という位置づけで、非線形動的解析による耐震設計を行った。橋脚のモデル化は、塑性ヒンジ部に曲げモーメントと回転角の関係を非線形としたトリリニア型の非線形回転ばねを設け、その他の部材には曲げモーメントと曲率の関係を非線形としたトリリニア型の非線形梁要素を設定した。また、その非線形履歴モデルとして、PA8のPC橋脚には原点指向型モデルを、その他のRC橋脚には武田モデルをそれぞれ用いた。照査は、塑性回転角、せん断力、および残留変位に対し行われ、すべてのケースにおいて許容値を満足しており、PC橋脚の安全性が確認された。

6. 正負交番載荷実験

初めての実施工に当たり、実橋脚の1/4モデルを製作し、その載荷実験を行うことにより、設計手法の検証を行った。実験に用いられた供試体の断面は、外寸法1000mm×875mmの中空形状で、橋脚基部から慣性力の作用位置までの距離は4000mmである。加力は、水平および鉛直ジャッキにより2方向から静的に行われた。載荷方法は漸増型正負交番載荷とし、同一振幅に対する載荷繰り返し回数は3回とした。

実験より得られた載荷点における水平荷重と水平変位の関係を図-3に示す。道示耐震設計編によると、計算より求まる終局変位はかぶりコンクリートが剥落し始める点とほぼ一致すると記述されており、今回の実験では計算値より求まる終局変位に相当する供試体の変位より30mm程度遅れてかぶりコンクリートが剥落し始めた。よって、そのかぶりコンクリート剥落点より小さい計算値を終局変位とし、そこから安全率を考慮して行った今回の設計手法は適切であることが検証された。以上のことから、供試体と同様に「ガイドライン」に基づき設計が行われた実橋脚においても、地震時はほぼ計算値通りもしくは安全側の荷重と水平変位の関係を示すことが立証された。

7. 施工

本橋脚の断面には12S12.7のPC鋼材が26本配置されるが、これらは梁部で定着され、フーチング内ではU形状に配置される。よってフーチング内のシースは、U型に加工された13本のSTK鋼管を使用した。柱部の施工は1ロットの高さ3.6mで5回に分けて行われた。コンクリートがPC鋼材定着面である梁部中間まで打設された後、シースにPC鋼材を挿入するが、橋脚高が21m以上もあるため、PC鋼材挿入に先立って先行ワイヤーを挿入する必要があった。通常よく用いられる7mm程度のPC鋼線では剛性が小さく、上まで上がってこないことが予想されたため、本施工においては1S12.7のPC鋼線を採用した。先行ワイヤーを挿入した後、これをガイドとして12S12.7のPC鋼材のウィンチによる挿入、巻き上げを行った。緊張作業は両引きにて行った。なお、導入緊張力はガイドラインに規定されている通り0.5Py(Py:降伏点荷重)とした。グラウトを橋脚最下端より注入するため、

高低差が18m以上もある。そこで、グラウトを確実に充填するために、橋脚部の途中に5.5mごとの中間排気孔を設けた。

8. まとめ

以上、設計変更、実験による検証および施工検討を経て、写真-1に示すように、無事本橋脚の施工を終了することができた。今回は、RC橋脚からの変更であったが、本来のPC橋脚の採用領域は、経済性の面からRC橋脚ではなく鋼製橋脚と競合する領域であると思われる。これまで、RC橋脚での計画が難しい場合、その代替案は鋼製橋脚であったが、その選択肢に鋼製橋脚よりも大幅に廉価にできるPC橋脚があらたに加わった。今後、このPC橋脚の採用が増えることが望まれる。本稿がその採用にあたっての参考資料になれば幸いである。

Key words: PC橋脚, 地震時保有水平耐力法, 非線形動的解析, 正負交番載荷実験

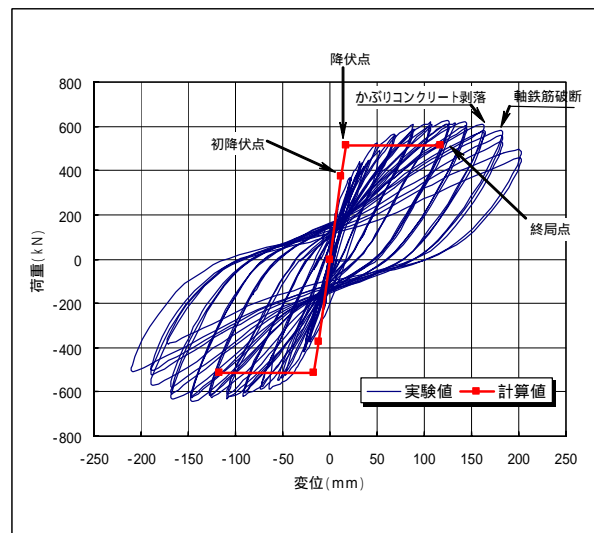


図-3 荷重～変位曲線



写真-1 施工完了状況