

## S 字曲線を有する PC3 径間連続ラーメン橋の設計

大日本コンサルタント株式会社 正会員 ○田邨 拓海  
大日本コンサルタント株式会社 非会員 小橋 朋和 日野 秀幸 清水 隆裕

## 1. はじめに

平成 28 年の熊本地震による被害より、橋梁位置の選定は斜面崩壊や断層変位の影響を受けない位置に計画する必要がある。地質調査の結果から対象橋梁の P1 橋脚は地すべり地帯が干渉することが分かったため、地すべり地帯を避ける S 字の線形に見直された。本稿では S 字の線形を有する PC ラーメン橋の設計成果、および大口径深礎を有する橋脚主鉄筋に高強度鉄筋を使用したため、躯体接合部の内部補強鉄筋量を FEM 解析を用いて照査を行った結果を報告する。

## 2. 対象橋梁概要

対象橋梁の概要図および設計基本条件を表 1 および図 1 に示す。道路線形は P1 橋脚付近の地すべり地帯を避けるために、右カーブから左カーブへと移り変わる S 字曲線の線形に設定された。

架橋位置は表層近くに硬質な岩が分布しており、各下部工は傾斜面状に位置していることから A1 橋台および A2 橋台は組杭深礎基礎、P1 橋脚および P2 橋脚は大口径深礎を採用した。

## 3. 細部事項検討

## (1) 下部構造

柱主鉄筋に SD345 を使用した場合と SD490 を使用した場合の P1 橋脚および P2 橋脚の柱断面形状を表 2 に示す。

計算で成立する柱形状を算出するにあたり、橋軸直角方向幅の上限値は上部工幅員を超えない 5.5m とした。その結果、SD345 で成立する形状は P2 橋脚を橋軸方向に 8.5m とする必要があり、高強度鉄筋を使用した場合に比明らかに経済性に劣るため、橋脚の主鉄筋は SD490 を使用する。

## (2) 基礎構造

P1 橋脚および P2 橋脚の大口径深礎は、斜面上に位置しているおり、施工時の掘削量を減らすため、深礎径は柱主鉄筋のフック定着と基礎の主鉄筋が干渉しない最小径のそれぞれ  $\phi 9000$ 、 $\phi 9500$  とした。また、P1 橋脚についてはオープン掘削とした場合掘削範囲が広範囲となることから土留め工法に竹割構造を採用した。

基礎接合部は橋脚躯体に先んじて破壊が生じないように敵鉄に内部補強筋を配置する。今回、橋脚形状を合理的な形

表 1 設計基本条件

橋長	242.0m	
支間長	58.8m+112.0m+68.8m	
幅員構成	総幅員	6.2m~7.843m
	有効幅員	5.0m~6.641m
線形条件	平面線形	R= $\infty$ ~A=80~R=160~ A=80~R=160~A=80
	縦断線形	i=4.6% $\searrow$
	横断線形	i=1.5% $\searrow$ ~i=3.0% $\searrow$ ~ i=3.0% $\swarrow$ ~i=1.661% $\swarrow$
	斜角	A1, A2 : 90° 00' 00"
地盤種別	I 種地盤	

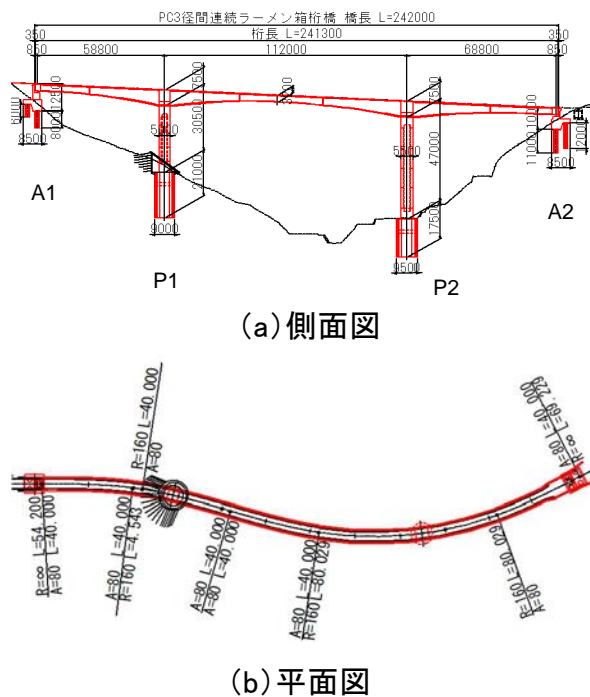


図 1 概略図

表 2 柱形状

	P1 橋脚	P2 橋脚
SD345	軸 5.5m×直 5.5m	軸 8.5m×直 5.5m
SD490	軸 5.0m×直 5.0m	軸 5.5m×直 5.5m

キーワード PC ラーメン橋, 山岳橋梁, 橋梁詳細設計, 深礎杭, 2次元 FEM 解析

連絡先 住所: 〒451-0045 名古屋市西区名駅 2-27-8 名古屋プライムセントラルタワー 18F TEL: 052-581-8994

状とするため高強度鉄筋 SD490 を使用したことから、基礎接合部に大きな引抜き力が生じて躯体接合部が先んじて破壊されないことを担保するために、FEM 解析を行い、材料の非線形性を考慮して照査を行った。

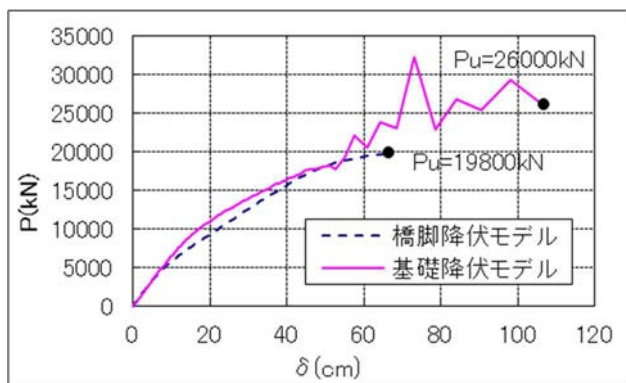
### (3) FEM 解析による内部補強鉄筋量の照査

躯体接合部の内部補強鉄筋量は、柱主鉄筋が SD345 の場合は躯体接合部に基礎断面積から柱断面積を除いた面積の 0.2% 配置すればよいことが分かっている。柱主鉄筋に SD490 を使用した場合に必要な内部補強鉄筋量を照査するために、上記の配筋量で橋脚が降伏するモデル①と基礎が降伏するモデル②の 2 種類のモデルに静的荷重を載荷し続けた際の耐力を比較して、②の耐力が①の耐力を上回ることを FEM 解析により確認する。①の耐力が②の耐力を上回って場合、耐力が逆転する内部補強鉄筋量をトライエラーで算出する。検証は橋軸方向および橋軸直角方向の 2 方向で実施する。

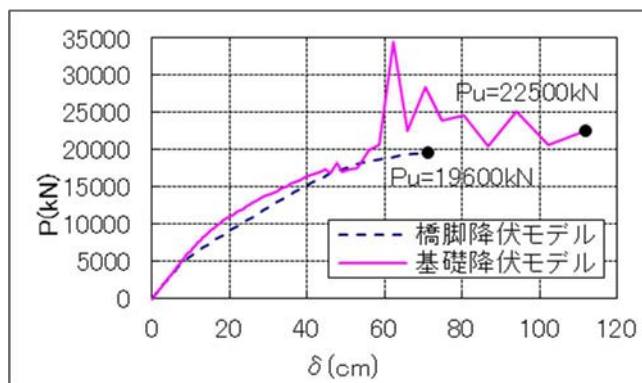
①橋脚降伏モデル・・・橋脚：非線形 RC 要素基礎：弾性要素

②基礎降伏モデル・・・橋脚：弾性要素基礎：非線形 RC 要素

検証の結果を図 2 に示す。橋軸方向および橋軸直角方向ともに 0.2% の内部補強鉄筋量の配置で基礎の耐力が橋脚の耐力を上回っている。これは、上部工幅員の制約から柱断面積が小さく、かつ橋脚高さが低い P1 橋脚においても橋脚高が 30.5m と比較的高いことから、相対的に基礎の耐力が十分高いためと考える。ここで、基礎降伏モデルにおいて曲線にばらつきがあるのは円形の基礎断面を等価な矩形断面でメッシュを作成したため、断面積の違いにより複雑な挙動となったためである。



(a)橋軸方向



(b)橋軸直角方向

図 2 P-δ 曲線 (P1 橋脚)

### (4) 負反力対策

活荷重による負反力照査結果を表 3 に示す。A1 橋台において、曲線の外側の支承に負反力が生じる結果となった。通常曲線橋であれば、曲線の内側に負反力が生じるが、対象橋梁は S 字曲線の線形を有しており、全体系としては曲線反転の影響により活荷重の負方向の影響範囲が広くなり、負反力が大きくなることが要因である。よって、A1 橋台においては、図 3 に示すように支点位置を内側にずらすことで負反力対策を講じた。

### 4. まとめ

本稿では S 字曲線を有するラーメン橋の設計として、大口径深礎との接合部の FEM 解析結果や S 字曲線による負反力の特徴を報告した。本稿の対象橋梁と類似した橋梁の設計の一助となれば幸いである。

### 5. 参考文献

1) 日本道路協会，斜面上の深礎基礎設計施工便覧，平成 24 年 4 月。

表 3 負反力照査結果 [kN]

負反力照査	A1 橋台		A2 橋台	
	左側支承	右側支承	左側支承	右側支承
$\alpha R_{L+R_D}$	-81.788	869.425	370.076	891.771

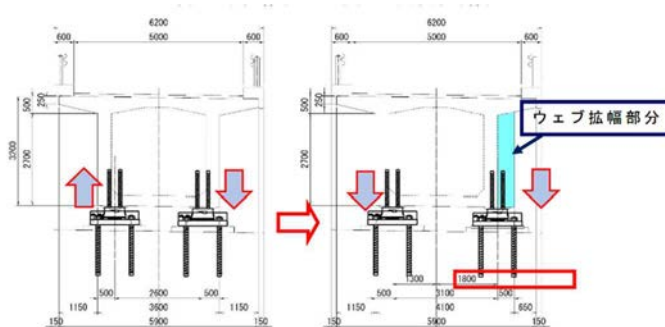


図 3 支点位置変更による負反力対策