

論文の内容の要旨

論文題目 高密度軸方向鉄筋群とスパイラル帯鉄筋により補強した
超じん性部材の開発と新橋りょうシステム

氏 名 大 庭 光 商

本論文は、長大橋梁において、主桁短縮により過剰な角変化を受ける吊材に、過去に前例の無いPC部材を用いた新たな構造形式となる3径間連続PCアーチ橋の実現、および駅構内の線路上空に人工地盤を構築する際、狭隘な空間で柱径に大幅な制約を受ける条件下において、従来の極厚鋼管柱等に代わる安価で耐震性能に優れるRC柱の構築を目的とした、高密度配筋鉄筋コンクリート円形柱の開発に関する研究についてまとめたものである。

著者は新たな構造形式の3径間連続PCアーチ橋を考案した。連続PCアーチ橋はアーチ部材を橋台・橋脚の下部工に剛結し、連続桁形式の主桁はPC吊材によりアーチ部材から支持するもので、連続桁橋としての優位性の他、主桁には軸引張力が入らないため桁断面の縮小化が可能で、あわせて下部工の簡素化も図られることから経済的な構造形式となる。

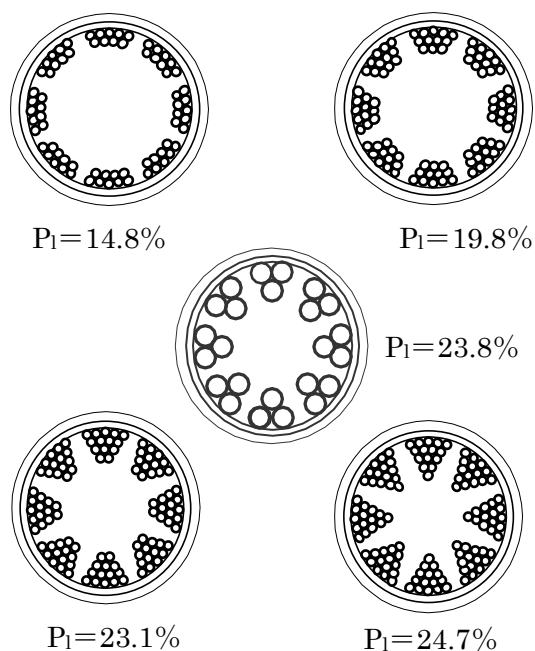
しかしながら、橋長180.4mの3径間連続の長大PC橋りょうでは、クリープ・乾燥収縮、温度変化等により桁端で最大170mm程度の桁短縮が生じる。主桁短縮により主桁、およびアーチ材の接合部において過剰な角変化を受けるPC吊材は、その後さらに列車荷重の繰返し载荷により軸力と曲げによる応力変動を受けることになる。

PC吊材を用いた新たな構造形式の3径間連続PCアーチ橋を実現するためには、主桁短縮により発生する過剰な角変化に対して追従可能なPC吊材の開発が課題となる。

一方、鉄道における駅構内の改良工事等で線路上空に人工地盤を構築する場合は、鉄道線路の建築限界内を避けて限られたスペース内に柱を建込むことが必要になり、この限られたスペースを活用するためには柱径に大幅な制約を受ける。この場合、従来の鉄筋コン

クリート構造の柱では、設計において現行基準である軸方向鉄筋比6%未満という制限を満足しなくなり適用できなくなる。このような場合の柱構造としては、極厚の鋼管を用いた鋼管柱や鋼管柱よりも鋼管厚を幾分薄くできるコンクリート充填鋼管柱（CFT柱）があり、一般的には経済性等からCFT柱が用いられている。しかしながら、極厚鋼管のCFT柱は、特注となることから経済性や材料入手に多大な日数を要する等、現実的には多くの制約を受けることになる。

以上の様な課題に対して、著者は安価で材料入手が容易な鉄筋コンクリートの柱構造に着目し、従来の鉄筋コンクリート柱の適用範囲を大幅に超える、柱断面積に対して最大で25%程度の量の軸方向鉄筋を高密度に配置し、これをスパイラル帯鉄筋で補強することで所要の曲げ耐力を確保した上で部材角1/10以上の格段に大きな変形性能を有する新たな鉄筋コンクリート柱（以下「高密度配筋RC円形柱」という）を考案し、開発を行った。



高密度配筋RC円形柱断面略図



配筋状況例(鉄筋比 23.1%)

本柱構造は設計基準を大幅に超過する軸方向鉄筋量を配置することになるため、軸方向鉄筋は多段に束ねて配置し、柱内部には充填性を考慮してモルタルを充填する。このような、高密度配筋RC円形柱の損傷形態、変形性能、および曲げ耐力等は不明であることから、最初に基本実験として、軸方向鉄筋比、せん断スパン比、曲げせん断耐力比、軸圧縮応力度を実験変数とした静的正負交番載荷実験を行った。

次に構造上、軸引張力が卓越する実橋の吊材では、高密度配筋RC円形柱にプレストレス力が導入されることから、実橋と同一寸法で応力状態を再現した試験体を用いて、実橋に

において使用時に作用する吊材の角変化量に相当する最大水平変位を与えた載荷実験、およびその後の列車荷重による繰返し載荷を想定し、鉛直・一方向水平繰返し載荷実験等を行い、高密度配筋 RC 円形柱の使用時の挙動と安全性を確認した。

基本実験の結果から、高密度軸方向鉄筋をスパイラル帯鉄筋で補強した高密度配筋 RC 円形柱は、所要の耐力が確保できると共にいずれの試験体も最大荷重以降に荷重が急激に低下することはなく、部材の回転角 $1/10$ 以上の格段に大きな変形性能を確保できることがわかった。

また、試験体の損傷形態は、軸方向鉄筋比、せん断スパン比、曲げせん断耐力比の違いによって異なることがわかり、損傷が柱基部に集中する曲げ破壊（柱基部）、損傷がフーチング表面部に集中する曲げ破壊（フーチング）、および軸方向鉄筋間のモルタルが粉碎し軸方向鉄筋の付着が切れる付着破壊の3タイプがあることを示した。

曲げ終局耐力に関しては、最大荷重時の損傷状況を考慮することで評価が可能であることを示し、曲げ破壊（柱基部）、および曲げ破壊（フーチング）となる試験体では、最大荷重時に剥落するかぶりモルタルを無視して曲げ終局耐力を算定する。付着破壊となる試験体では、最大荷重時においてかぶりモルタルの剥落と軸方向鉄筋の周囲のモルタルが損傷することから、断面内の充填モルタルを計算において全て無視し、軸方向鉄筋のみにより平面保持を仮定し、圧縮鉄筋、引張鉄筋、および軸力との力の釣合により中立軸を求めることで曲げ耐力が算定できることを示した。

次に実橋の吊材を模擬した実験では、部材の回転角 $1/25$ 程度の水平変位を与えた時に柱基部のかぶりモルタルは圧壊して剥落するが、その後、継続実施した鉛直繰返し載荷実験、一方向水平繰返し載荷実験では、損傷の進展や軸方向鉄筋ひずみの顕著な増加はみられず、安定した挙動を示すことが確認できた。また、同じ試験体を用いた水平交番載荷実験の結果では、試験装置の限界である部材の回転角 $1/6.7$ まで曲げ耐力が低下することなく、格段に大きな変形性能を有することがわかった。

以上の研究成果が得られたことから、高密度配筋 RC 円形柱にプレストレスを導入した PC 吊材の実用化が可能となり、過剰な変形に対して追従可能で経済性と維持管理等に優れる3径間連続 PC アーチ橋という新たな橋りょうシステムが完成した。本橋は河川改修事業で改築した鉄道橋に採用し、開業後既に7年経過しているが、何の問題もなく供用できている。

また、本研究で開発した高密度配筋 RC 円形柱は、柱径に大幅な制約を受ける条件下において、高密度に配置した軸方向鉄筋が所要の曲げ耐力を確保し、大変形時においても圧縮領域を安定的に確保し続けるため、最大荷重以降も荷重が急激に低下することなく、部材の回転角 $1/10$ 以上の格段に大きな変形性能を有する従来にはない超じん性部材で、これを用いることで新たな可能性を拓く画期的な構造である。