無筋コンクリート橋脚の打継目性状に関する基礎的検討

西日本旅客鉄道株式会社　　正会員　○坂岡和寛　土井達也
株式会社レールテック　正会員　大江崇元

１．はじめに

無筋コンクリート橋脚（以下無筋橋脚）におけるこれまでの地震による被災例では，図 1[1)]に示すように打継目での目違いや打継目下部コンクリートの剥落が生じているが，打継目の性状や地震時の挙動や破壊メカニズムについては明らかとなっていない．一方，無筋橋脚の耐震補強では河積阻害率の点から巻立て補強は困難な場合が多く，無筋橋脚の地震対策を進めるうえで，打継目の性状把握は急務となっている．そこで，実構造物より採取したコアを用いて，粗度測定・圧縮強度試験・１面せん断試験等を行い，打継目の性状を確認した．

図 1 JR 飯山線魚野川橋梁

２．対象橋脚及び試験内容

対象とする橋脚は，紀勢線に存在する３基の無筋橋脚とした．昭和 10 年ごろに施工された経年約 80 年の橋脚である．1 橋脚あたり 5 箇所からコアを採取し，そのうち 3 箇所の打継目のコアを用いて，打継目状況・中性化進行状況・粗度・一面せん断試験による打継目の付着強度等を測定した．また打継目の上部，下部でもそれぞれコアを採取し圧縮強度試験を行った．

３．現地状況及び打継目コア状況

無筋橋脚の現地状況を図 2 に示す．無筋橋脚の打継目位置は，エフロレッセンスの析出が生じている橋脚もあり，現地で容易に判別できた．打継目コアの状況を図 3～4 に示す．打継目は一体化されておらず，コア採取時や採取後の軽い衝撃で割れた．打継目は中性化が進行していることから，以前から密着していないことが確認できた．打継目の上部，下部での圧縮強度は，上側 24.6～39.4N/mm^2，下側 23.9～33.5N/mm^2 で，比較的高い強度を有し，打継目の上下部で強度差が小さいことからブリーディングの影響は小さいと考えられる．

図 2 無筋橋脚現地状況

４．打継目の状況

打継目の状況は，橋脚ごとや，位置により粗さが大きく異なることが想定された．そこで，表面粗さを定量的に評価するため，数値化を試みた．各橋脚で採取したコアのうち最も平滑な箇所を選んで試験体の作成・計測を行った．供試体はφ150mm，L=100mm とした．

形状の測定は型取りゲージを用いて行い，幅 150mm の供試体に対して 3 測線を計測した．測定ピッチは 1mm 間隔で，0.5mm の精度で読み取った．読み取った結果より，各測線ごとに最小二乗法により基準線を設定し，基準線と測定点の差を算出した．指標は，基準線と測定点との差の最大値及び標準偏差とした．A 橋脚，B 橋脚の供試体写真及び形状測定結果を図 3～4 に示す．

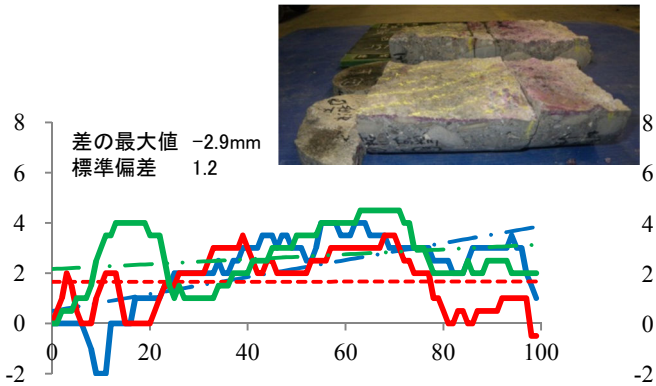

図 3 供試体写真及び形状測定結果（A 橋脚）

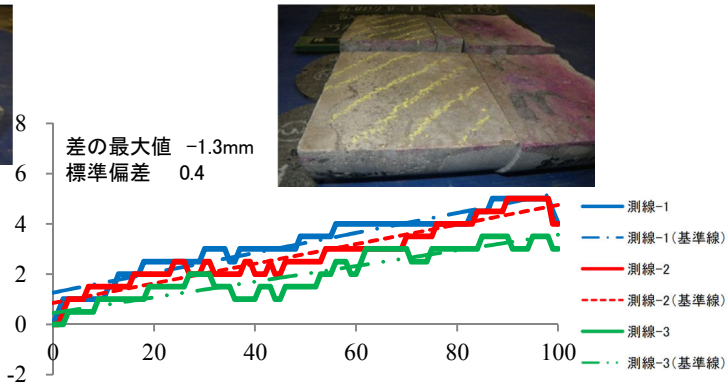

図 4 供試体写真及び形状測定結果（B 橋脚）

キーワード　無筋コンクリート橋脚，打継目，地震
連絡先　　〒532-0011　大阪市淀川区西中島 5－4－20　西日本旅客鉄道株式会社　構造技術室

５．一面せん断試験

鉛直荷重を変化させて一面せん断試験を行った．最大水平力 P を読み取り，打継目に作用するせん断応力 τ を求める．また，打継目に作用する鉛直力 W から鉛直応力 σ を求める(図 5)．以上をグラフにプロットし，最小二乗法により直線近似して粘着力 c および摩擦角 ϕ を求める．

鉛直力 W は，0.5，1.3，2.2，3.0 kN（鉛直応力 σ は 0.03，0.09，0.15，0.20 N/mm^2）とした．実橋脚の打継目に作用している死荷重による鉛直応力は 0.1 N/mm^2 程度である．水平力の戴荷は，変位制御とし変位速度は 0.1 mm/min とした．水平力がピークを過ぎるまで載荷を行い，その結果最大変位は 1.0 mm 程度となった．

試験は，最も鉛直力が小さいケースから行い，試験の都度，打継目に損傷・変化がないか確認しながら，同じ供試体を用いて鉛直力を 4 ケース変化させて行った．試験終了後も打継目には目立った損傷・変化は見られなかった．

3 つの打継目コアのうち，最も平滑（差の最大値 1.3mm，標準偏差 0.4）な B 橋脚の打継目部の荷重変位曲線を図 6～7 に示す．初回に行った試験が図 6 に示す W = 0.5 kN のケースで，滑り始めに最大水平力 0.69 kN が生じ，その後 0.60 kN まで低下した．2 回目に行った W = 1.3 kN のケースでは明確なピークは発生せず，なだらかな形状となっている．

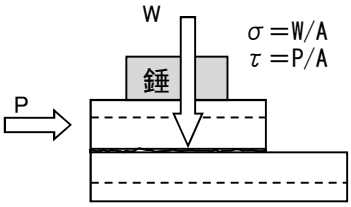

図 5 一面せん断試験のイメージ

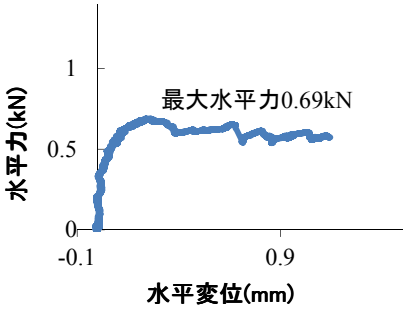

図 6 荷重変位曲線(B 橋脚 W=0.5kN)

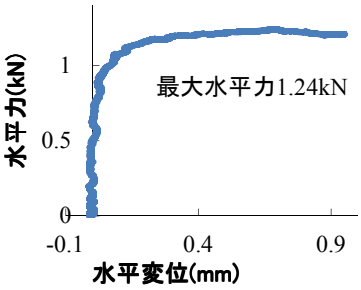

図 7 荷重変位曲線(B 橋脚 W=1.3kN)

橋脚 B の 4 ケースの試験結果をプロットしたグラフを図 8 に示す．最小二乗法により直線近似して，$\phi = 0.803$，c = 0.016 N/mm^2 となる式(1)が得られた．R^2=0.997 で非常に強い相関が得られた．

$$\tau = 0.803\,\sigma + 0.016 \qquad (1)$$

ここに，τ：打継目に作用する最大せん断応力 (N/mm^2)

σ：打継目に作用する鉛直応力 (N/mm^2)

他の供試体（差の最大値 2.0～2.9mm，標準偏差 0.8～1.2）については，鉛直力 W の 1.5 倍の水平力 P を作用させても滑動しなかった．

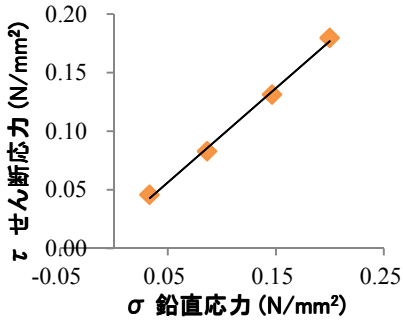

図8 一面せん断試験結果(B橋脚)

６．おわりに

対象とした無筋コンクリート橋脚の打継目性状について検討を行った結果，以下の結論が得られた．

1. 打継目コアの状況より，打継目は一体化されていない部分もあり，コア採取時や採取後の軽い衝撃で割れた．
2. 打継目粗度測定の結果，打継目の形状のバラツキは大きく，性状（一面せん断試験結果）に与える影響は大きい．
3. 採取した打継目部コアのうち最も平滑な供試体で一面せん断試験を行った結果，鉛直応力とせん断応力の関係式が得られた．その他の供試体では，鉛直荷重の 1.5 倍以上の水平力を作用させても滑動しない．

今後，得られた関係式から打継目の物性値を定め，地震時の橋脚の挙動を再現する解析を行う予定である．

本報告をまとめるにあたり，「持続可能な鉄道コンクリート構造物に関する検討委員会」((公社)日本材料学会)の委員各位より多数のご助言を賜りました．ここに深く感謝の意を表します．

参考文献

1) 九州工業大学災害調査団：平成１６年新潟県中越地震ー第二次被害調査速報版，
http://www.civil.kyutech.ac.jp/pub/kosa/ijikenHP/tyuuetujisin20041025.pdf