鋼棒挿入による無筋コンクリート橋脚打継部の耐震補強効果

(財)鉄道総合技術研究所　○正会員　徳永　光宏　　同　田所　敏弥　　同　谷村　幸裕
(株)ジェイアール総研エンジニアリング　　正会員　西村　昭彦　　星　秀朋
高周波熱錬(株)　　村田　義行　　(株)熊谷組　　正会員　大本　晋士郎

1. はじめに

無筋コンクリート橋脚では，地震時にく体の打継部にひび割れが発生し，一体性が損なわれることで，く体上部が水平方向に滑動する可能性がある．また，その場合には長期の復旧作業にともなう大きな経済的損失が懸念される．そこで，本研究では，無筋コンクリート橋脚を対象に，橋脚天端からの鋼棒挿入による打継目のずれ止めをおもな目的とした耐震補強工法に関する検討を行った．

2. 試験概要

図-1，**表-1** に試験体の諸元を示す．試験体は実大構造物の約 1/8 の縮小モデルとした．試験体のせん断面における伝達力は，交差する鋼棒に作用するせん断力と打継面の噛み合いおよび摩擦効果に依存する．そのため，試験体は，せん断面の作用を単純化することを目的として，打継面は塩ビシートで縁切りを行い摩擦抵抗の低減を図った．載荷は，鋼棒挿入による補強前後で行い，補強前については，鉛直荷重を 140，70，35kN として載荷を行った．また，鋼棒を挿入し，試験体を補強した状態では，鋼棒が降伏した部材角（R=1/200 変位 5.5mm）を基準に，その整数倍の部材角になる変位で正負交番 1 回繰返し載荷を行った．なお，軸力は標準的な鉄道のスルートラス桁の自重を想定し，0.2N/mm^2（140 kN）とした．

表-1　試験体諸元

部位	断面寸法 (mm)	せん断面の面積 A_c(mm^2)	せん断スパン La(mm)	コンクリート圧縮強度 f'_c(N/mm^2)	補強鋼棒 規格	補強鋼棒 降伏強度 f_{syd}(N/mm^2)	補強鋼棒 鉄筋比 p(%)
打継目上部	1400×500	70000	1100	30.1	SS400 φ13-3本	336.4	0.057
打継目下部	1700×500			28.6			

3. 試験結果

3.1 補強前

図-2 に荷重－変位の関係を示す．水平荷重は，打継目において，く体がずれ始めると，その後は水平変位が増大しても変化することはなかった．このことから，鉛直荷重が比較的小さな本試験の場合では，打継目のせん断伝達耐力は軸方向力 R と摩擦係数 μ の積として評価できると考えられ，試験結果から μ は 0.13 であった．なお，何れの鉛直荷重でも，打継目で目開きを生じず，試験体天端の水平変位は，打継目でのずれ変形が主であった．

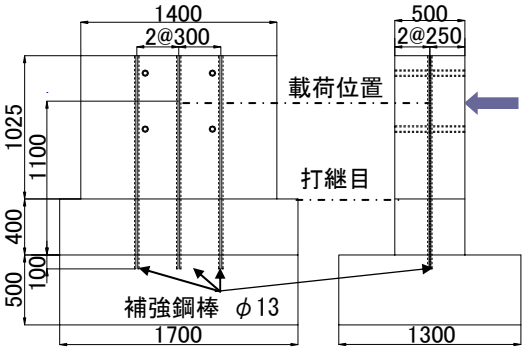


図-1　試験体図

3.2 補強後

水平荷重と打継目位置，載荷位置での水平変位との関係をそれぞれ**図-3** に示す．**図-3** から，打継目での水平変位の増加は鋼棒降伏に起因することが推測される．また，補強により水平耐力が大幅に増加することが確認できる．補強後の試験体では，鋼棒降伏によって剛性が大きく低下するが，荷重は低下せず降伏後も荷重が増加した．その後，載荷位置での水平変位が 16.5mm のとき最大荷重に達し，水平変位 22.0mm で打継目下部のコンクリートにひび割れが発生，水平変位 27.5mm で打継部前面の剥離が発生した．最大荷重に達した後は，打継部下部の損傷をとも

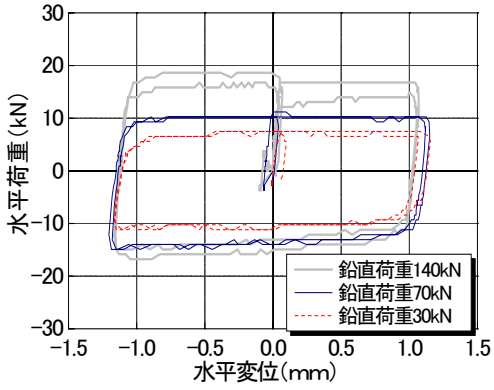


図-2　荷重－水平関係（鋼棒挿入前）

キーワード　耐震補強，無筋コンクリート，ずれ止め
連絡先　　〒185-8540　国分寺市光町 2-8-38　(財) 鉄道総合技術研究所　ＴＥＬ042-573-7281

ない，徐々に水平荷重が低下した．ただし，最大荷重以降においても，急激な荷重低下はみなれなかった．

また，載荷位置と打継目における水平変位を比較すると，両者が一致しないことがわかる．試験体の変形性状について，載荷位置における水平方向の変形は，打継目における水平変位（ずれ変形）による変形成分と打継目の目開きにともなう打継目上部のく体の回転による変形成分の和として算定できる可能性があると考えられる．そこで，鋼棒が降伏した部材角 R=1/200 前後での載荷位置での水平変位について，打継目におけるずれ変形と目開きから求めたく体上部の回転による水平変位との和の関係を**図-4** に示す．これにより，試験体の変形に関しては，鋼棒降伏まではずれ変形が支配的であり，鋼棒の降伏以降は，打継目における目開きにともなう回転による変形が増加することがわかる．このことから，打継目のずれ変形を抑えることによって，橋脚天端の変位を抑える効果が期待できると考えられる．

3.3 耐力の評価

試験によって得られた鋼棒が降伏した水平降伏耐力について，**式(1),(2)**に示すコンクリート標準示方書[1)]（以下，示方書）のせん断伝達耐力の算定式を用いて検討した．

$V_{cwd}=\beta_M \cdot V_{cwd,t}+V_{cwd,c}$　　**式(1)**

$V_{cwd,t}$，　$V_{cwd,c}$：せん断伝達耐力（引張側，圧縮側）

$\beta_M=4\ (1-M_d/M_y)$

M_d　：せん断面に作用する設計曲げモーメント

M_y　：引張側の最外縁軸方向鉄筋降伏時の曲げモーメント

また，$V_{cwd,t}$，$V_{cwd,c}$ は**式(2)**に従って引張側，圧縮側おのおのについて算出する．

$V_{cwd,t},\ V_{cwd,c}=\{(\tau_c+p\cdot\tau_s)A_c+V_k\}/\gamma_b$　　**式(2)**

$\tau_c=\mu\cdot f'^{\,b}_c\ (\alpha\cdot p\cdot f_{syd}-\sigma_{nd})^{1-b}$

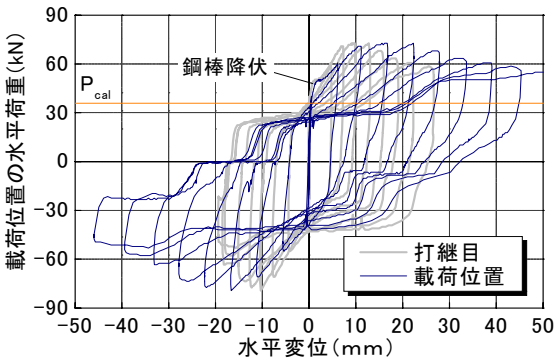
$\tau_s=0.08\,f_{syd}/\alpha$　（N/mm^2）

$\alpha=0.75\{1-10\ (p-1.7\,\sigma_{nd}/f_{syd})\}$　$(0.08\sqrt{3}\leqq\alpha\leqq0.75)$

σ_{nd}　：せん断面に垂直に生じる平均応力度（N/mm^2）

V_k　：せん断キーによるせん断耐力（N）

γ_b　：部材係数（=1.0）



P_{cal}：せん断伝達耐力の計算値（b=0.1）

図-3　荷重 - 変位関係（鋼棒挿入後）

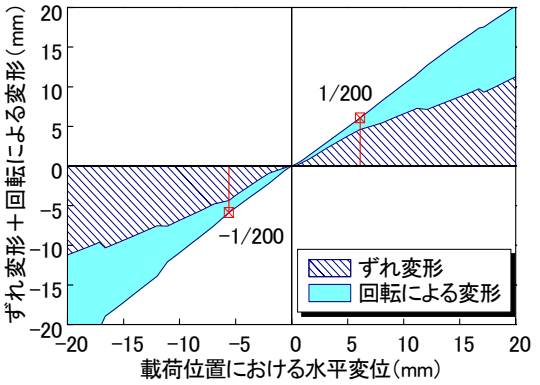


図-4　変形性状

ここで，平均摩擦係数 μ は鋼棒挿入前の試験から 0.13 とした．せん断面の面性状を表す係数 b については，示方書では，せん断面の状態によって目安値を規定しているが，本試験体ではせん断面を金ゴテで平滑に仕上げた後に塩ビシートを敷設しており，いずれも適当でないと考えられる．そこで，打継面（処理なし）の場合の目安値（b=2/5）より小さい b=0.1 として検討を行った．検討結果を**図-3** 中に併記する．**図-3** から，本試験体の水平降伏耐力は，係数 b を 0.1 に設定することにより，十分に安全側の評価が可能であった．また，実際の無筋コンクリート橋脚を補強する場合には，打継面の性状を適切に評価することで，水平降伏耐力を評価できると考えられる．

4. まとめ

本研究によって行った試験および検討の範囲内で，以下の知見が得られた。

・無筋コンクリート橋脚の水平耐力は，鋼棒挿入により打継目を補強することで打継目でのずれ変形が抑えられ，補強前に比べて大きく増加する．また，水平耐力に達した後も，急激な荷重低下がないことがわかった．

・鋼棒降伏時における水平力はせん断伝達耐力に関する算定式から評価できる可能性があることがわかった．ただし，実構造物の評価においては，対象構造物の打継目のせん断性状を適切に評価する必要が有る．

参考文献

1）2007 年制定コンクリート標準示方書（設計編），土木学会，2008.3