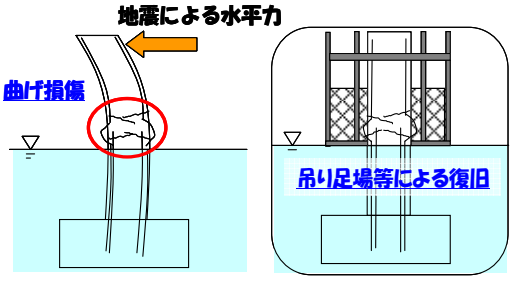
RC 橋脚のカットオフ点に内巻きスパイラル筋を用いた構造の実験

東日本旅客鉄道　正会員　○鷹野　秀明
東日本旅客鉄道　フェロー　小林　　薫

１．はじめに

RC 橋脚の設計では，基部で鉄筋量が決定され，上部にいくほど断面力が減少するので鉄筋量を減らした配筋構造が採用されてきた。このような橋脚では，近年の大地震時において鉄筋量が不連続となるカットオフ部で**写真**-1 のようにかぶりコンクリートが剥落し，損傷する場合が見られる。もし，河川や地中の橋脚基部で損傷した場合に，損傷の確認が難しく RC 橋脚の河川での復旧状況を想定すると仮締切りや施工時期の制約等による工期や費用の増大が懸念される。そこで，橋脚体中間部に損傷を誘導することによる復旧の合理化を目的として，カットオフ点に曲げ損傷を誘導してエネルギーを吸収させる構造を検討して，スパイラル筋を入れることを検討している。そうすれば，**図**-1 のように，カットオフ点付近で損傷させ比較的簡易な仮設設備による復旧で橋脚の早期復旧が期待できる。

写真−1 地震時RC橋脚損傷例



図−1 カットオフ部損傷の復旧例

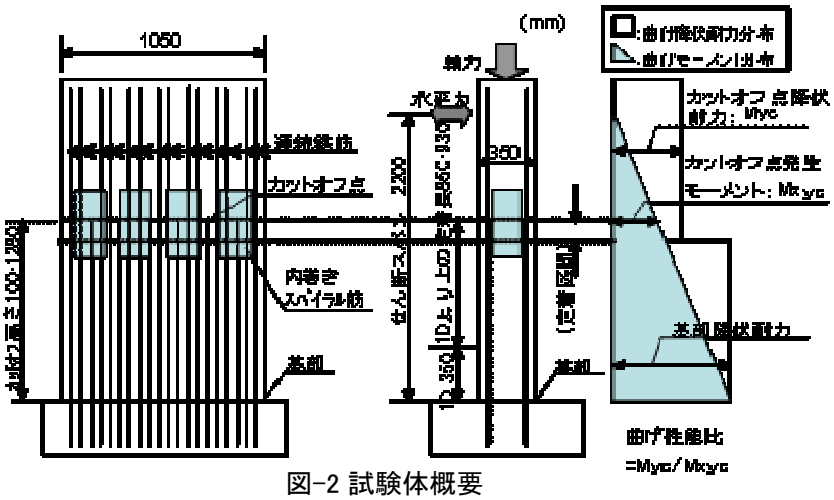
２．　実験概要

実験に用いた RC 橋脚模型の試験体諸元を**表**-1 に，試験体概要を**図**-2 に示す。試験体は，一般的な鉄道構造物の RC 橋脚を想定しており，断面寸法は約 1/3 の縮尺模型とし，主鉄筋がカットオフ点を有している。

試験体の交番載荷点を基部から 2200mm とし，軸方向鉄筋径は D10（φ）とした。1D（D：載荷方向の試験体断面高さ 350mm）位置よりの定着長は，十分な定着長を想定し基部からカットオフ点までを D-12 は 1D＋93φ とし，SS-3 は 1D＋85φ と設定し，主鉄筋の芯かぶりは 35mm とした。降伏体力による曲げ性能比 [1]は，基部が曲げ降伏耐力に達したとき，カットオフ部の曲げ降伏耐力(Myc)をカットオフ点に発生するモーメント（Mxyc）で除した値としている。内巻きスパイラル筋は図-2 に示すように，カットオフ点を中心に 1D（350mm）上下+10mm の 550mm とし，直径 180mm を 4 箇所設置している。D-12 は D6 を半円フックで 150mm ピッチに配置し，SS-3 のカットオフ点の帯鉄筋 6mm（丸鋼）は内巻きスパイラル筋の効果をより明確にするために，直角フックとして外れやすくしている。曲げ性能比は D-12 で 1.05 として，カットオフ点と基部の軸方向鉄筋をほぼ同時に降伏させるようにさせ，SS-3 では 0.75 としてカットオフ点で確実に降伏させるようにした。パラメータは，曲げ性能比及び内巻きスパイラル筋の有無とした。

試験体番号	カットオフ点高さ (mm)	内巻き螺旋筋 (Φ)	内巻き螺旋筋 ピッチ(mm)	軸方向鉄筋配置 種類	軸方向鉄筋配置 段落し部	軸方向鉄筋配置 基部	曲げ性能比 Myc/Mxyc	軸方向応力度 (MPa)
D-12	1280	−	−	−	D10×10本	D10×18本 ×2段	1.05	0.6
SS-3	1000	9.0	20.0	SR235	D10×13本	D10×24本 ×2段	0.75	0.6

表−1 試験体諸元



図−2 試験体概要

キーワード　RC 橋脚，内巻きスパイラル，曲げ性能比
連絡先　〒331-8513 埼玉県さいたま市北区日進町 2-479　JR 東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所　ＴＥＬ048-651-2552

実験は，**図**-2 に示す様に軸方向応力度 0.6MPa を作用させた状態で正負 1 回ずつ交番載荷し，段落し部で載荷方向最外縁の主鉄筋ひずみが降伏ひずみに達した時点の載荷位置に生じる変位を降伏変位 δy と定義し，この整数倍の変位 n ×δy(1,2,3…10δy 以降は,12,14,16δy)で順次変位振幅を増加させながら載荷した。

３．実験結果

3.1 破壊性状の比較

写真-2 と**写真**-3 に，D-12 と SS-3 の載荷方向に並行な橋脚面のひび割れ状況を示す。D-12 は内巻きスパイラル筋がなく，カットオフ点高さ 1280mm, 曲げ性能比が 1.05 である。カットオフ点の連続軸方向鉄筋が先行して降伏し，カットオフ点が塑性ヒンジとなり破壊に至っている。ひび割れは，80kN で高さ 350mm 付近にひび割れが入り，120kN でカットオフ点付近にひび割れが発生した。ひび割れはその後 50mm～400mm で集中的に発生し，147kN でカットオフ点の連続軸方向鉄筋が降伏に至った。降伏後は**写真**-2 にみるように，6δy でカットオフ点付近の圧縮側コンクリートが剥落し荷重が低下し，カットオフ点が塑性ヒンジとなり最後はカットオフ点付近が折れ曲がるように変形した。

写真-2 D-12の剥落状況

写真-3 SS-3の剥落状況

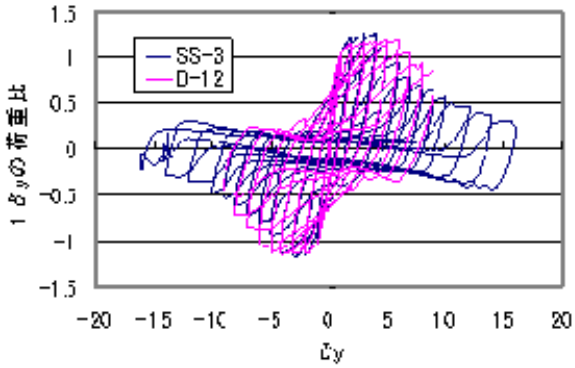


図-3 D-12とSS-3の荷重－変位曲線無次元化比較

SS-3 は内巻きスパイラル筋が φ9mm で直径 180mm の 20mm ピッチで 4 箇所に入っており，カットオフ点高さ 1000mm，曲げ性能比が 0.75 である。D-12 と同じくカットオフ点の連続軸方向鉄筋が先行して降伏し，カットオフ点領域が塑性ヒンジとなり破壊に至っている。ひび割れは，最初 90kN で高さ 450mm 付近に入り，続いて 105kN でカットオフ点付近にひび割れが発生し，155kN でカットオフ点の連続軸方向鉄筋が降伏に至った。降伏後は，カットオフ付近上下領域の位置でのひび割れが顕著であったが，コンクリート圧壊範囲が**写真**-2 と**写真**-3 を比較してわかるように，SS-3 の方が幅広く広範囲であった。

3.2 耐荷性状の比較

図-3 に，無次元化し D-12 と SS-3 の内巻きスパイラル筋の有無を比較した荷重－変位曲線（横軸：δy，縦軸：1δy の荷重比）を示す。内巻きスパイラル筋を有しない D-12 の方が 4δy まで荷重は低いが，5δy～9δy は逆に高い荷重となっていて 2δy～5δy ではほぼ同じ荷重を維持している。しかし，9δy 以降になると荷重が急落して実験を中止している。これに対して SS-3 は，5δy から荷重が落ち始め 9δy まで D-12 より低い荷重となっている。しかし，10δy 以降の大変形領域において荷重が急落することなく 16δy まで緩やかに荷重を維持して実験を終了している。

４．まとめ

今回の内巻きスパイラル筋の有無をパラメータとした交番載荷実験の範囲内で得られた結果は，以下のとおりである。

（１）曲げ性能比が 0.75 程度でカットオフ部に内巻きスパイラル筋を有する場合，10δy 以降の大変形領域において荷重が急落することなく緩やかに荷重を維持しているが，これは内巻きスパイラル筋内のコアコンクリートが変形性能の向上に寄与しているものと考えられる。

（２）カットオフ部に内巻きスパイラル筋を有する場合，カットオフ点での塑性ヒンジとなるコンクリートの圧破範囲が幅広くなるが，これは内巻きスパイラル筋の影響によりコンクリートが広範囲で曲げ耐力を負担しているように考えられる。

参考文献 1) 小林寿子，小林薫：段落し部を有する RC 橋脚の破壊性状に関する実験的検討，土木学会第 65 回年次講演会，V-101，pp.201-202，2010