桁座を模擬したコンクリートに埋め込まれた鋼角ストッパーの交番載荷実験

鉄道総合技術研究所　正会員　○岡本　大
フェロー会員　佐藤　勉
正会員　田所　敏弥
正会員　松枝　修平

１．はじめに

鋼角ストッパーは，地震時の水平力に対して桁の移動を制限する装置であり，角型鋼管の内部にコンクリートを充填し，図 1 に示すように橋脚天端の桁座に埋込み設置するものである。本稿では，桁座に埋込まれた鋼角ストッパーを模擬した試験体の交番載荷試験を実施し，鋼角ストッパーの耐力，変形性能，桁座コンクリートの支圧耐力等に関して得られた知見を報告する。

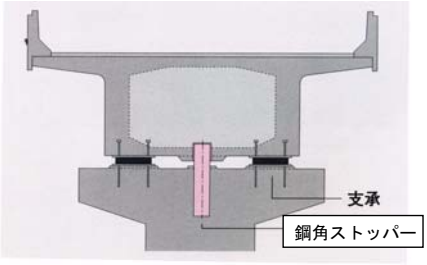
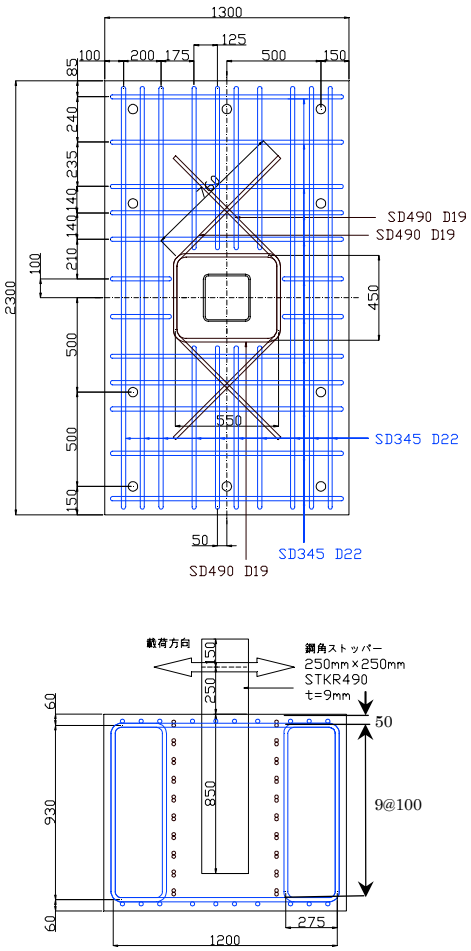


図 1　鋼角ストッパー（箱桁の例）

２．実験概要

実験を行った試験体の諸元を図 2 に，使用した材料の諸元を表 1，表 2 に示す。鋼角ストッパーには，断面が 250×250mm，厚さ t=9mm のものを用いた。桁座を模擬したフーチングは，せん断破壊を生じないように，鋼角ストッパー周りを鉄筋により十分に補強した。

載荷は，試験体のフーチングを反力床に固定し，反力フレームに取付けた油圧ジャッキを用い行い，降伏変位 δ_y の整数倍（1δ_y，2δ_y，3δ_y，4δ_y，6δ_y，8δ_y・・・）の各変位で 3 回繰返す定変位正負交番載荷とした。なお，降伏変位 δ_y は，載荷荷重が鉄道構造物等設計標準・同解説 [1)]に示される鋼角ストッパーの曲げ降伏耐力の計算値に達した時点の変位（4.5mm）とした。



（単位：mm）

図 2　載荷方法

３．実験結果

（１）破壊状況

荷重が約 500kN の時点で鋼角ストッパー隅角部から，載荷方向 45°方向にひび割れが発生し，+918kN，-932kN

表 1　コンクリートの材料諸元

圧縮強度 (N/mm²)	弾性係数 (kN/mm²)	割裂強度 (N/mm²)
25.5	24.8	2.57

表 2　鋼材の材料諸元

鋼材	規格	降伏強度 (N/mm²)	降伏ひずみ (μ)	弾性係数 (kN/mm²)
補強鉄筋	SD490-D19	541	3086	181
ストッパー	STKR490 250×250mm t=9mm	432	1890※1	200※2

※1：降伏強度を弾性係数で除した値
※2：文献 1）に示される設計値

キーワード　鋼角ストッパー，交番載荷試験，支圧強度，コンクリート充填鋼管部材
連絡先　〒185-8540　国分寺市光町 2-8-38　TEL：042-573-7394　FAX：042-573-5326

でストッパー圧縮側前面のコンクリート表面に圧壊が生じた。正側，負側とも 3δy 時に最大耐力 1299kN となり，その後，8δy程度からストッパー鋼管の座屈に伴って徐々に荷重が低下した。正側 14δy の 1 回目において降伏荷重程度まで荷重が低下し，正側 2 回目載荷時に鋼管の隅角部に亀裂が生じたため載荷を終了した。

（2）荷重－変位関係

図 3 に，載荷荷重と載荷点位置の変位の関係を示す。図には，鉄道構造物等設計標準・同解説 [1)]に示される方法により算定した鋼角ストッパーの最大耐力の計算値，およびフーチング上部のコンクリートが支圧耐力に達する荷重の計算値を合わせて示す。載荷点変位－水平力の関係は，紡錘型の履歴曲線を示しており，形状はコンクリート充填鋼管部材（CFT 部材）と類似している。今後，鋼角ストッパーの変形量の算定方法を検討するに当たり，CFT 部材に対する考え方を参考にできる可能性があると思われる。また，最大耐力は，既往の算定方法によって概ね妥当に評価できている。一方，ストッパー降伏後，最大耐力に至る以前にフーチング上部のコンクリートが計算上の支圧強度に達し，実際にコンクリートの圧壊も生じているが，その時点で履歴曲線に大きな変化は見られない。また，図 4 に，モールドゲージにより測定した，フーチングコンクリートのひずみ分布を示す。図は，フーチング表面のひずみが最大となった±6δ_y時の分布を示している。図に示すように，コンクリートの損傷はフーチング上面に集中し，フーチング上面から 150mm 以深では顕著なひずみは発生していない。現在の設計では，鋼角ストッパーの埋め込み深さは桁座の支圧強度の照査により決定されるケースが多いが，この結果から考えると支圧強度に関する照査方法について再検討の余地があると考えられる。

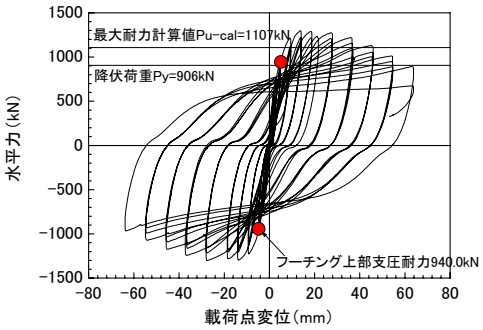


図 3　載荷点変位―水平力の関係

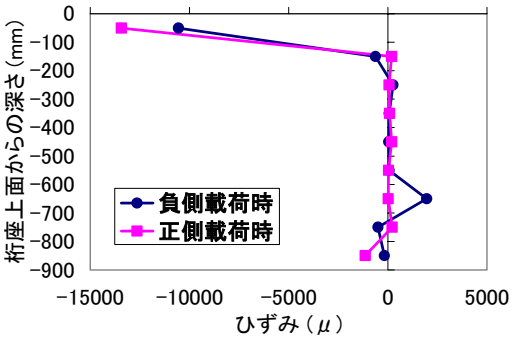


図 4　フーチングコンクリートのひずみ分布

（3）鋼角ストッパーのひずみ分布

図 5 に，最大荷重時の鋼角ストッパーのひずみ分布を示す。図には，鉄道構造物等設計標準・同解説 [1)]に示される方法で算定した，鋼角ストッパーの最大曲げモーメント発生位置をあわせて示した。図に示すように，最大曲げモーメントの発生位置は，設計計算値と良い整合を示している。

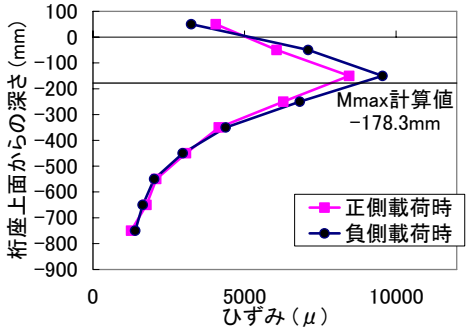


図 5　鋼角ストッパーのひずみ分布

4．まとめ

(1)　載荷点変位－水平力の関係は，紡錘型の履歴曲線を示し，コンクリート充填鋼管部材（CFT 部材）と類似の形状であった。

(2)　フーチングコンクリートの損傷は表面近傍に集中し，上部のコンクリートが支圧強度に達しても，履歴曲線に大きな変化は見られない。今後，支圧強度に関する照査方法を再考できる可能性があると考えられる。

（参考文献）

1) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（コンクリート構造物），2004