

M-188

地下鉄トンネル中柱の添え柱による耐震補強実験

帝都高速度交通営団 正会員 岡田龍二
同上 正会員 米島賢二
㈱クボタ 正会員 森崎 充

1. はじめに

阪神淡路大震災以降、高架橋RC柱や地下鉄RC中柱に対して鋼板や炭素繊維など様々な材料による耐震補強方法が試みられてきた。しかし、縦横比が大きい柱断面に対してはこれらの方法では柱がはらみだし、効果が薄いといわれてきた。そこでこのような縦横比が大きい柱に対して鋼板や炭素繊維を巻くのではなく、柱の両脇に鋼管柱を添わせ補強するという添え柱の方法を考え、実験によってその耐震性能を確認し、設計基準確立のための資料を得た。

2. 実験概要

本実験は中柱がせん断破壊した後、軸力がどのように添え柱に伝達されるか、また添え柱の端部が水平載荷終了後どのような状況になるかを確認する。

・試験体

添え柱の実験として鋼管柱の種類を違えた試験体を2体(CASE1、CASE2)作成した。2体とも図-1に示すようにRC柱の形状は既設の補強すべき柱の1/2縮小モデルを想定した長方形断面(300×600mm)であり、柱主筋には丸鋼のφ19、帯鉄筋には丸鋼のφ6を使用した。添え柱はCASE1、CASE2とも寸法は径がφ165mm、鋼管の厚さがt=5.0mmと同じであるが柱の材質、支承板の形状が異なる。CASE1の方は柱に鋳鋼管(SCW490-CF)を用いるのに対してCASE2は一般の鋼管(STK490)を用いた。また支承板はCASE1が円錐形の鋳鋼製、CASE2は等厚板の鋼製で両方とも径がφ260mm、高さがt=31mm(CASE1は最大の高さ)である。CASE1、CASE2とも鋼管柱の中にはコンクリートを充填した。

・固定方法

添え柱と基礎スタブは無収縮モルタル(厚さ30mm)を介して、6個のアンカーボルト(M16)によって固定した。また添え柱の設置は軸力導入後に行われ、水平加力前の初期の状態では軸力がRC柱のみに作用し、添え柱が軸力を分担しないようにした(図-2、図-3)。

・試験方法

試験体の載荷方式は逆対象曲げ載荷方式であり、軸力は300tfのアクチュエーターにより70kgf/cm²載荷し、水平力は100tfのアクチュエーターによりピン治具を介して作用させ、試験体は頂部が回転しないように曲げ戻しの曲げモーメントをかけて制御した。加力スケジュールは、設定した各目標変形角(1/800rad~1/15rad)に対して3回ずつ正負交番繰返し載荷を行った。

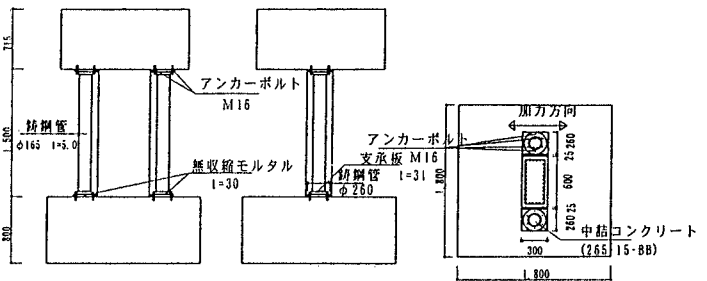


図-1 験体形状

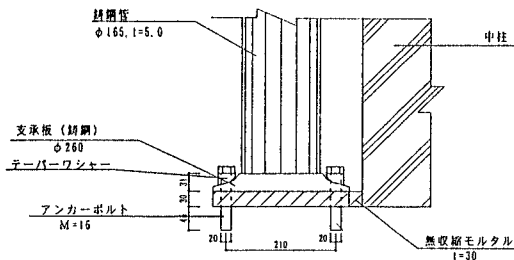


図-2 固定方法詳細図 (CASE1)

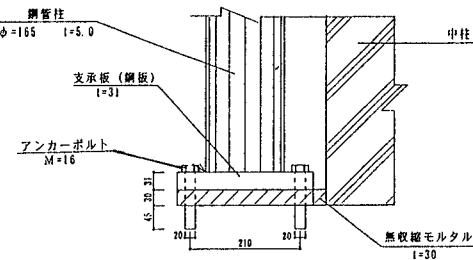


図-3 固定方法詳細図 (CASE2)

キ-ワ-ト: 耐震補強, 添え柱, 交番繰返し載荷

〒130 東京都墨田区業平4-9-7

TEL 03-3297-6881 FAX 03-3829-6887

〒110 東京都台東区東上野3-19-6

TEL 03-3837-7128 FAX 03-3837-7208

〒103 東京都中央区日本橋宝町3-1-3

TEL 03-3245-3563 FAX 03-3245-3565

3. 実験結果

・荷重～変位関係

CASE1は1/200rad時に最大加力を示し、1/67rad時に帯筋が降伏し急激な耐力の低下が生じた。CASE2は1/100rad時に最大加力を示し、1/67rad時に帯筋が降伏し急激な耐力の低下が生じた。しかしCASE1, CASE2とも1/100radから最終変形の1/15radまで耐力低下のない安定した挙動を示し、履歴形状はRC柱の破壊以降、RC柱と添え柱が複合した挙動をすることによるエネルギー消費量の小さい逆S字型の履歴曲線を示した（図-4）。

・軸力の分担

中柱から添え柱への軸力の伝達状況はCASE1, CASE2ともに、柱頭変位(1/33rad)の変形より、添え柱に軸力が徐々に伝達された。その絶対量は最終変形の1/15rad時で、CASE1, CASE2とも大差はなく、添え柱1本につき水平変位0の時約7tf、2本で14tf程度であった。これは全軸力の約11%程度の値にすぎず、作用水平変位の増加によらず水平変位が0の際の軸力の分担は非常に小さい（図-5）。しかし柱の変形の増加に伴い軸力分担は増加し、1/15radの際に軸力は添え柱1本につき約60tf程度となり、作用軸力126tfを添え柱2本で分担していることになる。このことは変位に伴い、添え柱に作用する軸力は変動することを示している。

・添え柱端部の状況

添え柱の下部の基礎スタブ内に設置したコンクリートモルタルで測定したコンクリートの圧縮ひずみの分布状況を図-6に示す。CASE2では支承板の端部を極大にほぼ直線的に圧縮ひずみが分布し、その曲線勾配も急であるが、CASE1はかなり滑らかなひずみ分布形状となっている。これは支承板の形状の相違によるものと考えられる。しかし無収縮モルタルはCASE1, CASE2とも上部は大きな損傷を受け、底部はほとんど損傷は見られないという同一の傾向を示した。これは上部の無収縮モルタルが軸力導入後はめ込み式で施行したため、底板より拘束力が小さいためであると考えられる。

4. おわりに

- ・RC柱がせん断破壊した後も、十分な鉛直方向の耐荷力を有していた。よって当補強方法は既設開削トンネルの耐震補強法として有効であると思われる
- ・RC柱の負担する軸力はせん断破壊後も、変位が0に戻った状態では大きく変化していない。ただし、その負担軸力は水平変位が小さい場合であり、変位が増加することにより軸力は徐々に添え柱が負担し、RC柱の負担は低下する挙動を示した
- ・CASE1, CASE2に於いて結果にあまり差は認められなかったが、今後実際に添え柱工法を施行するにあたりこの2つの中からよりよい方法を選択していく必要がある

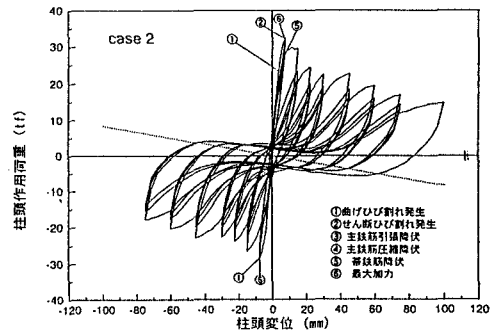


図-4 変位-荷重関係

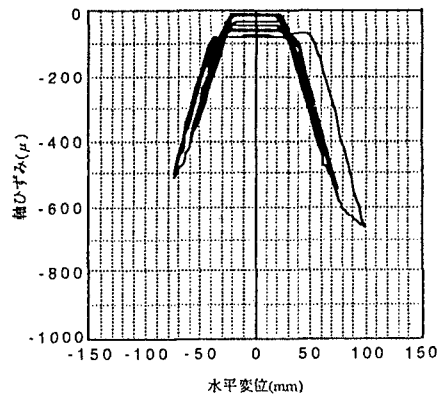


図-5 添え柱の軸力-水平変位関係

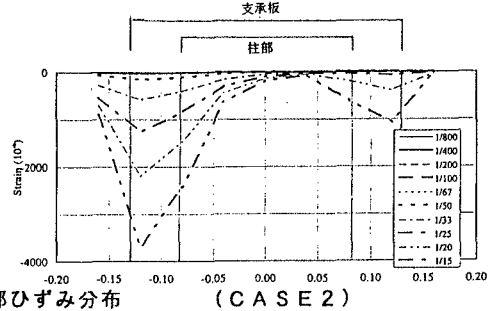
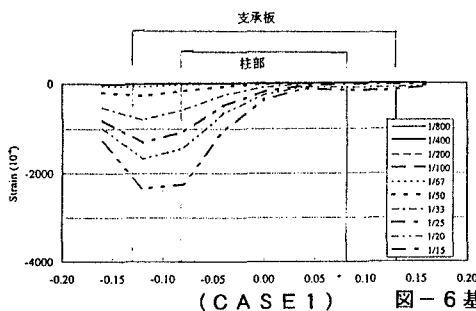


図-6 基礎部ひずみ分布