

鉄道構造物における角形鋼柱の適用範囲拡大に向けた実験的検討について

JR 東日本 正会員 ○黒田 智也 正会員 網谷 岳夫
JR 東日本 正会員 青木 千里 正会員 山田 正人

1.はじめに

平成 7 年に発生した兵庫県南部地震によって甚大な被害を受けた。わが国ではこの地震を契機に耐震設計法の見直しや既設構造物への耐震補強方法の開発が盛んに行われるようになった。鉄道構造物の耐震設計は、鉄道構造物等設計標準（耐震設計）¹⁾（以下、耐震標準）により行われている。

耐震設計標準に示される部材耐力及び変形性能といった断面性能は、ある一定の部材諸元（細長比，幅厚比パラメータ等）（以下，部材パラメータ）の範囲の中で，過去の実験結果に試験データに基づき定められたもので，耐震標準制定前に設計された構造物の耐震診断に適用するには多くの課題がある。そこで本研究は，既設構造物の耐震診断においても耐震標準に示される部材性能算定式を適用性を確認することを目的とし，耐震標準の適用範囲を超える柱部材を対象に正負交番荷重試験により耐力，変形性能について検討を行ったのでその結果について報告する。

2.試験概要

2.1 試験体諸元

図 1 に制限範囲のうち細長比パラメータと幅厚比パラメータの関係を示す。試験体は，実際の既設構造物における部材諸元等を考慮し，図 1 に示すとおり試験体 1 として細長比パラメータ λ が 0.954，幅厚比パラメータ R_r が 0.388 の薄肉長柱の試験体（以下，試験体 1）と，細長比パラメータ λ が 0.302，幅厚比パラメータ R_r が 0.158 の厚肉短柱の試験体（以下，試験体 2）の 2 体とした。補剛材比 γ/γ^* も既設構造物を参考に 0.65 とした。試験体の主な諸元を表 1，耐震標準の制限範囲と試験体の部材パラメータの関係を表 2 に示す。

2.2 試験方法

図 2 に試験状況を示す。試験は，一定鉛直軸力を載荷した正負水平交番荷重試験を実施した。鉛直軸力は，既設構造物と同程度の全塑性軸力に対して 0.05（軸力比 $N/N_y=0.05$ ）とした。荷重ステップは，降伏変位 δ

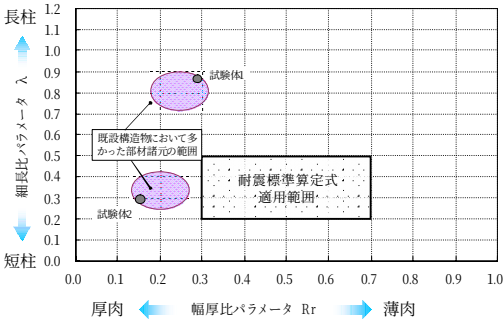


図 1 部材パラメータの制限範囲と試験体

表 1 試験体諸元

	柱寸法 D(mm)	板厚 t(mm)	材質	せん断 スパンL(mm)	幅厚比 D/t	せん断スパン比L/D
試験体1	295×295	9.0	SM570	3650	32.8	12.4
試験体2	390×390	16.0	SM490	1800	24.4	4.6

表 2 試験体の部材パラメータ

	細長比 パラメータ λ	幅厚比 パラメータ R_r	軸力比 パラメータ N/N_y	補剛材比 γ/γ^*
試験体1	0.954	0.388	0.05	0.65
試験体2	0.302	0.158	0.05	0.65
耐震標準	0.2-0.5	0.3-0.7	≤ 0.3	≥ 1.0

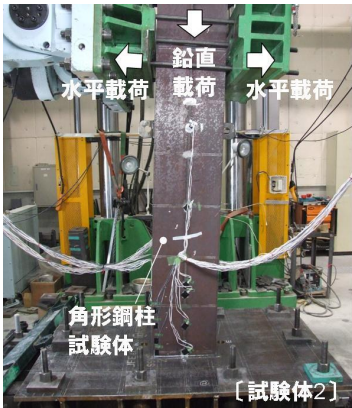


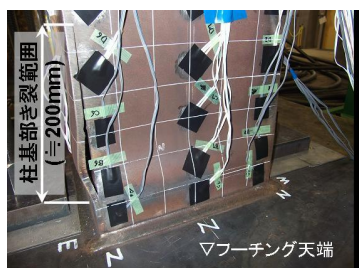
図 2 正負交番荷重試験状況（試験体 2）

γ の整数倍の変位を 1 回繰返しで行った。なお，降伏変位は荷重方向に対して引張側の鋼板が降伏ひずみに達した時点をも δ_y とした。

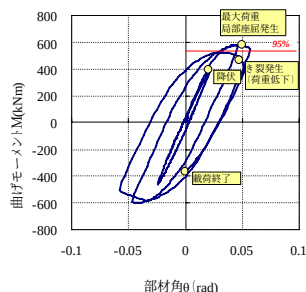
3.試験結果

3.1 試験体 1(薄肉長柱)

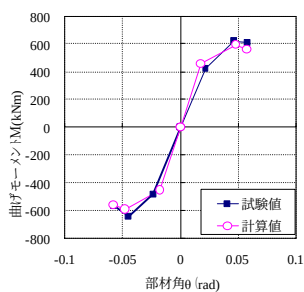
試験体 1 は，降伏後（降伏荷重 $P_y=115.6$,降伏変位 δ



(A) 損傷状況



(B) 履歴曲線

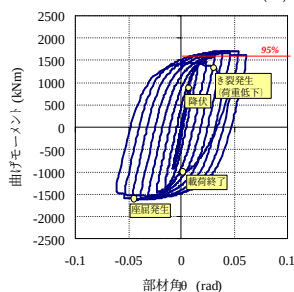


(C) 包絡線

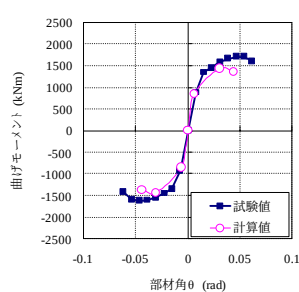
図3 試験体1 試験結果



(A) 損傷状況



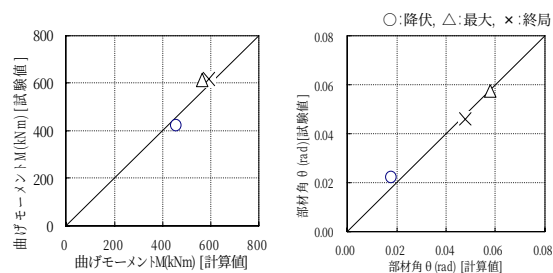
(B) 履歴曲線



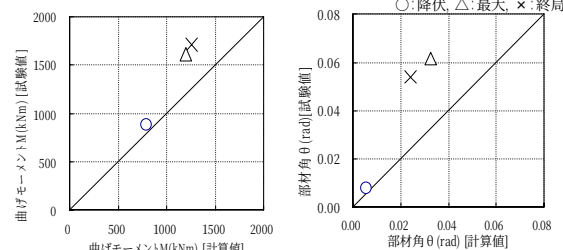
(C) 包絡線

図4 試験体2 試験結果

$y=80.3\text{mm}$) $2\delta_y$ で最大荷重に達し、 $2.5\delta_y$ で柱基部にき裂が生じ荷重が低下したため試験を終了した。柱基部に生じたき裂を図3(A)に示す。終局時は柱基部の角溶接部を起点に脆性的に破壊した。本試験体は、本試験体は、既設構造物の構造細目を再現するため部分溶け込み溶接したためであると考えられる。図3(B)(C)に履歴曲線及び包絡線を示す。本論で示す履歴曲線は、 $P-\Delta$ 効果による影響を考慮し試験結果を補正した値のものである。履歴特性に示すとおり耐震標準に示される一般的の鋼柱と同様に最大荷重の95%付近まで荷重を維持しており、算定値から定まる骨格曲線とほぼ同様の曲線となる。図5に両試験体の降伏、最大、終局時



(A) 試験体1



(B) 試験体2

図5 曲げモーメント、部材角比較

の試験値、計算値の比較を示すが計算値と同等以上の性能を有していることが確認でき、耐震標準による算定式を適用することが可能であるといえる。

3.2 試験体2 (厚肉短柱)

試験体1と同様に試験体2の試験結果を図4, 5に示す。降伏後（降伏荷重 $P_y=492\text{kN}$, 降伏変位 $\delta_y=13.9\text{mm}$ ）, $8\delta_y$ で柱基部にき裂を生じたが、試験体2は柱母材の角部を起点にき裂が発生した。その他の試験結果は、試験体1と同様の傾向を示しており、厚肉短柱の試験体2も耐震標準の算定式を精度良く再現することが可能であると言える。

4. まとめ

本論は、鉄道構造物における角形鋼柱の適用範囲拡大に向け耐震標準で適用範囲外とされる部材諸元を有する試験体に対し正負交番載荷試験を実施し、耐震性能を明らかにすると共に耐震標準の算定式の適用性について検証を行った。本試験の諸元であれば耐震標準に示される算定式を用いて、柱の耐力及び変形性能を算出することが可能であることが明らかとなった。本試験結果により、耐震標準が制定される以前の既設構造物に対して、耐震標準による部材パラメータを満足させる様な補強等が不要となり耐震補強費の軽減等に寄与できるものと考えられる。本論が既設鉄道構造物の耐震診断の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) (財) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），1990.10