

旅客・保守施設構造物の設計に関する一考察

東日本旅客鉄道株式会社 正会員 ○青木 千里
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 黒田 智也
 東日本旅客鉄道株式会社 正会員 山田 正人

1. はじめに

当社では、列車荷重を支持しない乗換えこ線橋や桁式ホーム、保守用斜路等の旅客・保守施設構造物のうち、線路上空に設置される乗換えこ線橋等のように、崩壊等により列車、旅客への影響が大きい構造物については、大規模地震に対する検討を行うこととしている。この検討は、1995年の兵庫県南部地震後に制定された鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計 1999年制定)¹⁾(以下、旧耐震標準)の考え方を取り入れつつ、旧耐震標準で実施する「性能照査型」の設計作業の煩雑さを軽減するため、震度法を基本とした設計法で行っている。2012年、旧耐震標準が大幅に改訂され、鉄道構造物等設計標準・同解説(耐震設計 2012年改訂)²⁾(以下、新耐震標準)が制定された。この改訂では、設計で考慮する地震動や応答値の算定方法、部材の照査方法が見直されている。

今回、新耐震標準に準拠した旅客・保守施設構造物の大規模地震時の検討を実施したので報告する。

2. 検討方法と対象構造物

対象構造物について、新耐震標準に示される所要降伏震度スペクトルを用いた非線形スペクトル法により応答値の算定を行い、照査を満足するケースを包括する降伏震度を設定した。

検討に使用した構造物の諸元を表1に示す。検討対象構造物は、施工性や過去の実績から、円形鋼管柱(以下、S柱)とコンクリート充填円形鋼管柱(以下、CFT柱)の2種類とし、旧耐震標準を用いた検討の際と同様の諸元とした。また、検討に用いた地盤区分は、表2に示す3通りとした。

表1 対象構造物の諸元

構造形式	S柱(縦リブ補強あり、なし)、CFT柱
地盤区分	I、II、III(表2参照)
柱高さH(mm)	3500、5000、7000
鋼管外径D(mm)	558.8、609.6、711.2、812.8、914.4、1016.0
板厚t(mm)	9.0、12.0、14.0、16.0、19.0、22.0
杭径φ(mm)	1000、1100、1200、1300、1400、1500
杭長L(mm)	10000(地盤区分I)、13000(地盤区分II)、20000(地盤区分III)

表2 地盤区分

地盤区分	表層地盤の固有周期 T_g (s)	耐震標準(新、旧)における地盤種別	参考地盤条件
I	~0.25	G0、G1、G2	岩盤・基盤・洪積地盤など
II	0.25~0.5	G3	普通地盤
III	0.5~1.5	G4、G5、G6	普通~軟弱地盤

3. 各部材のモデル化

3.1 S柱、CFT柱共通

各部材のモデルを図1、2に示す。新耐震標準に基づき、S柱はトリリニア、CFT柱はテトラリニア型の非線形モデルとした。S柱、CFT柱共に Y_b 点を考慮しているが、これは、新耐震標準にて新たに導入された考え方である。これを考慮することにより、降伏点(Y点)を超えた後の鋼材のひずみ硬化による影響も評価することが可能となり、これまでよりも部材の性能を精度良く評価することが可能と言える。

3.2 S柱

S柱は、柱基部を縦リブで補強したものと無補強のもの2種類に対して検討を行った。縦リブ補強S柱の骨格曲線を図1(a)に、無補強S柱の骨格曲線を図1(b)に示す。無補強S柱については、新耐震標準に示されるM-θ骨格曲線に基づき、最大曲げモーメント(以下、M点)の95%の点が終局点(以下、N点)になるように設定した。縦リブ補強S柱については、補強の効果として、部材塑性率 $\mu=8.0$ となる点をN点とした。ここで、部材塑性率 $\mu=8.0$ は、既往の試験³⁾に基づき安全側となるように設定された塑性率であり、縦リブは柱基部の2D区間(D:柱径)以上配置することとしている。

キーワード 旅客・保守施設構造物、乗換えこ線橋、円形鋼管柱、コンクリート充填鋼管柱、震度法、所要降伏震度
 連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木2-2-6 JR東日本 構造技術センター TEL 03-6276-1251

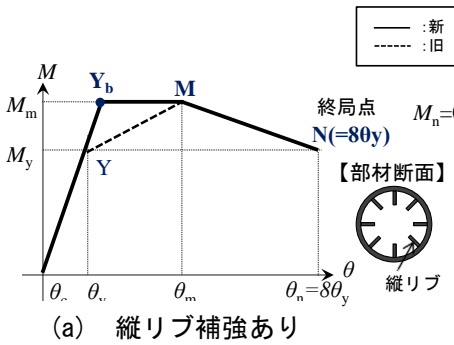


図1 S柱のモデル化

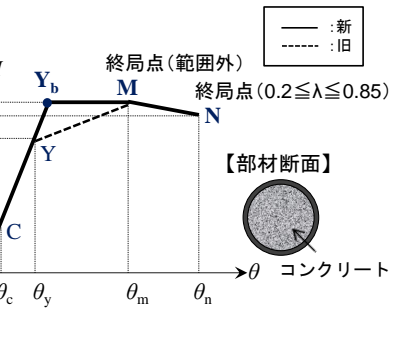
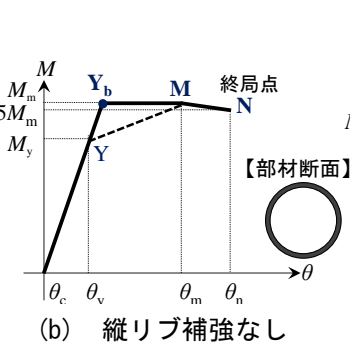


図2 CFT柱のモデル化

3.3 CFT柱

CFT柱の部材のモデルを図2に示す。モデルは、新耐震標準のM-θ骨格曲線を用いた。N点の考え方については、過去の検討結果⁴⁾から、細長比パラメータλが一定の範囲内(0.2 ≤ λ ≤ 0.85)であればN点をM点の90%の点とし、範囲外の断面に対しては、M点を終局点とした。

4. 検討結果

S柱, CFT柱の検討結果の一例を図3に、検討結果を地盤区分ごとに整理した所要降伏震度を表3に示す。図3は、新耐震標準の所要降伏震度スペクトルに本検討結果をプロットしたものであり、照査を満足するケースを包括する降伏震度 $k_{hy}=0.65$ を部材の所要降伏震度として設定した。

表3より、縦リブ補強S柱の所要降伏震度は、最大で2割程度大きくなったことがわかる。無補強S柱はさらに3割程度所要降伏震度が大きくなり、縦リブによる柱基部の補強効果が顕著に表れる結果となった。一方、CFT柱の所要降伏震度は、旧耐震標準に基づく算定結果と大きく変わらない結果であった。今回、新耐震標準により所要降伏震度スペクトルが大きくなっているものの、各部材の所要降伏震度に大きな変化が見られなかったのは、部材性能の評価においてS柱, CFT柱共にY_b点を考慮したこと、CFT柱の適用範囲を拡大したことなどに起因すると考えられる。

5. まとめ

旧耐震標準の改訂に伴い、新耐震標準に示される所要降伏震度スペクトルを用いた旅客・保守施設構造物のS柱およびCFT柱の所要降伏震度の検討内容について報告した。今回の改訂により、大規模地震時に考慮する所要降伏震度スペクトルは従来より大きくなったが、部材のモデル化においてY_b点の設定やCFT柱の部材パラメータの適用範囲拡大を行った結果、各部材の所要降伏震度の大きな変更は生じないことがわかった。

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），1999.10
- 2) (公財) 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），2012.9
- 3) 建設省土木研究所，ほか：道路橋橋脚の地震時限界状態設計法に関する共同報告書（総括編），1999.03
- 4) 黒田，山田：鉄道構造物におけるCFT柱の適用拡大に関する一考察，SED No.38，東日本旅客鉄道(株)，2011.11

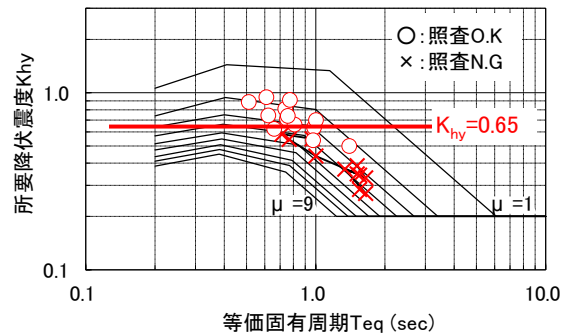


図3 検討結果 (CFT柱, 地盤区分: III)

表3 各部材の所要降伏震度 (上: 旧耐震標準 右: 新耐震標準)

構造種別	S柱 (縦リブ補強)	CFT柱
地盤区分 I	0.35	0.65
地盤区分 II	0.55	0.65
地盤区分 III	0.45	0.65
適用範囲	$R_t \leq 0.115$ $\lambda \leq 0.60$ $N'/N'_y \leq 0.07$	$R_t \leq 0.115$ $N'/N'_y \leq 0.07$



構造種別	S柱		CFT柱
	縦リブ補強	無補強	
地盤区分 I	0.45	0.60	0.65
地盤区分 II	0.50	0.70	0.65
地盤区分 III	0.45	0.60	0.65
適用範囲	$R_t \leq 0.115$ $\lambda \leq 0.60$ $N'/N'_y \leq 0.07$	$R_t \leq 0.115$ $\lambda \leq 0.85$ $N'/N'_y \leq 0.07$	$R_t \leq 0.115$ $N'/N'_y \leq 0.07$