

中央復建コンサルタンツ(株) 正会員 小阪 拓哉
同 上 正会員 沢野 嘉延
同 上 正会員 斉藤 雅文
同 上 正会員 衛藤 勲
同 上 正会員 松浦 靖治

1. はじめに

地震により被害を受けたRC ラーメン高架橋の破壊要因の1つとして、帯鉄筋の不足に伴う柱部材の靱性能不足が指摘されている。

本論文は、現行の鉄道の設計手法（限界状態設計法）の基で、耐震に関する構造細目が規定されていない昭和58年以前の設計手法により断面決定した柱部材の耐力及び靱性評価を行うとともに、近年、柱の耐震補強工法として実績の多いRC増し打ち工法及び鋼版巻き立て工法について、それぞれのモデル断面における終局耐力及び靱性率を定量的に評価することにより、その補強効果に関する一考察を試みたものである。

表-1 RC 構造物（鉄道）の設計基準の変遷

2. 検討モデルの断面設定

RC構造物（鉄道）における設計標準の変遷を表-1に示す。検討モデルの断面は、表-1に示す設計標準に準じて設定した。昭和45年当時の設計手法（許容応力度設計法）に準じて断面決定した柱部材のモデル断面を表-2の(A)に、現行の設計手法（限界状態設計法）に準じて断面決定したモデル断面を表-2の(B)に示す。

また、RC増し打ち補強工法及び鋼版巻き立て補強工法におけるモデル断面は、それぞれ表-2の(C)及び(D)に示すように設定した。

3. 検討方法

検討方法は、表-2で設定した各モデル断面において、先ず現行の設計手法（限界状態設計法）に基づいて各断面の降伏耐力を求めることにより、降伏時

制定年月	設計標準	設計手法	耐震に関する構造細目 ¹⁾²⁾
昭和45年3月	建築物設計標準 〔鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート鉄道橋〕	許容応力度設計法	—
昭和58年1月	国鉄建築物設計標準解説 〔鉄筋コンクリート構造物および無筋コンクリート構造物、プレストレストコンクリート鉄道橋〕	許容応力度設計法	柱の部材接合部および柱下端から断面高さの2倍までの範囲は、せん断補強鉄筋比として0.2%以上の帯鉄筋を配置することを原則とする。
平成3年12月	鉄道構造物等設計標準・同解説 (コンクリート構造物)	限界状態設計法	同 上

表-2 モデル断面

<骨組図>			
モデル (A) <諸条件> $\sigma_{ck} = 240 \text{ Kgf/cm}^2$ $\sigma_{sy} = 3000 \text{ Kgf/cm}^2$ $As = Ac = 8\text{-D25}$ $Aso = 5\text{-D25}$ 帯鉄筋 $\phi 9@200$		モデル (B) <諸条件> $\sigma_{ck} = 270 \text{ Kgf/cm}^2$ $\sigma_{sy} = 3500 \text{ Kgf/cm}^2$ $As = Ac = 7\text{-D29}$ $Aso = 5\text{-D29}$ 帯鉄筋 D13@125	
モデル (C) <諸条件> $\sigma_{ck} = 240 \text{ Kgf/cm}^2$ $\sigma_{sy} = 3000 \text{ Kgf/cm}^2$ $As = Ac = 8\text{-D19}$ $Aso = 5\text{-D19}$ 帯鉄筋 D13@125		モデル (D) <諸条件> $\sigma_{ck} = 240 \text{ Kgf/cm}^2$ $\sigma_{sy} = 3000 \text{ Kgf/cm}^2$ $As = Ac = 8\text{-D25}$ $Aso = 5\text{-D25}$ 帯鉄筋 $\phi 9@200$ 鋼版厚 $t = 6.0 \text{ mm}$	

震度(K_{hy})を算定する。続いて図-1に示すN. M. Newmarkのエネルギー一定則による線形解析により、部材靱性率(μ)と終局時震度(K_{hu})を算定することで、それぞれの断面における終局耐力及び靱性率を定量的に評価するものとする。なお、モデル(D)における鋼版巻き立て時の部材靱性率(μ)に関しては、「耐震診断基準・同解説」に規定されている算定式(22)³⁾により算定した。

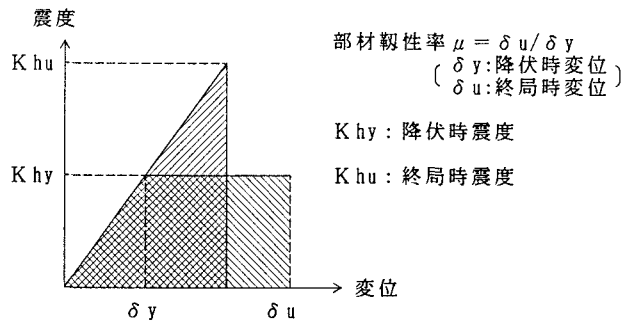


図-1 N. M. Newmarkのエネルギー一定則

4. 検討結果と考察

各モデル断面において、現行の設計手法（限界状態設計法）に基づき、靱性を考慮した耐力評価を行った結果を表-3に示す。

表-3より、モデル(A)については、部材靱性率は2.28、降伏及び終局時震度はそれぞれ0.254及び0.489と比較的低い値が得られており、地震に対する柱部材の耐力及び靱性不足が確認される。モデル(B)については、部材靱性率は4.26、降伏及び終局

表-3 検討結果

	部材靱性率 (μ)	降伏時震度 (K_{hy})	終局時震度 (K_{hu})
モデル(A)	2.28	0.254	0.489
モデル(B)	4.26	0.329	1.020
モデル(C)	3.83	0.485	1.190
モデル(D)	8.12	0.254	1.112

時震度はそれぞれ0.329及び1.020となっており、モデル(A)に比べてその割合の増加が認められる。また部材靱性率及び終局時震度に関しては、それぞれの設計基準値である4.0及び1.0を超える値が得られている。

また、モデル(C)に関しては、降伏及び終局時震度はそれぞれ0.485及び1.190となっており、RC増し打ちによる耐力の増加に伴う補強効果を定量的に把握することができる。なお、モデル(C)における部材靱性率は3.83と設計基準値4.0を下回っている結果が得られているが、このことは、現行の設計標準14.11.2に規定されている「部材断面の寸法が1.0mを超える場合には、必ず中間帯鉄筋を用いることとする。」⁴⁾に対する裏付けを示しているものと言える。

一方、モデル(D)に関しては、部材靱性率は8.12と比較的高い値が得られており、鋼版の巻き立てにより部材靱性率の著しい改善が図られていることが確認される。結果として終局時震度は1.112が得られており、鋼版巻き立てによる靱性能の増加に伴う補強効果を定量的に把握することができる。

5. おわりに

本モデルケースにおける検討の結果、耐震に関する構造細目が規定される以前に設計されたRCラーメン高架橋において、地震に対する柱部材の耐力及び靱性能不足を定量的に確認することができたとともに、RC増し打ち工法及び鋼版巻き立て工法の補強効果を定量的に評価することができた。今後は、耐震壁設置工法についても、その補強効果に関して定量的な評価を行ない、さらに、これらの各耐震補強工法について、非線形解析や動的解析による検討を行う予定である。

【参考文献】

- 1). 土木学会：国鉄建造物設計標準解説、鉄筋コンクリート建造物及び無筋コンクリート建造物、P.104、63、昭和61年3月
- 2), 4). 鉄道総合研究所：鉄道建造物等設計標準・同解説、コンクリート建造物、P.336～341、14.11、平成4年11月
- 3). 日本建築防災協会：既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説、P.17、平成2年12月