

鉄筋とコンクリートの荷重分担を考慮した剛性低下型履歴モデルのパラメータ設定

J R 九州	正会員	○瀧口	将志
J R 九州	正会員	蘆谷	譲
大 林 組	正会員	池永	貴史
鉄道総研	正会員	岡本	大

1. はじめに

RC 骨組構造の耐震性能照査を部材モデル, すなわち $M-\phi$ あるいは $M-\theta$ 関係を用いて行う際には, 復元力特性 (骨格曲線) と履歴特性 (内部曲線) を定める必要がある. このうち履歴特性としては, Takeda モデルをはじめとする剛性低下型のモデルが一般的に用いられている. ところで RC 部材の履歴特性は, 軸力や鉄筋量により, 吸収エネルギーの大きい紡錘型から, スリップの生じる逆 S 字型の履歴曲線まで複雑に変化することが知られているが, これらを考慮した剛性低下型モデルのパラメータ設定方法については, 十分に明らかにされていないのが現状である. そこで本検討では, 鉄筋・コンクリートの荷重分担に応じた剛性低下指数 β の決定方法について検討を行う.

2. 鉄筋およびコンクリートの履歴特性の概要

筆者らは, 部材の $M-\theta$ 関係を鉄筋・コンクリートの荷重分担 (M_u 時) に応じ, 図-1 左に示すとおり 2 つの並列バネに分け, 鉄筋を剛性低下型 (総研 SRC 型)²⁾ (図-2), コンクリートを剛性低下スリップ型 (図-3) でモデル化することにより, 実験結果を適切に表現できることを示した¹⁾.

ここで鉄筋の除荷勾配は式 (1) で与える.

$$K_{dr} = f(\delta_{\max}) \cdot K_{0r} \quad (1)$$

ここに, $f(\delta_{\max}) = |\delta_{\max} / \delta_y'|^{-\beta}$, β : 除荷剛性低下指数 ($=0.4$)

K_{0r} : 剛性低下の基準勾配である.

$$K_{0r} = \frac{P_{yr}^+ - P_{cr}^-}{\delta_y'^+ - \delta_{cr}^-} \quad (2)$$

ここに, δ_{cr} : ひび割れ発生時の変位, $P_{cr} (=M_{cr} / L_a)$: C 点における鉄筋負担荷重, L_a : せん断スパンである.

またコンクリートの除荷勾配は式 (3) で与える.

$$K_{dc} = f(\delta_{\max}) \cdot (2.40 \exp(-4.22\eta_e)) \cdot K_{0c} \quad (3)$$

ここに, K_{0c} : 剛性低下の基準勾配である.

$$K_{0c} = \frac{P_{yc}^+ - P_{cr}^-}{\delta_y'^+ - \delta_{cr}^-} \quad (4)$$

ここに, $P_{cr} (=M_{cr} / L_a)$: C 点におけるコンクリート負担荷重, η_e : 有効軸力比 (鉄筋と圧縮側コンクリート強度×面積を分母にした軸力比) である.

3. 単一バネにおける検討

本検討では, 両者を並列バネではなく単一のバネを用いてモデル化することを想定し (図-1 右), その剛性低下型 (総研 SRC 型および RC 型²⁾) モデルの剛性低下指数 β について,

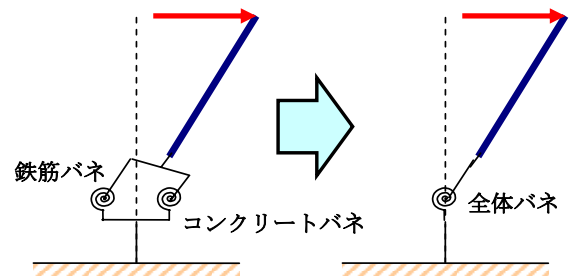


図-1 鉄筋バネとコンクリートバネ

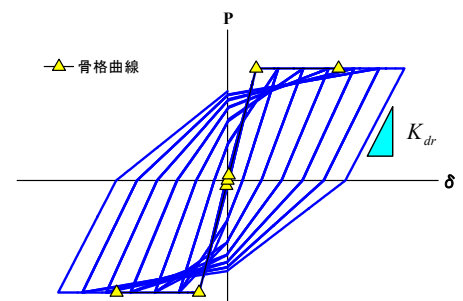


図-2 鉄筋モーメントの履歴モデル

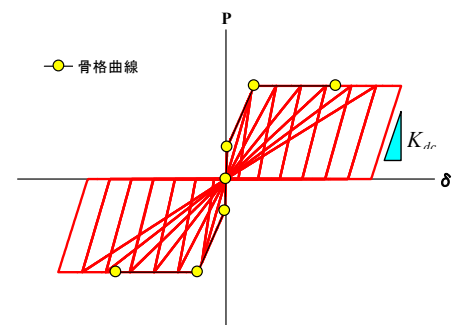


図-3 コンクリートモーメントの履歴モデル

キーワード 耐震設計, 履歴モデル, 剛性低下型, 荷重分担, 履歴吸収エネルギー

連絡先 〒812-8566 福岡市博多区博多駅前3丁目25-21 JR九州 施設部工事課 TEL 092-474-2452

荷重分担に応じエネルギー吸収量を等価にする観点から検討を行う。具体的な検討は、まず鉄筋・コンクリートそれぞれについて、各 δy における 1 サイクルあたりの吸収エネルギーを算定し (図-4)、それらを荷重分担を考慮して $2\delta y \sim 10\delta y$ まで足し合わせることで総吸収エネルギーを算定した。この際、荷重は最大曲げモーメントで、変位は降伏変位で無次元化した。最後に総研 SRC 型・総研 RC 型モデルを用いてモデル化する場合を想定し、これらと総吸収エネルギーが等価となる剛性低下指数 β を算定することとした。総研 SRC 型・総研 RC 型モデルにおいて β を変化させたとき、履歴曲線の形状変化を図-5、図-6 に、各 δy における 1 サイクルあたりの吸収エネルギーの変化を図-7 に示す。

これらを有効軸力比 ηe をパラメータとし、荷重分担 (鉄筋・コンクリート) と β の関係に整理したものを図-8 に示す。図より、(1) コンクリートの荷重分担が増加するに従い、 β の値は大きくする必要があること。(2) 軸力が大きくなるに従い、 β の値は大きくする必要があること。(3) 一般的に用いられる総研 RC 型モデル (≒ Takeda Model) では $\beta=0.4$ が使用されることが多いが、コンクリートの荷重分担が 0.3~0.4 程度以下では安全側であること。(4) 総研 SRC 型モデルについても、 β を適切に設定することにより、広い範囲で適用可能であることが分かる。

4. 今後の課題

本検討では、鉄筋のモーメント履歴として、総研 SRC 型 ($\beta=0.4$) を用いている。これは鉄筋の座屈を考慮したものではないので注意が必要である。鉄筋座屈の考慮に関しては、今後の課題としたい。

参考文献

- 1) 瀧口将志, 大塚久哲, 池永貴史: 鉄筋とコンクリートの荷重分担を考慮した RC 部材の履歴モデルの検討, 構造工学論文集, Vol. 55A, pp. 1075-1084, 2009. 3
- 2) 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, 丸善, 1999. 10

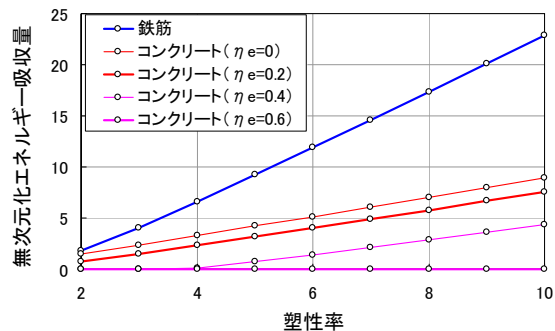


図-4 鉄筋・コンクリートの吸収エネルギー

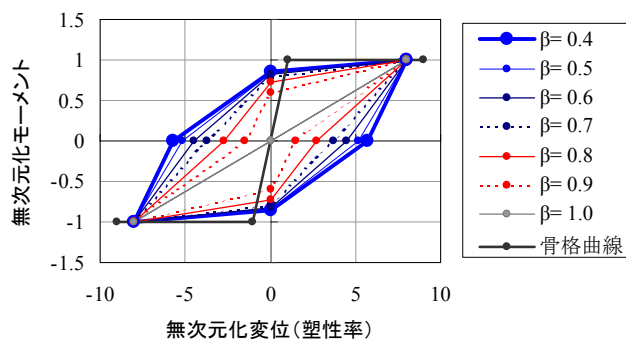


図-5 総研 SRC 型モデルの履歴形状変化

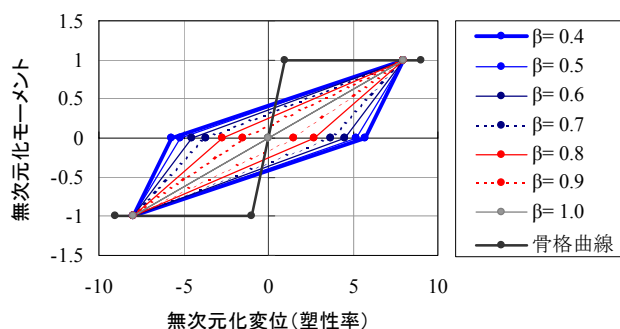


図-6 総研 RC 型モデルの履歴形状変化

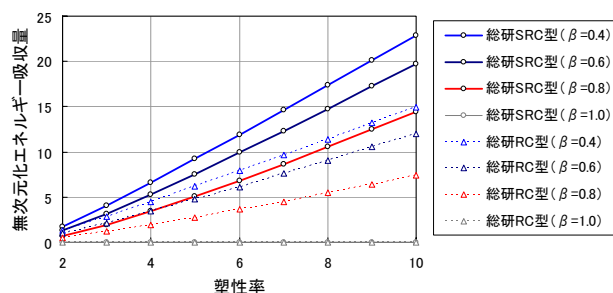


図-7 各サイクルにおける吸収エネルギー

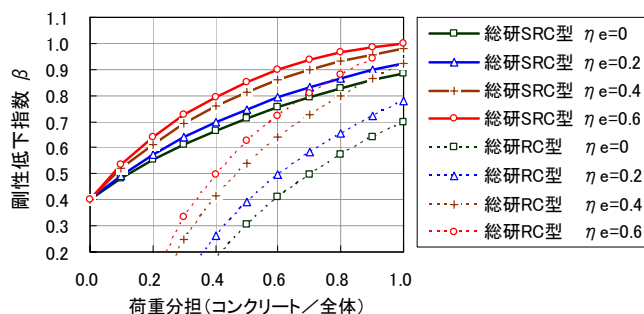


図-8 荷重分担に応じた剛性低下指数 β