

静的載荷試験に基づいた実大 RC 梁の耐力評価に関する研究 (その3) モーメント～曲率関係における復元力特性のモデル化

長谷川研究室
01312014 稲嶺 匡大

1. はじめに

本報(その3)では、(その2)の実験結果を受けて、RC 構造物の耐震設計で重要な梁のモーメント～曲率関係(以後、 $M\sim\phi$ 関係)のモデル化について提案し、実験との比較から提案の妥当性を検証した。

2. $M\sim\phi$ 関係における復元力特性のモデル化

RC 梁の $M\sim\phi$ 関係における復元力特性は、コンクリートの曲げひび割れと引張鉄筋の降伏による剛性低下を折れ点とする、トリ・リニア型骨格曲線でモデル化した。提案の設計式をまとめて表1に、またトリ・リニア型骨格曲線の模式図を図1に示す。ここに、第一折点はコンクリートの曲げひび割れ、第二折点は引張鉄筋の降伏とし、これらの耐力はそれぞれ前報(その1)で報告したように、第一折点のひび割れモーメント M_0 については経験式を、第二折点の降伏モーメント M_y については許容応力度設計式を適用した¹⁾。

一方、RC 梁の曲率 ϕ については、これまでに適当なものがないことから、ここでは実績のある壁式構造²⁾の $M\sim\phi$ 関係を参考に表1のように整理した。すなわち、ひび割れ時の曲率 ϕ_0 は弾性論に基づいて表1中の(3)式で定めた。ここで、その第一勾配 K_0 については、コンクリートと鉄筋のヤング係数比 n から換算した等価断面2次モーメント I_e を用いた。また、降伏時の曲率 ϕ_y は経験的に求めた剛性低下率 α_y を参照し、引張鉄筋比 P_t をパラメータとして同(4)式により定めた。なお、ここでは実験上の制約から、RC 梁の終局点については定義せず、第三勾配の剛性 K_u を第二勾配の割線剛性 K_y の1/100としてモデル化した(図1参照)。

3. 実験との比較検証

載荷試験の結果を鉄筋量の異なる2ケース(引張鉄筋比: $P_t=0.497\%$ と 0.716%)について整理した。まず、荷重～変形関係の比較を図2($P\sim\delta$ 関係)に

示す。これから分かるように、鉄筋量の少ない場合の方が中央変位は大きく、 $P_t=0.497\%$ では約30mm、 $P_t=0.716\%$ では約25mmの変形が確認された。

つぎに、荷重とコンクリート圧縮縁における歪みの関係を図3($P\sim\varepsilon_c$ 関係)に、荷重と引張鉄筋歪みの関係を図4($P\sim\varepsilon_s$ 関係)に示す。これらの図より、鉄筋量の少ない場合には引張鉄筋が伸長するため、コンクリート圧縮縁の歪みは小さく、逆に鉄筋量が多くなると圧縮歪みが相対的に大きくなる。

以上の実験結果を用いて、表1中の(5)式より ϕ を求め、提案の設計式による $M\sim\phi$ 関係と実験のそれを比較した。結果を $P_t=0.497\%$ の場合について図5に、 $P_t=0.716\%$ の場合について図6に示す。ここに、設計では降伏モーメント M_y に対し、引張鉄筋の降伏強度 σ_y を規格降伏点の上限値と下限値とした場合の2ケースについて掲載した。

これらの図から分かるように、提案の設計式は実験の $M\sim\phi$ 関係をかなり良く模擬していると言える。なお、鉄筋量が比較的多い $P_t=0.716\%$ では鉄筋に歪み硬化が現れるため、コンクリート圧縮縁の歪みが進行して、 $M\sim\phi$ 関係は終局に近い状態に達している。これより、仮に終局をコンクリート圧壊歪みの0.3%とするならば、圧縮歪みで0.2%程度までが本提案の適用限界と考えられる。

4. まとめ

RC 梁の $M\sim\phi$ 関係のモデル化について設計提案し、実験と比較検証した。その結果、終局をコンクリート圧壊歪みの0.3%とすれば、提案の設計式は圧縮歪みが0.2%程度までの範囲で有効なことが確認された。

【参考文献】

- 1) 西芝拓也: 本報同題(その1)曲げ降伏型試験体とせん断破壊型試験体の耐力評価, ものつくり大学2015年度卒業研究・制作・設計梗概集, 127-128, 2016.
- 2) 社団法人・日本電気協会: 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601), 352-359, 1987.

表 1 : M~φ 関係の復元力特性における提案設計式

状態	曲げモーメント(M)	曲率(φ)	備考
ひび割れ	<ul style="list-style-type: none"> ひび割れモーメント(M_c) $M_c = 0.56 \sqrt{F_c} \cdot Z_e \dots (1)$ $Z_e = \frac{I_e}{D/2}$ F_c: コンクリートの圧縮強度 b: 梁幅(300mm) D: 梁せい(450mm) 	<ul style="list-style-type: none"> 第一折点 (ϕ_c) $\phi_c = \frac{M_c}{K_e} \dots (3)$ $K_e = E_c \cdot I_e$ (第一勾配) $I_e = \frac{bD^3}{12} + (n-1) \times y^2(a_c + a_t)$ $n = \frac{E_s}{E_c}$ (ヤング係数比) y: 鉄筋距離 a_c: 圧縮鉄筋断面積 E_s: 鉄筋のヤング係数 E_c: コンクリートのヤング係数 	
降伏	<ul style="list-style-type: none"> 降伏モーメント(M_y) $M_y = a_t \cdot \sigma_y \cdot j \dots (2)$ $j = (7/8)d$ d: 有効せい a_t: 引張鉄筋断面積 σ_y: 鉄筋の降伏強度 (SD345) 	<ul style="list-style-type: none"> 第二折点 (ϕ_y) $\phi_y = \frac{M_y}{K_y} \dots (4)$ $K_y = \alpha_y \cdot K_e$ (第二勾配) $\alpha_y = 0.15 + 0.3P_t$ $P_t = a_t/bd$ (引張鉄筋比) 	
終局	$K_u = \frac{1}{100} K_y$ (第三勾配)		

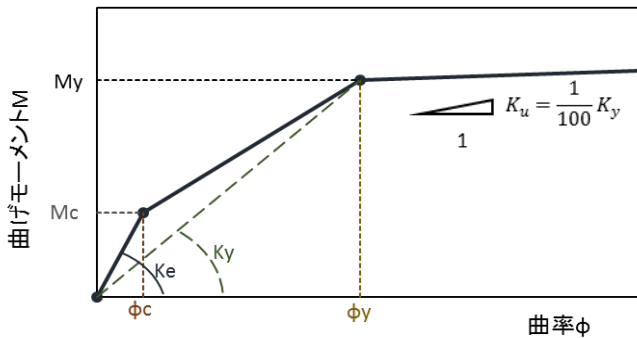


図 1 : トリ・リニア型骨格曲線の模式図

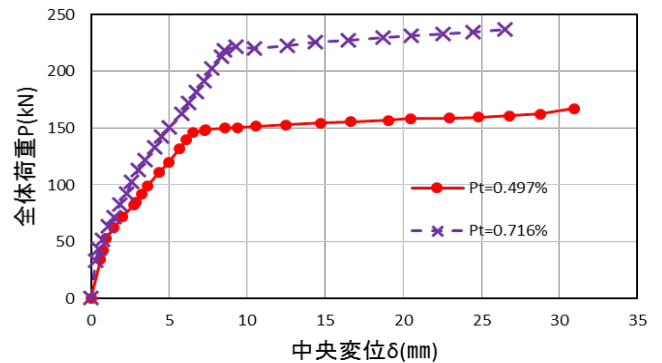


図 2 : P~δ 関係の比較 (中央変位)

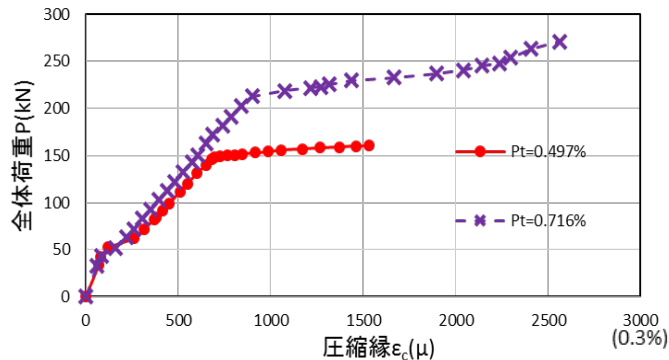


図 3 : P~εc 関係の比較 (コンクリート圧縮歪み)

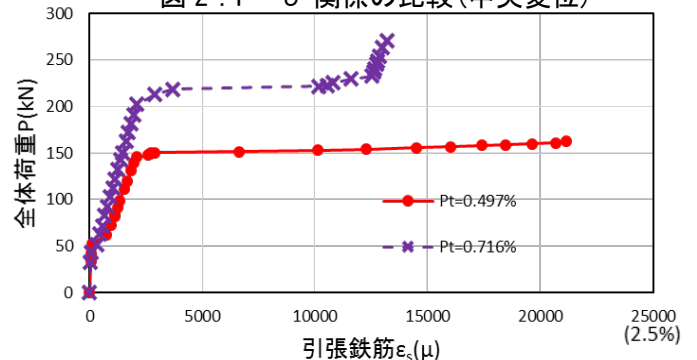


図 4 : P~εs 関係の比較 (引張鉄筋歪み)

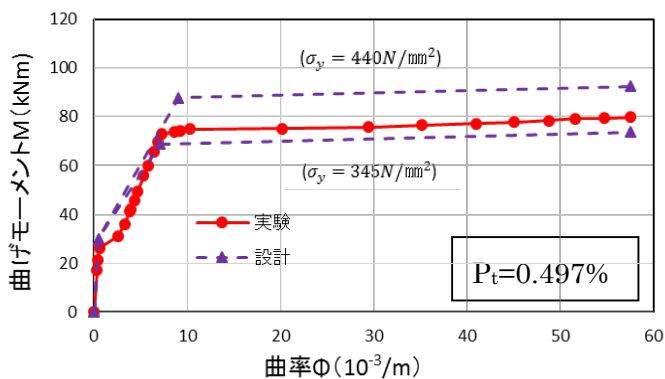


図 5 : M~φ 関係の比較 ($P_t=0.497\%$)

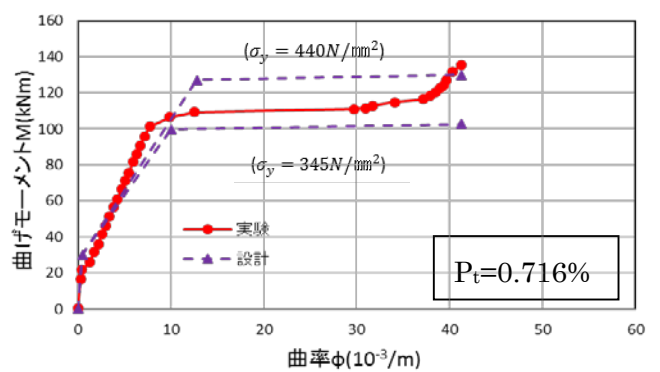


図 6 : M~φ 関係の比較 ($P_t=0.716\%$)