

鉄筋コンクリート柱における帯鉄筋の構造細目に関する一考察

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○田所敏弥 中田裕喜 谷村幸裕

1. はじめに

鉄筋コンクリート（以下、RC）部材の設計においては、設計式適用の前提が構造細目として定められている。耐震性能がもとめられる RC 柱においては、変形性能確保の観点から帯鉄筋の間隔が構造細目として各種基準^{1),2)}において規定されている。ここでは、座屈解析および載荷試験の結果から、RC 柱が遵守すべき帯鉄筋の構造細目について検討した。

2. 鉄筋座屈に関する解析的検討

軸方向鉄筋の座屈長と座屈強度の関係について検討するため、既往の研究³⁾を参考に細長比をパラメータとした鉄筋単体の座屈解析（DIANA 使用）を行った。なお、鉄筋の境界条件は両端固定とした。解析結果を図 1 に示す。解析結果より、有効細長比がある値以下になると座屈強度が増大することがわかる。また、Emgesser の座屈強度式⁴⁾より、塑性座屈強度を算定した。ここで、等価弾性係数は、既往の研究⁵⁾を参考に大ひずみ領域における繰返しの影響を考慮した値を用いた。算定式では有効細長比が 16 程度以下のとき、座屈強度が増大する。この場合、帯鉄筋間隔を全長とした細長比は 32 となる。

さらに、帯鉄筋の拘束の影響について検討するため、図 2 に示す帯鉄筋を含めたモデルによる解析を行った。なお、帯鉄筋間隔は細長比 32 となる長さとした。解析より得られた変形図（拡大図）を表 1 に示す。表 1 より、帯鉄筋が太径になるのにしたがって、多区間から単区間の座屈モードに移行することがわかる。このことから、多区間の座屈を生じさせるためには、ある程度小径の帯鉄筋径を用いる必要があると考えられる。

3. RC 柱の正負交番載荷試験

RC 柱の部材性能と帯鉄筋間隔について検討するため、変形性能に影響が大きいと考えられる軸方向鉄筋と帯鉄筋の径と間隔をパラメータとした試験体を用いた正負交番載荷試験を行った。

試験体一覧を表 2、試験体寸法を図 3 に示す。試験体は、軸方向鉄筋比と帯鉄筋比がほぼ同等となる曲げせん断耐力比 3.0 程度の曲げ破壊型の試験体である。載荷は、鉛直荷重 480kN（軸応力 3.0N/mm^2 ）を作用させた状態で、降伏変位 8.6mm の整数倍で 3 回繰返しを行った。載荷試験では、座屈が生じ、荷重低下する変位と座屈区間（＝座屈長/帯鉄筋間隔）に着目した。

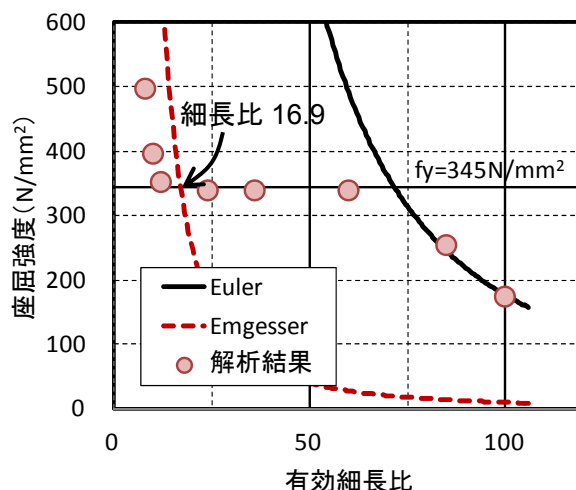


図 1 有効細長比と座屈強度の関係

表 1 座屈解析による鉄筋の変形図 (変形倍率 10 倍)

		帯鉄筋径			
		D10	D13	D16	D19
軸方向鉄筋径 D16 間隔 128mm	軸方向鉄筋	多区間座屈		単区間座屈	
	帯鉄筋	多区間座屈		単区間座屈	

図 2 解析モデル

キーワード：RC 柱，構造細目，変形性能，座屈，帯鉄筋間隔

連絡先：〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL：(042)573-7281

表2 試験体一覧

No.	f'_c	軸方向鉄筋			帯鉄筋		
		径-間隔(mm) -本数	f_{sy}	p_t (%)	径-間隔	f_{wy}	p_w (%)
1	32.5	D13-50-14	376	0.63	D13-110	372	0.58
2	33.4	D13-50-14	370	0.63	D16-175	356	0.57
3	37.6	D16-100-8	398	0.57	D13-110	367	0.58
4	30.5	D16-100-8	382	0.57	D16-175	356	0.57
5	33.2	D19-150-6	386	0.61	D10-65	375	0.55
6	35.5	D19-150-6	386	0.61	D13-110	378	0.58
7	27.9	D19-150-6	377	0.61	D16-175	356	0.57
8	36.5	D19-150-6	386	0.61	D19-250	386	0.57
9	33.4	D22-300-4	379	0.55	D16-175	356	0.57

f'_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm^2), f_{sy} , f_{wy} : 鉄筋の降伏強度 (N/mm^2), p_t : 引張鉄筋比, p_w : 帯鉄筋比

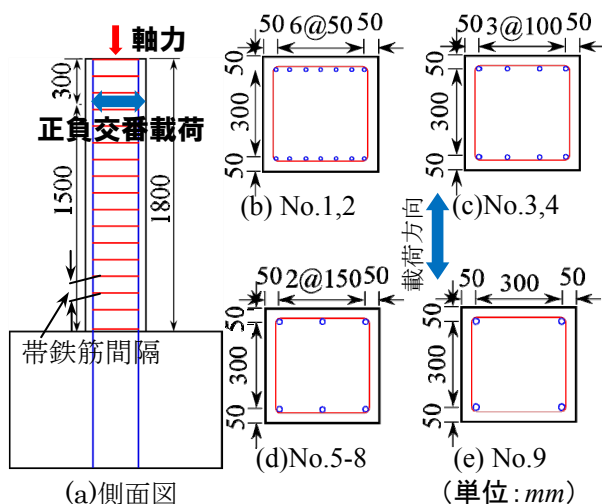


図3 試験体寸法

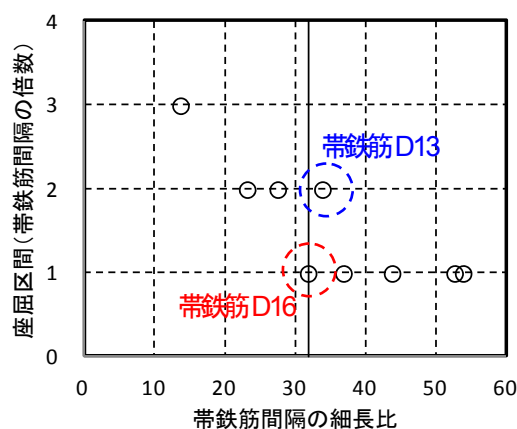


図4 細長比と座屈区間の関係

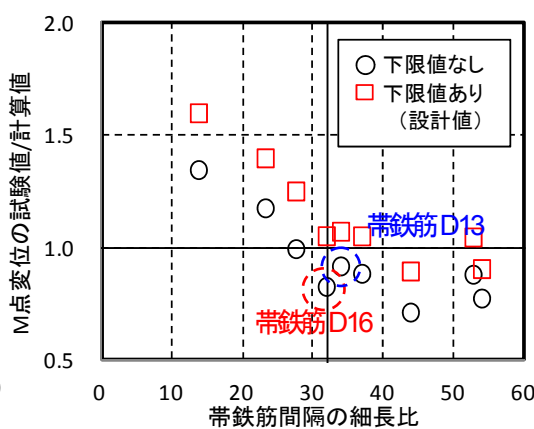


図6 細長比と変形性能の関係



図5 座屈状況の例

4. RC柱の座屈区間と変形性能

荷重試験より、帯鉄筋間隔における軸方向鉄筋の細長比と座屈区間の関係を図4に示す。細長比が32より小さくなると、多区間の座屈が生じることがわかる。荷重試験における座屈状況の例を図5に示す。さらに、細長比と鉄道構造物等設計標準(耐震設計)²⁾にしたがって求めた骨格曲線におけるM点変位(最大荷重を保持する最大変位)の計算値と試験値の比との関係を図6に示す。これも同様に、細長比が32より小さくなると変形性能が向上することがわかる。本研究における試験体では引張鉄筋比が、算定式の適用範囲を下回る。そこで、安全側の評価となる下限値を考慮しない計算値を用いて検討した。下限を考慮しない場合においても、細長比32以下の場合、所定の変形性能を満足することがわかる。また、帯鉄筋間隔を小さくすることによって、計算値を上回る変形性能が期待できることがわかった。これは、多区間座屈では、帯鉄筋が軸方向鉄筋の座屈に対して、より効率的に抵抗するためと考えられる。ただし、帯鉄筋を考慮した座屈解析の結果と同様に、細長比が32程度であっても、帯鉄筋径が太径の場合は、単区間の座屈が生じ、細径に比べ変形性能が若干低下する場合があることが、荷重試験において確認された。

5. まとめ

座屈解析および荷重試験より、RC柱の帯鉄筋間隔は、細長比32(=8 ϕ , ϕ :鉄筋径)程度を確保する必要があると考えられる。また、同じ帯鉄筋比であっても帯鉄筋間隔を小さくすることによって、算定式による計算値を上回る変形性能を期待できることが、荷重試験の結果より示唆された。

【参考文献】

1) 土木学会: コンクリート標準示方書(設計編), 2007. 2) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説(コンクリート構造物), 2004. 3) 田上和也, 中村光, 斎藤成彦, 檜貝勇: 繰り返し荷重を受ける鉄筋の座屈モデルに関する研究, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.725-734, 2001. 4) 土木学会: 座屈設計ガイドライン(2005年改訂版), 2005. 5) 前川宏一, 福浦尚之: 類似直交2方向ひび割れを有する平面RC要素の空間平均化構成モデルの再構築, 土木学会論文集, No.634, V-45, pp.157-176, 1999.