

(V-63) RC 柱構成部材の内力分担能と圧縮耐力に関する基礎的研究

防衛大学校 正会員 黒田 一郎 防衛大学校 正会員 加藤 清志
浅野工学専門学校 正会員 加藤 直樹 防衛大学校 小阪 剛士

1. ま え が き

前報¹⁾では、横拘束のない極限圧縮耐力式を示し、従来の常用式による耐力の上限は前者の5~90%以上も大きめに算出することを明らかにし、耐力上限値を場合によっては過大に見積もっていることになり、この事実は阪神・淡路大震災に見受けられる橋脚損傷・損壊の一因になっているといっても過言ではない。1999年中だけでも、世界的には、人に被害が及ぶ規模がマグニチュード7.0以上の地震として報告されたものが47回。トルコや台湾の大地震などで死者は計9000人を超えたのである。インフラの基本柱構造について、慎重な技術的・理論的な追求が要望される。

2. 理論的背景

前報¹⁾において、実務上また理論的にも現用常用柱耐力設計式には難点があることを示したが、さらに、提案耐力式に主筋の座屈効果を取り込み、より実用性の高い耐力算定式を確定する必要がある。

3. 主筋の座屈を考慮した圧縮耐力式

3.1 座屈現象 経験的にも実感する RC 柱モデルの圧縮試験で、主筋の組込み効果は顕著に現われないところであるが、この事実は主筋が単純圧縮強度を示さず、座屈に伴う弾性破損に起因するように考えられる。図-1は柱モデルの座屈の状況であり、図-2は実橋脚の震災状況で、単に地震時荷重が大きいだけではなく、想定以上に耐力が小さいことを示しているように推定される。

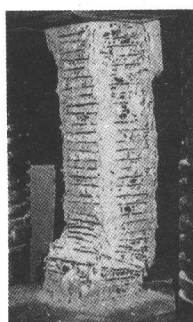


図-1 柱モデルの座屈 図-2 被災橋脚の座屈

3.2 座屈を考慮した極限圧縮耐力構成式

主筋に D13 ($\phi=12.7\text{mm}$; SD 材 $f_{yd}=333\text{N/mm}^2$) および U13 ($\phi=13.1\text{mm}$; SBPD 材 $f_{yd}=1424\text{N/mm}^2$) を帯鉄筋に U6.4 (SBPD 材) を使用した鉄筋かごの例を図-3 に示す。極限耐力は部材長 l (両端部にのみ横拘束筋をもち、ピッチは $s \approx l$)、主筋径 ϕ 等とすると、細長比の関数で与えられる座屈荷重に支配される。細長比 $\lambda = l/(\phi/4)$ 、 E_s : 主筋ヤング率、限界細長比 $\Lambda = (\pi^2 E_s / f_{yd})^{1/2}$ 、座屈応力 [ランキン式]²⁾ $\sigma_s = f_{yd} / [1 + f_{yd} \lambda^2 / \pi^2 E_s]$ (1)

長柱の場合の座屈応力は、単純圧縮強度より小さいので、基本的には前報¹⁾の式(2)が成り立つ。

$$N'_{ou} = A_c f_c + A_s f_{yd} = A_c f_c + A_s \sigma_s \quad (2)$$

ここに、 A_c : コンクリートの有効断面積、 A_s : 主筋断面積

4. 極限耐力の実験的検証

4.1 RC 柱モデルの作製と耐力 図-3 に示す鉄筋かごにコンクリートを打ち込み、振動締め固めた。材齢28日のコンクリート強度は 39.4N/mm^2 であった。図-4に、SD材の場合の柱モデルの破壊モードを示す。主筋方向のひび割れとかぶりののはく離が顕著である

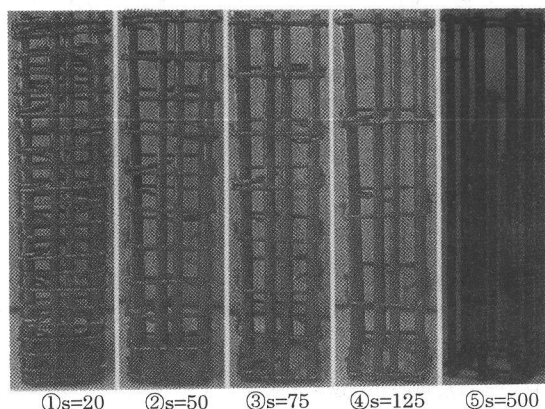


図-3 SD材鉄筋かご (ピッチ s : mm) の例

キーワード: RC 柱、応力-ひずみ関係、終局限界状態設計法、極限耐力、弾性係数比

〒239-8686 横須賀市走水 1-10-20、防大土木工学教室 Tel (0468)41-3810 内 3500 Fax (0468)44-5913

ことがわかる。図-5 は、SD 材および SBPD 材の柱モデルの圧縮耐力とピッチとの関係を示す。横拘束筋ピッチの拡大とともに耐力は急速に減少する一般的傾向は既報のとおりである。新奇性のある事実として、高強度鋼も普通鋼もともに、ある特定値すなわち極限耐力に漸近する。

4.2 座屈を考慮した極限耐力 表-1 に極限耐力計算諸元を示す。「 $\lambda > \Lambda$ 」であるので「長柱」と判定される。座屈荷重算定には諸説があるが、大差がないのでランキン式によった。式 (1)、(2) により求めた極限耐力を図-5 に併記したが、横拘束の縮小とともに漸近する。なお、式(2)と常用式〔前報¹⁾式(6)〕との比は、

①SD 材の場合：

$835\text{kN}/623\text{kN}=1.34$

②SBPD 材の場合：

$2089\text{kN}/638\text{kN}=3.27$

すなわち、常用耐力上限値は普通鋼で 1.34 倍、高強度鋼で 3.3 倍も過大値を与える。大震災時の柱の構造物の被害の原因の大きな要因の一つとも考えられる。

5. 結 論

RC 柱の上限耐力算出の基本的な設計方針としては、主筋の座屈を考慮した耐力に、部材係数および構造係数を取り込むのがよい。

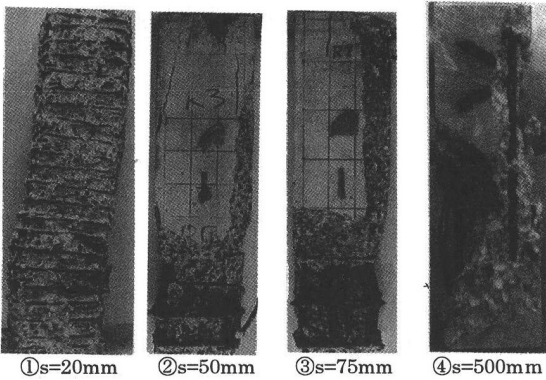


図-4 SD 材柱モデルの破壊モードの例

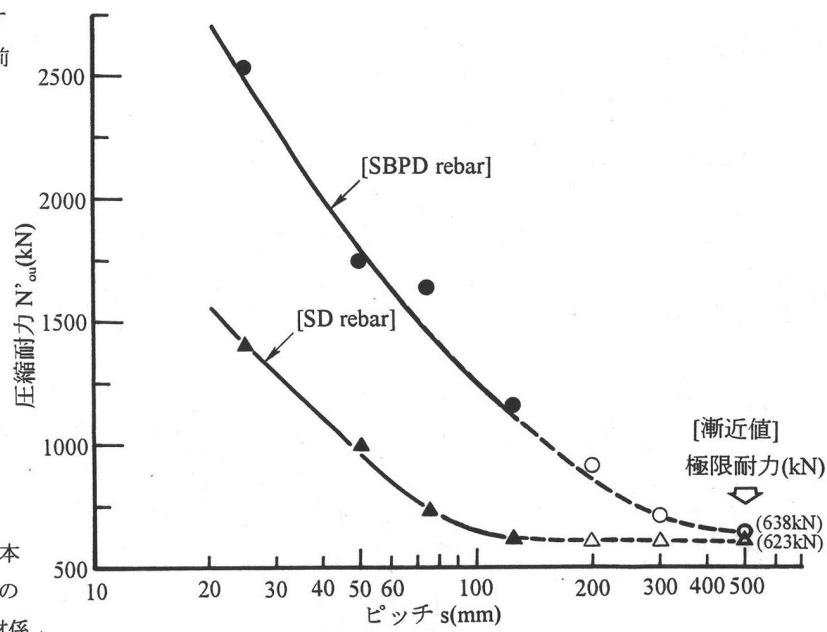


図-5 圧縮耐力と帯筋ピッチとの関係

表-1 座屈耐力計算要項

主筋材種	l (mm)	ϕ (mm)	k (mm)	$\lambda (=l/k)$	f'_{yd} (N/mm ²)	E_s (kN/mm ²)
SD	530	12.7	3.18	166.7	333	190
SBPD		12.6	3.15	168.3	1424	201

限界細長比 Λ	$\lambda > \Lambda$	σ_s (N/mm ²)	A_s (mm ²)	A_e (mm ²)	N'_{ou} (kN)
75.0	長柱	56.1	1520.4	12,880	623
37.3		66.8	1500.0	12,900	638

〔謝辞〕 本研究には防大 本多健二；浅野工専 井上直之、海老沢政彦、他学生に、また、ワープロには防大 兼松俊枝氏等の尽力を受けた。付記して謝意を表する。

〔参考文献〕 1) 加藤清志・木田哲量・加藤直樹・黒田一郎：RC 柱のコンクリートおよび鉄筋の力学的挙動を考慮した極限圧縮耐力式、第 27 回関東支部技研講演概要集、平 12.3.

2) 樋口盛一：弾性および材料力学、養賢堂、(1966).