

[170] 鋼定着部のコンクリート支圧強度

遠山幸三（鹿島建設技術研究所）

正会員 ○鈴木宏一（鹿島建設技術研究所）

中村嘉宏（鹿島建設建築設計本部）

山田俊一（鹿島建設建築設計本部）

1. はじめに

新耐震設計法の施行に伴い、二次設計時における保有耐力の算定が規定されるようになった。このような意味から、接合部の終局耐力を評価することは重要な課題となっている。

鋼構造の露出型柱脚は、S造の上部骨組とRC造の基礎とを結ぶ接合部であり、その構成を図-1に掲げる。図に示すように、鉄骨柱の下部にベースプレートが溶接接合され、そのベースプレートはアンカーボルトにより基礎コンクリートに結合されている。柱脚部は鉄骨柱より軸力と曲げを受けており、ベースプレートの曲げ、アンカーボルトの軸力と基礎コンクリートの支圧により抵抗している。その終局耐力に影響する要因として、次の6点が挙げられる。

- (a) 鉄骨柱とベースプレートの接合部の耐力
- (b) ベースプレートの曲げ耐力
- (c) ベースプレートの曲げ剛性
- (d) アンカーボルトの引抜耐力
- (e) アンカーボルトの引抜剛性
- (f) モルタル・基礎コンクリートの支圧耐力

今回は、剛性及び耐力の高いベースプレートとアンカーボルトで構成されている柱脚を対象に、(f)のモルタル・基礎コンクリートの支圧耐力に注目し、圧縮試験を行なったので、その概要を報告する。

基礎コンクリートの形状は諸々の条件からローソク状の立上りとなる場合があり、このような場合でも基礎コンクリートは十分耐力を保持する必要がある。しかしながら、へりあきなど、柱脚に対する基礎コンクリートの形状が終局耐力にどのような影響を与えるか、未解決である。特にへりあきが小さい場合、強い曲げを受けたときにベース下モルタル・基礎コンクリートが圧縮すべり破壊¹⁾を起こし、アンカーボルトやベースプレートが十分耐力を発揮できなくなる場合が考えられる。また、支圧反力の作用している面積（支圧面積）の大小による影響も不明である。

そこで実験では、基礎コンクリートのへりあき量およびベース下の支圧面積をパラメータにとり、基礎コンクリートの耐力を調べることにより、露出型柱脚の終局耐力評価に対し有効なデータを与えることを目的とする。

次に本実験の具体的な確認事項をあげる。

- (a) 基礎コンクリートの破壊モード
- (b) へりあき量と支圧面積が基礎コンクリートの支圧耐力に与える影響

2. 実験方法

(1) 試験体

図-1に示してある部分を想定し、試験体を製作した。このとき、へりあき量 e と加圧幅 B の2点を実験パラメータとおいている。

試験体一覧を表-1、形状を図-2に掲げる。試験体はへりあき量 e を2.5cm, 5cm, 7.5cm, 10cmの

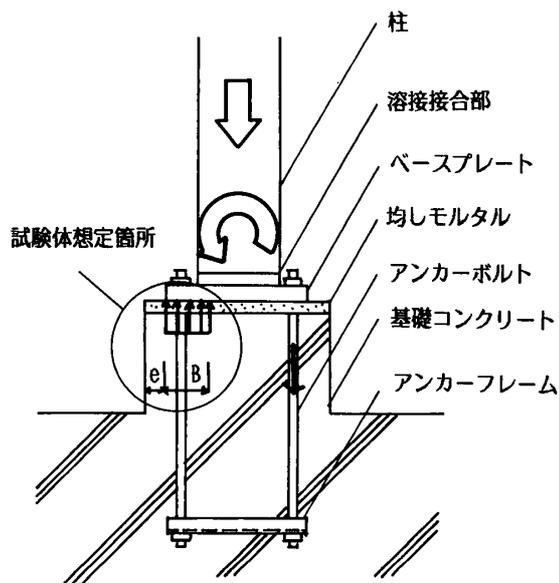


図-1 鋼構造露出型柱脚の構成

4 ケース、それぞれに対し加圧幅 B を 3cm, 6cm, 11cm と変化させ、計 12 種の載荷試験を行なった。試験体名は中の数値がへりあき量、右の数値が加圧幅を示している。試験体の形状決定には現実の 200×200 の箱形断面柱の柱脚を想定しており、コンクリートのせん断破壊に影響を与えないよう十分な高さをとっている。また現実の基礎コンクリートには配筋が施されている為、今回の試験体でも現実に近い配筋を施している。なお材料はコンクリートが FC210、モルタルが無収縮モルタル、鉄筋が SD30 である。コンクリートとモルタルの調査表および材料強度試験結果を表-2, 3 に掲げる。

(2) 加力方法

加力は図-3 に示すように、万能2000トン大型構造物試験機を用い、圧縮試験用クロスヘッドに、図に示す加圧治具を取りつけて行なった。加圧治具と試験体との間に所定の加圧面が得られるように加圧プレートをはさんでいる。載荷は単調載荷であり、試験体が破壊するまで加力した。

3. 実験結果と考察

(1) 基礎コンクリートの破壊モード

すべての試験体とも、荷重を増加させるに従い加圧プレートに直交する方向に縦クラックが走り、破壊荷重に達すると急激に耐力が落ちるという経過をたどった。

破壊モードは図-4 に示すように、大別して2種類に分けられた。

Sタイプ……かぶりコンクリートの上部が外側へはらみ出すような圧縮すべり破壊

Kタイプ……コンクリートに縦クラックが入る割裂

破壊モードの差は、加圧面中心までのへりあき量と加圧幅の比 $(B/2 + e)/B$ に関係があると考えられる。表-4 には $(B/2 + e)/B$ と破壊モードの種別を掲げてある。表より、ほぼ次の関係を導くことができる。

$(B/2 + e)/B < 1$ …… Sタイプ

$(B/2 + e)/B > 1$ …… Kタイプ

以上より、破壊線の方角と加圧面中心までのへりあき量および加圧幅の比は密接な関係があることがわかる。¹⁾

また、同じKタイプでも加圧面中心までのへりあき量の差により、その破壊モードに差があらわれた。図-5 にその例を3例掲げる。本図は、各試験体のクラック発生状況を示したものである。(a)図より (c)図

表-1 試験体一覧

試験体名	へりあき		加圧幅 B(mm)
	e(mm)	e'(mm)	
A-2-3		50	30
A-2-6	25	75	60
A-2-11		100	110
A-5-3		50	30
A-5-6	50	50	60
A-5-11			110
A-7-3			30
A-7-6	75	75	60
A-7-11			110
A-10-3			30
A-10-6	100	100	60
A-10-11			110

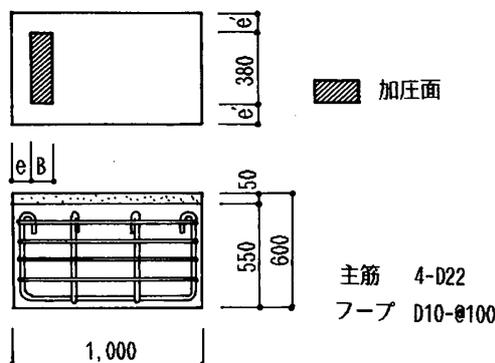


図-2 試験体形状

表-2 コンクリートとモルタルの調査表

	C:S	W/C %	骨材率 %	スランプ cm	水和材* Kg/㎡	備考
コンクリート	1:3.1	64.5	47.4	18.0	2.89	—
モルタル	1:1	36.0	—	—	—	タスコ

* 水和材はAE減水剤

表-3 コンクリートとモルタルの材料試験*

	圧縮強度 Kg/cm ²	割裂強度 Kg/cm ²	試験方法	
			シリンダー形状	試験体数
コンクリート	250	35.0	10φ×20cm	3体
モルタル	509	—	5φ×10cm	6体

* 気乾養生, 材齢4週

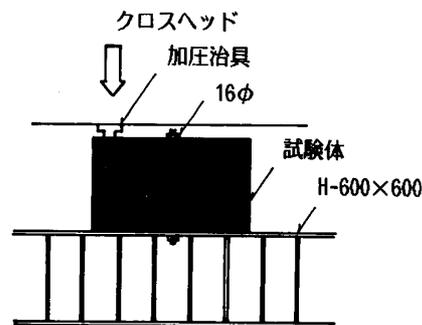


図-3 加力概念図

表-4 破壊モード

試験体名	B/2+e (cm)	B/2+e B	破壊モード
A-2-3	4.0	1.33	モルタルの剥離
A-2-6	5.5	0.92	s
A-2-11	8.0	0.73	s
A-5-3	6.5	2.17	k
A-5-6	8.0	1.33	k
A-5-11	10.5	0.95	s
A-7-3	9.0	3.00	k
A-7-6	10.0	1.75	k
A-7-11	13.0	1.18	k
A-10-3	11.5	3.83	k
A-10-6	13.0	2.17	k
A-10-11	15.5	1.41	k

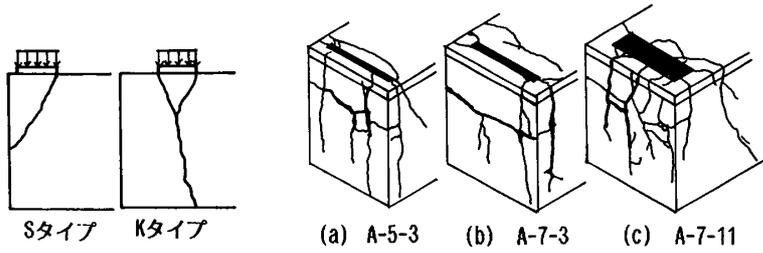
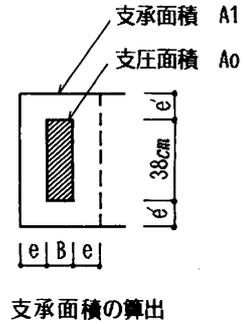


図-4 破壊モード図

図-5 破壊時のクラック発生状況

表-5 最大耐力とその評価

	最大耐力 Po(t)	最大応力度 σo(Kg/cm ²)	σo/σc	支承面積比 √A1/Ao	許容支圧応力度 fn(Kg/cm ²)	σo/fn	$\sqrt{\frac{(38+2e)^2}{38 \times B}}$	σo/σc $\sqrt{\frac{(38+2e)^2}{38 \times B}}$
A-2-3	56.0	491	1.96	1.84	207	2.37	4.03	0.486
A-2-6	85.6	375	1.50	1.60	180	2.08	2.85	0.526
A-2-11	101.8	244	0.976	1.49	167	1.46	2.10	0.467
A-5-3	60.0	526	2.10	2.34	263	2.00	4.50	0.467
A-5-6	82.0	360	1.44	1.84	207	1.74	3.18	0.453
A-5-11	124.5	298	1.19	1.55	175	1.70	2.35	0.506
A-7-3	70.0	614	2.46	2.89	325	1.89	4.96	0.496
A-7-6	100.0	439	1.76	2.21	249	1.76	3.51	0.501
A-7-11	132.8	318	1.27	1.82	205	1.55	2.59	0.490
A-10-3	80.0	702	2.81	3.42	385	1.82	5.43	0.517
A-10-6	110.0	482	1.93	2.57	289	1.67	3.84	0.503
A-10-11	144.8	346	1.38	2.07	233	1.48	2.84	0.486



支承面積の算出

にいくに従い、へりあき量が大きくなっている。

$B/2 + e < 13\text{cm}$ ……主筋にそってクラックが入り、かぶりコンクリートが外側に折れ曲がるように破壊 (図(a),(b))

$B/2 + e \geq 13\text{cm}$ ……クラックが内側に向って入り、クラックが無数に入って破壊 (図(c))

上記の理由として鉄筋の影響が考えられ、 $B/2 + e$ が大きくなるとフープ筋が有効に働き、割裂を防止するためと考えられる。

(2) 支圧耐力

表-5に各試験結果一覧を掲げる。図-6に、へりあき量eと各試験体のコンクリート強度に対する最大応力度の比 σ_o / σ_c の関係を示す。図より、同じへりあき量では加圧幅が小さくなるほど最大応力度が上昇し、また、同じ加圧幅ではへりあき量が大きくなるほど最大応力度が上昇する傾向が現れた。結果より、 $2.5\text{cm} \leq e \leq 10\text{cm}$ では $1 \leq \sigma_o / \sigma_c < 3$ であった。

次にプレレストコンクリート規準²⁾の許容支圧

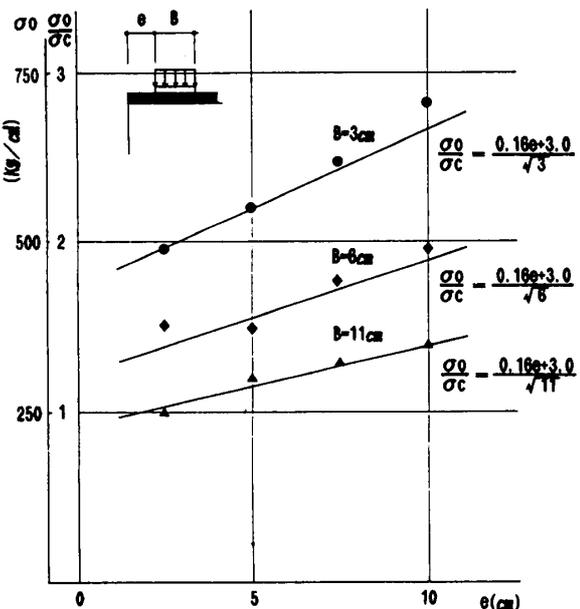


図-6 へりあき量と最大応力度の関係

応力度との対比を行なう。表-5に支承面積比 ($\sqrt{\text{支承面積 } A1 / \text{支圧面積 } A0}$) を掲げている。このとき A1 は表右の図に示したように、支圧面周りにへりあき量 e だけの支承面が広がっているものと仮定し、算出している。図-7に支承面積比と σ_0 / σ_c の関係を示す。図より、支承面積比が上昇するに従い最大応力度が上昇する傾向が現れた。また、許容支圧応力度の算定式である $f_n = 0.45 \sigma_c \sqrt{A1 / A0}$ にはほとんどの実験結果が上回っており、ほぼ 1.8 倍程度の値が出ていた。

実際の柱脚部基礎コンクリートの支圧耐力の算定式としては、柱脚部の形状を考慮に入れた支圧耐力式が A. I. S. C. の L. R. F. D. 指針³⁾に提案されている。算定式を下に示す。

$$f_n = 0.35 \sigma_c \sqrt{A1' / A0'} \leq 0.7 \sigma_c \dots (1)$$

A1' : 基礎コンクリート断面積
A0' : ベースプレート面積

(1) 式をもとに、A1' を基礎コンクリート断面積、A0' を支圧面積と考え、 σ_0 と $\sigma_c \sqrt{A1' / A0'}$ の比をプロットすると図-8の結果が得られる。本実験の範囲では 0.45 から 0.55 の間にあり、平均値は 0.49 であった。この結果を用いて B と e の関係式を求めると、次式となる。

$$\frac{\sigma_0}{\sigma_c} = \frac{0.16 e + 3.0}{\sqrt{D}} \sqrt{\frac{D}{B}} \dots \dots \dots (2)$$

(2) 式より求めた実験値の近似直線を図-6に記入する。

4. まとめ

- (1) 破壊モードの差……加圧面中心までのへりあき量と加圧幅の比 $(B / 2 + e) / B$ により差が現れた。
- (2) 実験式の導出……へりあき量 e が大きいほど、加圧幅 B の小さなものほど最大応力度 σ_0 は大きくなった。また、その値は e が 2.5cm より 10cm までの値では $1 \leq \sigma_0 / \sigma_c < 3$ であった。なお実験式として、
$$\frac{\sigma_0}{\sigma_c} = \frac{0.16 e + 3.0}{\sqrt{D}} \sqrt{\frac{D}{B}}$$
 が得られた。
- (3) PS 規準との対比……最大応力度 σ_0 は許容支圧応力度のほぼ 1.8 倍の値となった。

(謝 辞) 本実験に際し、御指導いただきました東京大学工学部建築学科 加藤勉教授に感謝いたします。また、本研究は日立金属㈱との共同研究として行ったものであります。

(参考文献) 1) 河村、浜田：「局部的に大きな応力を受けるコンクリートの応力と破壊について——その1(弾性応力解析による圧縮接合の耐力推定)」
日本建築学会九州支部研、昭和58年3月
2) 「プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説」 日本建築学会、1975年
3) 「Proposed Load and Resistance Factor Design Specification for Structural Steel Buildings」 A. I. S. C , April 15, 1983

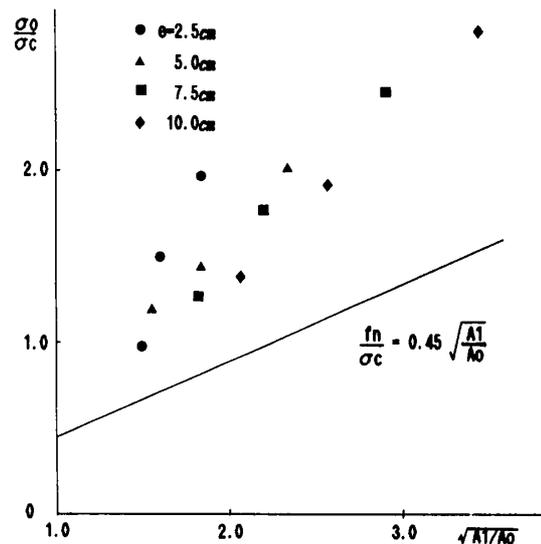


図-7 支承面積比と最大応力度の関係

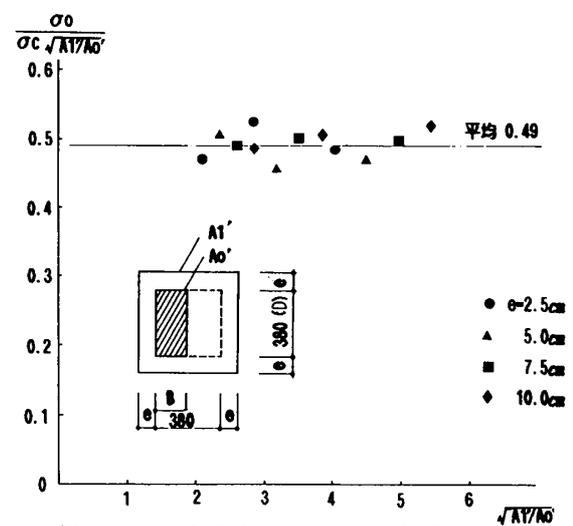


図-8 L. R. F. D. による耐力評価

$$\left(\sqrt{\frac{(38+2e)^2}{38 \times B}} \right)$$