

# 論文 コンファインドコンクリートの支圧特性に及ぼす端部拘束の影響

小野 晃\*1・関 俊力\*2・山田 和夫\*3

**要旨**：本研究では、コンクリートの1軸支圧特性に及ぼす横拘束形式および支圧端部の拘束長さの影響について実験的検討を行った。その結果、横補強比を等しく設定した帯筋モルタルの最大圧縮耐力は、一般的に支圧端部拘束用の鋼管長さに関わらず帯筋径が太くて帯筋間隔が大きいほど低下すること、横補強形式および支圧端部の横拘束長さの異なるコンファインドモルタルの支圧強度は、等価横補強比および破壊領域長/試験体直径比を説明変数とした推定式を用いることによって統一的に評価できること、支圧載荷時の横補強モルタルの圧縮靱性は、支圧端部拘束用の鋼管が長くなるに従って向上すること、などが明らかとなった。

**キーワード**：コンファインドコンクリート、鋼管、帯筋、支圧強度、等価横補強比、変形特性

## 1. はじめに

筆者らは、従来から鋼管形式による杭頭半剛接工法の確立を目的とした一連の基礎的研究<sup>1)~5)</sup>を行っており、先に杭頭半剛接接合部の圧縮耐力は、断面を减小させた鋼管部の支圧により杭本体が割れ裂かれることによって決まる場合が多く、杭頭半剛接工法を確立するには、杭頭部の支圧特性の向上を図ることが重要であることを指摘した。この点を踏まえて、前報<sup>6)</sup>では、コンファインドコンクリートの1軸支圧特性に及ぼす横拘束形式の影響について一連の検討を行ったが、本研究では、引き続きコンファインドコンクリートの1軸支圧特性に及ぼす横拘束形式および支圧端部の拘束長さの影響を検討の対象として、鋼管と横補強比が同程度となるように設定した2種類の帯筋および支圧端部拘束用の鋼管長さを変化させたコンファインドコンクリートを用いて実験的検討を行った。なお、本実験では、従来の実験と同様に1/10スケールモデルの1軸支圧特性に及ぼす幾何学的非均質性 ( $D/d$ ：試験体寸法と粗骨材寸法との比)の影響を取り除くために、粗骨材を含まないモルタルを使用した。

## 2. 実験方法

### 2.1 試験体

本実験では、表-1および図-1に示すように、何れの試験体も外形 ( $D$ )×高さ ( $h$ )が  $\phi 150 \times 300$ mmの円柱体を使用し、実験要因としては、鋼管部長さ ( $L=300, 100, 50, 0$  mmの4種類)、支圧径 ( $B=50, 75, 100$ および $145$ mmの4種類(図-1の平面図の◎部))、横補強形式(鋼管および帯筋の2種類)および横補強比を取り上げ、横補強比 ( $P_w$ )は、表-1に示す横補強無し ( $P_w=0.0\%$ )のプレーンモルタル、 $P_w \cong 1.33\%$ に設定した鋼管(ストレート継ぎ目溶接された外径 $150$ mmの鋼管で、公称肉厚( $T$ )が $1.0$ mm)と呼び径が  $\phi 6$ および  $\phi 9$ の丸鋼(外径 $150$ mmに溶込み溶接

表-1 実験の概要

試験体記号	加力		鋼管(帯筋)詳細		
	支圧径 $B$ (mm)	肉厚 $T$ (直径 $\phi$ ) (mm)	配筋 間隔 $S$ (mm)	鋼管部 長さ $L$ (mm)	横補 強比 $P_w$ (%)
BS01-30-145	$\phi 145$	1.0	—	300	1.33
BS01-30-100	$\phi 100$	1.0	—	300	1.33
BS01-30-75	$\phi 75$	1.0	—	300	1.33
BS01-30-50	$\phi 50$	1.0	—	300	1.33
BH06-00-145	$\phi 145$	(6.0)	28.5	0	1.32
BH06-00-100	$\phi 100$	(6.0)	28.5	0	1.32
BH06-00-75	$\phi 75$	(6.0)	28.5	0	1.32
BH06-00-50	$\phi 50$	(6.0)	28.5	0	1.32
BH06-05-145	$\phi 145$	(6.0)	28.5	50	1.32
BH06-05-100	$\phi 100$	(6.0)	28.5	50	1.32
BH06-05-75	$\phi 75$	(6.0)	28.5	50	1.32
BH06-05-50	$\phi 50$	(6.0)	28.5	50	1.32
BH06-10-145	$\phi 145$	(6.0)	28.5	100	1.32
BH06-10-100	$\phi 100$	(6.0)	28.5	100	1.32
BH06-10-75	$\phi 75$	(6.0)	28.5	100	1.32
BH06-10-50	$\phi 50$	(6.0)	28.5	100	1.32
BH09-00-145	$\phi 145$	(9.0)	64.0	0	1.33
BH09-00-100	$\phi 100$	(9.0)	64.0	0	1.33
BH09-00-75	$\phi 75$	(9.0)	64.0	0	1.33
BH09-00-50	$\phi 50$	(9.0)	64.0	0	1.33
BH09-05-145	$\phi 145$	(9.0)	64.0	50	1.33
BH09-05-100	$\phi 100$	(9.0)	64.0	50	1.33
BH09-05-75	$\phi 75$	(9.0)	64.0	50	1.33
BH09-05-50	$\phi 50$	(9.0)	64.0	50	1.33
BH09-10-145	$\phi 145$	(9.0)	64.0	100	1.33
BH09-10-100	$\phi 100$	(9.0)	64.0	100	1.33
BH09-10-75	$\phi 75$	(9.0)	64.0	100	1.33
BH09-10-50	$\phi 50$	(9.0)	64.0	100	1.33
BC65-00-145	$\phi 145$	—	—	0	0.00
BC65-00-100	$\phi 100$	—	—	0	0.00
BC65-00-75	$\phi 75$	—	—	0	0.00
BC65-00-50	$\phi 50$	—	—	0	0.00
BC65-05-145	$\phi 145$	—	—	50	0.00
BC65-05-100	$\phi 100$	—	—	50	0.00
BC65-05-75	$\phi 75$	—	—	50	0.00
BC65-05-50	$\phi 50$	—	—	50	0.00
BC65-10-145	$\phi 145$	—	—	100	0.00
BC65-10-100	$\phi 100$	—	—	100	0.00
BC65-10-75	$\phi 75$	—	—	100	0.00
BC65-10-50	$\phi 50$	—	—	100	0.00

されたリング状帯筋で、配筋の間隔( $S$ )が $28.5$ および $64.0$  mm)の合計4種類とした。本実験で用いたモルタルの水セメント比( $W/C$ )は、前報<sup>6)</sup>と同様に何れの試験体も $65\%$

\*1 愛知工業大学大学院 工学研究科建設システム工学専攻 (正会員)  
 \*2 愛知工業大学大学院 工学研究科生産・建設工学専攻 修士(工学) (正会員)  
 \*3 愛知工業大学 工学部建築学科教授 工博 (正会員)

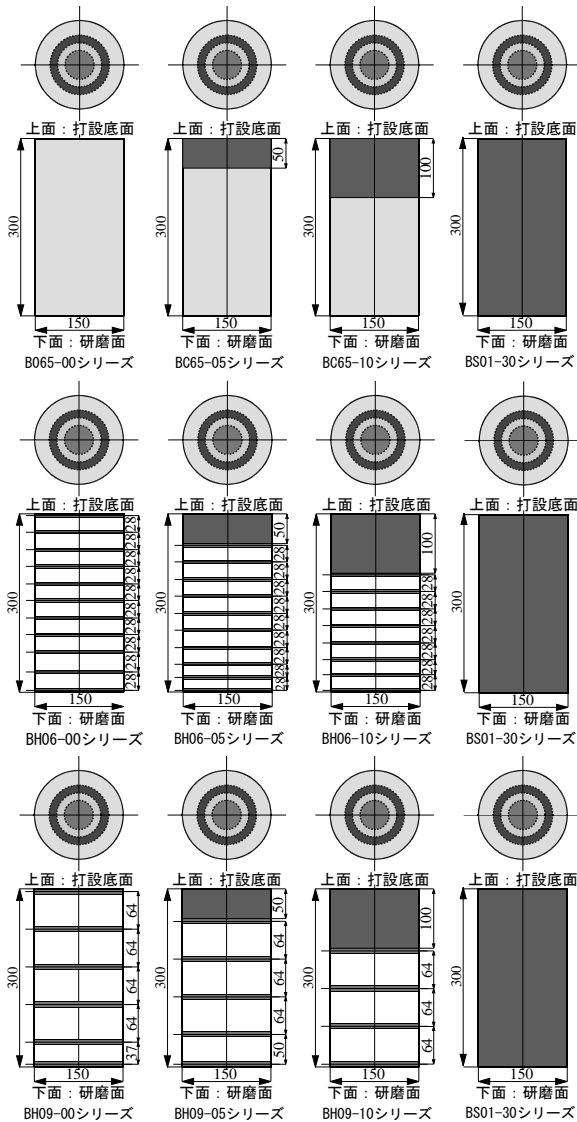


図-1 試験体の寸法・形状

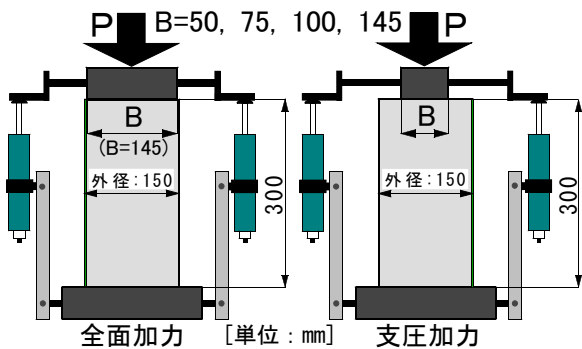


図-2 試験体の加力および軸変位の測定要領

の一定とした。なお、本論文では、鋼管によって横補強されたモルタルを鋼管モルタル、帯筋によって横補強されたモルタルを帯筋モルタルと便宜上呼ぶことにする。

## 2.2 試験体の作製および養生方法

試験体の作製に際しては、目標フロー値を $200 \pm 10$ に設定し、普通ポルトランドセメント、天竜川産の川砂(最大寸法: 2.5mm, 表乾密度:  $2.60 \text{g/cm}^3$ )を使用して試し練りにより調合を決定した。本実験で用いたモルタルの

表-2 標準調合表

W/C (%)	S/C	単位量 ( $\text{kg/m}^3$ )			目標フロー値
		セメント	水	細骨材	
65	3.00	472	307	1,415	$200 \pm 10$

表-3 材料試験結果  
(a) モルタル

試験材齢	養生方法	密度 ( $\text{g/cm}^3$ )	強度試験結果		ヤング係数 (GPa)
			引張 (MPa)	圧縮 (MPa)	
28日	水中	2.24	3.49	36.6	-
57日	封緘	2.19	2.52	36.5	19.5
62日	封緘	2.19	2.87	40.3	22.7

[注]材齢57日および62日は、それぞれ実験の直前および直後の結果。

(b) 帯筋

種類	呼び名	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	ヤング係数 (GPa)	伸び率 (%)
帯筋	$\phi 6$	319	467	191	26.9
	$\phi 9$	335	440	201	33.8

(c) 鋼管

肉厚 (mm)	降伏点 (MPa)	引張強さ (MPa)	ヤング係数 (GPa)	伸び率 (%)	解放ひずみ度
1.0	258	359	204	36.5	$130 \mu$

標準調合表を表-2に示す。試験体の打設は、何れも  $\phi 150 \times 300 \text{mm}$  の鋼製型枠内の所定位置に鋼管および帯筋をセットした後に2層に分けて行い、棒状バイブレータを使用して締固めを十分に行った。なお、鋼管の内面には打設前にグリースを薄く塗布してモルタルとの界面の摩擦が極力小さくなるように設定した。試験体は、材齢4日で脱型した後20日目に研磨を行い、その後、実験実施まで恒温養生室で空中養生を行った。実験時の材齢は57~62日であった。また、使用モルタルの力学的性質を調べるためにモルタル打設時に  $\phi 100 \times 200 \text{mm}$  の円柱供試体を同時に作製し、材齢28日(標準水中養生)、実験の直前および直後(封緘養生)の時点で圧縮および引張強度試験を行った。本実験で用いたモルタル、帯筋および鋼管に関する材料試験結果を表-3に示す。ただし、表-3(c)中の解放ひずみ度は、幅50mmの鋼管に1対のひずみゲージ(ゲージ長5mm)を円周方向に貼付した後に鋼管を材軸方向に切断して測定した鋼管の解放ひずみ度であり、本実験では  $130 \times 10^{-6}$  (元応力=26.5MPa) であった。

## 2.3 加力および測定方法

加力要領を図-2に示す。本実験では、杭頭半剛接合モデル試験体の1軸圧縮加力に際して容量2,000kNの耐圧試験機を使用し、毎分約1.0mmの載荷スピードで単調漸増1軸圧縮載荷を行って荷重-軸変位関係の測定および破壊状況を目視で観察するとともにデジタルカメラを用いて撮影・記録した。なお、1軸圧縮載荷中の試験体の軸変位(載荷板間変位(前掲の図-2参照))の計測には、ストローク50mmの高感度ひずみゲージ式変位計を使用した。

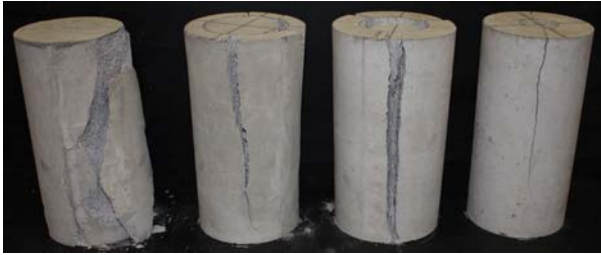


写真-1 プレーンモルタルの最終破壊状況の例  
(左から支圧径(B)=145, 100, 75および50mm)



写真-2 鋼管モルタルの最終破壊状況  
(左から支圧径(B)=145, 100, 75および50mm)



(a) φ6の帯筋モルタル (L=100mm)



(b) φ9の帯筋モルタル (L=100mm)

写真-3 帯筋モルタルの最終破壊状況の例  
(左から支圧径(B)=145, 100, 75および50mm)

### 3. 実験結果とその考察

#### 3.1 破壊状況

写真-1および写真-2にプレーンおよび鋼管モルタルの最終破壊状況の例を示す。これらの写真によれば、全面加力の場合には、支圧端部の鋼管長さに関わらず、せん断滑りによって破壊しているが、支圧加力を行った場合は、数本の割裂ひび割れによって破壊しているのがわかる。一方、帯筋モルタル（帯筋径がφ6およびφ9）の最終破壊状況の例を示した写真-3によれば、試験体は、帯筋間隔および支圧径（全面加力を含む）に関わらず、帯筋間に斜めせん断滑り面が形成されることによって破壊し、鋼管モルタルで観察されたような割裂ひび割れの発生は明確に認められなかった。また、支圧端部を鋼管で拘束した試験体では、前報<sup>6)</sup>で示したような支圧部近傍における帯筋の浮き上がり現象は認められなかった。更

表-4 実験結果一覧

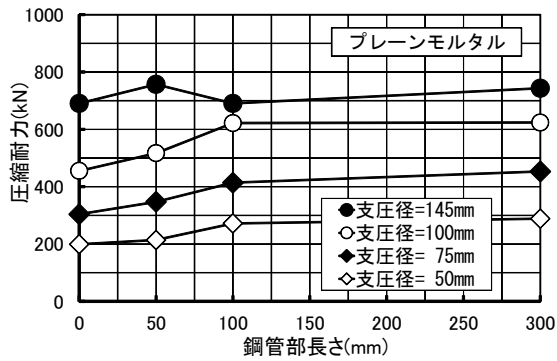
試験体記号	$P_c$ (kN)	$\delta_c$ (mm)	$P_{cc}$ (kN)	$P_{cc}/P_c$
BS01-30-145	772.8	1.62	772.8	1.00
BS01-30-100	623.7	1.54	509.3	0.82
BS01-30-75	453.1	1.18	368.8	0.81
BS01-30-50	288.3	1.45	234.0	0.81
BH06-00-145	731.6	2.06	731.6	1.00
BH06-00-100	636.5	1.52	482.2	0.76
BH06-00-75	479.5	2.09	349.2	0.73
BH06-00-50	305.0	2.61	221.5	0.73
BH06-05-145	760.0	6.39	760.0	1.00
BH06-05-100	624.7	2.91	500.9	0.80
BH06-05-75	453.1	3.84	362.7	0.80
BH06-05-50	287.3	8.40	230.2	0.80
BH06-10-145	810.0	2.85	810.0	1.00
BH06-10-100	576.6	2.97	533.9	0.93
BH06-10-75	464.8	1.74	386.6	0.83
BH06-10-50	278.5	2.07	245.3	0.88
BH09-00-145	700.2	5.52	700.2	1.00
BH09-00-100	601.1	3.89	461.5	0.77
BH09-00-75	442.3	4.15	334.2	0.76
BH09-00-50	298.1	2.26	212.0	0.71
BH09-05-145	716.9	4.75	716.9	1.00
BH09-05-100	665.9	5.95	472.5	0.71
BH09-05-75	519.8	3.98	342.1	0.66
BH09-05-50	335.4	6.13	217.1	0.65
BH09-10-145	642.3	1.16	642.3	1.00
BH09-10-100	588.4	0.71	423.4	0.72
BH09-10-75	463.9	0.63	306.6	0.66
BH09-10-50	300.1	0.45	194.5	0.65
BC65-00-145	690.4	1.45	690.4	1.00
BC65-00-100	455.0	2.45	423.4	0.93
BC65-00-75	304.0	3.45	306.6	1.01
BC65-00-50	199.1	4.45	194.5	0.98
BC65-05-145	757.1	5.45	757.1	1.00
BC65-05-100	516.8	6.45	423.4	0.82
BC65-05-75	347.2	7.45	306.6	0.88
BC65-05-50	213.8	8.45	194.5	0.91
BC65-10-145	690.4	9.45	690.4	1.00
BC65-10-100	621.7	10.45	423.4	0.68
BC65-10-75	413.8	11.45	306.6	0.74
BC65-10-50	271.6	12.45	194.5	0.72

[注]  $P_c$  : 支圧耐力,  $\delta_c$  : 支圧耐力時の軸変位,  
 $P_{cc}$  : 六車・岡本式による支圧耐力の計算値。

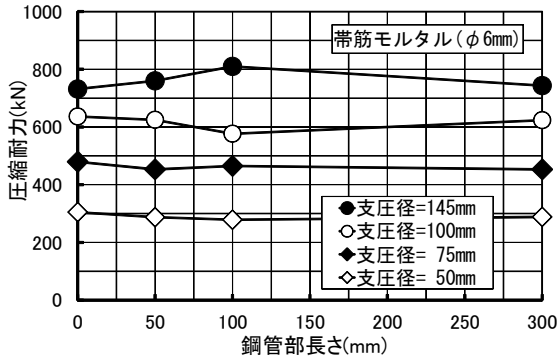
に、帯筋径がφ9の試験体は、φ6の試験体に比べて破壊領域が一箇所に集中する傾向にあるのがわかる。これは、帯筋径が太いと帯筋間隔が広くなるため、帯筋間で生じるせん断滑り破壊領域が大きくなるためと考えられる。

#### 3.2 圧縮耐力

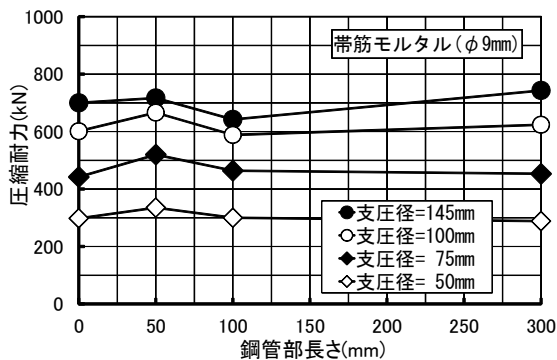
表-4に本実験によって得られた各種試験体の圧縮耐力 ( $P_c$ )、圧縮耐力時の載荷板間軸変位 ( $\delta_c$ ) の一覧を、図-3に圧縮耐力と支圧端部の鋼管長との関係を支圧径別に示す。これらの表および図によれば、プレーンモルタルの圧縮耐力は、一般的に支圧端部の鋼管長が大きくなるほど増大するが、帯筋径がφ6の試験体では、支圧端部の鋼管長が100mmで、支圧径(B)が145mmおよび100mmの場合を除けば、最大圧縮耐力は、支圧端部の鋼管長に関わらずほぼ一定の値を示している。また、帯筋間隔が大きいφ9の試験体では、支圧端部の鋼管長(L)が100mmの場合を除けば、一般的に支圧端部の鋼管長が



(a) プレーンモルタル



(b) φ6の帯筋モルタル



(c) φ9の帯筋モルタル

図-3 圧縮耐力と支圧端部鋼管長との関係

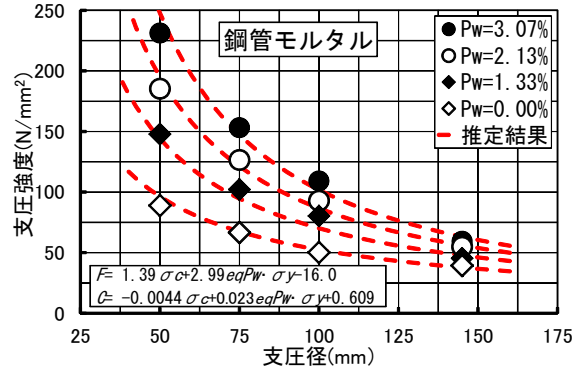
大きくなるほど耐力が増大する傾向にあるのがわかる。

前掲の表-4中には、次の式(1)で表される六車・岡本が提案したコンクリートの支圧強度推定式<sup>7)</sup>による支圧耐力の計算値 ( $P_{cc}=F_B \times A_i$ ) および支圧強度推定式の推定精度 (計算値/実験値 ( $P_{cc}/P_c$ )) も併示してある。

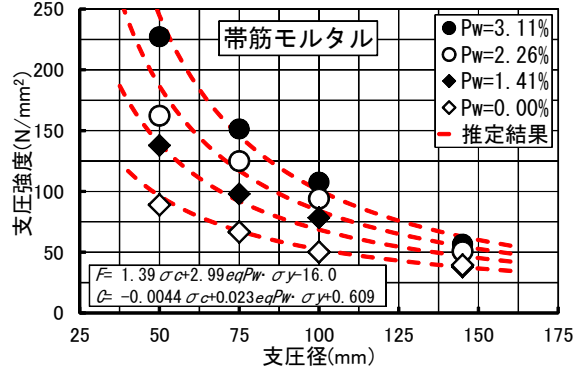
$$F_B = F \cdot (A/A_i)^{0.439} \quad (1)$$

ここに、 $F_B$  : 支圧強度 ( $N/mm^2$ )、 $F$  : 全面圧縮強度 ( $N/mm^2$ )、 $A$  : 支承压面積 ( $mm^2$ )、 $A_i$  : 支圧面積 ( $mm^2$ )。

表-4によれば、支圧端部拘束用の鋼管を設置していないプレーンモルタル (横補強比 ( $P_w$ )=0.00%) を除くと、鋼管モルタルおよび帯筋モルタルの支圧耐力は何れも推定値よりも大きく、かつ支圧耐力の推定値は過小評価となっているのがわかる。図-4(a)および(b)は、それぞれ前報<sup>6)</sup>で示した鋼管モルタルおよび帯筋モルタルの支圧強度と支圧径との関係に関する実験結果と前報<sup>6)</sup>で提案



(a) 鋼管モルタル<sup>6)</sup>



(b) 帯筋モルタル<sup>6)</sup>

図-4 支圧強度の推定結果と実験結果との比較

した支圧強度式中の  $P_w$  を等価横補強比<sup>8)</sup> ( $eqP_w$ ) に変更することによって、鋼管と帯筋によるコンファインド効果を一括評価した以下の式で表される支圧強度の推定結果 (赤色の破線) を横補強比別に示したものである。

$$F_B = F \cdot (A/A_i)^C \quad (2)$$

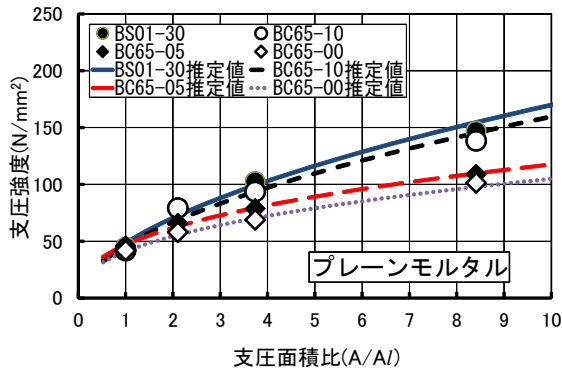
$$\left. \begin{aligned} F &= 1.39\sigma_c + 2.99eqP_w \cdot \sigma_y - 16.0 \\ C &= -0.0044\sigma_c + 0.023eqP_w \cdot \sigma_y + 0.609 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \text{帯筋: } eqP_w &= \{1 - S/(1.25D)\} \times 2A_s / (S \cdot D) \\ \text{鋼管: } eqP_w &= P_w \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

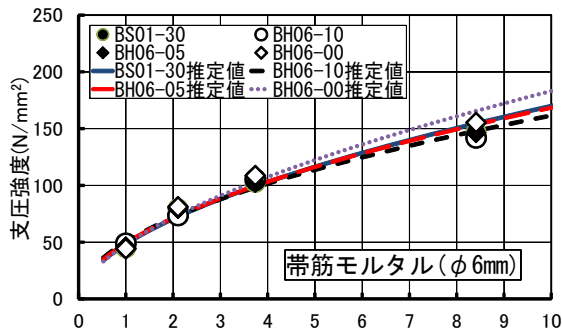
ここに、 $\sigma_c$  : 円柱供試体による母材の1軸圧縮強度 ( $N/mm^2$ )、 $\sigma_y$  : 鋼管および帯筋の降伏点 ( $N/mm^2$ )、 $A_s$  : 帯筋の断面積、 $S$  : 帯筋の間隔、 $D$  : 試験体の直径。

図によれば、等価横補強比を用いることによって、鋼管と帯筋によるコンファインド効果を統一して精度良く評価できることがわかる。この点を踏まえて、以下では、本実験で得られた鋼管と帯筋によるコンファインド効果を等価横補強比 ( $eqP_w$ ) で統一的に評価するとともに、支圧端部の鋼管長 ( $L$ ) の影響を  $H/D$  比 (破壊領域の全長 ( $H=h-L$ ) と試験体の直径 ( $D$ ) との比) による効果として評価した場合の支圧強度推定式の定量化を試みる。

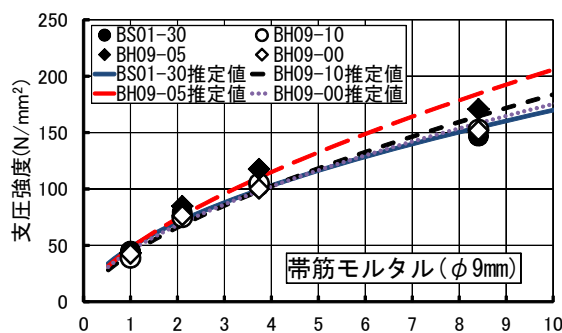
図-5(a)、(b)および(c)は、それぞれプレーンモルタル、鋼管モルタルおよび帯筋モルタルの支圧強度 ( $F_B$ ) と支圧面積比 ( $A/A_i$ ) との関係に関する実験結果と推定結果との比較を支圧端部の鋼管長 ( $L$ ) 別に示したもの



(a) プレーンモルタル



(b) φ6の帯筋モルタル



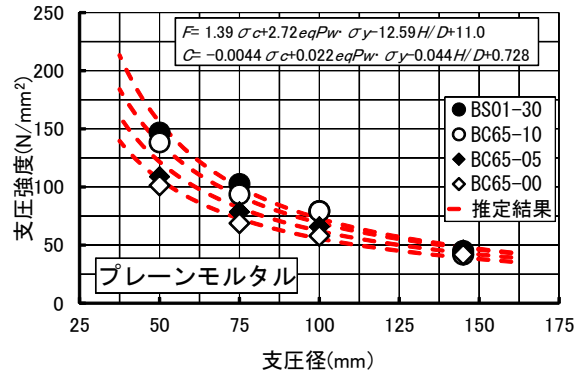
(c) φ9の帯筋モルタル

図-5 支圧強度式中の係数算定結果の推定精度

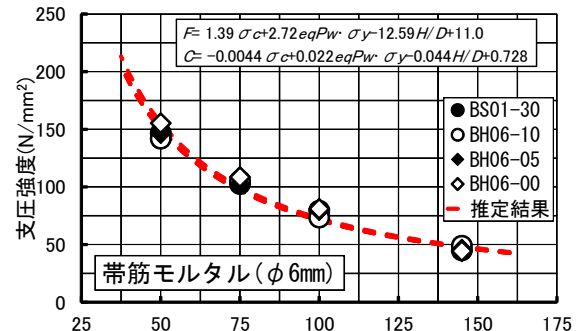
である。図によれば、実験結果と推定結果は比較的良好一致しており、同一のL毎にF値とC値を設定することによって、かなりの精度で支圧強度の推定が可能であるといえる。次に、プレーンモルタル、鋼管モルタルおよび帯筋モルタルの支圧強度を決定するF値とC値の定式化について検討する。なお、前掲の式(2)中のF値およびC値は、何れも円柱供試体による母材の1軸圧縮強度( $\sigma_c$ )、等価横補強量( $eqPw \cdot \sigma_y$ )およびH/Dの1次関数として表示することがわかったため、本実験結果と母材強度、横補強形式および横補強比を実験要因として取り上げた既往の実験結果<sup>5), 6)</sup>を含めて重回帰分析を行った。その結果、F値とC値に関する評価式として次式が得られた。

$$\left. \begin{aligned} F &= 1.39\sigma_c + 2.71eqPw \cdot \sigma_y - 12.59H/D + 11.0 \\ C &= -0.0044\sigma_c + 0.022eqPw \cdot \sigma_y - 0.044H/D + 0.728 \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

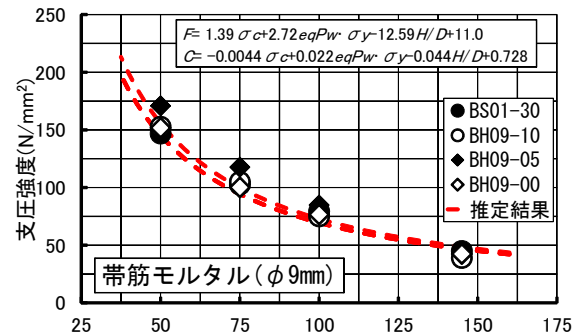
図-6(a), (b)および(c)は、前掲の式(2)中のF値およ



(a) プレーンモルタル



(b) φ6の帯筋モルタル



(c) φ9の帯筋モルタル

図-6 支圧強度の推定結果

びC値をそれぞれ上式(5)で評価した場合の実験結果と推定結果とを比較したものである。図によれば、実験結果と推定結果は、横拘束の有無および形式に関わらず良く一致しているといえる。また、プレーンモルタルの場合は、支圧強度に及ぼす支圧端部の鋼管長の影響が顕著に確認できるが、帯筋モルタル(帯筋径φ6およびφ9)の場合は、支圧端部の鋼管長の影響が明確には認められない。これは、帯筋モルタルの場合、支圧端部に設置した鋼管と帯筋の等価横補強量( $eqPw \cdot \sigma_y$ )が同程度であったためと考えられる。この点は、今後支圧端部拘束用鋼管の補強量を変化させた実験で確認する必要がある。

### 3.3 変形特性

図-7(a)~(f)は、プレーンモルタル、帯筋径がφ6およびφ9の帯筋モルタルの荷重-軸変位関係に及ぼす支圧端部鋼管長の影響を支圧径別に示した例である。まず、プレーンモルタルの結果を示した図-7(a)および(d)によ

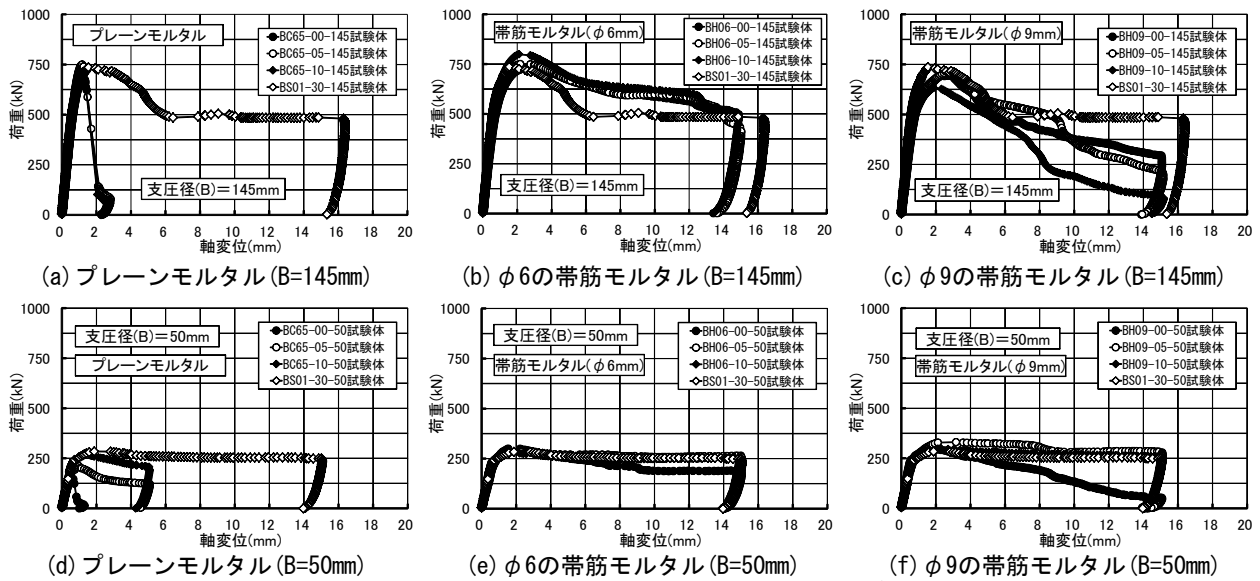


図-7 支圧荷重を受けるコンファインドモルタルの荷重-軸変位関係に及ぼす支圧端部鋼管長の影響の例

れば、支圧径 ( $B$ ) が145mm(全面加力)の場合は、支圧端部鋼管長が300mmのBS01-30-145試験体を除けば、支圧端部鋼管長に関わらず類似した荷重-軸変位関係を示しているが、支圧径が50mmの場合は、支圧端部の鋼管が長くなるに従って延性的な荷重-軸変位関係を示しているのがわかる。一方、帯筋径が $\phi 6$ の帯筋モルタルの結果を示した図-7(b)および(e)によれば、支圧径 ( $B$ ) が145mm(全面加力)で支圧端部鋼管長が300mmの結果を除けば、支圧端部鋼管長に関わらずほぼ同様な荷重-軸変位関係を示している。特に、支圧径が50mmの場合は、最大圧縮耐力後も殆ど耐荷性能が低下することなく荷重をほぼ維持しており、高い靱性改善効果が認められる。これに対して、帯筋径が $\phi 9$ の帯筋モルタルの結果を示した図-7(c)および(f)によれば、前述の帯筋径が $\phi 6$ の場合とは異なった傾向を示しているのがわかる。すなわち、支圧径 ( $B$ ) が145mmの全面加力の場合には、支圧端部鋼管長が300mmのBS01-30-145試験体を除くと、一般的に支圧端部の鋼管が長くなるに従って最大圧縮耐力後の耐力低下が顕著となっているが、支圧径 ( $B$ ) が50mmの場合は、支圧端部に鋼管を設置していないBH09-00-50試験体が最大耐力後の耐力低下が顕著である。これは、 $\phi 9$ の帯筋間隔が $\phi 6$ 試験体に比べて粗いため、不安定な帯筋間のせん断滑り破壊が生じ易いためと考えられる。

#### 4. 結論

- 1) 横補強比を等しく設定した帯筋モルタルの最大圧縮耐力は、一般的に支圧端部の鋼管長さに関わらず帯筋径が太くて帯筋間隔が大きいほど低下する。
- 2) 横補強形式および支圧端部の横拘束長さの異なるコンファインドモルタルの支圧強度は、等価横補強比および破壊領域長/試験体直径比を説明変数とし

た式(5)を用いることによって統一的に評価できる。

- 3) 支圧載荷時の横補強モルタルの圧縮靱性は、支圧端部の鋼管が長くなるに従って向上するが、帯筋間隔が大きいと、最大耐力後の耐力低下が著しい。

以上のように、本研究では、約1/10スケールのモデル試験体を用いて一連の実験的検討を行ったが、今後は結果の妥当性を実大試験体を用いて確認する必要がある。

#### 謝辞

本研究に際しては、愛知工業大学耐震実験センターの施設と研究費を使用したことを付記し、謝意を表する。

#### 参考文献

- 1) 山田和夫, 山本俊彦, 伴幸雄, 河邊拓也: 鋼管で補強された杭頭半剛接合部の1軸圧縮特性に関する基礎的研究, セメント・コンクリート論文集, No.61, pp.204-210, 2008.2
- 2) 山田和夫, 関俊力, 巻幡悠佑: 鋼管で補強されたコンクリートの1軸圧縮特性に及ぼす調合の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.30, No.1, pp.393-398, 2008.7
- 3) 山田和夫, 関俊力, 山本俊彦, 伴幸雄: 鋼管形式による杭頭半剛接合部の1軸圧縮特性に関する基礎的研究, セメント・コンクリート論文集, No.62, pp.240-247, 2009.2
- 4) 山田和夫, 関俊力, 巻幡悠佑: 鋼管で補強されたコンクリートの支圧特性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.469-474, 2009.7
- 5) 山田和夫, 関俊力, 瀬古繁喜, 三井健郎: 横拘束コンクリートの支圧特性に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.32, No.1, pp.299-304, 2010.7
- 6) 小野晃, 関俊力, 瀬古繁喜, 山田和夫: コンクリートの支圧特性に及ぼす横拘束形式の影響に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.1, pp.401-406, 2011.7
- 7) 六車照, 岡本伸: 局部荷重を受けるコンクリートの支圧強度に関する研究, プレストレストコンクリート, 第5巻, 第5号, pp.22-29, 1963.10
- 8) Ahmad, S.H. and Shah, S.P.: Stress-Strain Curves of Concrete Confined by Spiral Reinforcement, Jour. of ACI, Vol.79, No.6, pp.484-490, 1982