

モルタル充填鋼管柱の圧縮耐荷力実験

名古屋大学工学部 学生員 ○山本 博稔
 広島大学工学部 正 員 藤井 堅
 大阪市 正 員 小寺 親房

1. まえがき モルタル充填鋼管柱は、強度や靱性が大きく、そのため断面積を小さくできる等の利点があり、高橋脚等の構造物等に広く応用できる。近年、佐藤等によってアンボンド型合成柱が提案された¹⁾。アンボンド型モルタル充填鋼管柱は、従来のボンド型に比べ、鋼管がモルタルを3軸的に拘束する力（コンファインド効果）が強く、優れた耐荷力性状を示すことが知られている。しかしこの分野では短柱に関する研究が多く、長柱に関する研究は殆ど行われていない²⁾。そこで本研究では、長柱を対象に、柱長と板厚を変化させてボンド型とアンボンド型モルタル充填鋼管柱の圧縮耐荷力実験を行い、その耐荷力性状を調べた。

2. 試験体の概要と実験方法

試験体は図-1に示すよう

にアンボンド型、ボンド型、EB型の3種類である。アンボンド型は鋼管の内側に、モルタルと鋼管の摩擦を低減させるための分離材としてアスファルトを塗布し、モルタル面のみに軸圧縮力を働かせる。ボンド型は分離材を塗布せずにモルタルと鋼管を付着させたまま、モルタルと鋼管を同一面で圧縮するものである。

EB型は、ボンド型と試験体は同様であるが、モルタルのみに軸圧縮力を働かせるものである。板厚と

柱長を表-1のように変化させて、計40本の試験体を作成した。載荷には400tf水平載荷型試験機を使用した。境界条件は両端ピン支持である。測定は歪ゲージ及びダイヤルゲージに

より、鋼管の歪、モルタルの軸歪、試験体の軸または横方向変位を測定した。

3. 実験結果と考察 図-2と図-3に鋼管板厚1.6mmと6.0mmの場合の荷重と軸方向変位の関係を示す。図中、以下の計算式により求めた剛性（見かけの剛性）をマーク付きの直線で示した。（アンボンド型、EB型： $P = \varepsilon E_c A_c$ 、ボンド型： $P = \varepsilon (E_c A_c + E_s A_s)$ ）板厚1.6mm(図-2)のときはアンボンド型、ボンド型、EB型は殆ど同じ挙動を示している。一方板厚6.0mm(図-3)では、ボンド型及びEB型は終局強度付近まで初期の見かけの剛性を保っているのに対し、アンボンド型では300kN付近から剛性が低くなることが分かる。この荷重はモルタルの一軸圧縮破壊強度と一致しており、この荷重付近でモルタルが破壊し、コンファインド効果が現れる。

表-1 試験体 (寸法諸元、耐荷力)

試験体名	L (mm)	鋼管				モルタル	P _u	試験体名	L (mm)	鋼管				モルタル	P _u
		t	E _s	ν_s	σ_s	ν_s				t	E _s	ν_s	σ_s	ν_s	
U 60-16	850	1.96	184	0.262	2662	40.21639.9	60	B 60-16	850	1.79	184	0.262	2662	40.21639.9	52
U 60-35	850	3.30	186	0.277	2912	40.21636.9	85	B 60-35	850	3.35	186	0.277	2912	40.21636.9	80
U 60-45	850	4.68	200	0.279	3124	40.21636.9	107	B 60-45	850	4.42	200	0.279	3124	40.21636.9	92
U 60-60	850	6.34	215	0.272	4862	40.21636.9	164	B 60-60	850	6.00	215	0.272	4862	40.21636.9	136
U100-60	1250	5.91	215	0.272	4862	20.20425.1	146	B100-60	1250	5.91	215	0.272	4862	20.20425.1	120
U150-16	175	1.73	184	0.262	2662	10.19933.0	47	B150-16	175	1.92	184	0.262	2662	10.19933.0	47
U150-35	175	3.23	186	0.277	2912	20.20730.3	72	B150-35	175	3.32	186	0.277	2912	20.20730.3	64
U150-60	175	5.99	215	0.272	4862	40.21636.9	120	B150-60	175	5.94	215	0.272	4862	40.21636.9	116
U200-16	225	0.61	184	0.262	2662	20.20428.0	36	B200-16	225	1.78	184	0.262	2662	20.20428.0	36
U200-35	225	3.29	186	0.277	2912	20.20623.8	67	B200-35	225	3.31	186	0.277	2912	20.20623.8	55
U200-60	225	5.64	215	0.272	4862	20.20428.0	92	B200-60	225	5.61	215	0.272	4862	20.20428.0	102
U250-16	275	1.64	184	0.262	2662	10.20336.3	41	B250-16	275	1.72	184	0.262	2662	10.20336.3	36
U250-35	275	3.28	186	0.277	2912	10.20336.3	68	B250-35	275	3.41	186	0.277	2912	10.20336.3	58
U250-60	275	5.48	200	0.279	3124	20.20331.2	74	B250-60	275	5.49	200	0.279	3124	20.20331.2	67
U250-60	275	5.61	215	0.272	4862	10.19933.0	96	B250-60	275	5.61	215	0.272	4862	10.19933.0	96

note: L: 座屈基本長, t: 鋼管板厚(mm).

E_s: 鋼管の弾性係数(GPa), ν_s : 鋼管のポアソン比,

σ_s : 鋼管の降伏応力(MPa), E_c: モルタルの弾性係数(GPa),

ν_c : モルタルのポアソン比, σ_{cu} : モルタルの圧縮強度(MPa), P_u: 試験体の耐荷力(kN)

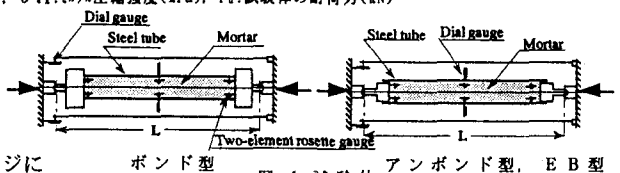


図-1 試験体

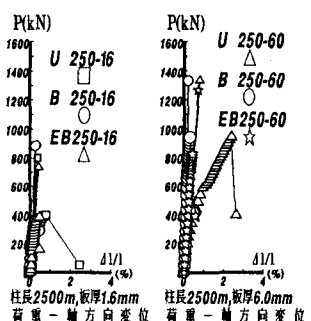


図-2

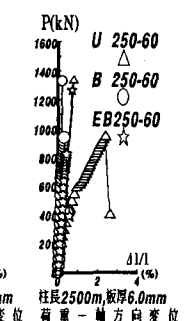


図-3

図-4と5に柱長を変化させた荷重-軸方向変位の関係を示す。ボンド型(図-4)では、柱長に関係なく、高い荷重まで見かけの剛性と一致している。一方アンボンド型(図-3)では、柱長が長い試験体ほど剛性が高くなる傾向がある。これはモルタルと鋼管との周面摩擦のためで、柱長が長くなるほど摩擦によって鋼管に生じる軸方向力が大きくなるからである。

次に図-6, 7に、板厚を変化させた荷重-鋼管の応力の関係を示す。鋼管の応力は試験体中央断面の平均の応力値であり、応力の計算は完全弾塑性体を仮定し、降伏の判定にミーゼスの降伏条件を用い、塑性域ではPrandtl-Reussの塑性流れ則を適用した。図-6から分かるように、アンボンド型では軸方向応力 σ_z はほとんど現れない。また、300kN付近から周方向応力 σ_θ が大きくなり、コンファインド効果が現れる。300kNを越えると、板厚6.0mmの方が同じ荷重下では周方向応力が小さく現れ、同時に耐力も大きくなる。これは、板厚が厚い方が、より大きな周方向引張力を受け持つことが出来るからである。

一方ボンド型(図-7)では、周方向応力は殆ど生じず、軸方向応力が線形的に現れていることが分かる。図-8に、アンボンド型、ボンド型、EB型の型別の荷重-鋼管の応力の関係を示す。図-8からボンド型、EB型は、共に周方向応力は生じず、軸方向応力が大きく現れていることが分かる。これは、ボンド型は鋼管に直接荷重を加えた際に、鋼管のポアソン比がモルタルよりも大きいいため、周方向のひずみは鋼管の方が大きく、モルタルを拘束しない為である。EB型は、鋼管とモルタルとの付着により鋼管に軸方向応力が伝達されるため、ボンド型と同様な応力状態となる。

図-9に耐力曲線を示す。図中、Euler曲線とECCSa曲線を併せて示す。図から分かるように、 $\lambda=0.3\sim0.8$ 付近まではアンボンド型、EB型、ボンド型の順に耐力は高く現れている。しかし $\lambda=1.0\sim1.2$ になると有意な差は見られない。

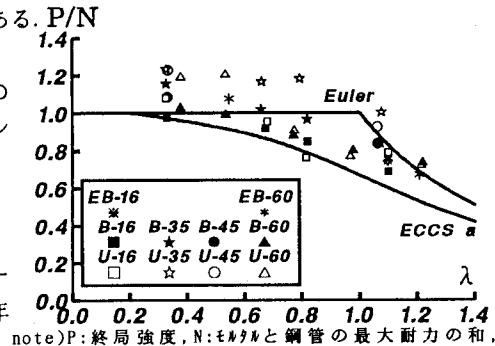
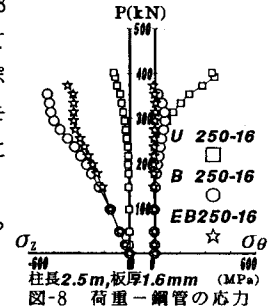
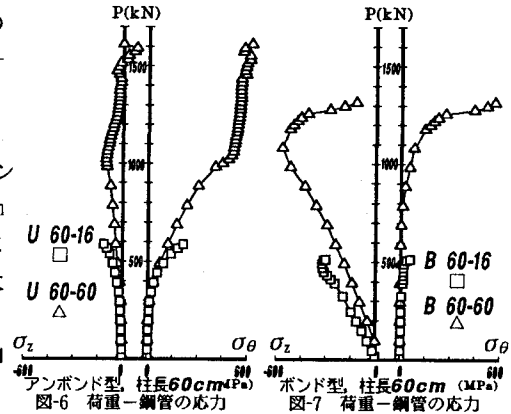
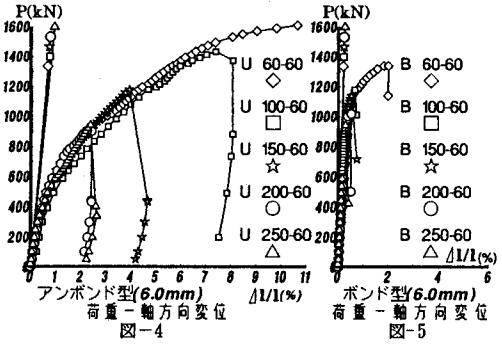
これは長柱になると、座屈に起因する崩壊となるためである。

4・まとめ

今回の実験ではコンファインド効果は、アンボンド型のみに現れ、ボンド型とEB型では期待出来ない。またコンファインド効果はモルタルの一軸圧縮強度付近から現れ、板厚が厚く、柱長が短い方がよりよく現れる。

参考文献

- 1) 佐藤, 下戸, 渡辺, アンボンド型充填鋼管コンクリート構造の中心圧縮性状と定式化, コンクリート工学年次論文報告集, (1988)
- 2) 藤井, 大下, モルタル充填鋼管柱の圧縮耐荷性状, $\lambda = \frac{1}{\pi} \sqrt{\frac{N}{A_s E_s + A_c E_c}} \left(\frac{L}{r} \right)$ コンクリート工学年次論文報告集, (1993)



note) P: 終局強度, N: モルタルと鋼管の最大耐力の和,
r: 断面 2 次半径 図-9 耐荷力曲線