

I-149

コンクリート充てん合成柱の実験（その 1）
－円形合成柱の耐荷力について－

首都高速道路公団 ○正会員 富 澤 修 次
首都高速道路公団 正会員 中 本 浩 志
綯 大 林 組 高 橋 泰 彦
綯 大 林 組 正会員 小 島 省 三

1. まえがき

鋼管の中にコンクリートを充てんした柱（合成柱と呼ぶ）は、コンクリートが鋼管の局部座屈を防止し、鋼管がコンクリートの周囲を拘束するという相乗作用により、大きな耐荷力と変形能力を有している。そこで、この優れた耐震性能を利用し、合成柱を高架橋の橋脚として利用することが検討され始めた。しかし、実用化するには多くの問題があり、現在、これらの解明を行なうための研究^{1),2)}が進められている。

そこで、橋脚用の合成柱独自の構造形式と設計法を確立するための基礎的なデータを得ることを目的として実験を行なった。（その 1）では実験計画と耐荷力について報告する。

2. 試験体

図－1 に試験体の概略を、表－1 に試験体諸元と使用材料の特性を示す。

試験体は L150B-2, L110B-2, L90B-2, H90B-2 と名付けた 4 体で径厚比と鋼種がパラメータである。名称の中の『150』, 『110』, 『90』が公称の径厚比を、『L』, 『H』が鋼種を意味している。いずれも直径 500mm の鋼管内部にコンクリートを充てんした円形合成柱である。実験対象部分は長さ 2.0m ($L/D=4.0$) であるが、単純梁形式の加力を行なうので左右対称となっている。試験体の加力部と反力支持部はスティフナリングで補強し、また、鋼管とコンクリートの一体性を図るために、内部に拘束リングを 5ヶ所取付けた。鋼管はベンディングロール法で製作し、コンクリートは表－2 の配合として封缶養生したシリ

ンダーにより強度（4 週）を確認した。

3. 加力方法

橋脚に上部からの軸力と地震による水平力が作用する状態を想定し、図－2 のような単純梁形式の加力方法を採用した。なお、導入軸力としては実状を考慮して圧縮耐荷力の 20% とした。

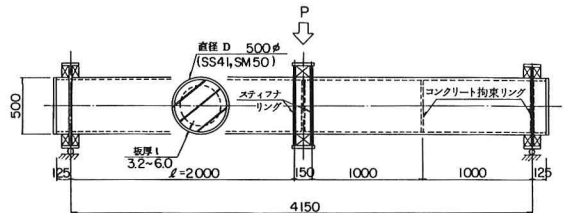
加力形式は、正負両振り漸増繰返し法とし、軸力を導入した後、図－3 に示す荷重パターンに従い加力した。このパターンは試験体の予想降伏部材角をもとにして決め、部材角 $\gamma=1/200$ rad. で一旦除荷した後、 $\gamma=1/100$ rad. から $1/100$ rad. のピッチの変位増分で正負繰返しを行なう方法である。また、各部材角における繰返しは 2 回とした。

表－1 試験体諸元及び材料特性

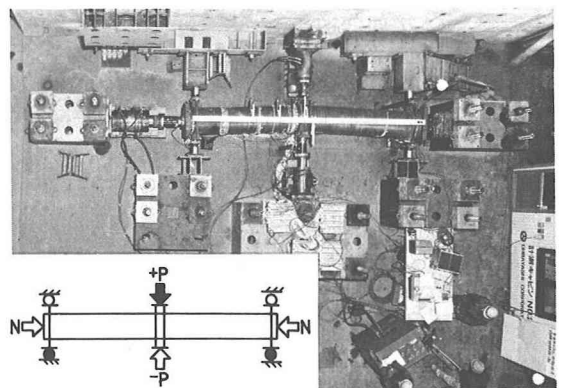
試験体	直径 (D) (mm)	板厚 (t) (mm)	径厚比 (D/t)	鋼管の材料特性				コンクリートの材料特性	
				鋼 種	降伏点 (kg/cm^2)	引張強度 (kg/cm^2)	伸 び (%)	圧縮強度 (kg/cm^2)	弾性係数 ($\times 10^4 \text{ kg}/\text{cm}^2$)
L150B-2	500	3.2	156	SS41	3440	4700	36	370	2.83
L110B-2	500	4.5	111	SS41	3120	4100	42	370	2.83
L90B-2	500	6.0	83	SS41	3250	4500	37	370	2.83
H90B-2	500	6.0	83	SM50	3970	5300	31	370	2.83

表－2 コンクリートの配合

部材材の 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	空気量 (%)	W/C (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m^3)				
					W	C	S	G	混和剤
25	12	4.0	55.7	44.0	160	287	814	1060	0.667



図－1 試験体



図－2 加力方法

写真－1 加力状況

4. 耐荷力

表-3に試験結果の一覧を、図-4に $P_{cr}/P_p, P_{max}/P_p$ (P_{cr} :座屈荷重, P_{max} :最大荷重, P_p :全塑性モーメント³⁾)に等しい耐荷力)と $D/t \cdot \sigma_y/E$ (ここでは等価径厚比と呼ぶ)の関係を示す。また、図-5, 6に、鋼管とコンクリートの終局耐力を加えた終局累加強度と、両者が一体として挙動すると考えた全塑性モーメントより求めた $M-N$ 曲線を示す。図中の累加強度と全塑性モーメントの相違を示す斜線部分はコンクリートと鋼管の間に付着を考慮するかどうかにより生じる差である。

図-4をみると、等価径厚比が小さくなるに従い、 P_{cr}/P_p は大きくなる。L110B-2とL90B-2はほぼ座屈のレベルが一致しているが、H90B-2はそれらとL150B-2の中間に位置しており、高張力鋼は座屈に関して多少不利な状態にある。しかし、 P_{max}/P_p ではL150B-2のみ0.98であるが、他の三体はいずれも1.12となり、耐荷力の違いが明らかとなった。後者では鋼管のひずみ硬化と三軸効果によるコンクリート強度の増加が、局部座屈による圧縮側の鋼管の耐力低下を補っているのに対し、L150B-2では早期の座屈が鋼管の耐力低下を起こさせていると予想される。

図-5, 6をみるとL90B-2 (L110B-2, H90B-2も同様)では全塑性モーメントの外側に、L150B-2では全塑性モーメントと累加強度の中間に位置している。しかし、軸力と変位による2次曲げモーメントを加えた M_{max}' ではすべての試験体が全塑性モーメントを上回る。また、表-1の降伏点を限界とした短期許容耐力(図中の M_s)と比較すると、各試験体とも約1.5倍の耐荷力を持ち、鋼管コンクリート規準⁴⁾による許容応力度設計を行なった場合には十分な耐荷力がある。

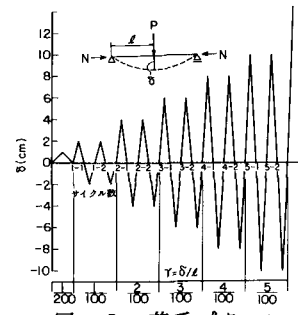


図-3 荷重パターン

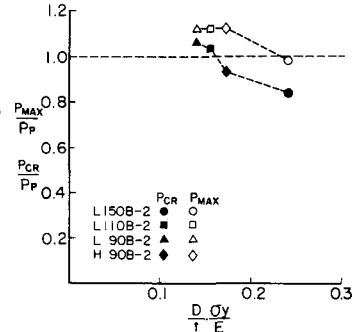
図-4 $P_{cr}/P_p, P_{max}/P_p \sim D/t \cdot \sigma_y/E$ 関係

表-3 試験結果一覧

試験体	諸荷重	ひびわれ重 (t)	圧縮降伏荷重 (t)	引張降伏荷重 (t)	座屈荷重 (t)	最大荷重 (t)	最大荷重時変位 (mm)
L150B-2	実験	20.3	40.3	54.6	50.	58.1	20.5
	計算	18.0	45.2	46.7	-	59.2	-
L110B-2	実験	22.0	48.3	60.1	70.	75.7	32.9
	計算	20.0	48.4	53.3	-	67.8	-
L90B-2	実験	24.0	53.0	62.8	80.	84.9	38.3
	計算	21.0	53.7	59.6	-	75.5	-
H90B-2	実験	24.0	62.0	74.1	80.	96.2	36.3
	計算	22.0	64.6	68.4	-	85.9	-

※ ひびわれ荷重の計算値は弾性理論により求めている。
圧縮降伏と引張降伏の降伏荷重の計算値はC/D解析により求めている。
最大荷重の計算値は全塑性モーメントより求めている。(Pp)

5. まとめ

合成柱の耐荷力について検討した結果、径厚比110以下では P_p の1.12倍、径厚比150では P_p の0.98倍となり明確な違いが確認できた。また、許容応力度設計⁴⁾をした場合、十分な耐荷力があることがわかった。

参考文献 1) 建設省土木研究所: コンクリート充填鋼管の耐荷力(その2: 曲げ部材), 昭和58年5月 2) 建設省土木研究所: コンクリート充填鋼管の耐荷力(その3: はり-柱部材), 昭和59年5月

3) 仲成雄, 他: コンクリート充填鋼管の偏心圧縮実験, 日本建築学会論文報告集号外, 昭和40年9月
4) 日本建築学会: 鋼管コンクリート構造計算規準・同解説, 1981年改定

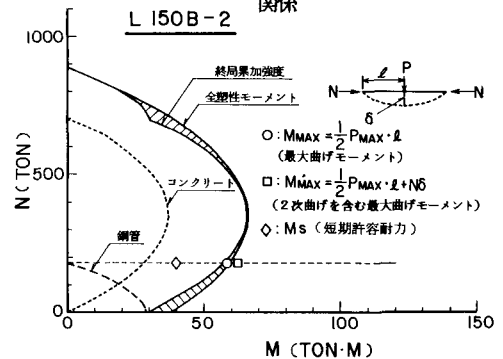


図-5 M-N 相関曲線

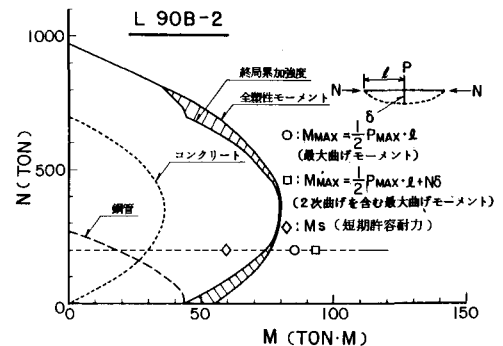


図-6 M-N 相関曲線