

鋼管内壁を有する合成柱の曲げ・せん断挙動に関する検討

住友金属工業 正員 上條崇*

松村卓

熊谷組 正員 山口高弘**

正員 横田聖剛

1. はじめに 山間部橋梁の高橋脚や長大橋主塔などの大型柱状構造物に鋼・コンクリート複合構造を適用することで、工費削減や工期短縮が可能になると考えられる。著者らは、このような構造の一つとして、図1のような合成柱の検討を進めている¹⁾。この構造では、コンクリート充填鋼管で形成した内型枠兼用の内壁を鉄筋コンクリートで被覆して中空形式の柱断面を形成しており、構造物が大型化した場合の大幅な死荷重増大を避けることができる。本構造では、柱内部に配置した鋼管に軸方向鋼材としての機能と、柱に作用するせん断力を分担する機能とを期待しているが、鋼管とコンクリートとのせん断力分担比率については、不明な部分も残されている。そこで、本稿では、橋脚模型による繰返し載荷実験と解析検討の結果から、鋼管のせん断力分担について考察した。

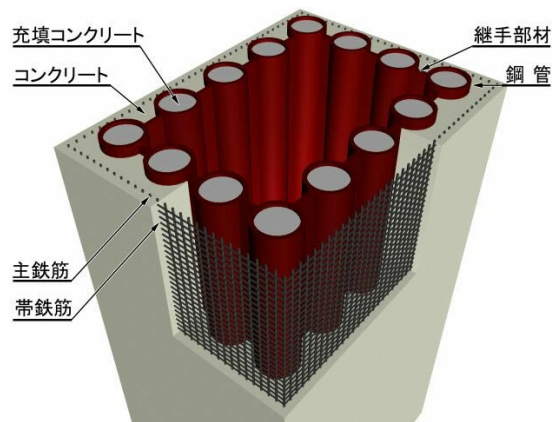


図1 鋼管内壁を有する合成柱

2. 繰返し載荷実験 本構造を橋脚に適用した場合の耐震性を確認する目的で、一定軸力($N=245$ kN)作用下での繰返し載荷実験を行った。この実験では、隣接する鋼管同士を継手板で連結した場合(type-J)¹⁾と、隣接鋼管同士を連結しない場合(type-NJ)について実験した。実験概要を図2に、供試体断面形状を図3に、使用材料の試験強度を表1に示す。載荷方法は、降伏変位 δ_y （柱下端断面引張縁鉄筋の実降伏）の偶数倍を振幅とする漸増繰返し載荷（3回繰返し）とした。なお、供試体の鋼管外面にはずれ止めは特に設けなかった。

3. 解析内容 鋼管と外周コンクリートとの荷重分担を検討するために、ファイバーモデルによる2次元の弾塑性解析を行った。隣接鋼管の継手の抵抗や、鋼管と外周コンクリートとの付着の影響を、簡易的に解析へ反映させるために、以下の4種類のモデルを作成した。モデルの概要を図4に示す。

model-A：1本梁モデル（柱全長に渡って平面保持が成立）。

表1 材料強度

単位：N/mm²

	コンクリート σ_{ck}	鋼管内グラウト σ_{ck}	鉄筋 σ_{sy}	鋼管 σ_{sy}	継手鋼板 σ_{sy}
TYPE-J	51.7	49.2	341.0	366.1	318.6
TYPE-NJ	45.2	53.7			

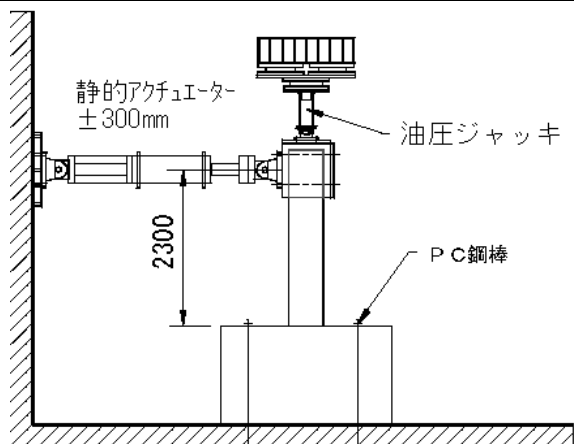


図2 実験概要

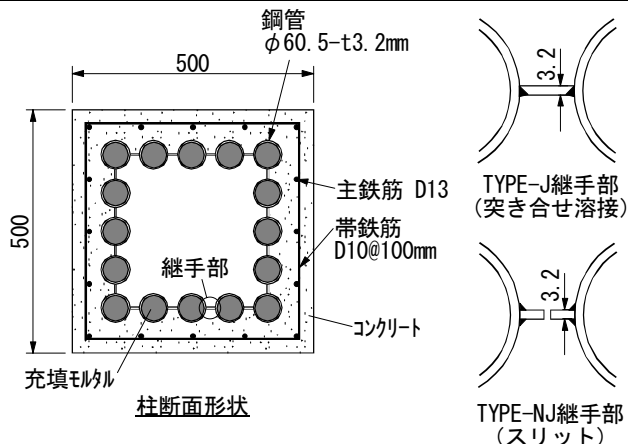


図3 供試体断面

キーワード：合成構造、複合構造、合成柱、橋脚

* 〒314-0255 茨城県鹿島郡波崎町砂山16 TEL: 0479-46-5128 FAX: 0479-46-5147

** 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪1043 TEL: 0298-47-7502 FAX: 0298-47-7480

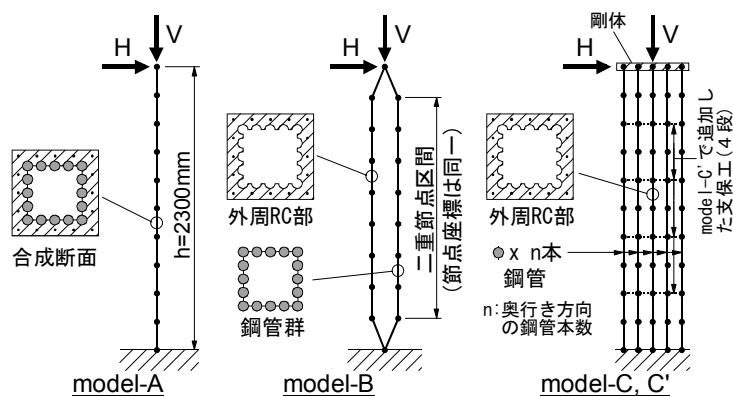


図4 解析モデル概要

model-B: 柱断面を鋼管群と外周 RC 部の2つに分け、2本の梁で表したモデル。柱上端と下端では2本の梁を剛結するが、中間部では2本の梁間で力の授受を考えない。

model-C: 柱断面を鋼管単体と外周 RC 部に分けて、それぞれを梁としたモデル。柱上端と下端では全ての梁を剛結するが、中間部では梁同士の力の授受を考えない。

model-C': model-C に鋼管同士の水平間隔を保持する部材(以下、支保工)を高さ方向に4段追加したモデル。

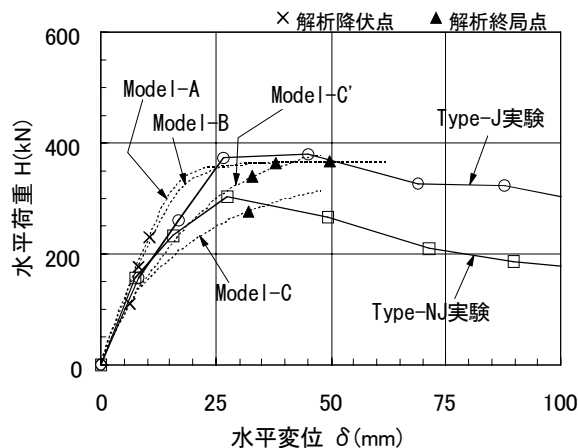
4. 実験結果と解析結果 繰返し載荷実験で得られた荷重－変位関係(包絡線)を解析結果と比較して図5に示す。

同図より、鋼管を継手板で連結した type-J 実験の初期剛性、最大耐力は model-A, B にほぼ一致しており、この構造の耐力や変形は通常の RC 部材と同様に平面保持仮定に基づき評価可能である。また、model-A と model-B の荷重－変位関係を比較すると、両者の差はほとんどなく、柱頭部と基部の剛結条件が満足されるならば、柱中間部における鋼管群－外周 RC 間の付着力や支圧力伝達が柱全体の耐荷性状に与える影響は小さいといえる。これは、鋼管群と外周 RC 部の断面図心が一致していることによると考えられる。一方、鋼管同士を連結していない type-NJ 実験について見てみると、 $1\delta_y$ 付近までは type-J と同様の挙動を示すものの、その後、剛性が低下し最大耐力も type-J より小さい。最大耐力点までの剛性は、鋼管群を単体鋼管の集合と考えた model-C よりは大い

ものの、最大耐力時の変位は model-C の終局変位に近くなっており、隣接する鋼管間にずれが生じていたことが考えられる。また、最大耐力点以降では、隣接する鋼管同士の間隔が狭まるような挙動が観察されており、鋼管群としての断面形状が保持されていなかったことも耐力低下の要因と考えられる。そこで、TYPE-NJ を水平支保工で補強することを考え、この場合の耐荷力を model-C' で検討した。model-C' の結果から、TYPE-NJ に支保工を追加することで、初期剛性や最大耐力が大幅に向上する可能性があることがわかる。

次に、鋼管のせん断応力について実験と解析を比較した結果を図6に示す。type-J のせん断応力分布は高さ方向の変化があるものの、概ね model-B の結果と一致しており、model-B によって鋼管群の分担せん断力を概算可能といえる。type-NJ では荷重増大に伴い鋼管の発生せん断応力が小さくなっているが、この理由は次のように考えられる。まず、載荷初期では鋼管と外周コンクリートの付着(粘着力)があるため、両者は一体的に挙動するが、その後、荷重増大に伴って付着が失われ model-C に近い挙動を示したものと考えられる。

参考文献 1) 横田 他: 鋼管連結構造を用いた中空式合成柱の水平加力実験, 土木学会第55回年次学術講演会, CS-59, 平成12年



		降伏時 ^{注1)}		終局時 ^{注2)}	
		δ (mm)	H (kN)	δ (mm)	H (kN)
実験	type-J	8.2	157	—	—
	type-NJ	7.5	157	—	—
解析	model-A	10.4	231	38	365
	model-B	8.1	178	50	367
	model-C	6.3	110	32	278
	model-C'	6.3	111	33	339

注1) 引張縁鉄筋の降伏

注2) 解析での終局点は基部から0.75D区間のコンクリート平均圧縮ひずみ(鉄筋位置)が0.0035に達した時点

図5 水平荷重－水平変位関係(包絡線)

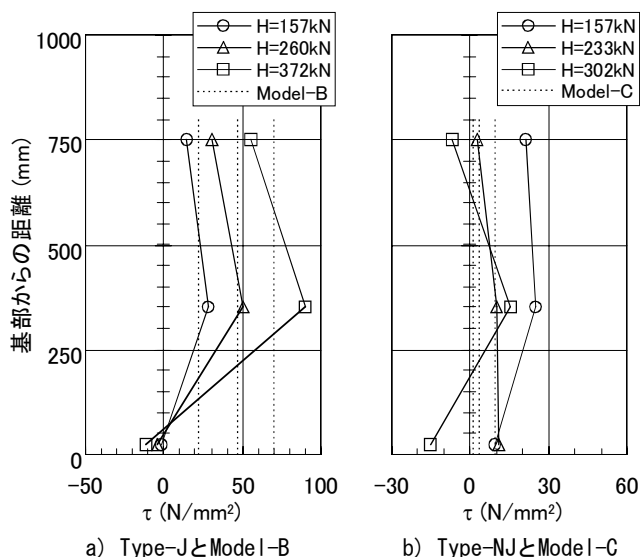


図6 側面中央鋼管のせん断応力分布(高さ方向)