

鋼管連結構造を用いた中空式合成柱の水平加力実験

熊谷組 正会員 ○横田聖剛* 正会員 山口高弘
住友金属工業 正会員 上條崇** 正会員 柳本泰伴

1. はじめに 近年の山岳橋梁増加に伴い高橋脚の適用事例が数多く見られ、その多くは構造的合理性から中空形式が採用されている。著者らは、このような大断面かつ高層化する柱状構造物に対して、さらなる施工の省力化・工期短縮・コストダウンを目的として、鋼管連結構造を用いた中空式合成柱を開発している。開発構造は、図 - 1 に示すように、鋼管を継手部材によって連結することにより中空構造を形成し、主鉄筋および帯鉄筋を配置・外周コンクリートを打設・鋼管内にコンクリートを充填した合成構造である。本稿では、開発の第一段階として、正負交番载荷による水平加力実験を実施した結果を報告する。

2. 実験概要

(1)目的 本実験は基本的耐震性能を確かめる基礎実験と位置付け、荷重変位関係の傾向ならびに破壊形態を確認することを目的として実施した。試験体は1体としている。

(2)諸元 試験体の諸元を表 - 1 に示す。

(3)使用材料 使用材料の種類と強度特性を表 - 2 に示す。開発構造は鋼管内にコンクリートを充填するが、本実験では模型としてφ60.5mmの小径鋼管を使用するためグラウトを充填した。

(4)载荷方法 実験载荷装置を図 - 2 に示す。試験体フーチング部をPC鋼棒で床に固定し、245.2kN (1.471N/mm²)の一定軸力を試験体頭部に载荷した。水平加力は静的アクチュエーターにより柱頭部付近に载荷した。本実験は、最大曲げモーメントの生じる断面(柱下端)の鉄筋が降伏(材料試験で得られた降伏点)するまでは荷重制御により行い、降伏時の荷重载荷点の水平変位量を降伏変位(1δ)と定義した。降伏以降は、降伏変位の整数倍を片振幅とする変位制御により正負交番载荷(1サイクル)を行った。

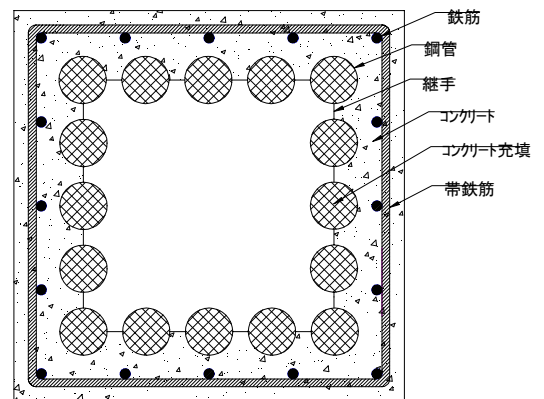


図 - 1 中空式合成柱の断面概要図

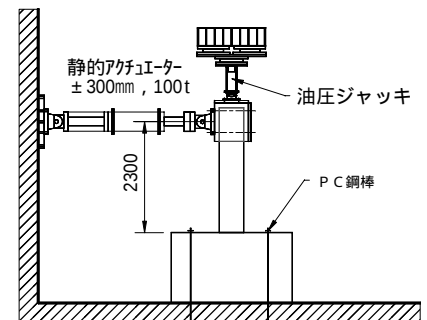


図 - 2 载荷装置図

表 - 1 試験体諸元

断面形状	壁厚(鋼管中心)	せん断スパン	せん断スパン比	鋼管継手	軸方向圧縮応力度
□50×50cm	8.9cm	2.3m	4.95	鋼板 3.2mm を溶接	1.471 N/mm ²
軸方向鉄筋	軸方向鉄筋比	鋼管寸法	軸方向鋼材比	帯鉄筋	帯鉄筋比
D13-18 本	1.4%	φ 60.5-13.2mm	5.5%	D10-20cmピッチ	0.14%

表 - 2 使用材料

コンクリート	鋼管内グラウト	鉄筋(降伏点)	鋼管(0.2%耐力)	継手鋼板(0.2%耐力)
43.0 N/mm ²	53.9 N/mm ²	341.0 N/mm ² [SD295]	404.2 N/mm ² [STK400]	318.6 N/mm ² [SS400]

3. 結果と考察

(1)荷重変位関係 荷重変位履歴曲線を図 - 3 に、包絡線を図 - 4 に示す。

荷重 148.4kN の時、柱基部の主鉄筋で降伏に至り、このときの変位は 8.6mm であった。(1δ)

最大荷重は、正载荷側では + 5 δ 時の+372.0kN で、負载荷側では - 8 δ 時の-409.9kN であった。

+17 δ 時に曲げ破壊で終局に至っており(本実験では、最大荷重到達後再び降伏荷重を下回る時を終局と定

キーワード：合成構造，複合構造，合成柱，橋脚，中空

* 〒300-2651 茨城県つくば市鬼ヶ窪 1043 TEL：0298-47-7501 FAX：0298-47-7480

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

義する)、鋼管連結構造を内部に配置することで、脆性的なせん断破壊を防止することが確認できた。

次に最大荷重以降の挙動を見てみると、外周コンクリートの剥離によって一旦荷重が低下するものの、その後劣化勾配が緩やかになり、再びねばりのある性状を示している。これは、内部に配置した鋼管連結構造が曲げ耐力向上に寄与しているためと考えられる。さらに、図 - 3 の履歴ループは、載荷終了まで紡錘型の形状を保っており、本構造が優れた耐震性能を有していることが明らかになった。

また、荷重低下後に再びねばり強さを示す現象は、従来のRC中空構造には見られないものであり、今後新たな設計手法の確立が必要と考えられる。

(2)破壊形態 実験終了後、剥落した柱基部のコンクリートを取り去り撮影した鋼管連結構造の最終破壊状況を写真 - 1, 2, 3 に示す。正載荷時の引張縁にあたる面には亀裂と局部座屈変形が、同じく圧縮縁にあたる面では、局部座屈変形が確認された。

亀裂は鋼管が周方向にはらみ出した箇所付近から生じていた。繰り返し載荷の過程で、圧縮力により局部座屈した箇所が、逆方向の載荷で引き伸ばされ、この変形が繰り返し生じることで破断に至ったと推察される。図 - 4 から、正載荷時と負載荷時の包絡線を比べると、正載荷時の方が 15δ 以降の劣化勾配が大きく、 $+15\delta$ 付近で、このとき引張縁にあたる側の鋼管に亀裂が発生したと考えられる。

4. まとめ

鋼管連結構造を用いた中空式合成柱の水平加力実験により、以下のような特長を確認した。

脆性的なせん断破壊を防ぎ、曲げ破壊で終局に至る。

最大荷重低下後、再びねばりのある性状を示す。

鋼管連結構造は、構造部材として有効に働き耐震性向上に寄与している。

この基礎実験により、耐震性能の優位性が確認されたため、今後詳細な実験を実施し合成構造の挙動を明確にする予定でいる。また、鋼管連結構造の一体挙動の確認、鋼管のせん断耐力の確認を行い、本構造の合理的な設計法を提案したい。同時に施工法についても、安全性、施工期間、建設コストの観点から検討を進めていきたい。

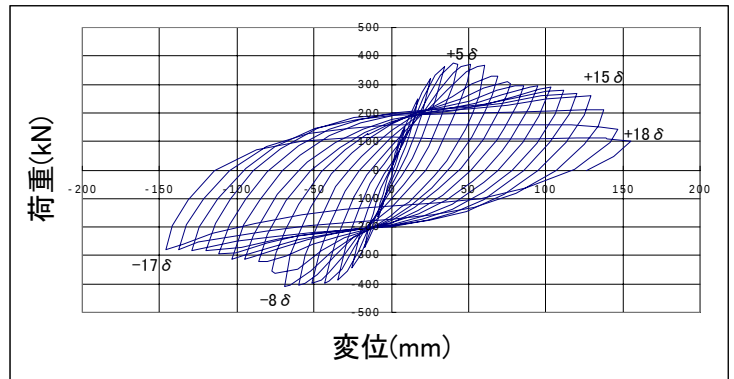


図 - 3 荷重変位履歴曲線

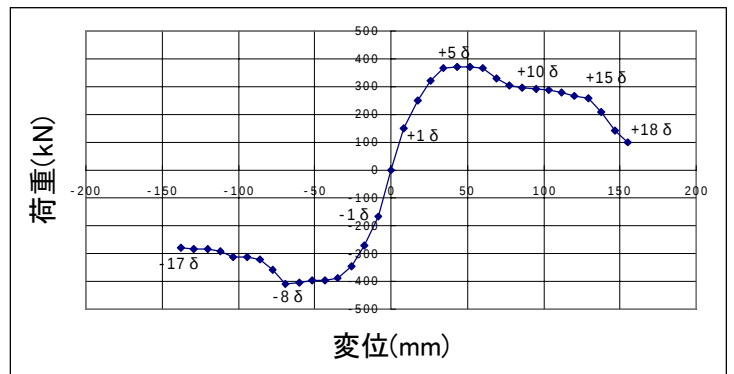


図 - 4 包絡線



写真 - 1 破壊状況

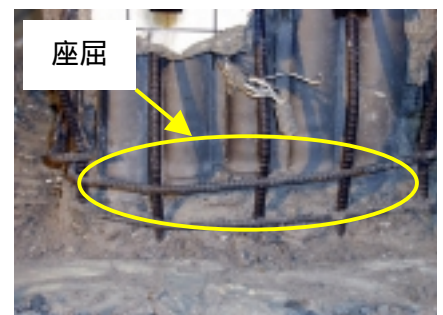
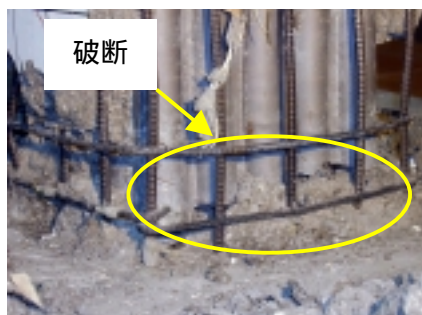


写真 - 2 引張側(鋼管連結構造破断) 写真 - 3 圧縮側(鋼管連結構造座屈)