

三次元拘束 PC 棒材を用いた合成トラス要素の力学的特性

広島工業大学 正会員 米倉 亜州夫
広島大学大学院 学生会員 ○辛 軍 青
(株) ピー・エス 正会員 岩井 利 裕

1.はじめに

先の阪神大震災では多くのコンクリート構造物が脆性破壊した。そのためこれからは変形能力の高い構造物を建設する必要がある。そこで本研究では、コンクリート充填鋼管を応用したトラス構造部材を取り上げる。コンクリート充填鋼管とは、内部コンクリートのみに軸圧縮力が働いたときにコンクリートの半径方向への広がりや鋼管で拘束することにより圧縮強度、変形能力が著しく増すコンファインド効果という機能を持った部材である。本研究では軸方向力のみ働くトラス構造の基本単位としての三角形トラス要素(3 部材、3 格点)を取り出して調べた。また、コンファインド効果を発揮しやすいように内部モルタルのみに軸圧縮力が働く格点の構造についても検討した。

2.実験概要

モルタル充填鋼管を 3 部材(圧縮斜材 2、引張弦材 1)に用い、それらと本研究のために作製した 3 格点とを組立て合成トラス要素を作製した。モルタル充填鋼管はモルタル(W/C=45%)を垂直に設置したφ101.6mm、厚さ 3.2mm の鋼管に上部から打設し、バイブレーターにより締め固めを行った。引張材のいくつかにおいては打設 7 日後鋼管図心位置に配置した PC 鋼棒を緊張してプレストレスを導入し、その後すぐにグラウトを注入した。両部材ともモルタル打設後 28 日間、気中にて養生した。格点は STKM13A 相当のφ406.4mm、厚さ 40.5mm の鋼管を切断して作製した。供試体 A 型とは下弦材と下部格点とを PC 鋼棒、とナットにより結合したものである(図 1)。また B 型とは下弦材鋼管端部表面にφ120mm、幅 100mm のリングを溶接して取り付け(以下、下弦材リング部と呼ぶ)、下格点部からリング部を通して鋼管に引張力を伝達するものである。そして鋼管とモルタルの付着の有無とは鋼管内壁にアスファルトを塗布してからモルタルを打設し、付着を低減させた場合とこうしないで付着ありの場合とを示している。またポストテンションの場合、プレストレスは下弦材のみに導入し、ケミカルプレストレスの場合は、膨張材により全部材にプレストレスを導入した。なおモルタルを充填しない供試体も比較のため作製した。

表 1 供試体一覧

付着の有無	prestress導入方法	供試体タイプ	供試体記号
モルタル無	モルタル無	B	B-ST
有	ポストテンション	A	A-EB-Po
有	ポストテンション	B	B-EB-Po
無	ポストテンション	B	B-UB-Po
有	ケミカルプレストレス	B	B-EB-Ch

載荷試験は図 1 に示すように、トラス要素上部格点に単調増加荷重で行い、ひずみ測定は、モルタル内埋め込みゲージ、鋼管、PC 鋼棒表面貼り付けゲージにより行った。また、試験後、部材内部のモルタルを取り出し、ひび割れ状況を調べた。

3.結果と考察

3.1 斜材(圧縮材)

図 3 に各供試体最大載荷荷重を示す。中空鋼管の B-ST は斜材鋼管の座屈により最終的な破壊に至ったが、他の供試体は下弦材リング部の剥離、斜材と格点の結合部である PC 鋼棒の座屈により、内部モルタルの圧縮破壊を待たずして破壊に至った。しかし図 3 から、B-ST の最大載荷荷重は他の 1/2 であり、モルタルを充填することの有用性は大きいと言える。B-EB-Po と B-UB-Po は下弦材リング部が剥離し最終的な破壊に至ったため、最大載荷荷重はほぼ近い値となった。また図 4 に B-EB-Po、B-UB-Po、B-EB-Ch の斜材における内部モルタルの軸圧縮応力-軸ひずみ関係を示す。A-EB-Po の斜材は、B-EB-Po

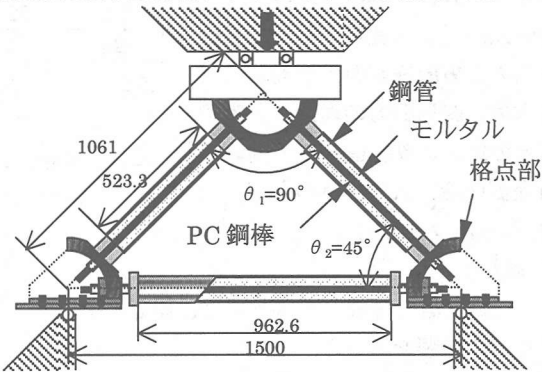


図 1 供試体概略図 (A 型) (単位: mm)

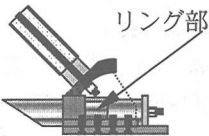


図 2 B 型格点部

のそれと同じ条件であり、またほぼ同じ挙動を示したのでここでは省略する。図4を見ると付着を低減したためモルタルの分担する荷重が大きいB-UB-Poは、他に比べ軸ひずみが卓越していることから変形能力の高さが確認でき、B-EB-Poに比べコンファインド効果をより発揮していると言える。しかし、両者とも圧縮破壊する前に下弦材リング部の剥離により荷重が中断したため、正確な圧縮強度を把握するに至らなかったが、モルタルの一軸圧縮強度は両者平均43.1N/mm²であり約1.6倍の軸応力が生じていることから、ある程度のコンファインド効果を発揮できたと言える。試験後、部材内部のモルタルを調べて、B-EB-Poの場合モルタルはほぼ健全で、B-UB-Poの場合は破壊時の二次応力によると思われるひび割れがいくらか認められた。ケミカルプレストレスを導入したB-EB-ChはPC鋼棒が早く座屈してしまい、図2(斜材は図1参照)と同じ構造にし再度荷重試験を行った。しかし、早期にPC鋼棒が変形してしまい、十分な圧縮状況を測り得なかった。

3.2 下弦材(引張材)

図5にB-EB-Po、B-UB-Po、B-STにおける下弦材鋼管の荷重荷重-引張ひずみ関係を示す。この図からB-EB-Poにおいては、モルタルが鋼管との付着により、鋼管だけでなくPC鋼棒とモルタルも引張力を負担している。また鋼管とモルタルの付着を低減したB-UB-Poにおける軸方向ひずみは、モルタルが充填されていないB-STとほぼ同じ挙動を示していることから、PC鋼棒とモルタルは引張力をほとんど負担していない。またB型における下弦材の破壊はリング部の剥離により生じているので、その部分の更なる工夫が必要である。図6にA-EB-Po、B-EB-Poの各材料における荷重荷重-軸方向ひずみ関係を示す。A-EB-PoはPC鋼棒で結合しているためPC鋼棒の分担する荷重が大きく、鋼管の荷重分担が小さくなっている。そのためA型のような形式はトラス構造に適しているとは言えないので、一層の検討が必要である。

4. 結論

斜材 : トラス構造の破壊時のモルタルの最大軸方向圧縮応力が一軸圧縮強度の約1.6倍に達しており、ある程度のコンファインド効果が発揮された。モルタルと鋼管の付着を低減したアンボンド型充填鋼管の場合は付着がある場合に比べ、優れた変形能力を示した。

下弦材: B型は、鋼管にモルタルを充填し、プレストレスを導入し、付着がある場合、PC鋼棒もモルタルも荷重を分担しており、中空鋼管の場合より、部材自体の耐力は大きくなった。A型はPC鋼棒の分担する荷重が大きく、トラス構造に適しているとは言えないので、一層の検討が必要である。

格点部: 斜材と格点の結合はPC鋼棒のみにより行っており、曲げモーメントに対する抵抗が小さく、さらに工夫が必要である。B型の下弦材は鋼管のリング部強度に頼る部分が大きいため、この部分の強度上昇が望まれる。

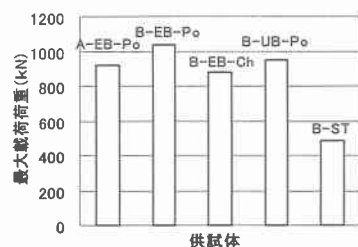


図3 各供試体の最大載荷荷重

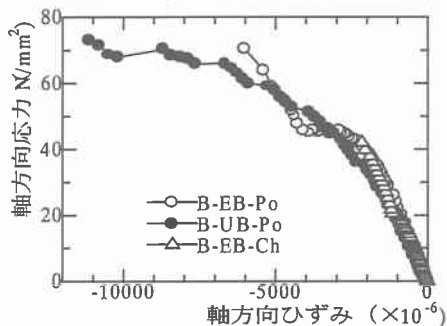


図4 各供試体の斜材におけるモルタルの圧縮軸力-軸ひずみ関係

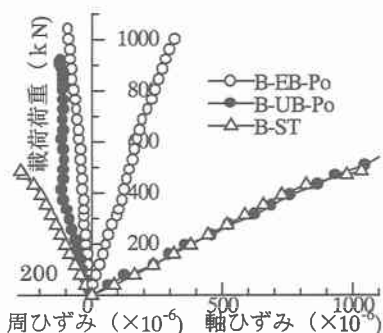


図5 各供試体における下弦材鋼管の載荷荷重-引張ひずみ関係

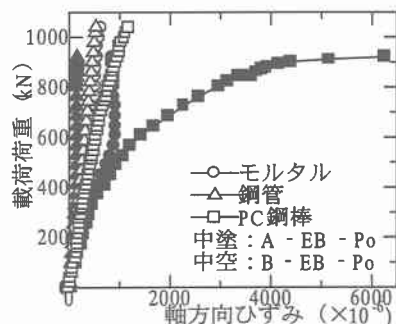


図6 A-EB-Po、B-EB-Poの各材料における載荷荷重-軸方向引張ひずみ関係