

モルタル充填鋼管を用いた合成トラス要素の力学的特性

広島工業大学 正 員 伊藤 秀敏
広島工業大学 フェロー 米倉 亜州夫
広島大学大学院 学 員 辛 軍青
広島工業大学 吉田 力

1. まえがき

本研究では、地震に強く、靱性の大きい構造部材を開発することを目指し、モルタル充填鋼管をトラス構造の三角形要素に応用し、内部モルタルにコンファインド効果を十分発揮できるように、圧縮弦材の場合は、内部モルタルのみに圧縮力が作用するように格点構造を考案し、引張弦材の場合は、PC 鋼材または、膨張モルタルにより、あらかじめプレストレスを導入しておいた。このようにした部材を用いたトラス構造の基本単位としての三角形トラス要素の力学的特性についてモルタルと鋼管との付着の有無、モルタルの一軸圧縮強度、プレストレスなどを変化させて調べ、このようなトラス構造を設計する場合の基礎的資料を得ることを目的とした。

2. 実験概要

トラス要素は、 $\phi 101.6\text{mm}$ 、厚さ 3.2mm を有するモルタル充填鋼管 3 部材（圧縮斜材 2、引張弦材 1）で構成したものである。格点は STKM13A 相当の $\phi 406.4\text{mm}$ 、厚さ 40.5mm の鋼管を加工して作製した。圧縮弦材は内部モルタルのみに圧縮力が加わるように、鋼管内端部に鋼製治具を挿入した。弦材と格点の接続には、高張力ボルトとナットの締付けで行った。引張下弦材は、表 1 に示すプレストレスありの供試体の場合は、打設 7 日後、鋼管図心位置に配置した PC 鋼材を緊張してプレストレスを導入し、シーす中にグラウトを注入した。

両部材とも材齢 14 日まで、気中にて養生した。図 1 に示すように供試体下弦材端部表面には $\phi 120\text{mm}$ 、幅 100mm のリングを溶接して取り付け、下格点部から下弦材リング部を通して鋼管と PC 鋼棒に引張力を伝達した。そして、鋼管とモルタルの付着が無しの場合は、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、付着を低減させたものであり、付着ありは鋼管にモルタルを直接充填したものである。また、PC 鋼材によるプレストレスは下弦材のみに導入し、膨張材による場合は、全部材にケミカルプレストレスを導入した。なお、モルタルを充填しない鋼管のみの供試体も比較のため作製した。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を載荷して行い、下側の 2 格点の底板全体でトラス要素を支持した。ひずみの測定はモルタル内の埋込みゲージおよび鋼管、PC 鋼棒表面に貼付けた各ゲージにより測定し、トラス頂部格点の垂直変位、鋼管軸方向の長さ変化も測定した。また、試験後、部材内部のモルタルを取出し、ひびわれ状況を観察した。

3. 実験結果と考察

1) トラス要素の破壊状況：写真 1 と 2 にトラス要素の載荷後の破壊状況および変形した鋼管から取出したモルタルの状況を示す。二次モーメントの影響により圧縮斜材が波形に変形し、モルタルも同様に塑性変形を起こしている。

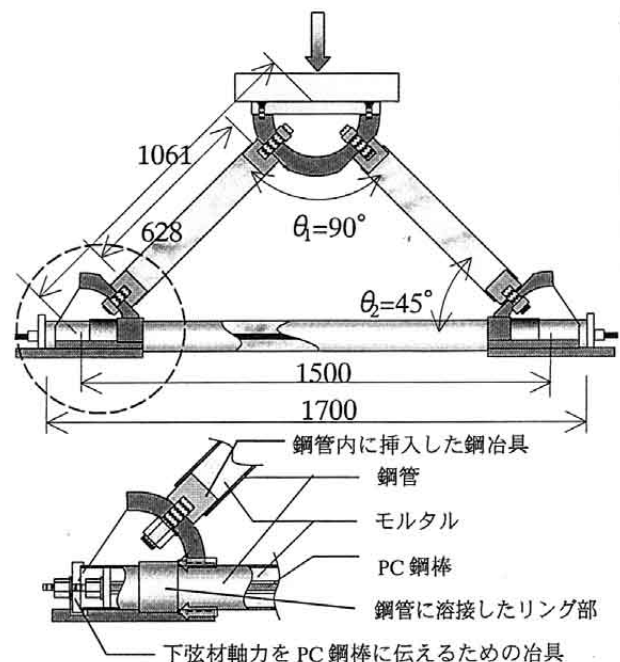


図 1 供試体概略図(単位:mm)

2) モルタル充填有無の影響: 表1より, モルタルを充填したトラス要素の場合, 破壊耐力はモルタルを充填しない中空鋼管のみの場合の2倍以上となっており, 変形能力においては, 上部格点の荷重による垂直変位は 17~25cm で中空鋼管のみの場合の約6 cmよりも, 3~4 倍も大きくなっている。

表1 供試体および試験結果

供試体No	頂点格点部 の変位 (mm)	モルタルの 圧縮強度 (N/mm ²)	斜材モルタル の圧縮強度 (N/mm ²)	プレストレス 導入量 (N/mm ²)	破壊荷重 (kN)
B-P-45	13.5	49.2	86.6	17.1	1033
UB-P-45	16.9	35.9	101.0	18.5	1021
UB-P-60	16.0	32.2	82.9	10.2	859
UB-P-30	25.9	65.1	97.5	29.2	1038
UB-P ₀ -30	17.6	65.1	90.0	なし	1029
UB-O-30	15.8	62.3	94.3	なし	972
UB-Ch-45	16.5	なし	39.8	軸:22.8 半径:38.7	921
中空鋼管	6.0	なし	なし	なし	483

注) B:付着あり, UB:付着なし, P:鋼棒によるプレストレスあり,

3) モルタルの一軸圧縮強度の影響: 図2より, W/C=45%の場合, トラス要素の耐力は W/C=30%の場合とほぼ等しく, 上部格点の垂直方向変位能力は W/C=30%や60%の場合より大きくなった。また, 鋼管内モルタルの圧縮応力を鋼管が負担していた圧縮力を差し引いて求めたがその応力は一軸圧縮強度の1.5から2.8倍となっており, コンファインド効果が発揮されていたことが認められる。一軸圧縮強度が小さい W/C=60%の場合が最も効果がある。しかし, 格点部の二次モーメントの発生によって, 圧縮斜材が波形に変形したため, コンファインド効果が十分に発揮できたとは言えない。

4) 鋼管とモルタルとの付着の有無の影響: 図3は圧縮斜材の軸方向変位と載荷荷重との関係を示したものであるが, 付着ありのB-P-45の場合, 中空鋼管の場合と同様鋼管の座屈を生じたため, 変形能力が, 付着がない場合より小さくなった。

5) プレストレスの有無の影響: 下弦材にプレストレスを導入したUB-P-30の場合, 同一載荷荷重下での鋼管の引張りずみはPC鋼棒を配置しているが, プレストレスのないUB-P₀-30やPC鋼棒のないUB-O-30の場合に比べて同一載荷荷重において変形が小さかった。これは, プレストレスにより, 内部モルタルのひびわれ発生荷重が増大したためである。この場合, トラス頂部の三角形の角度の広がりを拘束しているため, 二次モーメントが最も小さくなり, この結果として圧縮斜材のコンファインド効果が増大したものと考えられる。

6) ケミカルプレストレスの影響: 膨張材を用いたUB-C-45の場合, 載荷初期の剛性が普通モルタルの場合より大きくなった。これは, ケミカルプレストレスによって鋼管も載荷による圧縮力の一部を負担したためであり, 変形能力は普通モルタルの場合と同様であった。

4. まとめ

三角形トラス構造に圧縮斜材として鋼管とモルタルとの付着をなくし, 内部モルタルのみを圧縮するようにしたモルタル充填鋼管を用い引張斜材にはあらかじめプレストレスを導入した部材を用いることにより変形の大きい構造部材を実現できることが明らかになった。

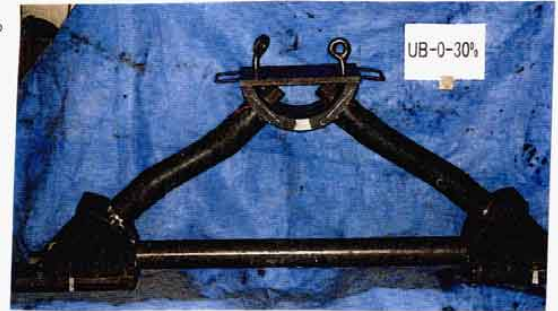


写真1 三角形トラス要素の破壊性状



写真2 UB-P₀-30%の破壊性状

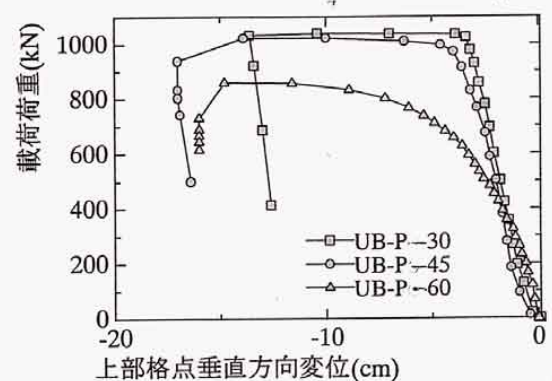


図2 上部格点の垂直方向変位一荷重関係

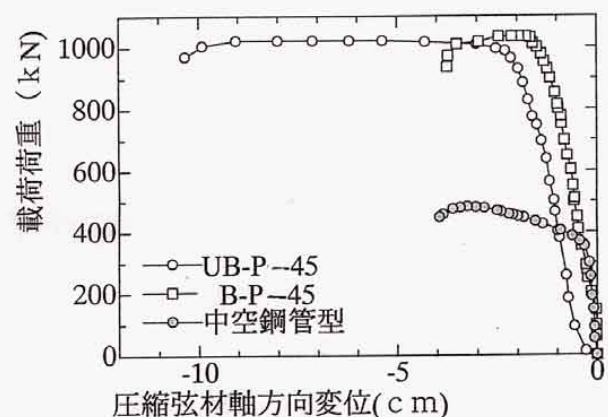


図3 圧縮斜材の軸方向変位一荷重関係