

# 13 ユニットで構成される移動昇降式足場の強度に関する数値解析

## 1. はじめに

用途に応じて、様々な足場が開発されている。本論文では、昇降式足場において使用される作業床架台の力学性能を検討する。ユニット組立式の足場の強度については、組立部分の製作誤差などによって荷重の伝達特性が異なり、このことに起因する強度の低下はすでに3ユニットの試験体で確認されている。本論文では、実用性を考慮し、ユニット数を13ユニットへ拡張する他、強度低下の影響が最も大きい製作誤差パターンを設定して、製作誤差の影響が累積された場合の応力・ひずみ・節点変位などを簡易接触解析モデルで算出し、製作誤差を無視した標準ユニットの解析結果および既存の荷重実験の結果と比較して検討を行う。

## 2. 解析モデル

図1に組立ユニットの詳細図を示す。両端の連結ピンにはクリアランスを設けている。製作誤差を無視した場合は上弦材・下弦材におけるユニット間のせん断接触が同時に成立し、荷重の初期から部材のせん断力を介して荷重が上下弦材へ伝達される。しかし、製作誤差が生じると、この上下弦材への伝達のタイミングがずれて、片一方の部材へと荷重の集中が起こる。本論文では、13ユニットの作業床架台を研究対象とするが、解析に先立ち、その傾向について既存の3ユニットの実験結果で示す。表1に実験の結果を示す。TB-3Aは標準試験体で、TB-3BとTB-3Cはそれぞれ下弦材連結部と上弦材連結部に対して孔径および位置に1mmの誤差を設けている。表1から

わかるように荷重伝達の違いによって、3~9%の耐力低下が確認された。本研究では、13ユニットの実用モデルを検討するため、荷重実験に使用された標準ユニット構成のTB-13Aと製作誤差を施したTB-13B、TB-13Cのモデルを取り上げ、各部材の実測断面の寸法および接合部の補強プレートを考慮した線材モデルを作成し、平面フレーム解析ソフト Super Build/FA1を用いて数値解析を行う。TB-13Aは標準モデルで連結ピンまわりにクリアランスを設けているが、製作誤差は考慮していないものである。TB-13Bは、TB-13Aと同様の構成で図2(a)のように下弦材のピン連結部分に対して、各ユニットのローラー支点側寄り下弦材連結孔を標準の孔径26mmより27mmにしたうえで、この連結孔の位置を上方へ1mmずらすという製作誤差を施した解析モデルである。TB-13Cは、TB-13Aと同様の構成でTB-13Bと同じ製作誤差を上弦材に施した解析モデルである。拘束条件は、片側をピン支持、もう片側をローラー支持として設定した。ユニット間の連結部には、接触を考慮したピン接合を設定し、曲げモーメントの伝達がないように設定している。図3で示しているように荷重初期の段階では製作誤差によって下弦材がせん断力を伝達できず、TB-13B-0のような解析モデルで解析する。接触が図2(b)のように順次成立すると解析モデルがTB-13B-1, TB-13B-2のように変化していく。

表1: 各試験体の実測降伏耐力

試験体	TB-3A	TB-3B	TB-3C
降伏耐力(kN)	93.9	85.4	91.4

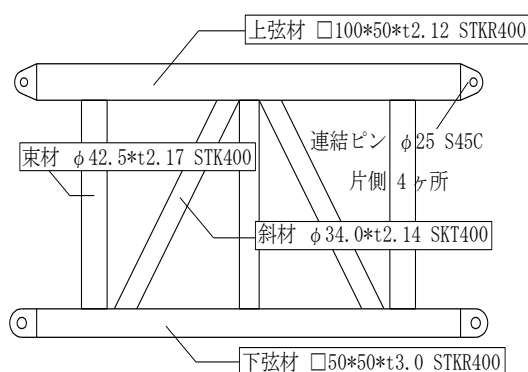


図1: ユニットの立面図

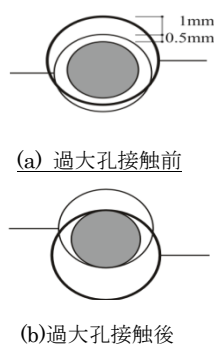


図2: 接触の詳細

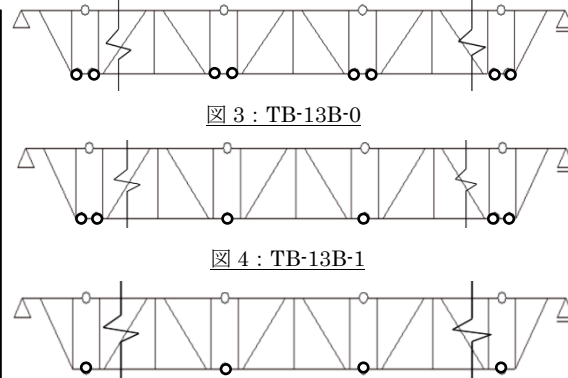


図3: TB-13B-0  
図4: TB-13B-1  
図5: TB-13B-2およびTB-13A

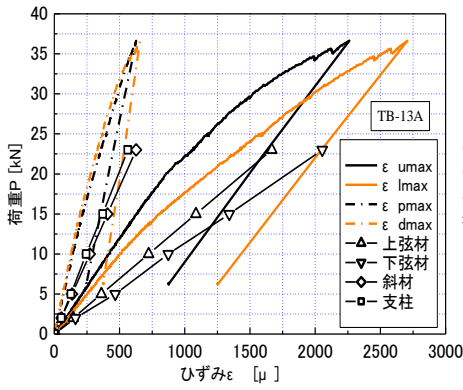


図 6 : TB-13A の各部材の材端ひずみ

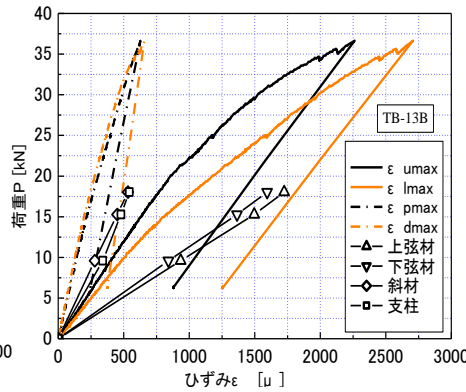


図 7 : TB-13B の各部材の材端ひずみ

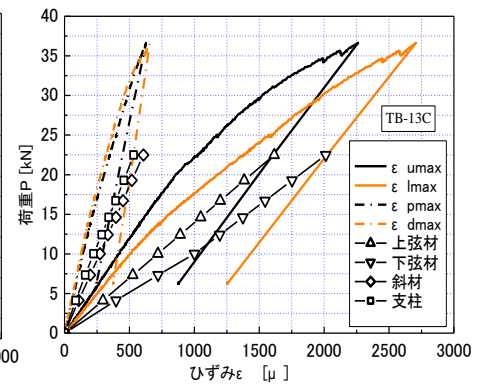


図 8 : TB-13C の各部材の材端ひずみ

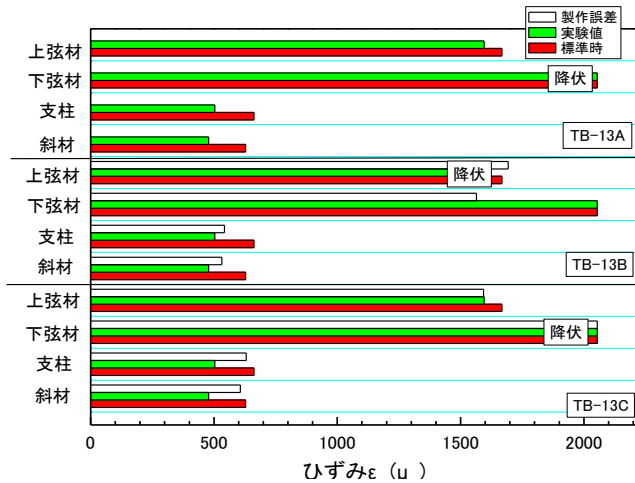


図 9 : 各部材の最大ひずみ

#### 4. 解析結果

解析結果から得られた解析モデルの降伏耐力および降伏した部材を表 2 に示す。製作誤差により降伏する場所が異なり、降伏耐力の低下が見られた。降伏する部材の変化と製作誤差による耐力低下は、表 1 の 3 ユニット試験体での製作誤差による実験結果と同様の傾向がみられる。TB-13B は下弦材に製作誤差を施しており、標準時に比べ上弦材がより多くの荷重を伝達したことにより降伏場所が変化したと考えられる。標準モデルの降伏耐力については、解析値は実験値に対し 3 割程度下回る過小評価の傾向がみられる。これは、荷重を加えた際に試験体の変形によって生じる断面性能の変化が主要因である。各部材の材端ひずみ、最大ひずみの比較を図 6~9 に示す。図の  $\epsilon_{umax}$ ,  $\epsilon_{lmax}$ ,  $\epsilon_{pmax}$ ,  $\epsilon_{dmax}$  はそれぞれ上弦材、下弦材、支柱、斜材の材端(補強プレート縁)におけるひずみの最大値である。また、図 6~10 の解析値は降伏ひずみを越えない範囲のみ有効である。標準時の比較では各部材の実測値のひずみに対して大きく上回り、製作誤差を施した場合には、解析値と実測値に対して TB-13B の上弦材が顕著にひずみの増加が見られた。荷重-変位グラフを図 10 に示す。表 2 に降伏時の中央鉛直変位を示す。

表 2 : 降伏部材と降伏耐力及び中央鉛直変位

試験体	降伏耐力(kN)-降伏材		中央鉛直変位(mm)			
	実験値	解析値	実験値	解析値		
TB-13A	30.9	下弦材	23.0	下弦材	233.1	269.4
TB-13B	-	-	18.0	上弦材	-	205.5
TB-13C	-	-	22.5	下弦材	-	275.6

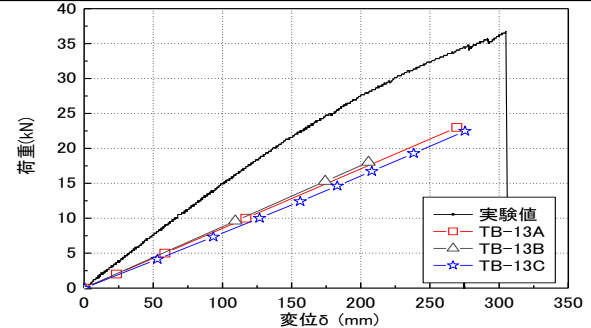


図 10 : 荷重-変位

標準モデルの実験値に対して解析値による過大と過小評価がみられる。TB-13A に対して TB-13C は変位の増加は見られるが、大差にはならなかった。TB-13B は降伏耐力の影響により変位の過小評価が顕著に見られる。

#### 5. まとめ

本研究では、既存試験体に対して連結部に製作誤差を与えた解析モデルの数値解析を行い、結果から次のことがわかった。

- (1). 製作誤差を考慮した本論文の解析モデルは、連結ピンの接触を段階的に表現しており、製作誤差による耐力低下と降伏する部材の変化に対する解析結果では、3 ユニット試験体での実験結果と同様の傾向がみられた。
- (2). 降伏耐力時の中央鉛直変位について、実験値と TB-13A, C との比較では過大評価がみられた。製作誤差を施した TB-13B のケースでは上弦材が荷重を多く負担したことにより早い段階で降伏したため、実験値との比較では過小評価となった。

[参考文献] 1) 林暁光: 移動昇降式足場における足場作業床架台の強度実験、東阪工業株式会社、2014 年  
 2) JFE スチール/株式会社: 鋼構造設計便覧、2004 年  
 3) Super Build/FA1~任意形平面フレーム解析~, ユニオンシステム株式会社  
 4) 日本構造協会わかりやすい鉄骨の構造設計、2009 年、技報堂出版  
 (林研究室)