

# 論文 外ねじ式構造パイプサポートの軸圧縮耐荷挙動に関する実験的研究

寺内 将貴\*1・松崎 達弘\*2・劉 翠平\*3・牛島 栄\*4

**要旨：**近年、支柱式支保工では「適切な計算方法」によって残存パイプサポートの本数を低減し、それ以外の支保工を早期に解体する型枠の設計・施工事例が多い。その場合は、1本のパイプサポートが負担する施工荷重は、在来工法よりも支柱の一部残存工法の方が大きい、パイプサポートの耐荷挙動として参考になる残存支柱の実験結果は少ない。そこで本研究では、外ねじ式構造パイプサポートの認定品および非認定品を対象とし、合計27本の試験体について軸方向圧縮試験を行い、耐荷挙動を把握した。また、市場に流通する非認定品については認定品との性能を比較し、それらの違いを目視によって選別できる特徴を調査した。

**キーワード：**パイプサポート, 実験, 許容支持力, 新品, 経年仮設材, 非認定品

## 1. はじめに

型枠工事の遅れは、直接に躯体工事の遅れに結びつくため、型枠工事は全体工程との関わりが大きく躯体工事の中で重要な工程である。また、型枠工事はコンクリートの品質や工事の安全性について大きく影響するため十分に注意しなければならない。その際に使用される支柱式支保工は、鉛直部材により鉛直荷重を支持し、水平荷重に対して斜材が用いられ、鉛直部材には必要に応じて座屈を防止するための水平つなぎを設ける。支柱式支保工の例として、外ねじ式構造のパイプサポート（以下、パイプサポート）を図-1に示す。このパイプサポートは伸縮が可能で軽量であり、立込みや取外しが容易かつ迅速であるため、建築および土木工事においてパイプサポート式支保工に欠くことのできない部材である。また、マンションのようなRC構造物ではパイプサポート式支保工における在来工法および支柱の一部残存工法に最もよく用いられ、橋体コンクリート支持用の支保工の上段部に使用されることが多い。

近年、「適切な計算方法」<sup>1)2)</sup>によって各層で支持する支柱の本数を最小限とする支柱の一部残存工法が適用されている。残存支柱は荷重による変位（たわみ）が卓越する箇所に設置されるので、施工荷重が一般支柱よりも大きい箇所で使用されることが多い。しかし、パイプサポートの耐荷挙動が参考になる実験結果は少ないため、初期剛性係数は部材の最小断面を用いた簡易な理論計算により算出された値が用いられている<sup>2)</sup>。よって、施工の安全性および品質確保を図るため、実験によってパイプサポートの耐荷挙動を解明する必要があると考えられる。

日本では、JIS 認定工場になっているパイプサポートメーカーがないのが現状であり、(社)仮設工業会では厚

生労働大臣の定める規格<sup>3)</sup>に適合しているかどうか検査を行い、「仮設機材認定基準」<sup>4)</sup>に適合するものに認定マークを貼り付けたもの（以下、認定品）が流通している。JASS<sup>5)</sup>では認定品を使用すること、搬入時に種類・品質表示および数量を目視・寸法測定などにより確認すること、再使用時に(社)仮設工業会の定めた「経年仮設機材の管理に関する技術基準」<sup>5)</sup>に適合することによって経年仮設材として品質管理が行われている。しかし、最近では、外観および寸法が認定品に類似する非認定品のパイプサポートも流通している。施工上の安全および品質管理や型枠支保工材料の品質管理・検査において、認定品と非認定品の性能の優劣に関する研究成果や、搬入時にそれらを選別する外観特徴はほとんどない。

そこで、本研究では認定品の新品および中古品、非認定品の新品の外ねじ式構造パイプサポートを対象に、その使用長を実験パラメータとし、残存支柱の使用状況に近い条件で軸圧縮試験を行う。それにより、耐荷性能を把握し、実務に参考となる必要な情報を得る。さらに、認定品と非認定品の耐荷性能の比較を行うとともに、外観および寸法の違いを把握し、搬入時の変形などに関する品質管理の取り扱い方の有益な情報を得ることを目的とした。

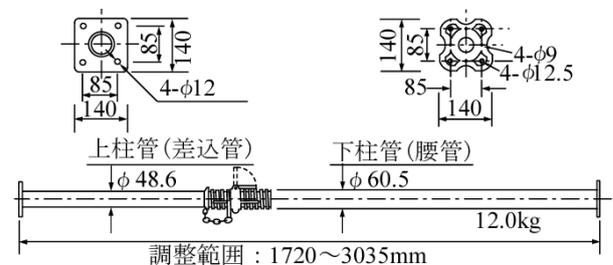


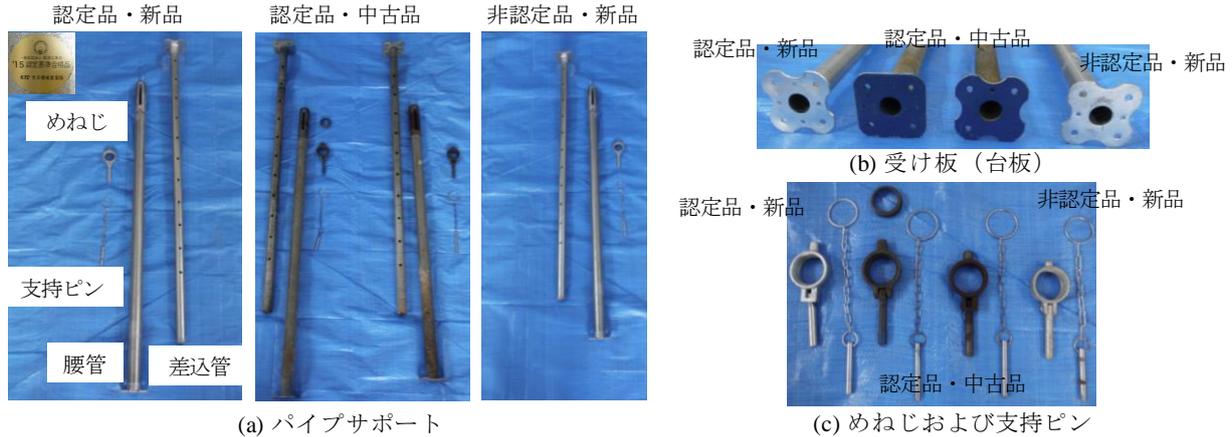
図-1 外ねじ式構造パイプサポート

\*1 青木あすなろ建設(株) 技術研究所 建築研究室 研究員 修士(工学) (正会員)

\*2 高松建設(株) 技術研究所 研究員

\*3 青木あすなろ建設(株) 技術研究所 建築研究室 担当課長 工博 (正会員)

\*4 青木あすなろ建設(株) 執行役員 技術研究所長 工博 (フェロー会員)



(a) パイプサポート

(b) 受け板 (台板)

(c) めねじおよび支持ピン

写真-1 外ねじ式構造パイプサポート (試験体)

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体

#### (1) 試験体の計画

パイプサポート試験体を表-1 に示す。試験体は大きく分けて認定品の新品、認定品の中古品および海外製の非認定品の3種類である。実験パラメータとする使用長  $L$  は、マンションの新築工事に用いられる一般的な6尺のパイプサポートを参考し、大梁下 (2,480mm)、小梁下 (2,680mm) およびスラブ下 (2,945mm) の3パターンとする。なお、使用長ごとにそれぞれ3本ずつとし、合計27本の試験体に対して軸圧縮試験を行った。

また、パイプサポートは仮設機材として長期間に渡り使用されるが、中古品に関する品質管理上の実験結果および研究成果はほとんどない。そこで、JOシリーズの試験体は、認定品の中古品とし、経年使用による強度の低下の有無および耐荷挙動の変化を調べるために用意した。試験体の各部材毎に、損傷、変形、錆などを目視によって外観検査を行い、経年仮設機材の管理に関する技術基準に適合することを確認した<sup>2),5)</sup>。

パイプサポートの市場には、認定品に類似する非認定品が流通しているため、KNシリーズは認定品と性能を

比較するために用意した非認定品の新品のパイプサポートである。部材の成績書を手に入らなかったため、各部品の化学成分、鋼材の特徴および力学性質を確認できなかった。また、仮設機材は長期間に渡り使用するため、外観検査を行うこととした。

#### (2) 各部の詳細寸法など

参考として、試験体の変形挙動に影響を与える主な構成部分の実測寸法を各シリーズの代表的な試験体について表-2 にまとめる。各部品の名称を図-1 および写真-1 に示す。

いずれの試験体シリーズも労働省告示第101号<sup>3)</sup> (以下、労働省告示) およびJIS A 8651-1995<sup>6)</sup> (以下、JIS規定) の許容範囲 (表-3) に近い値となっていることを確認した。しかし、非認定品のKNシリーズについては、差込み管、腰管および受け板 (台板) の厚さは許容値の下限に近似しており (表-2)、認定品よりも各部品が薄く作られているため、合計重量が1kg程度軽いことが分かる。

写真-1(b)に示すように、認定品の中古品は、受け板および台板の形状が正方形および花形の2種類である。花形の方は、正方形のものから現在の花形のものへ発達

表-1 パイプサポート試験体

試験体		使用長 $L$ (mm) <sup>*1)</sup>	備考
JN シリーズ	JN1~JN3	2,480	認定品・新品
	JN1~JN6	2,680	
	JN7~JN9	2,945	
JO シリーズ	JO1~JO3	2,480	認定品・中古 (経年仮設材) <sup>*2)</sup>
	JO4~JO6	2,680	
	JO7~JO9	2,945	
KN シリーズ	KN1~KN3	2,480	非認定品・新品
	KN4~KN6	2,680	
	KN7~KN9	2,945	

\*1) 受け板および台板に設置した合板の厚 (計24mm) を含む。

\*2) 変形、損傷、さび等がなく、A等級<sup>5)</sup>に相当するものである。

表-2 主な構成部分の実測寸法 (単位: mm)

部品	項目	シリーズ		
		JN	JO (JO2 <sup>*1)</sup> )	KN
差込み管	外径	48.8	48.9 (48.9)	48.5
	厚	2.81	2.91 (2.95)	2.26
腰管 <sup>*2)</sup>	外径	60.7	60.2 (60.3)	60.6
	厚	2.17	2.19 (2.19)	1.98
支持ピン	直径	12.0	11.7 (11.7)	12.0
めねじ	外径	76.7	75.1 (75.6)	74.3
	内径	62.6	60.1 (60.3)	60.2
受け板(台板)	厚	5.9	7.3 (8.7)	5.5
合計重量 (kg)		12.15	11.54 (12.45)	10.59

\*1) 写真-1(b)に示す受け板 (台板)が花形のものである。

\*2) 実験後に台板を切断し、腰管の厚さを計測した。

表-3 腰管又は差込み管の寸法および許容差<sup>3),6)</sup>

区分	寸法 (mm)		許容差 (mm)	
	外径	厚	外径	厚
差込み管	48.6	2.5	±0.25	±0.3
腰管	60.5	2.3	±0.3	±0.3

した中間製品であり、市場に流通しているものは少ない。

## 2.2 載荷・変位測定

載荷フローを図-2 に示す。現場作業員が手で締固めた際に生じる軸力を仮定した初期軸力 (約 8.0kN) を導入した状態で、油圧ジャッキシステムによって漸増荷重  $P$  を加え、12.0kN まで3回繰り返し載荷する。その後、荷重のピークが明らかとなったまでに載荷する。なお、12.0kN は、水平つなぎを設けず下端が仕上げコンクリートの場合の使用長さ 2,945mm に対する許容支持力 16.6kN の70%程度であり、繰り返し載荷中に許容支持力以下になるように設定した。

ひずみゲージの貼り付け位置を図-3 に、載荷および変位測定の様子を写真-2 に示す。ひずみゲージの値を確認しながら、弾性段階において荷重制御、塑性段階において変位制御でそれぞれ載荷実験を実施した。なお、試験体を地面と平行に設置され、自重によるたわみが生じるが、その影響が小さく安全側の試験結果となる。

建築工事における床スラブを支持するパイプサポートの高さが 3.5m 以下の場合には、一般に支柱取り外し時に一部残した支柱に水平つなぎ材が解体されているため、パイプサポートに横変位の拘束を与えない条件とした。パイプサポートの材端条件は部材の耐荷挙動に影響を与えるため、残存支柱としての使用条件を考え、上端と下端とともに現場において予め使用した 12mm の表面加工コンクリート型枠用合板<sup>2)</sup> (以下、合板) を介して載荷実験を実施した。

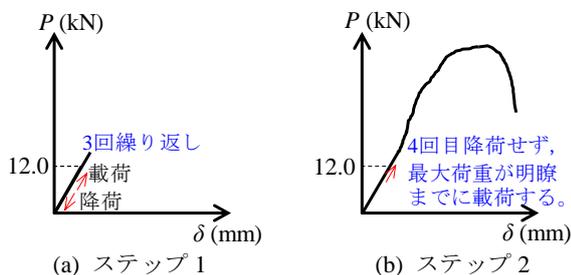


図-2 載荷フロー

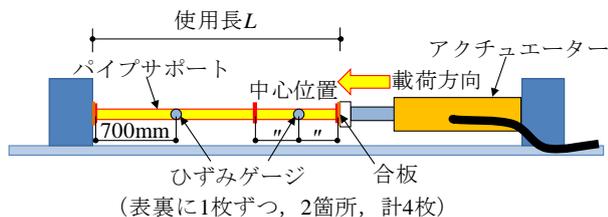


図-3 ひずみゲージの貼り付け

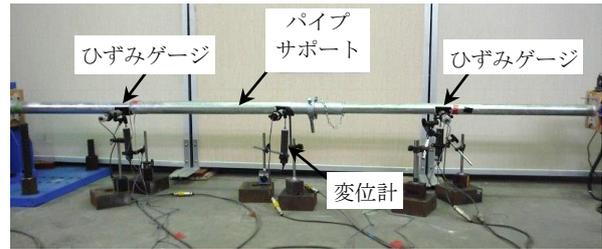


写真-2 載荷および変位測定の様子

## 3. 実験結果

### 3.1 耐荷挙動

例として試験体 JN-4 の  $P-\delta$  (荷重-軸方向変位) 関係曲線を図-4 に示す。なお、 $P$  および  $\delta$  はそれぞれ初期軸力を導入した後の漸増荷重および合板とパイプサポートに生じた変位の合計である。図中の1回目に荷重を降荷した際に生じた約 1.5mm の残留変形は、受け板および台板に設置した合板の変形であったことを確認している。また、2回~3回目の繰り返し載荷において、載荷および降荷の履歴はほとんど重なっていることが分かる。

荷重が 19.5kN 付近になる時に、抽出した軸方向変位  $\delta$  と荷重  $P$  との関係を図-5 に示す。各シリーズについては、JN のバラツキが最も大きかった。これは、写真-1(b) に示すように受板(台板)に施したプレス加工によるものと考えられる。ただし、施工現場では、コンクリート打設時にむくりを設け、コンクリート打設後にめねじの1次締固め、型枠解体後に2次締固めを行って、スラブに生じた鉛直方向のたわみがコンクリートの施工品質に与える影響の低減を図っている。めねじの締固め作業は、実際の使用条件に近い実験結果で得られた値を参考に軸力を導入した方が安全側となる。

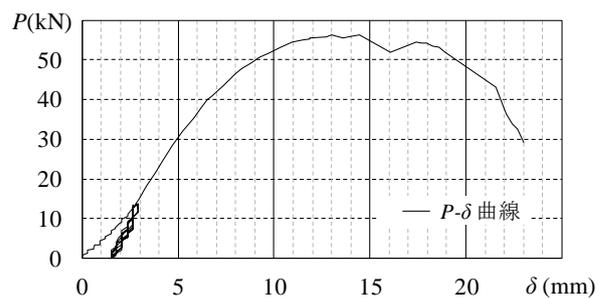


図-4 荷重-軸方向変位関係曲線 (試験体 JN-4)

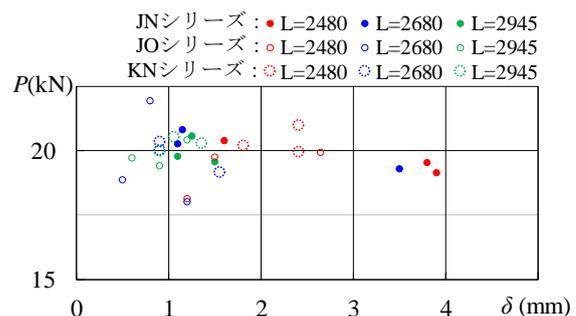


図-5 荷重が 19.5kN 付近になる時の軸方向変位

使用長さごとの代表的な試験体について、図-6 に 20kN 付近までの荷重～軸方向ひずみの関係曲線を拡大して示す。なお、縦軸および横軸は、それぞれ初期軸力を導入した後に計測した荷重および差込み管に貼り付けたひずみゲージの平均値である。同図に $\varepsilon=P/(AE)$ によって算出した均一断面部材の理論ひずみを重ねて示す。ここで、 $A$  は表-2 に示す寸法によって算定した差込み管の断面積(mm<sup>2</sup>)、 $E$  は鋼材のヤング係数 (2.05×10<sup>5</sup>N/mm<sup>2</sup>) である。

パイプサポートの使用長さによらず、いずれの試験体のシリーズにおいても 19.5kN 以下の弾性範囲であることが確認できる。認定品について、パイプサポートの差

込み管と腰管の重合部にガタがあり、荷重がピンを介して伝達する構造となっており、パイプサポート部材に存在する初期不整やめねじの締固め具合などによりひずみが付加されたため、計算上の理論ひずみとの間に差が生じたものと考えられる。一方、非認定品は、理論ひずみより約 20%高い結果となった。これについては、材質および各部品の形状によって生じたものと考えられる。

### 3.2 耐荷性能の判定

荷重-軸方向変位関係曲線において、最大荷重を  $P_{max}$ 、パイプサポートの使用長さごとの 3 体の試験体の最大荷重の平均値を平均強度としてそれぞれ定義し、表-4 および図-7 に各シリーズについてまとめて示した。

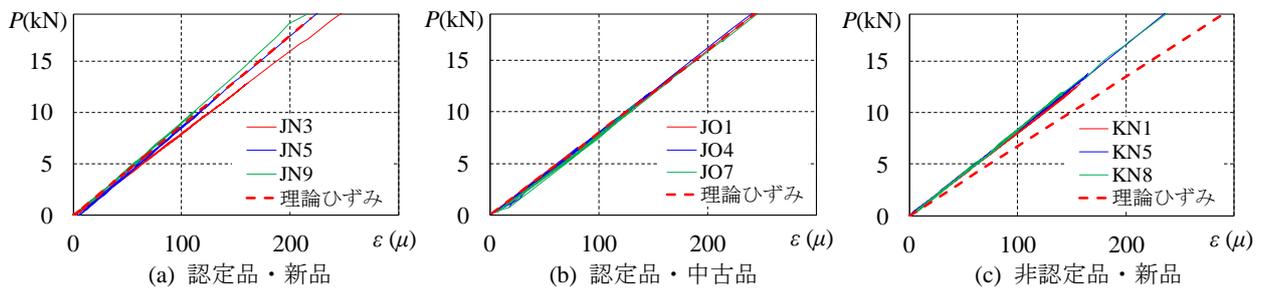


図-6 荷重-軸方向ひずみの関係曲線

表-4 パイプサポートの耐荷性能の判定

シリーズ	使用長 $L$ (mm)	試験体	最大荷重 $P_{max}^{*1}$ (kN)	平均強度 (kN)	判定 <sup>*2)</sup>		安全率 <sup>*3)</sup>	
					労働省告示 (≥35.30kN)	JIS A (平均値≥44.13kN; 最小値≥39.23kN)	$\gamma_1$	$\gamma_2$
JN	2,480	JN1~JN3	62.88 ; 55.54 ; 43.07	53.83	OK	OK	2.89	2.76
	2,680	JN4~JN6	65.13 ; 65.45 ; 63.07	64.55	OK	OK	3.47	3.49
	2,945	JN7~JN9	51.36 ; 52.44 ; 48.58	50.79	OK	OK	3.06	2.90
JO	2,480	JO1~JO3	64.88 ; <b>28.82</b> ; 64.25	52.65	NG	NG	2.83 (1.48)	2.70 (1.74)
	2,680	JO4~JO6	66.65 ; 40.34 ; 68.32	58.44	OK	OK	3.15	3.16
	2,945	JO7~JO9	54.53 ; 57.15 ; 44.16	51.95	OK	OK	3.13	3.01
KN	2,480	KN1~KN3	63.71 ; 58.53 ; 65.15	62.46	OK	OK	3.35	3.20
	2,680	KN4~KN6	52.82 ; 56.28 ; 61.92	57.01	OK	OK	3.06	3.08
	2,945	KN7~KN9	44.61 ; 41.51 ; 42.71	<b>42.94</b>	OK	NG	2.59	2.49

注：\*1) 初期軸力および図-2 に示すステップ 2 の荷重最大値との合計である。

\*2) 規定を満たす場合に「OK」、満たさない場合に「NG」で表記する。

\*3)  $\gamma_1$  および  $\gamma_2$  はそれぞれ文献 2) に示す材端条件 (連係なし、上端に木材、下端に仕上げコンクリート) および、一端を剛で平坦な面で支持の時の許容支持力との比である。( ) 内に試験体 JO2 の安全率を示す。

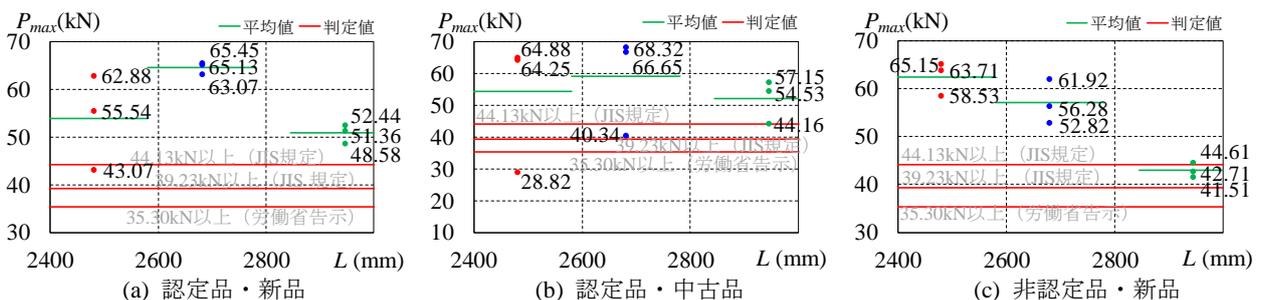


図-7 パイプサポートの使用長および最大荷重の関係

労働省告示および JIS 規定の平押しによる圧縮試験の強度に関しては、以下のように定めている。

1) 労働省告示<sup>3)</sup>

荷重の最大値が 35.30kN 以上であること。

2) JIS A 8651-1995<sup>6)</sup>

荷重の平均値は 44.13kN 以上かつ荷重の最小値は 39.23kN 以上であること。

ここで、表-1 に示す試験体についてパイプサポートの使用長さごとに、強度に関する規定を満足しているかを検討する。

(1) 新品

試験体 JN シリーズについては、いずれの試験体も労働省告示および JIS 規定を満たしている。一方、試験体 KN シリーズは、いずれの試験体についても、強度が 35.30kN 以上となり、労働省告示を満たしているが、試験体 KN7~KN9 の平均強度が 44.13kN 未満であり、JIS 規定を満たしていない。

(2) 中古品

試験体 JO2 は「めねじ」と「おねじ」の接合具合が良くなかったため、荷重が 28.82kN になった時点で強度が低下し、その後再び 59.54kN まで上昇した。使用長によっては労働省告示および JIS 規定を満たしていないが、許容荷重の 16.6kN 以上であること<sup>1-2)</sup>を確認した。これより、パイプサポートの経年仮設機材の管理規定に従うとともに、搬入時には各部品の接合具合も確認することが望ましい。

その他の試験体については、労働省告示および JIS 規定に満たしている。

(3) その他

平均強度と許容支持力との比を安全率として定義し、表-4 にまとめる。

図-1 に示すようにパイプサポートは受け板（台板）、差し込み管、腰管および支持ピンなどにより構成され、高さの調節範囲が大きい利点があるためよく用いられるが、その変形挙動は複雑である。強度を求める場合に、理論より実験にたよらなければならないので、不確定的な要素を考慮し安全率を最大荷重に対して 2.0 以上確保することが望ましい。表-4 に示すように試験体 JO2 の最大荷重は許容支持力との比は 2.0 未満であったが、その他の試験体については安全率が 2.0 以上であることを確認した。前述したように、パイプサポートの立込み時に接合具合がよくないものを使用しなければ、安全率が 2.0 以上に確保することができると考えられる。

3.3 実験後の残留変形

(1) 試験体の変形

表-5 に各試験体シリーズについて、卓越した変形性状をまとめる。なお、支持ピン曲げ破壊は、差し込み管ピ

ン穴の支圧破壊に伴うものであった。

パイプサポートの使用長が大きくなればなるほど、支持ピンの曲げより全体が座屈する大変形へと変わることが分かる。試験体 JN シリーズは、使用長 2,945mm の試験体は全体座屈変形が卓越したのに対して、試験体 KN シリーズは使用長 2,680mm の場合に全体座屈が卓越していたことが確認された。これは、前述のように非認定品の差し込み管と腰管が認定品より薄いことが原因の一つであると考えられる。

非認定品を誤って使用すると、座屈によって生じる変形が著しい場合があるので、その使用箇所が階段のような傾斜した部分であると完成後の仕上がり精度に大きく影響を及ぼすので、十分に注意を払う必要がある。

表-5 パイプサポートの卓越した変形性状

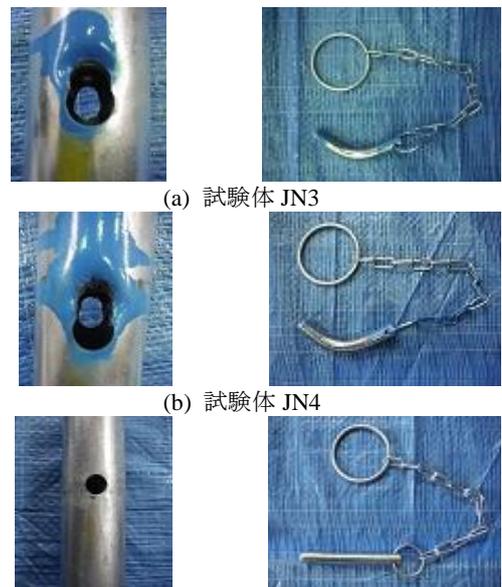
シリーズ	使用長 L (mm)		
	2,480	2,680	2,945
JN	支持ピン曲げ	支持ピン曲げ	全体座屈
JO		全体座屈	
KN*			

\* KN1 はめねじ破壊となった。

(2) 実験後の残留変形

表-1 に示すいずれの試験体についても受け板（台板）などに変形は見られなかった。試験体 JN および JO シリーズは、全体座屈が卓越した場合、めねじ付近の変形が最も大きく、残留横変形量が約 40mm 程度であった。一方、支持ピン曲げとなった試験体は、ピン穴が支持ピンとの接触部分に、部材軸方向への支圧変形が発生し、おねじを含む腰管の横変形はほとんどなかった。

ここで、試験体 JN3, JN4 および JN9 について実験後の残留変形の状況を、写真-3 に示す。



(c) 試験体 JN9  
写真-3 実験後の残留変形

試験体 KN シリーズは、写真-4 に示すように最大荷重に達した後、めねじに亀裂が発生し、その進展によって脆性破壊となったケースもあった。経年仮設材の非認定品には、小さい荷重においてもめねじに疲労亀裂が発生し、速い速度で部材の亀裂が進展する可能性が高いと考えられる。従って、非認定品の安価性にとられず、その転用や支保工の労働安全性およびコンクリートの品質確保などを総合的に考慮して、認定品のパイプサポートを適切に選別し、非認定品を使用しないよう、より一層管理を徹底しなければならない。

下記に、目視によって観察できる非認定品の外観や寸法などに関する特徴を示す。

- 1) 支保工は仮設工業会の認定品ならば、認定制度に適合する証であるマルカマークが刻印される。写真-5 にマルカマークのシールおよび刻印の例を示す。
- 2) 表-2 に示すように非認定品の部材は認定品より薄く作られているので、差込み管および腰管の厚さなどによっても選別できる。
- 3) 写真-1 に示すように錆止め塗料を塗られることがあり、選別しにくくなるが、経験的に各部材の厚さや形状によっても、認定品であるかどうか判断できる。
- 4) 非認定品は管厚が薄いうえに錆びやすいので、軽いものや錆のあるものは非認定品である可能性が高い。



(a) めねじの破損



(b) ピンの曲げ変形

写真-4 実験後の残留変形 (試験体 KN1)



(a) シール



(b) 刻印

写真-5 認定品の例

#### 4. まとめ

近年では、支柱式支保工法として、「適切な計算方法」によって残存パイプサポートの本数を低減し、コンクリートの設計基準強度発現を待たずにそれ以外のパイプサポートの支保工を早期に解体する型枠の設計・施工事例が多い。その場合に、1 本のパイプサポートが負担する

施工荷重は、在来工法よりも支柱の一部残存工法の方が大きいと考えられるが、パイプサポートの耐荷挙動に関して参考とする実験結果は少ない。また、パイプサポートの非認定品は市場に多く流通しているが、目視によって選別する外観の特徴や認定品との性能の優劣に関する研究成果はほとんどない。そこで、本研究では、認定品および非認定品の外ねじ式構造パイプサポートに関して、合計 27 本の試験体について、軸方向圧縮試験を行い、その耐荷挙動を把握した。検討した項目および得られた知見を以下にまとめた。

- (1) パイプサポートの認定品の新品および中古品、非認定品の新品の 3 種類、使用長さを大梁下および小梁下、スラブ下の 3 パターンとし、合計 27 本のパイプサポート試験体に対して軸圧縮試験を行い、その耐荷挙動を把握した。
- (2) パイプサポートを構成する主な部分の寸法を実測したが、非認定品は寸法の許容値の下限になっており、薄く軽く作られ、認定品よりも全体座屈が発生しやすいことが分かった。
- (3) パイプサポートを残存支柱として、使用状況に近い材端条件下で実験を行ったので、めねじの締め作業は、実験結果で得られた値を参考に軸力を導入した方が安全側となることが分かった。
- (4) パイプサポートの使用長さ 3.0m 程度の非認定品の試験体は、労働省告示に定められた強度は満たしているものの、日本工業規格に定めた規定は満足しておらず、認定品よりも強度に関して劣ることが確認された。
- (5) パイプサポートの非認定品の試験体は、その構成部位のめねじで脆性破壊したケースもあった。そこで、パイプサポートの使用に関しては、目先の安価性に促されず、その搬入時には目視によってその状態を選別し良好なものを用いることや、支保工の労働安全性を確保するために非認定品を使用しないように徹底管理することが重要である。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事 2015, 2015.7.25
- 2) 日本建築学会：型枠の設計・施工指針 (第 2 版第 1 刷), 2011.2.15
- 3) 厚生労働省：労働省告示第 101 号, (改正平成 12 年 12 月 25 日労働省告示第 120 号), 2000.12.25
- 4) (一社)仮設工業会：仮設機材認定基準とその解説 (厚生労働大臣が定める規格とその設定規準), 2010.4.14
- 5) (一社)仮設工業会：経年仮設機材の管理に関する技術基準と解説, 2007.7
- 6) (一財)日本規格協会：日本工業規格 JIS A 8651-1995, 1995.7.1