

3. 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研究

Experimental Study on Axial Compressive Behaviour of Outside Screw Type Pipe Supports

寺内将貴* 松寄達弘** 劉 翠平* 牛島 栄***

—概要—

近年、支柱式支保工法では「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、在来工法よりも残存支持工法の方が大きい、パイプサポートの耐荷挙動として参考になる残存支持工法の実験結果は少ない。そこで、本報では、写真1に示す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、それらの耐荷挙動を把握した。

—技術的な特長—

外ねじ式構造のパイプサポート（写真1）は、受け板（台板）、差込管、腰管および支持ピンなどにより構成され、その変形挙動が複雑である。本報では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、現場の使用条件に最も近い材端条件で合計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(図1)。また、実験結果を基に、市場に出回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提示した(写真2)。本報で得られた知見を型枠の設計・施工に反映することにより、施工の安全性および品質確保に貢献できる。



写真1 外ねじ式構造パイプサポート（試験体）

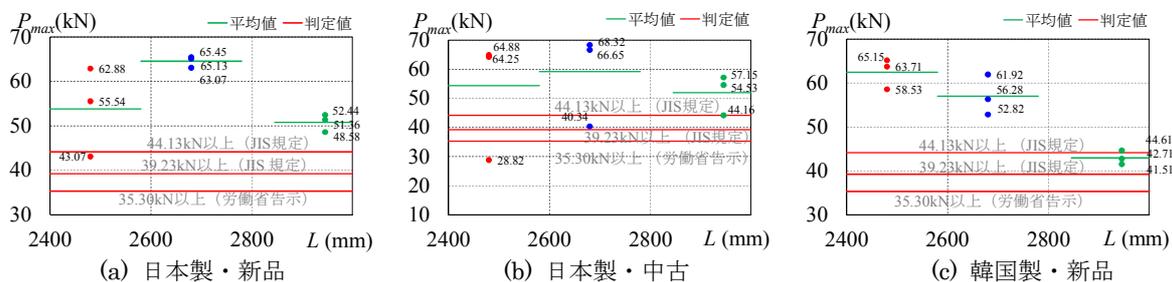


図1 使用長および最大荷重の関係



写真2 実験後の残留変形

*技術研究所建築研究室 **高松建設(株)技術研究所 ***執行役員技術研究所長

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研究

Experimental Study on Axial Compressive Behaviour of Outside Screw Type Pipe Supports

○寺内 将貴* 松寄 達弘** 劉 翠平* 牛島 栄***
Masaki TERAUCHI Tatsuhiko MATSUZAKI Suihei RYU Sakae USHIJIMA

ABSTRACT In order to obtain useful information for the practical application of outside screw type pipe supports, the length of use was investigated as a parameter for unused and used specimens of certified products in comparison to unused specimens of non-certified products in this paper. The axial compression tests were carried out at conditions similar to the application of permanent support members, which results were subjected to the analysis of load-bearing capacity and deformation. The results were obtained from axial compression tests of 27 specimens in the present work. The thickness measured for non-certified specimens were close to the lower allowable limit provided by the Japanese Industrial Standards. As a result, non-certified specimens were prone to the whole buckling due to the fact that they were thinner and lighter than certified specimens. The deterioration at strength was also observed for non-certified specimens, while the extent of deterioration depended on the length of use. In order to ensure the safety in construction sites, management should be strictly performed to exclude the usage of non-certified products.

Keywords: パイプサポート, 実験, 許容支持力, 新品, 認定品

Pipe-support, Test, Allowable bearing capacity, Unused products, Certified products

1. はじめに

外ねじ式構造のパイプサポート(写真1)は、支柱式支保工に用いられる最も一般的な仮設材である。日本では、経年仮設材として「仮設機材認定基準」¹⁾⁵⁾に適合するもの(認定品)を使用されること、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によって品質管理が行われている。

パイプサポートは受け板(台板)、差込管、腰管および支持ピンなどにより構成され、その変形挙動が複雑であるため、使用長、水平つなぎの有無および材端条件などを考慮して許容荷重以下に使用することが求められる。しかし、支柱の一部残存工法の進化によって、残存支柱の施工荷重は荷重(たわみ)が卓越する箇所に設置され、一般支柱より大きく使用されているが、その耐荷挙動が参考になる研究成果はほとんどない。また、外観・寸法が認定品に類似する韓国製のパイプサ

ポートも出回されているが、日本製の認定品と性能の優劣に関する比較情報はほとんどない。

そこで、本研究では日本製・新品および中古品の外ねじ式構造パイプサポートを対象とし、その使用長をパラメータとし、残存支柱の使用条件に近い条件で軸圧縮試験を行い、耐荷性能を解明し、実務に参考となる必要な情報を提示する。さらに、韓国製・新品のパイプサポートについても同様に実験を行い、耐荷力および変形を分析し、その性能の比較を行うとともに、認定品と外観・寸法の違いを示し、搬入時の品質管理に関する取り扱い方の有益な情報を提供する。

2. 実験概要

2.1 試験体

試験体を表1に示す。あるマンション新築工事に用いられる残存支柱を参考に、一般的な6尺タイプで使用長 L は2,480mm、2,680mmおよび2,945mmの3パターンとする。バラツキを考慮

*技術研究所 建築研究室
***執行役員 技術研究所長

**高松建設(株) 技術研究所

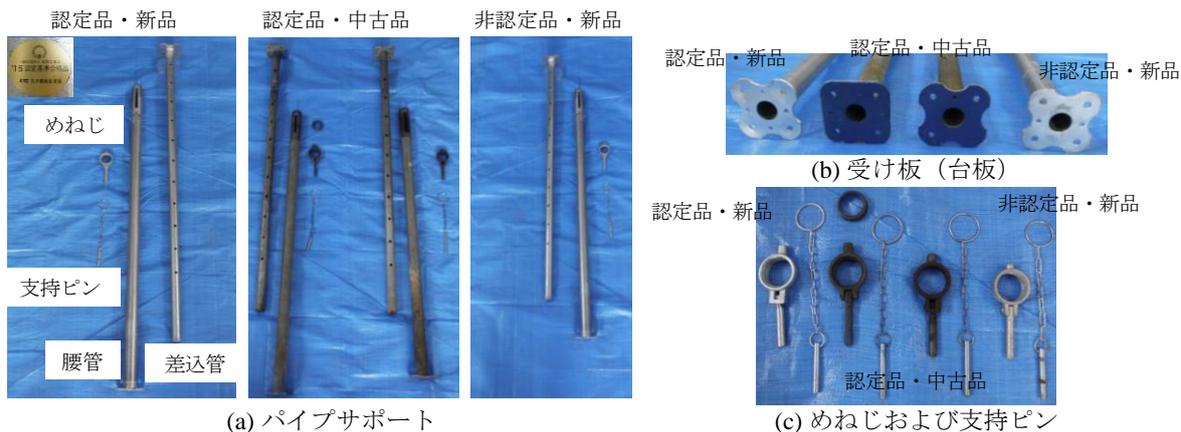


写真1 外ねじ式構造パイプサポート（試験体）

し、使用長ごとにそれぞれ3本ずつとし、合計27本である。

日本製・新品と中古品が認定品であるが、韓国製・新品は非認定品である。

各試験体について構成する各部材毎に、損傷、変形、錆などを目視によって外観検査を行い²⁻³⁾、経年仮設材として問題がないことを確認した。

表2に主な構成部分の詳細寸法をまとめる。いずれの試験体シリーズも労働省告示第101号(以下、労働省告示)およびJIS A 8651-1995(以下、JIS規格)の許容差(表3)以内となっているが、韓国製のものは許容値の下限値となっている。

日本製のパイプサポートは認定品であり、JASS 5および労働安全衛生規則に満たすものであるが、韓国製品の方は成績書を入手できなかったため、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。

表1 試験体

試験体		使用長 L (mm)	備考
JN シリーズ	JN01~JN03	2,480	日本製・新品 (認定品)
	JN04~JN06	2,680	
	JN07~JN09	2,945	
JO シリーズ	JO01~JO03	2,480	日本製・中古 (認定品) (経年仮設材)
	JO04~JO06	2,680	
	JO07~JO09	2,945	
KN シリーズ	KN01~KN03	2,480	韓国製・新品 (非認定品)
	KN04~KN06	2,680	
	KN07~KN09	2,945	

* 大梁、小梁およびスラブ下におけるパイプサポートの使用長である。

表2 主な構成部分の詳細寸法

(単位: mm)

部品	項目	シリーズ		
		JN	JO	KN
差込管	外径	48.8	48.9 (48.9)	48.5
	厚	2.81	2.91 (2.95)	2.26
腰管	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
調整ネジ	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	10.59

()は受け板(台板)が花形の寸法である。

表3 腰管又は差込管の寸法及び許容差³⁾

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

2.2 載荷・変位測定

図1に載荷フローを示す。現場で締め固めによる初期軸力(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荷重Pを加え、12.0kNまで3回繰り返し載荷する。その後、最大荷重が明瞭となるまで載荷する。

図2および写真2に載荷および変位測定方法を示す。差込管および腰管に貼り付けたひずみゲージの値を見ながら、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载荷する。
材端条件は現場の使用条件を考え、上端と下端ともに合板を介して载荷する。

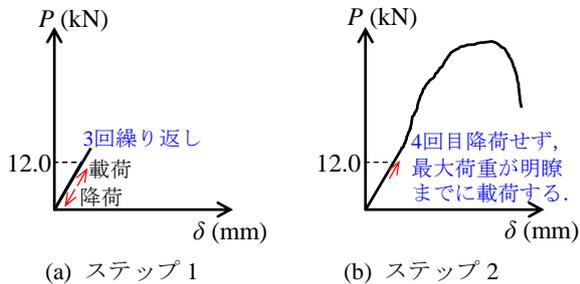


図1 载荷フロー

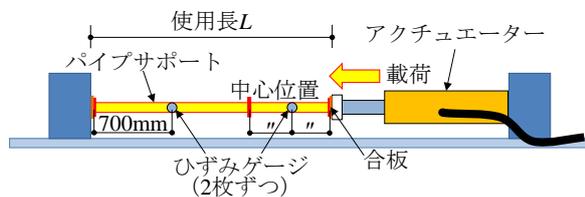


図2 载荷および変位測定



写真2 载荷状況

3. 実験結果

3.1 耐荷挙動

図3に荷重が19.5kN付近になる時、抽出した軸方向変位と荷重の関係を各試験体について示す。いずれの試験体も文献2)に示す軸方向変形以下であることを確認できる。

図4に荷重 - 軸方向ひずみの関係曲線を示す。縦軸は初期軸力を導入した後に計測した荷重、横軸は差込管に貼り付けたひずみゲージの平均値である。同図に $\epsilon = P/(AE)$ 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。ここに、 A は差込管の断面積(mm^2)、 E は鋼材のヤング係数($2.05 \times 10^5 \text{N/mm}^2$)である。

荷重は受け板および台板を介して差込み管と腰管へ作用し、部材に存在する初期不整や締りめ

具合などによって付加ひずみが発生したため、理論ひずみとの差が生じたと考えられる。なお、いずれの試験体シリーズにおいても19.5kN以下に弾性範囲であることを確認できる。

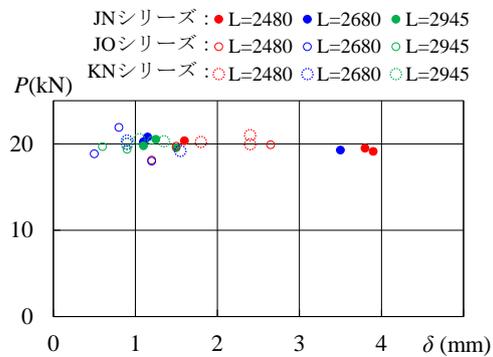
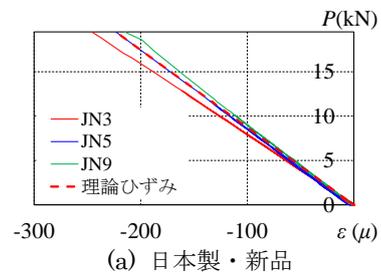
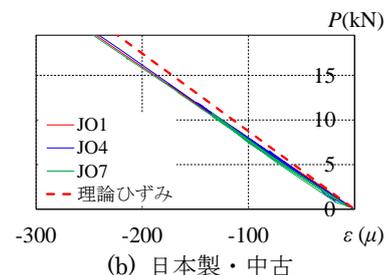


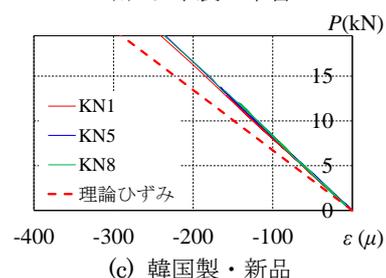
図3 許容支持力付近の軸方向変形



(a) 日本製・新品



(b) 日本製・中古



(c) 韓国製・新品

図4 荷重 - 軸方向ひずみの関係曲線

3.2 耐荷性能の判定

表4および図5に各シリーズについて、耐荷力をまとめ、労働省告示およびJIS規格⑥を満たすかどうか、判定を行うこととする。

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規格を満たしている。一方、試験体KNシリーズは、いずれの試験体に

表4 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)	平均耐荷力(kN)	判定 ²⁾		安全率 ³⁾	
					労働省告示 ($\geq 35.30\text{kN}$)	JIS A ($\text{平均値} \geq 44.13\text{kN}$; $\text{最小値} \geq 39.23\text{kN}$)	γ_1	γ_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 ; 28.82 ; 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	42.94	OK	NG	2.59	2.49

注：1) 初期軸力および図1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) γ_1 および γ_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、文献4)に示す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。

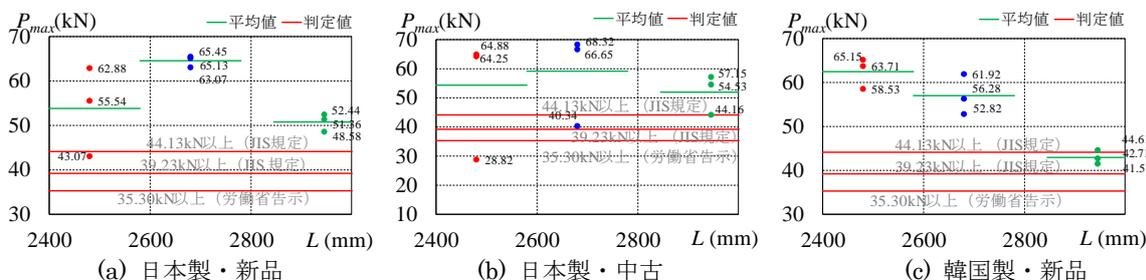


図5 使用長および最大荷重の関係

についても、耐荷力は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は使用長ごとで平均耐荷力は44.13kN未満であり、JIS規格を満たしていない。

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になった時点で低下し、その後再び59.54kNまで上昇した。使用長ごとで労働省告示およびJIS規格に満たしていないが、許容荷重の16.6kN以上であること¹⁾²⁾を確認した。よって、経年仮設機材の管理規定に従うとともに、搬入時に各製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規格に満たしている。

平均耐荷力と許容支持力との比を安全率で定義し、表4にまとめた。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。

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た。

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変形へと変わることが分かる。また、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を確認した。これは、韓国製品の差込管と腰管が日本製品より薄いことが原因の一つであると考

表5 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	" "	" "	" "
KN	" "	全体座屈	" "

注：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。

えられる。

試験体 JN および JO シリーズは、全体座屈が卓越した場合、残留横変形量は大きく約 40mm 程度であり、めねじ付近が最も変形が大きかった。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。例として、試験体 JN3、JN4 および JN9 について実験後の残留変形を写真 3 に示す。

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、めねじにきれつの発生・進展によって脆性破壊となったケースもあった。経年仮設材の韓国製品は、小さい荷重においてもめねじにきれつが発生し、速い速度で進展する可能性があると考えられる。従って、パイプサポートは仮設材として施工段階の荷重を支え、コンクリート構造物の品質や安全性に直接影響を与える重要な部材であるため、その材料の選定には非認定品を用いないように、十分に注意する必要がある。例えば、写真 1 および表 2 に示す形状・寸法で選定する。



写真 3 実験後の残留変形



(a) めねじの破壊 (b) ピンの曲げ変形

写真 4 実験後の残留変形（試験体 KN-1）

4. まとめ

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することができた。検討した項目および得られた知見を以下にまとめる。

- (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詳細寸法を測定したが、非認定品は許容値の下限に近似し、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わかった。
- (3) パイプサポート残存支柱としての使用条件に近い、その材端条件下で実験を行ったため、床型枠設計の計算例に提示された管理理論変形値より軸方向の変位が大きくなった。
- (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が、日本工業規格に定めた規格は満足しておらず、その使用長さにもよるが、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破壊したケースもあった。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選別し、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して管理しなければならない。

【参考文献】

- 1) 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2015, 日本建築学会, 2015.7.25
- 2) 型枠の設計・施工指針 (第2版第1刷), 日本建築学会, 2011.2.15
- 3) 労働安全衛生規則, 昭和47年労働省令第32号 (改正・平成26年厚生労働省令第132号), 2014
- 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 (制定 1959/07/01; 改正 1966/05/01; 改正 1977/08/01; 改正 1985/04/01; 改正 1995/07/01), 1995.7.1