



Elastic-plastic behaviour of exposed type of column bases subjected to tensile force

金, 桂妍

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

2003-03-31

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲2879

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1002879>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



【 2 9 4 】

氏名・(本籍) 金桂妍 (中国)
博士の専攻分野の名称 博士(工学)
学位記番号 博い第311号
学位授与の要件 学位規則第4条第1項該当
学位授与の日付 平成15年3月31日

【 学位論文題目 】

ELASTIC-PLASTIC BEHAVIOUR OF EXPOSED TYPE OF
COLUMN BASES SUBJECTED TO TENSILE FORCE
(引張軸力を受ける露出型柱脚の弾塑性挙動に関する研究)

審 査 委 員

主 査 教 授 田 淵 基 嗣
教 授 三 谷 勲
教 授 内 田 直 樹
助 教 授 田 中 剛

1995年兵庫県南部地震では、低層鉄骨造建物に多く採用される露出型柱脚に、アンカーボルトの破断、ベースプレート下面のモルタル及びコンクリートの破壊、ベースプレートの面外変形等の様々な損傷が観察された。特にアンカーボルトの破断による柱脚の破壊は、建物の倒壊または大破に繋がる例があった。柱脚の破壊の主な原因は、地震時の転倒モーメントによる外柱柱脚に作用する引張軸力の影響があげられる。地震時に水平力の増加とともに外柱柱脚に引張軸力が作用し始めると、軸力およびせん断力はアンカーボルトを介して基礎に伝達される。また、露出型柱脚は半剛接合形式であるため、柱脚には曲げモーメントも作用し、アンカーボルトはさらに過酷な状態に置かれることになる。

一般に伸び能力のあるアンカーボルトを用いて適切に設計・施工され、アンカーボルトの引張降伏により弾塑性挙動が支配される露出柱脚は、十分な塑性回転能力を有することが、多くの実験において確認されている。ただし、これらの実験では、引張軸力を作用させている例は少なく、引張軸力を受ける場合の柱脚の弾塑性挙動について、系統的に整理された実験資料は無く、不明な点が多い。本研究の目的は鉄骨造建物の耐震性能を支配する要因の一つである引張側露出型柱脚の弾塑性挙動を実験・数値解析・理論解析により明らかにすることである。

第2章では、引張軸力を受ける露出型柱脚について曲げせん断実験を行い、軸力比、アンカーボルトの配置、シャーププレートの有無および載荷方向の違いが、柱脚の弾塑性挙動および塑性変形能力に与える影響を検討した。引張軸力が大きくなるに従い、柱脚の浮上り量および水平ずれ量が増加し、柱脚の塑性回転能力が低下した。すなわち、軸力比 n が $n=0$ および $n=-0.36$ の試験体では、圧縮側アンカーボルト位置のベースプレートには浮上りが見られなかったが、軸力比 $n=0.6$ および $n=0.8$ の試験体では、ベースプレートが浮上り、また、この浮上り量は繰り返し載荷に伴い進行する現象が見られた。これらの試験体では、柱脚が伝達できる曲げモーメントは不安定であり、アンカーボルトの破断が生じた場合もある。シャーププレートを配置した試験体においても、引張軸力が大きい場合には、同様の浮上り現象が生じたが、曲げモーメントは安定しており、アンカーボルトの破断は生じていない。ただし、基礎コンクリートの破壊が生じた。柱脚の曲げ耐力およびせん断耐力の評価には、「鋼構造接合部設計指針（日本建築学会）」に記載されている単純累加強度式がある。本実験結果に対して、指針式を適用すると、以下の結果が得られた。

- ・ 軸力比 $n \leq -0.6$ の試験体に対して、終局曲げ耐力の計算値は、実験値を過大評価した。ただし、シャーププレートを配した試験体については、この限りではない。
- ・ 全ての試験体に対して、終局せん断耐力の計算値は、実験値を過小評価した。

第3章では、極限解析を用いて引張軸力の影響を考慮した露出型柱脚の耐荷機構および終局耐力評価方法を提案した。軸力比 $n \leq -0.5$ について、引張軸力が大きくなるに従い、終局曲げ耐力が低下している原因を説明することができる $Q-M-N$ の相関関係を提示した。また、本解析により求められた終局曲げ耐力および終局せん断耐力の提案式は、引張軸力の影響を考慮した露出型柱脚の耐力を適切に評価した。

第4章では、露出型柱脚の繰返し挙動を調べるために、有限要素数値解析を行った。解析モデルは、アンカーボルトをソリッド要素とし、基礎コンクリートの支圧抵抗については、弾塑性バネ要素で表現した。有限要素数値解析結果は、柱部材角が 0.02 (rad) 程度の範囲まで、実験における柱脚の回転挙動、すべり挙動および浮上り挙動と概ね良い対応を示した。特に、軸力比が $n \leq -0.6$ の試験体では、解析結果は繰り返し載荷履歴に伴う顕著なベースプレートの浮上りの進行を追跡している。

以上のように、本研究では引張軸力を受ける露出型柱脚の弾塑性挙動に対して、第2章の曲げせん断実験、第3章の理論解析、第4章の数値解析により解明し、露出型柱脚の弾塑性挙動を解明した。

氏名	金 桂 妍		
論文 題目	ELASTIC-PLASTIC BEHAVIOUR OF EXPOSED TYPE OF COLUMN BASES SUBJECTED TO TENSILE FORCE (引張軸力を受ける露出型柱脚の弾塑性挙動に関する研究)		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	田 淵 基 詞
	副査	教授	三 谷 勲
	副査	教授	内 田 直 樹
	副査	助教授	田 中 剛

要 旨

1995年兵庫県南部地震では、低層鉄骨造建物に多く採用される露出型柱脚に、アンカーボルトの破断、ベースプレート下面のモルタルおよびコンクリートの破壊、ベースプレートの面外変形等の様々な損傷が観察された。特にアンカーボルトの破断による柱脚の破壊は、建物の倒壊または大破に繋がる例があった。柱脚の破壊の主な原因としては、地震時の転倒モーメントによる外柱柱脚に作用する引張軸力の影響があげられる。地震時に水平力の増加とともに外柱柱脚に引張軸力が作用し始めると、軸力およびせん断力はアンカーボルトを介して基礎に伝達されることになる。また、露出型柱脚は半剛接合形式であるため、柱脚には曲げモーメントも作用しており、アンカーボルトはさらに過酷な状態に置かれることになる。

一般に、伸び能力のあるアンカーボルトを用いて適切に設計・施工され、アンカーボルトの引張降伏により弾塑性挙動が支配される露出型柱脚は、十分な塑性回転能力を有することが多くの実験において確認されている。ただし、これらの実験では、引張軸力を作用させている例は少なく、引張軸力を受ける場合の柱脚の弾塑性挙動について系統的に整理された実験資料は無く、不明な点が多い。本研究の目的は鉄骨造建物の耐震性能を支配する要因の一つである引張側となる露出型柱脚の弾塑性挙動を実験・数値解析・理論解析により明らかにすることである。

第1章は序論で、本研究の目的を示している。

第2章では、引張軸力を受ける露出型柱脚について曲げせん断実験を行い、軸力比、アンカーボルトの配置、シャーププレートの有無および載荷方向の違いが、柱脚の弾塑性挙動および塑性変形能力に与える影響を検討している。引張軸力が大きくなるにしたがい、柱脚の浮上り量および水平ずれ量が増加し、柱脚の塑性回転能力が低下する。すなわち、軸力比 n が $n=0$ および $n=-0.36$ の試験体では、圧縮側アンカーボルト位置のベースプレートには浮上りが見られなかったが、軸力比 $n=0.6$ および $n=0.8$ の試験体では、ベースプレートが浮上り、また、この浮上り量は繰り返し載荷に伴い進行する現象が見られる。これらの試験体では、柱脚が伝達できる曲げモーメントは不安定であり、アンカーボルトの破断が生じた場合もある。シャーププレートを配置した試験体においても、引張軸力が大きい場合には、同様の浮上り現象が生じるが、曲げモーメントは安定しており、アンカーボルトの破断は生じていない。ただし、基礎コンクリートの破壊が生じている。柱脚の曲げ耐力およびせん断耐力の評価に日本建築学会「鋼構造接合部設計指針」に記載されている単純累加強度式を適用すると、以下のようになり、現行の指針式は合理的な耐力評価式ではないことを指摘している。

- ・ 軸力比 $n \leq 0.6$ の試験体に対して、終局曲げ耐力の計算値は、実験値を過大評価する。
- ・ 全ての試験体に対して、終局せん断耐力の計算値は、実験値を過小評価する。

第3章では、極限解析を用いて引張軸力の影響を考慮した露出型柱脚の耐荷機構および終局耐力評価方法を提案している。軸力比 $n \leq 0.5$ について、引張軸力が大きくなるにしたがい、終局曲げ耐力が低下している原因をうまく説明することができる $Q \cdot M \cdot N$ の相関関係を提示している。また、本解析により求められた終局曲げ耐力および終局せん断耐力の提案式は、引張軸力の影響を考慮した露出型柱脚の耐力を適切に評価することを示している。

氏名	金 桂 妍
----	-------

第4章では、露出型柱脚の繰返し挙動を調べるために、有限要素数値解析を行っている。解析モデルは、アンカーボルトをソリッド要素とし、基礎コンクリートの支圧抵抗については、弾塑性バネ要素で表現している。有限要素数値解析結果は、柱部材角が 0.02 (rad.) 程度の範囲まで、実験における柱脚の回転挙動、すべり挙動および浮上り挙動と概ね良い対応を示している。特に、軸力比が $n \leq 0.6$ の試験体では、解析結果は繰返し載荷履歴に伴う顕著なベースプレートの浮上りの進行を良く追跡している。

第5章は、本研究の総括で各章で得られた結論をまとめるとともに、合理的な設計の考え方を提案している。

本研究は、これまでに十分な研究が行われずあいまいなまま設計されてきた引張軸力を受ける露出型柱脚の弾塑性挙動について、曲げせん断実験、理論解析、数値解析により解明し、露出型柱脚について合理的な設計指針を提示しており、鉄骨造建物の合理的な耐震設計に関して重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。

よって、学位申請者の金 桂妍は、博士(工学)の学位を得る資格があると認める。