

氏名	野澤 伸一郎 <small>のざわ しんいちろう</small>
授与学位	博士(工学)
学位授与年月日	平成12年2月9日
学位授与の根拠法規	学位規則第4条第2項
最終学歴	昭和56年3月 東北大学工学部土木工学科 卒業
学位論文題目	コンクリート充填鋼管ソケット接合部の終局強度に関する研究
論文審査委員	主査 東北大学教授 鈴木 基行 東北大学教授 三浦 尚 東北大学教授 岸野 佑次

論文内容要旨

空間および施工時間の制限を受ける場所で構造物を建設するため、コンクリート充填鋼管を柱として使用の際に杭などとの合理的な接合方法が求められている。そこで、径の大きな鋼管内に柱に相当する小径の鋼管を所定長さ差し込み、その間隙をコンクリートまたはモルタルで充填し一体化する接合構造（以下、ソケット接合という）について、主として実験により耐荷機構を検討し、簡便な終局強度算定手法を構築することが本研究の目的である。

論文では、第1章において、研究の背景、ソケット接合の定義およびその利点を明らかにする。第2章では、コンクリート充填鋼管の簡易な接合方法の事例と、その接合部の終局強度算定に関する研究について整理する。第3章において、同径鋼管柱を両側から差し込んだソケット接合部の曲げ実験を実施し、ソケット接合部の挙動を明らかにし、実験結果を分析・検討することで、接合部の終局強度を推定する算定式を導く。第4章において、片持ち梁形式の供試体を用いてソケット接合部の曲げせん断実験を実施し、ソケット接合部の耐荷機構を明らかにし、終局強度算定式を導く。第5章では、ソケット接合部の終局強度に及ぼす影響因子についてこれらをパラメータとした模型載荷実験を行ない、影響を解明する。第6章において、柱にずれ止めではなく柱下端にベースプレートを設置した供試体の模型載荷実験を行ない、この実験結果から終局強度算定式をベースプレートを用いたソケット接合にも適用できるように修正する。第7章では、ソケット接合部を含んだ構造物の設計を行なう上で、ソケット接合部はその強度が推定できれば設計が可能であることを示す。その上で、第3章から第6章までの研究結果を統合し、ソケット接合部の設計終局強度の簡便な算定方法を提案する。第8章では、本研究の結論を述べる。

以下、各章の概要を説明する。

第1章 序論

本研究の序論として、研究の目的とその背景について述べた章である。

コンクリート充填鋼管を柱構造に使用した場合において、溶接およびボルト接合などの従来からの接合方式に代わる簡素で合理的な接合方法として、ソケット接合が考えられる。ソケット接合を用いて構造物を構築することができれば、鋼管の加工度を減じることができるとともに、現場溶接が不要となることで、施

工時間の短縮、所定の品質の確保が容易となる。また、鋼管どうしの接合にコンクリートを介在させることにより、施工誤差が吸収可能となるなどの利点が考えられる。

本研究は、従来の鋼管の接合に比べて簡易で安価な鋼管の接合方法として期待されるソケット接合を、鉄道高架橋などの実構造物に使用するために、模型載荷実験を実施し、その結果を分析・検討することで接合部の終局強度を簡便に推定する算定手法を確立することを目的としたものである。

第2章 鋼管柱等の簡素な接合方法に関する既往の研究

コンクリート充填ソケット接合に近い鋼管柱等の簡素な接合事例を紹介し、それら接合部の終局強度算定に関する既往の研究をまとめた章である。

名古屋高速道路、田沢湖線盛岡アプローチ部鉄道高架橋、海外油田基地をはじめとする海洋構造物、横浜駅工事桁橋りょうおよび大井町駅ビルなどの線路上空建物で、接合部の外側に鋼管を用いて柱等を接合したソケット接合に近い接合方法を紹介した。

海洋構造物であるジャケット式構造物における接合部の二重管構造では、荷重の伝達は全て鋼管とグラウトの間の付着力によっており、米国石油協会（API）等の基準にもその付着力の評価方法について詳述されている。一方で線路上空建物の設計に用いるために実施された実験では、鋼管とグラウトの間の支圧力も重要な荷重伝達機構であることが明らかにされており、API等の方法では接合部の終局強度を正確に評価することはできない。線路上空建物の設計手法も、柱が外側の鋼管（以下、ソケット鋼管という）により水平方向に弾性支持されていると仮定し弾性支承上の梁として解析するというもので、必ずしも簡便な算定式とは言えず、また柱にベースプレートのない場合などへの適用性など、その適用範囲は比較的限られていると考えられる。

この他は確認試験を行なう程度で構造物を建設しており、実際の設計に用いるには、より簡便で汎用的な算定手法が求められている。

第3章 同径鋼管柱を両側から差し込んだソケット接合部の曲げ実験と解析

同径鋼管柱を両側から差し込んだソケット接合部の曲げ実験を実施し、この実験結果を分析・検討することで、接合部の終局強度を推定する算定式を導くことを試みた章である。

接合部の破壊は、差し込み長さが極端に短い場合は柱の抜け出しによるが、柱径程度以上差し込んだ場合は、ソケット鋼管の降伏の進展によることを明らかにした。また、ソケット接合部の終局強度には、柱差し込み長さ、ソケット鋼管厚、ずれ止めの有無が大きく影響すること、ソケット接合部の外側に設けた外ダイヤフラムはほとんど影響を及ぼさないことを明らかにした。

ソケット接合部の主な耐荷機構としては、柱鋼管に作用する曲げモーメントに対して、柱鋼管とソケット鋼管の間に発生する支圧力の偶力と、鋼管とコンクリートの間に発生する摩擦力の偶力により抵抗していると考えられることを示した。これらから柱に曲げモーメントが作用した場合のソケット接合部の耐荷モデルを構築した。さらに、終局時の摩擦力の合力および支圧力の合力の推定方法を示し、終局時の接合部における力の釣合いから、柱にモーメントが作用する接合部の終局強度を推定する算定式を導いた。

第4章 コンクリート充填鋼管ソケット接合部の曲げせん断実験と解析

片持ち梁形式の供試体を用いてコンクリート充填鋼管のソケット接合について、曲げせん断実験を実施し、この実験結果を分析・検討することで柱をソケット鋼管に片側から差し込む場合の接合部の終局強度を

推定する算定式を導くことを試みた章である。

この形式のソケット接合部の破壊性状は、同径鋼管柱を両側から差し込んだソケット接合部の破壊性状とほぼ同じであること、しかし、柱差込み部先端領域におけるソケット鋼管引張り側の周方向ひずみはそれほど大きくなく、またソケット鋼管側面の主引張りひずみの方向が部材軸とのなす角度も若干小さいことを示した。また、曲げせん断実験においてもソケット接合部の終局強度には柱差込み長さ、ソケット鋼管厚が大きく影響することを明らかにした。

第3章での検討結果にせん断力の影響を考慮して、柱に曲げモーメントとせん断力が作用する場合のソケット接合部の耐荷モデルを示し、終局強度算定式を導いた。この終局強度算定式による計算値と実験値を比較すると、差込み長さの違いにより差が出ていることに着目し、柱を片側から差し込むソケット接合部の場合、ソケット鋼管の負担するせん断耐力は差込み長さによる影響を表す補正項を加えて表現できると仮定した終局強度算定式に修正した。

第5章 コンクリート充填鋼管ソケット接合部の終局強度に及ぼす影響因子

コンクリート充填鋼管のソケット接合部の終局強度に及ぼす影響因子として載荷方法（単調，繰返し），二つの鋼管の径の比（以下、 D/d という），柱の偏心配置，柱に作用する軸力および環状コンクリートの強度について実験により評価した章である。影響因子に関して実験より明らかになった主な内容は以下の通りである。

①単調載荷における荷重～変位関係の接線勾配が初期勾配の5%まで低下した時の荷重と，繰返し載荷における最大荷重はほぼ一致しており，単調載荷の場合の荷重～変位関係において，接線勾配の5%になる時点の荷重を，繰返し荷重をも考慮した接合部の終局強度と考えてよい。

② D/d が小さく付着モードで破壊する場合は，ソケット鋼管から環状コンクリートが抜け出て荷重低下するが， D/d が大きくなると環状コンクリートの引き抜きせん断耐力により終局強度が支配されるコーン状破壊に破壊モードが変わる。また， D/d が大きくコーン状破壊する時の接合部は，終局強度算定式における摩擦力の偶力を環状コンクリートのせん断抵抗力による抵抗モーメントに置き換えることにより，終局強度を推定できる。

③柱位置をソケット鋼管径（杭径）の10%程度偏心させても，接合部の耐荷性状に与える影響はほとんどない。

④柱に軸力が作用すると，その作用軸力が大きくなるにつれて接合部終局強度が大きくなる。作用軸力が接合部の終局強度に及ぼす影響は，引き抜き力に対して摩擦抵抗していると考えられる柱の1/4周分に軸力が作用すると考えることで比較的精度よく表現できる。

⑤環状コンクリート強度が極端に低く，やわらかい場合は，普通強度のコンクリートを用いた場合と比べて接合部の破壊性状が異なる。

第6章 ベースプレートを用いたコンクリート充填鋼管ソケット接合部の耐力評価

柱にずれ止めではなく，下端にベースプレートを設置したソケット接合部の載荷実験を実施し，この実験結果を分析・検討することでベースプレートを有するソケット接合部の終局強度を推定する算定式を導くことを試みた章である。

接合部の破壊性状は，柱外側にずれ止めを設けてベースプレートを用いない供試体と同様であること，

ベースプレートを設けた供試体の方が、小さな変位にて接合部の終局強度低下が始まることを実験結果から明らかにした。そしてベースプレートを用いたソケット接合部の終局強度に関して、ベースプレート幅を考慮して推定できる算定式を提案した。

さらに、過去に実施された角型鋼管柱とソケット鋼管の接合に関する同種の実験結果についても、今回提案した算定式を用いることにより、接合部の終局強度を算出できることを示した。

第7章 設計への適用性の検討

実際の構造物においてコンクリート充填鋼管ソケット接合を使用するための設計手法について述べた章である。

まず、ソケット接合部を含んだ構造物の設計を行なう上で、ソケット接合部に求められる性能は剛性および強度であり、剛性については接合する柱の降伏耐力程度までは、ソケット接合形式による特別な剛性低下を考慮する必要はなく、埋め込み柱脚と同等に設計すればよいことを示した。その上で、本研究で導いた終局強度算定式をもとに、コンクリート充填鋼管ソケット接合部の安全性照査方法を示した。

本研究の成果として、常磐新線北千住高架橋およびMM21 線横浜地下駅建設にともなう在来高架橋仮受けにおいて、実際に設計して使用されるソケット接合部の例を紹介した。

第8章 結論

本研究の結論である。

論文審査結果の要旨

本論文は、コンクリート充填鋼管を柱として使用する際に杭などとの合理的な接合方法として、径の大きな鋼管内に柱鋼管を所定長さ差し込み、その間隙をコンクリートで充填し一体化する接合構造（以下、ソケット接合という）の設計手法を提案したものである。全文8章よりなる。

第1章は序論であり、研究の背景、ソケット接合の定義およびその利点を明らかにしている。

第2章では、コンクリート充填鋼管の簡易な接合方法の事例およびその接合部の終局強度算定に関する既往の研究について問題点を述べている。

第3章では、同径鋼管柱を両側から差し込んだソケット接合部の曲げ実験を実施し、作用曲げモーメントに対して、柱鋼管とソケット鋼管の間に発生する支圧力の偶力と、鋼管とコンクリートの間に発生する摩擦力の偶力により抵抗していると考えられることを示し、接合部の耐荷モデルおよび終局強度を簡便にかつ精度よく推定する評価式を導いている。これは、工学上非常に有用な成果である。

第4章では、片持ち梁形式の供試体を用いてソケット接合部の曲げ・せん断実験を実施し、第3章で構築した終局強度評価式を、片持ち梁形式の接合部にも適用できるよう適用範囲を広げている。

第5章では、ソケット接合部の終局強度に影響を及ぼす載荷方法、2つの鋼管径の比、および作用軸力などの因子について実験的に明らかにしている。これらの成果を基に、終局強度評価式の適用範囲をさらに広げている。

第6章では、柱下端にベースプレートを設置した供試体の模型載荷実験を行ない、終局強度評価式をベースプレートを用いたソケット接合にも適用できるように修正している。

第7章では、ソケット接合部を含んだ構造物の設計手法を提案している。

第8章は結論である。

以上、要するに本論文は、ソケット接合に関し、系統的に行われた実験結果より貴重な情報を与え、得られた成果、特に終局強度評価式は汎用的でかつ簡便であり、複合構造物の設計において土木工学および構造工学の発展に寄与するところが少なくない。

よって、本論文は博士（工学）の学位論文として合格と認める。