

論文審査の結果の要旨

氏名：荒 卷 卓 見

博士の専攻分野の名称：博士（工学）

論文題名：合板を用いた壁型枠におけるコンクリートの側圧と変形に関する研究

審査委員：（主査） 教授 中 田 善 久

（副査） 教授 岡 田 章 准教授 田 嶋 和 樹

教授 湯 浅 昇

型枠工事は、鉄筋コンクリート部材を、設計図書に示される所定の位置に、所定の形状・寸法に成形するための工事であり、鉄筋コンクリート工事の中の重要な工事の一つであることは言うまでもない。このため、型枠には、構造部材のみならず、非構造部材にもその位置・形状・寸法精度およびコンクリートの仕上がり状態などを得られる性能が要求される。この型枠の構成材料と工法は、せき板にコンクリート型枠用合板（以降、合板とする）を用いた在来型枠工法が最も広く普及しており、型枠工事の条件や躯体の部位を問わずに汎用工法として定着している。

型枠工事における施工管理は、鉄筋コンクリート部材に要求される性能を満足できるように型枠の強度と剛性を構造計算によって確認することが施工時の安全性の面において最も重要といえる。しかし、型枠工事において材料の調達から労務供給までを一式で型枠工事業者が請け負う契約形態が一般化しており、施工者から特段の指示がない場合、型枠に要求される性能の確保が型枠工事業者に委ねられ、施工現場における技能者の経験則によって施工が進められている部分が多く生じていることは否めない。そのため、施工現場において型枠の強度と剛性に関する構造計算が疎かになっていることが懸念され、その程度の差こそあれ型枠の破壊や倒壊などが発生しているのも実態と思われるが、施工現場の実態に関する資料すら乏しい状況にある。

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」および同学会「型枠の設計・施工指針」において、型枠の強度と剛性に関する構造計算は、型枠を構成するせき板、内端太、外端太および締付け金物などの各部材に生じる応力度や変形量などを求め、その値が各構成材料の許容応力度および許容変形量などを満足しているか確認する方法が解説されている。しかしながら、木質材料を用いるせき板（合板）や内端太（栈木）のたわみの構造計算には、型枠として合板および栈木を用いた場合には特に支点間距離が異なるにもかかわらず、合板の日本農林規格や指針類に示される標準的な使用・荷重条件における合板および栈木の曲げヤング係数を用いており、型枠の変形量を過小評価した危険側の設計となる可能性が考えられる。また、合板は、経済性の観点から繰り返し使用することから、転用に伴う剛性の低下を考慮することが仕様書や指針類において解説されているものの、定性的な記述に留まっており不明な点が残る。

このような背景から、申請者の研究は、合板を用いた在来型枠工法において、せき板（合板）、内端太（栈木・単管）、外端太（単管）および締付け金物（セパレータなど）で構成される壁型枠を対象とした簡易設計方法を提案することを目的として、コンクリートの側圧と壁型枠の変形に関する調査および実験的検討を行ったものである。本論文では、型枠工事業者を対象とした施工現場の実態に関するアンケート調査、型枠の構成材料における合板および栈木の曲げヤング係数に及ぼす含水率と支点間距離の影響、合板の曲げヤング係数に及ぼす転用の影響に関する実験的検討を踏まえた壁型枠の簡易設計方法を提案している。さらに、アンケート調査の結果をもとに実施工を模擬した壁型枠を作製し、コンクリートの側圧による壁型枠の変形を実験的に明らかにするとともに、提案した簡易設計方法との比較検討を行い、その有用性について検証している。

本論文は、全7章から構成されており、審査の結果、次のように考えられる。

第1章「序論」では、本研究の社会的および技術的な背景を述べるとともに、鉄筋コンクリート工事における型枠の位置付け、合板を用いた在来型枠工法の変遷および既往の研究を整理し、本研究の目的と対象とした壁型枠の構成材料を説明しており、最後に本論文の全体構成を示している。

第2章「合板を用いた在来型枠工法の実態に関するアンケート調査」では、合板を用いた在来型枠工法における壁型枠を主な対象とし、型枠の構成材料に関する事項、型枠の構造計算に関する事項および壁型枠の構成に関する事項などの施工現場の実態について、関東地方および近畿地方の型枠工事業者を対象としたアンケート調査を行った結果をまとめている。アンケート調査より、実施工で多く採用されている壁型枠の構成について把握するとともに、施工現場において型枠の強度と剛性に関する構造計算が疎かになっていること、型枠の破壊や倒壊を型枠工事業者の多くが経験していることなど、これまで不透明となっていた施工現場の実態を明らかにしている。これらの調査結果は、型枠工事の現状を正確に把握する上で貴重な資料となることから高く評価できる。

第3章「支点間距離が型枠の構成材料における合板および栈木の曲げヤング係数に及ぼす影響」では、型枠の構成材料のうち木質材料である合板および栈木の曲げヤング係数に及ぼす影響要因として、壁型枠の構成方法を考慮した支点間距離の影響を実験的に明らかにしていることに加え、型枠工事の施工上避けられない含水率の影響についても確認的に検討している。また、実験の結果から、せき板に用いる合板および内端太に用いる栈木の曲げヤング係数について、これまでの指針類における型枠の構造計算で考慮されていない点として、せき板（合板）の支点間距離となる内端太の間隔および内端太（栈木）の支点間距離となるセパレータの長さ方向の間隔を考慮した曲げヤング係数の低減係数を示している。これらの知見により、型枠を構成するせき板（合板）および内端太（栈木）のたわみの構造計算において、木質材料の力学的性質を考慮した曲げヤング係数を用いることで型枠の剛性をより正確に把握することができ、その工学的有用性を有しているものと高く評価できる。

第4章「合板の転用が合板の曲げヤング係数に及ぼす影響」では、せき板に用いる合板の転用が合板の曲げヤング係数に及ぼす影響について、塗装合板および無塗装合板ごとの転用回数が10回までの曲げヤング係数の変化を実験的に明らかにしている。転用に伴う合板の曲げヤング係数は、打ち込むコンクリートの種類や合板の含水率の違いによらず、転用回数が多くなると低下し、塗装合板と無塗装合板ではその低下度合が異なることを定量的に示している。さらに、無塗装合板の場合、剥離剤を塗布することで転用に伴う合板の曲げヤング係数の低下を僅かながら軽減できることを明らかにしている。また、実験の結果から、せき板に用いる合板の曲げヤング係数について、これまでの指針類における型枠の構造計算で考慮されていない点として、塗装合板および無塗装合板ごとの転用回数を考慮した曲げヤング係数の低減係数を示している。これらの知見により、型枠を構成するせき板（合板）のたわみの構造計算において、転用を考慮した合板の曲げヤング係数を用いることで実施工に即した型枠の剛性を把握することができ、その工学的有用性を有しているものと高く評価できる。

第5章「在来型枠工法における内端太・セパレータの間隔および合板の転用を考慮した壁型枠の簡易設計方法の提案」では、合板を用いた在来型枠工法における壁型枠を対象として、第3章および第4章で実験的に明らかにしたせき板に用いる合板および内端太に用いる栈木の曲げヤング係数に及ぼす影響を考慮した簡易設計方法を提案している。この適用範囲は、第2章のアンケート調査で把握した施工現場で多く採用されている壁型枠の構成が包括できるものとしている。提案した簡易設計方法は、コンクリートの側圧に対応する壁型枠を構成する各部材の応力度や変形量などが設計図表から簡易に求めることができる設計方法であり、施工管理にも用いることが可能なものである。この提案により、施工現場において、これまで構造計算によって型枠の強度と剛性を確認する必要があった点を、設計図表を用いて簡易に設計・施工管理できるようになり、型枠の破壊や倒壊の低減に寄与するものとして工学的有用性を有しているものと高く評価できる。

第6章「合板を用いた壁型枠の変形に関する実験的検討と本簡易設計方法の有用性の検証」では、第2章のアンケート調査で把握した施工現場で多く採用されている壁型枠の構成を対象に、実施工を模擬した打込み高さが1.8mの壁型枠を20体も作製し、コンクリートの側圧に対する壁型枠を構成するせき板、内端太および外端太のたわみの関係を実験的に明らかにしていることは本論文の大きな成果といえる。また、内端太のたわみについては、既往の研究において指摘できていない内端太の構成が栈木のみの場合、単管のみの場合に比べて大幅に大きくなり、コンクリートの打込み方法によっては強度と剛性が不足する危険性を明らかにした。さらに、第5章で提案した簡易設計方法について、

実験による測定結果との比較検討を行い、これまでの指針類における構造計算で危険側の過小評価となっていた点を、提案した簡易設計方法を用いることで安全側に設計できることを確認し、その有用性を示している。これらの型枠の剛性について、既往の研究では検討例が見当たらず、鉄筋コンクリート部材に要求される性能を確保する上で重要となる壁型枠の変形を実験的に把握していることは工学的有用性を有しているものと高く評価できる。

第7章「結論」では、本研究で得られた成果を総括し、さらに、今後検討すべき課題と展望について示している。

このことは、本論文の提出者が自立して研究活動を行い、又はその他の高度な専門的業務に従事するに必要な能力及びその基礎となる豊かな学識を有していることを示すものである。

よって本論文は、博士（工学）の学位を授与されるに値するものと認められる。

以 上

平成29年2月16日