

論文の内容の要旨

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

型枠工事は、所要の性能を有した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。このため、型枠は、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ものであることが求められる。この型枠の構成材料と工法は、生産性や品質の向上および合理的な施工を指向した多様な型枠工法が提案され実施されているが、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。

型枠工事の本来のあり方は、施工者の責任のもとで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施工管理が行われるべきである。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施工現場の技能者に委ねざるを得ない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るとともに、型枠工事が仮設的な工事と軽視され、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状と思われるが、施工現場の実態については不明な点が残る。

型枠の強度と剛性に関する構造計算は、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、型枠を構成する各部材に生じる応力度や変形量などが各構成材料の許容応力度以下であり、かつ、許容変形量以下であることを確認する方法が解説されている。しかしながら、木質材料である合板を用いるせき板や栈木を用いる内端太の変形量の構造計算には、合板の日本農林規格や指針類に示される標準的な使用・荷重条件で求めた曲げヤング係数の基準値などを用いており、型枠として用いた場合には特に支点間距離が異なるため、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解説されているものの、仕様書や指針類における解説は定性的な記述に留まっており不明な点が残る。

このような背景のもと、本研究は、合板を用いた在来型枠工法に主眼を置き、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、実施工を模擬した壁型枠のコンクリートの側圧による変形を実験的に明らかにし、提案した簡易設計方法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、各章の要約は以下のとおりである。

第1章「序論」では、本研究の背景と目的について述べるとともに、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、本研究で対象とした壁型枠の構成材料とその構成方法および本論文の構成を示している。

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、型枠工事の施工現場の実態を把握することを目的に、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て、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方法に関する事項などについて、関東地方および近畿地方の型枠工事業者を対象にアンケート調査を行った結果をまとめている。調査の結果、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となっていること、型枠の

破壊や倒壊を型枠工事業者の多くが1年間に1回以上の頻度で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た。また、型枠の構成材料の種類と取扱いおよび施工現場で主流となっている壁型枠の構成について把握した。

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、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要因として、型枠の構成方法を考慮した支点間距離に加え、型枠工事の施工上避けられない含水率の変化について、延べ276体の合板の試験体および120体の栈木の試験体を用いて実験的に検討した結果をまとめている。実験の結果、合板および栈木の曲げヤング係数は、支点間距離が短くなるとせん断変形の比率が大きくなることで小さくなる傾向を示し、合板の日本農林規格や指針類における曲げヤング係数の基準値などよりも、型枠として用いた場合の合板および栈木の見掛けの曲げヤング係数が小さくなることを明らかにした。また、湿潤状態の合板および栈木の曲げヤング係数は、支点間距離によらず、気乾状態に比べて10%程度小さくなることを確認した。

これらの実験結果に基づき、これまでの型枠の構造計算で考慮されていない点として、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、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提案した。

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、延べ120体のコンクリート試験体を作製し、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検討した結果をまとめている。実験の結果、合板の曲げヤング係数は、コンクリートの種類や合板の含水率の違いによらず、転用に伴い小さくなることと、塗装合板と無塗装合板では転用に伴う曲げヤング係数の低下度合が異なることを定量的に明らかにした。また、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が確認された。

これらの実験結果に基づき、これまでの型枠の構造計算で考慮されていない点として、せき板に用いる合板の曲げヤング係数について、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提案した。

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主流となっ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である。

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主流となっている内端太の構成およびセパレータの割付けで組み合わされ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の壁型枠を延べ20体作製し、コンクリートの側圧による壁型枠の変形について実験的に検討した結果をまとめている。実験の結果、壁型枠の構成部材におけるせき板、内端太および外端太のたわみは、コンクリートの側圧に対して概ね比例的に大きくなる傾向を示し、第5章で提案した簡易設計方法に対して、ばらつきがあるものの概ね安全側の小さな値となることを確認した。ただし、内端太のたわみは、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があることを示した。また、従来の指針類における構造計算で危険側に設計した範囲を第5章で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明らかにし、提案した簡易設計方法の有用性を示した。

第7章「結論」では、本研究で得られた知見を集約して示し、今後の課題について言及している。