

学位論文題名

コンクリート工事における型枠工法の合理化に関する研究

学位論文内容の要旨

コンクリート工事の施工の合理化を考えた場合、コンクリート工事の計画段階における材料の選定などに始まり、コンクリートの製造、運搬、現場内の運搬、鉄筋加工・組立、型枠・支保工、打込み、養生、仕上げの工程の各段階が対象になる。このようなことから合理化に関する多くの取り組みは各工程の機械化、自動化に始まり、最近では東大の岡村教授らが提案した締固め不要コンクリートに代表される、工程そのものを見直した新しい施工法の研究が実施されている。このような動向と相まって最近では、地球環境保護に関連した様々な動きがあり、その一つとしてコンクリート工事では熱帯材型枠の使用削減（将来的には使用不可）が社会的な問題になっている。

本論文は、コンクリート工事における型枠工法の合理化について検討したものである。まず型枠工事の問題点を明らかにし、熱帯材合板型枠の代替工法として空気型枠、ハーフプレキャスト型枠、レジンコンクリート製埋設型枠、および廃木材を利用した型枠の実用化について研究し、さらに熱帯材合板型枠の代替工法の選定方法の提案を行った。その結果を要約すれば次のとおりである。

第1章においては、コンクリート用型枠に関する既往の研究成果を略述するとともに、本研究の目的と意義を明らかにし、ついで、本論文の内容について略述した。

第2章においては、型枠技術の変遷を整理した上で、現在の型枠をとりまく状況を分析した。

ついで、現在の型枠工事における問題点を転用型枠と打込み型枠について抽出した。その結果、転用型枠については、①型枠組立作業の省力化、②現場加工性に優れた型枠工法の開発、③熱帯材合板削減対象となる新型枠材の開発の3点が挙げられた。一方、打込み型枠の場合は、①構造一体設計法の確立、②長大スパンへの対応、③後打ちコンクリートの充填性、④表面精度の高度化、⑤高い耐久性等の付加価値の多様化、⑥専用施工機械・ロボットの開発の6点が挙げられた。

第3章においては、空気型枠の開発に関する研究について述べている。まず、空気膜構造の基礎方程式を導出し、さらに、載荷および打設実験を通じて理論の妥当性および施工への適用性を検討した結果、空気型枠がコンクリート用の型枠として十分に適用できる剛性を有していること、空気膜構造の解析理論により空気型枠の変形は概ね推定できること、空気型枠の内圧がフレッシュコンクリートの重量もしくは側圧より大きければ、型枠としての形状

も良好に保持することができることなどを明らかにした。ついで、空気型枠と鋼板との重ね合わせ板としての使用に関して検討し、有限要素法で得られた解による剛性は実験値に近い剛性となり、重ね板に対する理論の適用性が検証された。空気型枠とプラスチックあるいは鋼の面板の併用により、コンクリート表面の仕上がり精度を向上させることができ、実施工に適用できることを明らかにした。

第4章では、ハーフプレキャスト型枠を用いて高精度壁状構造物を建設する場合の諸問題について実験的に検討した。プレキャスト版型枠（鋼製鋳型）の製作段階では、突起部をいかに精度良く取付けるかが、主ボルトピッチの精度向上の鍵であると共に、平面性については、溶接時の鋼板のゆがみに左右されること、また、脱型段階でいかにして水平にプレキャスト版を引き上げるかが角落ち防止のポイントであることを明らかにした。ついで、ハーフプレキャスト方式を用いることにより、高い仕上がり精度が要求される構造物の構築が可能になることを明らかにした。

第5章では、従来の埋設型枠の性能を向上させることを目的として開発したレジンコンクリートを材料とした埋設型枠（ASフォーム）の耐久性や景観性に関する基礎試験、製造・施工に関する検討について述べている。まず、塩分の浸透や中性化は全く認められず、凍結融解や硫酸浸漬による重量変化および相対動弾性係数はほとんど変化がないこと、また、スリヘリ係数も普通コンクリートに比べはるかに小さいことを示し、ASフォームが耐久性に優れた型枠であることを明らかにした。さらに、紫外線カーボンアーク灯による耐候性試験では、景観材料として充分使用できることを明らかにした。ついで、ASフォームを用いたはりの曲げ挙動について検討した結果、コンクリート躯体に発生したひび割れがASフォームには伝播せず、躯体のひび割れ幅が制御できることを明らかにした。また施工性に関しては、運搬、組立、加工、補修に関する調査を行い、いずれの作業においても一般の建設機械、器具を用いて、容易に施工できることを確認した。

第6章では、建築用パーティクルボードをベースとしたガラス繊維で曲げ補強した、パーティクルボード型枠材を開発し、その性能について検討した。曲げ強度特性は合板型枠とほぼ同等であること、密度は合板型枠より3割程度大きいこと、はく離抵抗強さや木ねじ保持力、釘の引抜抵抗等の性能も合板型枠と同等であることが認められ、パーティクルボード型枠材は、合板型枠の代替材として、実用的な性能を有することを明らかにした。

第7章では、型枠材選定の際の要因を整理すると共に、型枠の適用部位と付加価値に着目した評価を行い、さらに評価の結果をもとに型枠の選定方法を提案した。

第8章は、本研究の総括であり、各章における成果について整理、要約し、さらに今後に残された課題について述べている。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 角 田 與史雄
副 査 教 授 佐 伯 昇
副 査 教 授 鎌 田 英 治

学位論文題名

コンクリート工事における型枠工法の合理化に関する研究

近年、建設現場における技能労働者の不足が目立ち、今後その傾向は一段と強まることが懸念されている。また、建設事業の高品質化、コストダウン、工期短縮、労働災害の防止、危険苦渋作業の軽減への要求から、現場施工の合理化および省力化は急務の課題となっている。一方、現在のコンクリート用型枠の主流をなす合板型枠には熱帯材が使用されており、地球環境の観点から早急に代替型枠に置換されることが要望されている。

本論文は、以上の背景のもとに行われた型枠工法の合理化に関する研究について述べたもので、その主要な成果をまとめれば次のとおりである。

- ① 従来の型枠工事における問題点の分析を行い、転用型枠および打込み型枠の各々について、検討すべき課題を明らかにした。
- ② 型枠支保工工事における危険作業の軽減など、作業環境を大幅に改善しうる型枠として、空気膜構造型枠の開発研究を行い、力学性状の理論解析と載荷実験およびコンクリート打設実験により理論の妥当性を確かめるとともに、十分な実用性を有することを明らかにした。
- ③ 高い仕上がり精度が要求される構造物に適用するためのハーフプレキャスト型枠について、壁状構造物による施工実験を行い、インサート間隔の誤差は型枠で最大1.5 mm、プレキャスト版単体および組立後でともに最大2.5mm であることなど、施工精度に関する基本的性質を明らかにし、高精度用の型枠として十分な適用性があることを示した。
- ④ レジンコンクリート板と立体金網マットを組み合わせた新しい埋設型枠の開発研究を行い、各種性能試験および施工実験により、施工期間の短縮、省力化のほかコンクリートの耐久性および美観に優れた高性能型枠として有用であることを明らかにした。
- ⑤ 廃木材を有効利用する型枠として、ガラス繊維で補強したパーティクルボード型枠の開発研究を行い、合板型枠と同等の強度、剛性および施工性を有することを明らかにした。
- ⑥ 型枠工事の合理化について総合的な検討を行い、最適の型枠の選定方法の提案を行った。

これを要するに著者は、コンクリート工事の合理化および省力化、並びに地球環境の観点から、各種の高性能型枠の開発研究と型枠工法の合理化についての検討を行い、多くの新知見を得たものであり、構造工学およびコンクリート工学の発展に寄与するところ大である。

よって著者は、北海道大学博士（工学）の学位を授与される資格あるものと認める。