

隅角部にループ継手を有するボックスカルバートの耐震性能評価に関する研究

坂井, 義彰

<https://hdl.handle.net/2324/7443441>

出版情報 : Kyushu University, 2025, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :



氏 名 : 坂井 義彰

論文名 : 隅角部にループ継手を有するボックスカルバートの耐震性能評価に関する研究

区 分 : 甲

論文内容の要旨

近年、日本では人口減少と高齢化が進み、建設業界でも人手不足が大きな課題となっている。このため、国土交通省は **i-Construction** を推進している。**i-Construction** の施策の一つとして、コンクリート工の規格の標準化により、コンクリート部材の工場製作化、すなわちプレキャスト化を進め、製作した部材を建設現場で組み立てることで、施工の効率化、品質の安定、コスト削減、生産性の向上を目指している。

コンクリート製ボックスカルバートをプレキャスト部材で製作する場合、プレキャスト部材をつなぎ合わせる継手部は、外力により発生する曲げモーメントやせん断力が比較的小さくなる側壁中央部に設けられることが多い。しかし、施工の合理化、運搬のしやすさ、斜橋への対応などを考えた場合、頂版と側壁をスラブ形状で工場製作し、発生する曲げモーメントは大きくなるが、隅角部でつなぎ合わせる方法も考えられる。そこで、プレキャストコンクリート製ボックスカルバート（以下、**PCa** 製ボックスカルバート）の一例として隅角部をループ継手で接合する構造が提案されている。具体的には、頂版と側壁をプレキャスト部材とし、底板は現場打ちコンクリートで構築し、最後に頂版と側壁をつなぎ合わせる隅角部はループ継手構造により重ね合わせ、現場でコンクリートを打設することで一体化する構造である。

前述したとおり、ボックスカルバートの隅角部は、外力により発生する曲げモーメントは側壁に発生する曲げモーメントよりも大きくなる。そこで、過去には静的載荷試験によって隅角部への継手構造の適用が有効であることは確認されているが、2017 年制定版コンクリート標準示方書〔設計編〕では、耐震性の観点から塑性ヒンジ領域で継手を用いる場合には、継手部が繰返し荷重に対する耐荷性能を有していることを実物大部材による正負交番載荷実験により照査することが求められている。本研究で対象とする隅角部にループ継手を有する **PCa** 製ボックスカルバートは、隅角部で塑性化が想定されるため、耐震性能についての照査が必要となる。これまで **PCa** 製ボックスカルバートの耐震性能に関する研究事例は少なく、特に隅角部にループ継手を有する **PCa** 製ボックスカルバートを対象として、地震時を想定した正負交番載荷実験は実施されていない。

本研究では、隅角部にループ継手を有する **PCa** 製ボックスカルバートを対象に、実物大供試体および隅角部要素供試体を用いた正負交番載荷実験を行い、耐震性能の評価を行った。さらに、数値解析を実施し、実験結果の再現性および解析手法の適用性について検証した。本論文は全 7 章から構成される。各章の概要は以下の通りである。

第 1 章は序論であり、研究背景および研究目的を整理し、本論文の構成について示した。

第 2 章では、隅角部にループ継手を有する内空幅 5000mm、内空高さ 3000mm、奥行き 1000mm の実物大 **PCa** 製ボックスカルバートに対して、変位制御による正負交番載荷実験を実施した。実験

結果より、レベル 1 地震動相当の作用に対しては、コンクリートのひび割れは発生しておらず、鉄筋も降伏していなかった。レベル 2 地震動相当の作用に対しては、ひび割れは発生したが、鉄筋は降伏していなかった。実験終了時の終局状態では、プレキャストコンクリート製ボックスカルバートにせん断破壊は生じておらず、内空断面が保持されており、道路土工カルバート指針に示される要求性能を満足していることを確認した。さらに層間変形角 2%以上の変形性能を確認し、最大荷重到達後も安定したエネルギー吸収能を保持していた。以上より、隅角部にループ継手を有する PCa 製ボックスカルバートは十分な耐震性能を有することを確認した。

第 3 章では、第 2 章の実験に対し、2 次元非線形骨組解析および 3 次元非線形有限要素解析を実施した。その結果、2 次元非線形骨組解析では、主鉄筋初降伏点および荷重－変位の包絡線は概ね再現可能であることを明らかにした。3 次元非線形有限要素解析では、2 次元の結果に加え、初降伏以降の鉄筋降伏状況および、ひび割れ進展について概ね再現可能であることを明らかにした。以上より、本章で用いた解析モデルが PCa 製ボックスカルバートの挙動の再現に有効であることを確認した。

第 4 章では、ループ継手を有する隅角部構造と従来用いられてきた側壁と頂版が一体となった隅角部構造とを比較するため、隅角部を切り出した供試体を用いた正負交番載荷実験を実施した。実験の結果、ループ継手を有する供試体は、側壁と頂版が一体となった供試体と比較し、剛性、最大荷重、じん性および履歴吸収エネルギーが同等以上であることを確認した。以上より、ループ継手を有する隅角部構造は、従来用いられてきた側壁と頂版が一体となった隅角部構造と遜色ない耐震性能を有することが分かった。さらに、ループ継手を有する供試体では、隅角部内角を拡げる方向の載荷において、頂版と側壁がずれるのを防ぐための突出し筋が耐震性能に影響している可能性を確認した。

第 5 章では、第 4 章のループ継手を有する隅角部の実験結果に対する 2 次元非線形骨組解析および 3 次元非線形有限要素解析を実施した。その結果、2 次元非線形骨組解析では、隅角部内角を拡げる方向の載荷においては概ね再現可能であったが、隅角部内角を狭める方向の載荷において、最大荷重は実験値よりも解析値が大きくなり、乖離が確認された。3 次元非線形有限要素解析では、荷重－変位関係において、2 次元解析と同じく、最大荷重は解析値の方が大きく、誤差 20%以内で推定することができ、その時の変位や初降伏以降の鉄筋降伏状況は再現可能であった。以上より、本章で用いた解析モデルが隅角部の挙動の再現に有効であることを確認した。

第 6 章では、第 4 章で確認されたループ継手を有する供試体に配置されている突出し筋の耐震性能への影響を検証するため、突出し筋を除去した供試体を製作し正負交番載荷実験を実施した。その結果、突出し筋を除去した場合、隅角部内角を拡げる方向の載荷において最大荷重が大きく低下することを確認した。また、突出し筋が無くなったことで、破壊形態が側壁ハンチ下部での座屈による曲げ破壊から隅角部の現場打ちコンクリートが鉄筋に沿って破壊する状態へと変化し、突出し筋が耐震性能に大きく影響を及ぼすことを確認した。

第 7 章では、以上の研究結果および知見をまとめ、本論文の結論とした。