

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

|                   |                                                                                                                                                                                              |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 題目(和文)            | 梁端部RC・中央部S造で構成されるハイブリッド構造梁の構造性能に関する研究                                                                                                                                                        |
| Title(English)    |                                                                                                                                                                                              |
| 著者(和文)            | シング ラヴィ                                                                                                                                                                                      |
| Author(English)   | Ravi Singh                                                                                                                                                                                   |
| 出典(和文)            | 学位:博士(学術),<br>学位授与機関:東京工業大学,<br>報告番号:甲第12798号,<br>授与年月日:2024年3月26日,<br>学位の種別:課程博士,<br>審査員:河野 進,坂田 弘安,石原 直,吉敷 祥一,西村 康志郎                                                                       |
| Citation(English) | Degree:Doctor (Academic),<br>Conferring organization: Tokyo Institute of Technology,<br>Report number:甲第12798号,<br>Conferred date:2024/3/26,<br>Degree Type:Course doctor,<br>Examiner:,,,,, |
| 学位種別(和文)          | 博士論文                                                                                                                                                                                         |
| Category(English) | Doctoral Thesis                                                                                                                                                                              |
| 種別(和文)            | 要約                                                                                                                                                                                           |
| Type(English)     | Outline                                                                                                                                                                                      |

梁端部 RC・中央部 S 造で構成される  
ハイブリッド構造梁の構造性能に関する研究  
(論文要約)

2024 年 2 月

東京工業大学 環境・社会理工学院 建築学系

シング ラヴィ



## 論文要約

本研究は、埋込み形式の一体打ちハイブリッド構造梁および、梁とスラブ間に打継ぎを設けた異種強度ハイブリッド構造梁における RC 部の曲げやせん断挙動を実験的に明らかにし、実験結果より終局時における RC 部の構造性能評価法を提案したものである。

物流施設などのようなロングスパン建物においては柱を RC 造、梁を S 造とするハイブリッド構造が主流であったが、柱梁接合部内の収まりが複雑であった。また、鋼材価格の高騰や、熟練の労務不足に伴い、さらなる経済性の追求やより合理的な設計が求められた。そこで、近年ハイブリッド構造梁に関する研究開発が行われているが、いずれも企業による工法開発関連や、建物に適用することを想定した部分的な研究のため、設計法の提案には至っていない。本研究は異種強度の影響を考慮したハイブリッド構造梁の評価法の提案に特徴があり、以下の全 7 章から構成されている。

第 1 章「序論」では、研究の背景、ハイブリッド構造梁に関する既往の研究の課題について述べた。それを踏まえて本研究の目的および論文の構成を示した。

第 2 章「ハイブリッド構造梁に関する既往の研究」では、根巻柱脚および、ハイブリッド構造梁に関する既往の研究について示した。根巻柱脚についてはそのディテール、根巻き RC 部分の曲げに対する設計、せん断に対する設計および荷重変形関係のモデル化について述べ、根巻き RC 部分の設計に関する課題をまとめた。また、既往の研究におけるハイブリッド構造梁のディテールとその応力伝達について示し、RC 部分の曲げに対する設計、せん断に対する設計、すべりに対する設計および荷重変形関係のモデル化について述べ、既往の研究の課題をまとめた。

第 3 章「RC 部の曲げ性状の評価法および検証」では、ハイブリッド構造梁における RC 部の曲げに対する評価法および塑性変形性能について示した。RC 部の曲げひび割れ強度および曲げ終局強度は RC 造梁と同様に評価できると仮定し、曲げ降伏後の RC 部の塑性変形性能について定義した。また、RC 部が一体打ちハイブリット構造と異種強度ハイブリッド構造梁を用いて曲げ降伏が先行する実験を行った。実験結果より曲げひび割れ強度に埋込み鉄骨の影響はないことを確認した。さらに、ハイブリッド構造梁が曲げ終局強度と、RC 部が十分な塑性変形性能を発揮するために必要な条件を提案した。

第 4 章「RC 区間の梁－スラブ間水平接合部のすべり耐力の評価法および検証」では、RC 区間における梁とスラブ間に打継ぎを設けた場合、その境界面のすべり性状およびすべり耐力の評価法について述べた。なお、境界面のすべり性状に関する既往の研究がないため、

第 4 章は本研究の特徴でもある。境界面のすべり耐力の評価はせん断摩擦の考え方に準拠すると仮定し、境界面に混在するコンクリートとコンクリート間の摩擦および鉄骨とコンクリート間の摩擦を考慮した等価な摩擦係数を提案した。また、すべり破壊が先行する実験を行い、実験結果より梁端部側集中補強筋はすべり防止に寄与しないことを確認した。それを踏まえてすべり防止に有効な補強筋を明確にし、すべり耐力の評価法を提案した。

第 5 章「RC 部のせん断終局強度の評価法および検証」では、ハイブリッド構造梁の応力伝達モデルおよび RC 部に伝達されるせん断力について述べた。ハイブリッド構造梁のせん断力は、鉄骨部からてこ作用により梁中央部側集中補強筋および梁端部側集中補強筋を介して RC 部に伝達されるモデルと仮定した。RC 部に伝達されたせん断力は、埋込み鉄骨フランジ幅の外側にトラス機構が形成されたと考え、またフランジ幅の内側にアーチ機構が形成されたと考えたマクロモデルを提案した。また、一体打ちハイブリット構造と異種強度ハイブリッド構造梁における RC 部のせん断破壊が先行する実験を行った。実験結果を用いて提案したせん断抵抗機構マクロモデルの妥当性を確認し、実験結果との適合性を示した。

第 6 章「ハイブリッド構造梁の荷重変形関係のモデル化および検証」では、解析プログラムでハイブリッド構造梁の応力と変形を入力するための荷重変形関係のモデル化について述べた。本研究では、梁端部に降伏ヒンジを形成させるため Tri-linear 型のモデルと仮定し、第一折れ点は RC 部の曲げひび割れ点、第二折れ点は梁主筋の曲げ降伏点とした。また、異種強度の影響を考慮したハイブリッド構造梁の特性点を提案し、RC 部の梁せいに対する RC 区間の長さ比の影響を考慮した降伏時の剛性低下率を提案した。さらに、ハイブリッド構造梁の特性点の適合性を確認し、RC 部の梁せいに対する RC 区間の長さ比の影響を考慮することで降伏時剛性の予測精度が向上することを示した。

第 7 章「結論」では、本研究の成果を総括するとともに今後の研究課題について述べた。

## OUTLINE OF THESIS

Hybrid structure, where columns are reinforced concrete and beams are wide flange steel (W-beam), was considered ideal for large span logistic terminals and office buildings. However, detail of the beam-column joint is so complex that fabrication consumes time and labor, and there is a concerted effort to reduce the construction cost. Therefore, a new hybrid system was proposed, where columns are reinforced concrete and beams are hybrid beams. The hybrid beam consists of a composite beam in midspan, and W-beam embedded in cantilevered reinforced concrete beams on both ends. The W-beam does not penetrate through the beam-column joint which reduces the fabrication cost and saves labor. Research studies regarding hybrid beams are mostly on technology development by industries or verifying seismic performance to apply in buildings, and design method is not clear.

In this thesis, a design method of the hybrid beam considering the effect of the slab-web interface, when concrete of slab and web are cast at different times, was proposed. Firstly, flexural performance of the hybrid beam was discussed, and a minimum shear reinforcement was proposed for the required flexural performance. Secondly, shear sliding at the slab-web interface was discussed, which is also the main feature of this thesis. An equivalent coefficient of friction at the interface was introduced, and an evaluation method of shear sliding capacity was proposed by omitting the confining reinforcement placed at the beam end. Thirdly, shear capacity of reinforced concrete was discussed, and the concept of arch mechanism, considering the concrete section within the width of the W-beam, was introduced. An evaluation method of shear capacity was proposed as a sum of truss mechanism and arch mechanism. Finally, a method to model the load-drift hysteresis of the hybrid beam was proposed by considering the effect of the length to depth ratio of cantilever reinforced concrete beam.

