

補強鉄筋を用いた鋼材継手における付着強度に関する検討

鹿島建設(株) 正会員 ○皆川春奈 岩本拓也 曾我部直樹

1. 背景および目的

RC 躯体の頂版施工の合理化を目的とした複合ハーフプレキャスト部材（以下、複合 HPCa 部材と称する）の分割施工を可能とする、補強鉄筋を用いた主鋼材の継手構造（図-1）の開発を進めている。本継手構造では、主鋼材および補強鉄筋とコンクリートの付着によって主鋼材間の応力を伝達することから、鋼材の付着強度によっては継手長が長くなってしまいう課題があった。そこで、本継手構造の周辺に配置される配力筋（図-1）が主鋼材の付着強度に及ぼす影響に着目し、その向上効果を定量化することでより合理的な設計を実現することを目的とした検討を行った。本稿では、配力筋量と継手長をパラメータとした 2 体の梁試験体に対する曲げ実験の結果を報告する。

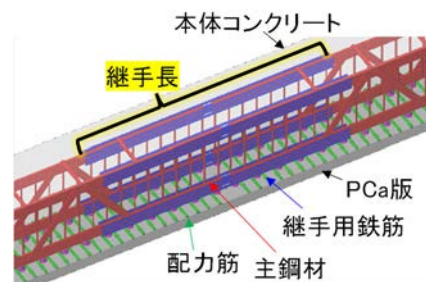


図-1 継手構造の概要

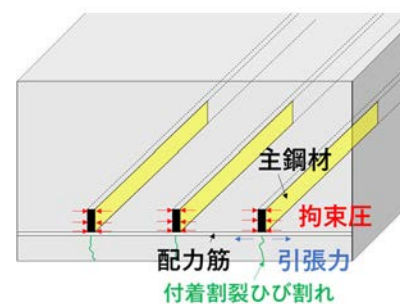


図-2 配力筋による拘束効果の概念図

2. 配力筋の拘束効果を考慮した主鋼材付着強度の算定方法

本継手構造では、主鋼材の付着強度を向上させるために表面に突起を設けており、その付着強度の設定には藺田ら¹⁾の突起付き鋼板の付着強度式を適用している。藺田らは、突起部の支圧破壊で決まる付着強度 τ_b （式(1)）と、突起部のせん断破壊で決まる付着強度 τ_s （式(2)）の算定式を提案しており、両者のうち小さい値を突起付き鋼板の付着強度としている。

$$\frac{\tau_b}{F_c} = m \left(0.892 + 16.3 \frac{\sigma}{F_c} \right) + 0.6 \frac{\sigma}{F_c} \quad \text{ここに、} \quad m = \frac{n \cdot h_r}{L} \quad \text{式(1)}$$

$$\frac{\tau_s}{F_c} = \lambda \left(0.16 + 1.12 \frac{\sigma}{F_c} \right) + 0.6(1 - \lambda) \frac{\sigma}{F_c} \quad \text{ここに、} \quad \lambda = \frac{n \cdot s_r}{L} \quad \text{式(2)}$$

σ : 付着面に与える側圧(N/mm²)、 F_c : コンクリート圧縮強度(N/mm²)、 h_r : 突起高さ(mm) (≤ 3.5 mm)、 s_r : 突起間隔(mm)、 L : 付着長(mm)である。

式(1)、式(2)に示す通り、藺田らの提案式では鋼板が受ける拘束圧を σ として考慮している。一方、複合 HPCa 部材の主鋼材の上下には配力筋が配置されており、主鋼材周辺に付着割裂ひび割れが生じた場合でも同鉄筋がその拡大を拘束することで、付着強度に影響することが考えられる。そこで、配力筋が主鋼材に与える拘束圧を以下のように設定して藺田式に反映することで、配力筋の拘束効果を考慮した主鋼材の付着強度の算定を試みた。

図-2 に配力筋によって主鋼材に作用する拘束圧の概念図を示す。付着割裂ひび割れの発生に伴い配力筋に生じた引張力が反力として主鋼材の側面に作用することで主鋼材に拘束圧が作用すると仮定し、拘束圧 σ を式(3)によって算出する。拘束圧を受ける面積 A_{conf} は、配力筋の配置間隔内における主鋼材の両側面と仮定する。また、配力筋に発生する引張力を算出するための配力筋のひずみ ε_s はある一定値を仮定する。

$$\sigma = \frac{E_s \cdot \varepsilon_s \cdot A_s}{A_{conf}} \quad \text{ここに、} \quad A_{conf} = 2 \cdot h \cdot c \quad \text{式(3)}$$

E_s : 配力筋のヤング係数(N/mm²)、 A_s : 配力筋 1 本の断面積(mm²)、 A_{conf} : 拘束圧を受ける面積(mm²)、 h : 鋼材高さ(mm)、 c : 配力筋間隔(mm)である。

3. 実験概要

考案した継手構造を有する 2 体の梁試験体(No.2、No.3)に対し、配力筋量と継手長をパラメータとした曲げ実験を実施した。図-3 に試験体の等曲げ区間内の概要を示す。継手以外の諸元は文献²⁾の試験体(No.1)と同様である。主鋼材には高さ 65mm、板厚 12mm の SM490Y 材を使用し、継手区間には高さ 3mm、幅 6mm の突起を設け、主鋼

キーワード 複合 HPCa 部材、突起付鋼板、SRC 構造、継手、配力筋

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

材 1 組の応力を SD345 D13×6 本の継手用鉄筋で伝達するものとした。各試験体の継手長と配力筋諸元を表-1 に示す。配力筋の諸元は、No.2 では実際の配力筋比と同等になるように設定し、No.3 では継手長を No.1 の約 1/2 とすることが可能な量として設定した。主鋼材の付着強度は、配力筋による拘束圧の計算において主鋼材が付着破壊する時点での配力筋ひずみ ε_s を 500μ と仮定して式(1)～(3)により算出し、継手長は主鋼材に発生する引張応力が 300N/mm^2 に到達時点で付着破壊する長さとして設定した。

4. 実験結果

図-3 に荷重と中央変位の関係を示す。No.2、No.3 とともに、主鋼材および継手用鉄筋が降伏した後に、圧縮側のコンクリートが曲げ圧縮破壊して終局に至った。一方で、主鋼材が降伏した後の剛性や耐力は継手長が短いほど小さくなる傾向を示した。これは、継手長が短い試験体では、等曲げ区間内の主鋼材に突起が設けられていない範囲で、曲げひび割れが局所的に生じたことが影響しているものと考えられる。

図-4 に主鋼材の引張応力と平均付着応力の関係を示す。引張応力は主鋼材に設置したひずみゲージの計測値にヤング係数を乗じて算出し、平均付着応力は鋼材の継手端部と継手中央部で計測したひずみの差を用いて算出した。同図より、各試験体で計測された平均付着応力の最大値が、菌田式で設定した付着強度を上回っていることが確認できる。このことから、配力筋による拘束圧を式(3)によって求め、菌田式に基づいて突起付き鋼板の付着強度を設定することで、配力筋を考慮した本継手構造を安全側に設計できる可能性が示唆された。

図-5 に荷重-配力筋ひずみ関係を示す。主鋼材に作用する引張力の増加に伴い配力筋ひずみも増加していることから、配力筋が主鋼材周辺に発生した付着割裂ひび割れの拡大を拘束していたと考えられる。一方で、主鋼材に 300N/mm^2 の応力が発生した時点の配力筋ひずみは No.2 で 63μ 、No.3 で 295μ であった。設計で仮定した $\varepsilon_s=500\mu$ を下回ったにも関わらず、設計値以上の付着強度を確保できた要因としては、主鋼材周辺のコンクリートが継手部を拘束していた影響が考えられる。

4. 結論

考案した継手構造において配力筋量と継手長が異なる 2 体の梁試験体の曲げ実験を行った。その結果、継手部に配置した配力筋による拘束効果によって突起を設けた主鋼材の付着強度が向上することを確認した。また、本実験の範囲において、配力筋による拘束効果を仮定した上で菌田らの付着強度式を用いて、本継手構造を安全側に設計できる可能性が得られた。

参考文献

- 1) 菌田ら:突起付き鋼板のせん断伝達特性に関する系統的研究、土木学会論文集、No.598、I-44、pp.182-202、1998。
- 2) 皆川ら:補強鉄筋を用いた鋼材継手を有する SC 部材の曲げ載荷実験、土木学会第 78 回年次学術講演会(投稿中)、2023。

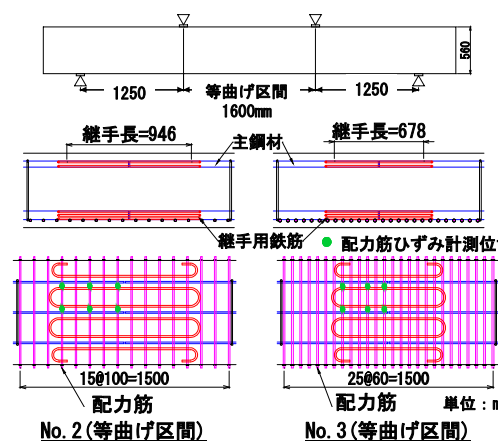


図-6 試験体概要

表-1 各試験体の継手長と配力筋諸元

	継手長	配力筋
No.1 ¹⁾	1360mm	なし
No.2	946mm	SD345 D10@100mm
No.3	678mm	SD345 D13@60mm

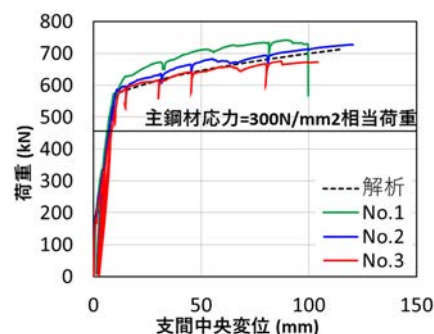


図-3 荷重-中央変位関係

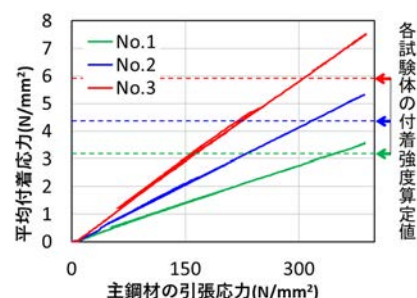


図-4 主鋼材応力-平均付着応力関係

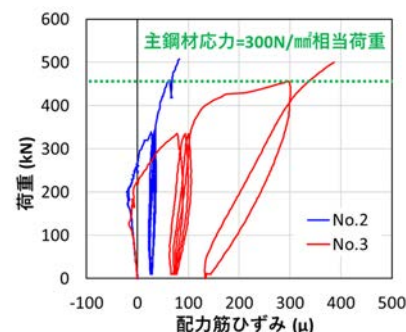


図-5 荷重-配力筋ひずみ関係