

ケミカルプレストレスを用いた合成桁に関する基礎的研究

早稲田大学 学生員 ○ 谷口 望
駒井鉄工 正 員 岡田幸児

早稲田大学 正 員 依田照彦
駒井鉄工 正 員 細見雅生

1. まえがき

ケミカルプレストレストコンクリートとは、膨張コンクリートを用いてプレストレスを導入するものである。研究としては1970年代から多くの論文が発表されてきたが、現在では施工上や強度評価の点で難点があるとされ、プレストレスの導入手法としては積極的に用いられていない。そこで本研究では、プレストレス導入を目的とした膨張コンクリート合成桁の曲げ実験結果¹⁾を吟味することによって、基礎的な設計手法を検討する。

2. 実験概要¹⁾

実験供試体は、図1に示すようなI形鋼桁とコンクリート床版よりなる合成桁であり、両者の接合部にはスタッド(250mm間隔)を用いている。コンクリート床版の鉄筋比は2%であるが、プレストレスの導入量によってA体、B体、C体の3種類を用意した。A体は膨張材のないコンクリートを用いており、プレストレス導入のない供試体である。B体は、JISA6202に示された拘束膨張試験(鉄筋比0.954%)において、膨張率が600 μ となる膨張コンクリートを用いている。また、C体はB体と同様な膨張コンクリートを用いた上に、桁中央部においてジャッキUP・DOWN操作を行って、B体よりも大きなプレストレスを与えた供試体である。なお、ジャッキUP力は、コンクリート打設前で50tfとした。載荷実験は、28日間の養生後、3回の除荷を含む静的載荷により破壊まで行った。

3. 導入プレストレス、初期残留ひずみ(応力)の計算

B体、C体に導入されるプレストレス量と、鉄筋・鋼桁の初期残留ひずみ(応力)について計算を行う。

B体：鉄筋比0.954%と2%の間に、単位体積あたりの膨張エネルギーUの一定則が成り立つとする。

$$U = (1/2) \sigma_c \varepsilon_c = (1/2) \rho E_s \varepsilon_c^2 \quad (1)$$

ここに、 σ_c ：コンクリートの導入プレストレス、 ε_c ：コンクリートの膨張ひずみ、 ρ ：鉄筋比、 E_s ：鉄筋のヤング率。さらに、鋼桁との合成効果を考慮するために、平面保持と内力のつり合い、桁断面内のエネルギー最小条件を用いて、導入プレストレスと初期残留ひずみ(応力)を計算する。計算結果を図2に実験値とともに示す。実験値は、B体(材令7日)とともにC体のケミカルプレストレス分(材令7日)について示した。

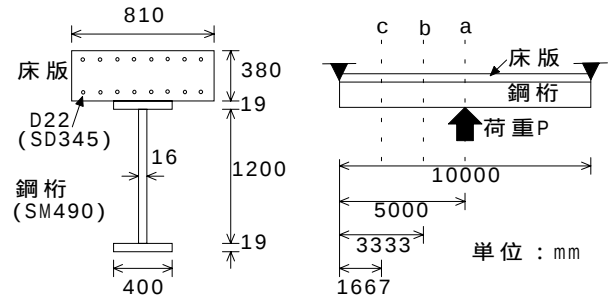


図1．実験供試体（A体、B体、C体共通）

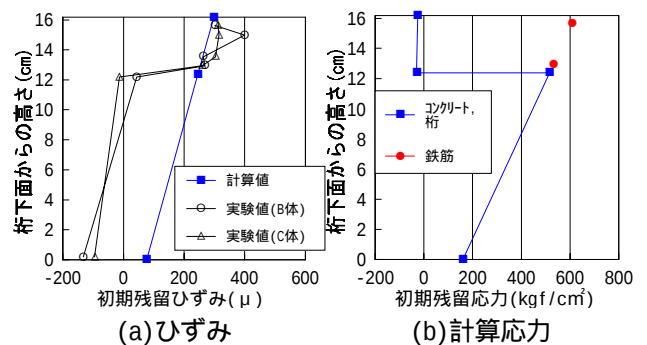
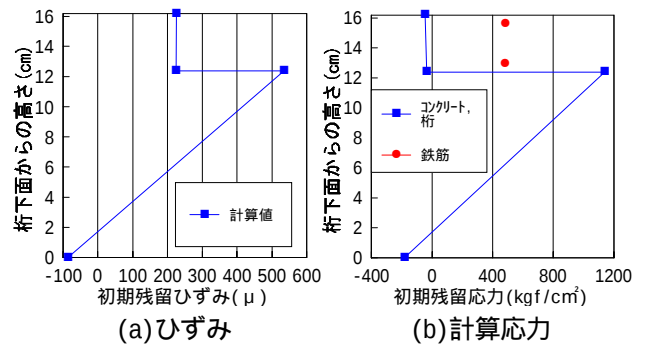


図2．ケミカルプレストレスによる
初期残留ひずみ、応力(断面a)



(c) ジャッキDOWN時のひずみ変化
図3．C体(ジャッキUP・DOWN併用)の
初期残留ひずみ、応力(断面a)

キーワード：ケミカルプレストレストコンクリート、合成桁、負曲げ載荷

連絡先：早稲田大学理工学部土木工学科(〒169-8555 新宿区大久保3-4-1, TEL, FAX 03-5286-3399)

C体：ジャッキ操作によるプレストレスは、初等理論とエネルギー最小条件を用いて計算することができるが、ケミカルプレストレスを併用する場合には、コンクリートの膨張によっても桁に曲げが生じるため、そのままし合わせることはできない。ここで、ケミカルプレストレスによる曲げモーメント分布を橋軸方向に一定と仮定して、ジャッキUP力 P_{up} の補正を行うと、以下の式で計算される。

$$P_{up}' = P_{up} - \frac{6EI_a(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)}{L \cdot h} \quad (2)$$

$$= 50 - 13.9 = 36.1 \text{ (tf)}$$

ここに、 P_{up}' ：実質のジャッキUP力、 EI_a ：曲げ剛性（鋼桁のみの断面）、 $\varepsilon_1, \varepsilon_2$ ：ケミカルプレストレスによる合成桁上下面のひずみ、 L, h ：合成桁の長さ、高さ。上式の数値はこの供試体の場合を示している。 P_{up}' を用いた場合の初期残留ひずみ、応力とジャッキDOWN時のひずみの変化をC体の実験値とともに図3に示す。

4. 初期ひび割れ後の荷重－ひずみ関係

鉄筋のひび割れ部の荷重－ひずみ関係は、ドイツにおけるプレストレスしない連続合成桁の研究²⁾の、乾燥収縮を考慮する方法を利用した。この研究では、乾燥収縮によって荷重－ひずみ関係の原点が、乾燥収縮ひずみ分、圧縮側にずれるとしている。本研究では、図4の示すように、鉄筋と鋼桁のみを考慮した曲げ剛性 EI_1 を用いた勾配直線を原点から乾燥収縮ひずみ ε_s だけ引張方向にシフトした直線上に移るとして扱うものとする。ここで、 ε_s は、乾燥収縮によるコンクリート床版のひずみであり、A体は、実測値より、

$$\varepsilon_{SA} = 100 (\mu)$$

とした。B体・C体には、クリープによるひずみの変化も考慮した実測値より、以下のように設定した。

$$\varepsilon_{SB} = 150 (\mu)$$

$$\varepsilon_{SC} = 250 (\mu)$$

膨張コンクリートの考慮方法には、辻らの研究結果³⁾を用いることとした。この研究では、上記と同様の手法を用いて、図4の示すように膨張ひずみ ε_c の分だけ圧縮側にシフトさせることによって、初期ひび割れ後の直線を予想できると仮定した。各供試体の上側鉄筋の荷重－ひずみ関係について、この手法による計算結果と実験値を図5～7に示す。ただし、実験値1, 2は、同一断面内の異なる鉄筋のひずみを示している。

5. まとめ

初期残留ひずみの断面分布や載荷実験での荷重－ひずみ関係は、計算値と実験値ともにほぼ一致していると言え、実験結果と設計計算手法の妥当性が示された。

参考文献

1) 岡田, 細見, 依田, 佐久間: 連続合成桁へのケミカルプレストレスの適用, 構造工学論文集, Vol. 46A, 2000.

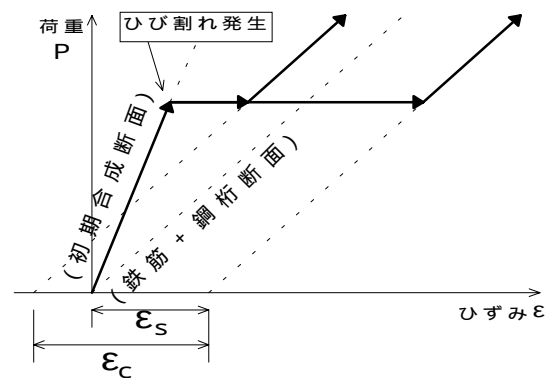


図4. ひび割れ部の鉄筋の荷重－ひずみ関係概要

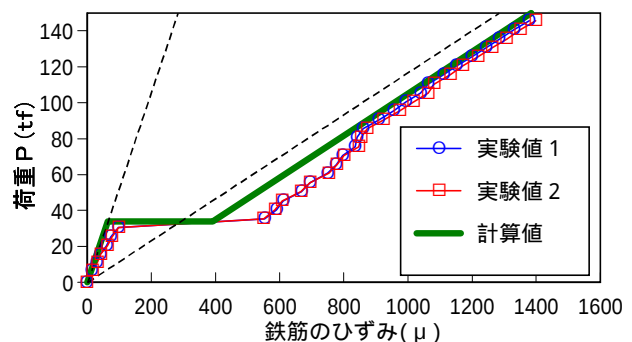


図5. A体の上側鉄筋の荷重－ひずみ関係(断面a)

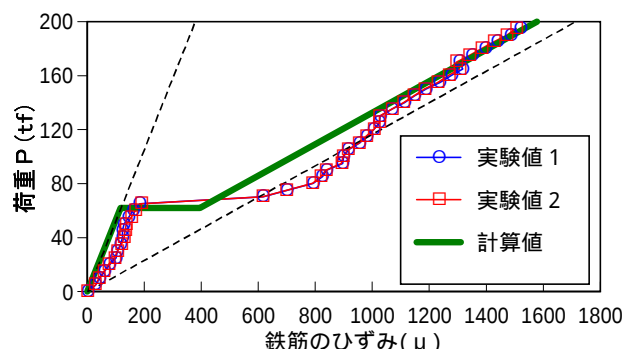


図6. B体の上側鉄筋の荷重－ひずみ関係(断面a)

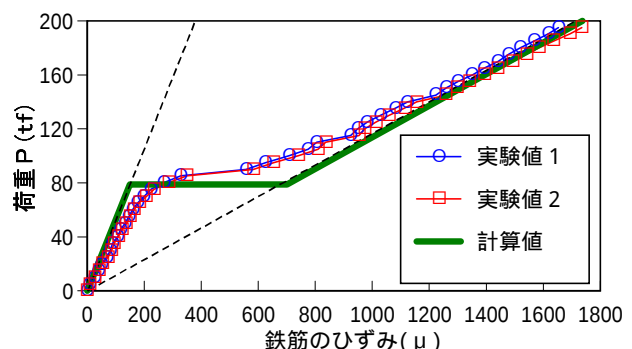


図7. C体の上側鉄筋の荷重－ひずみ関係(断面a)

2) (著)K.Roik, G.Hanswille, (訳)伊藤, 平城: 合成桁におけるひび割れ幅の制限, 橋梁と基礎, 93-2, pp. 33-40, 1993.

3) 岡村, 辻: ケミカルプレストレスを導入したコンクリート部材の力学的特性, 土木学会論文報告集, No. 225, pp. 101-108, 1974.