

膨張コンクリートの膨張制御方法に関する研究

大成建設（株）土木設計部

正会員 西崎 辰冶

宮崎大学

正会員 李 春鶴

NPO 法人持続可能な社会基盤研究会

フェロー会員

辻 幸和

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物において、ひび割れの制御は重要な課題である。CPC は硬化時の膨張力と拘束体を用いてコンクリートに圧縮応力を導入することにより、ひび割れの制御が可能となる、鉄筋コンクリート(RC)に膨張コンクリートを用いた構造形式である。残存する膨張ひずみ分布に関する既往の研究では、外部拘束が発生する対称断面部材に対しての膨張性状は報告¹⁾されているが、外部拘束に加え鉄筋による内部拘束が非対称に配置された場合の膨張性状の報告はされていない。

本研究では、外部拘束を受ける非対称断面の膨張性状を明らかとした。そして、膨張コンクリートの配合によらず、内部拘束や外部拘束の配置位置、断面の幾何学的性状を統一的な枠組みで評価が可能なCPC梁の解析モデルを提案し、その適用性についても検討した。

2. 実験の概要

CPC梁の断面形状寸法と鉄筋の配置を図-1に示す。断面の形状はT形断面とし、ウェブ部(W)を既設部材と考えて外部拘束体として扱い、フランジ部(F)を新設部材として扱う。CPC梁の全長は1200 mmとし、外部拘束体であるウェブ部の上面はフランジ部との付着力の向上を目的として、凝結遅延剤と高圧水による表面処理、及びスターラップの配置を行った。

膨張コンクリートの膨張反応によって、鉄筋に発生する引張ひずみは、完全付着の仮定からその位置のコンクリートの膨張ひずみと同値であると考えられる。そこで、鉄筋のひずみをワイヤストレーンゲージ(WSG)で測定し、その値をCPC梁の膨張ひずみと称することとする。

3. 解析モデルの膨張ひずみの推定手法

膨張ひずみの推定は、積層モデルを作成して行った。新設部材であるフランジ部には以下に示す仕事量一定則の仮定を使用した。

$$\sigma_{cp(x,y)} = \frac{2U}{\varepsilon_{(x,y)}} \quad (1)$$

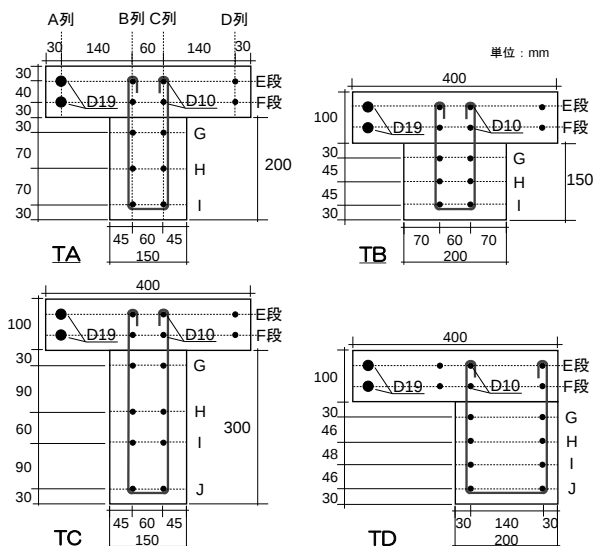


図-1 CPC梁の断面形状と鉄筋の配置図

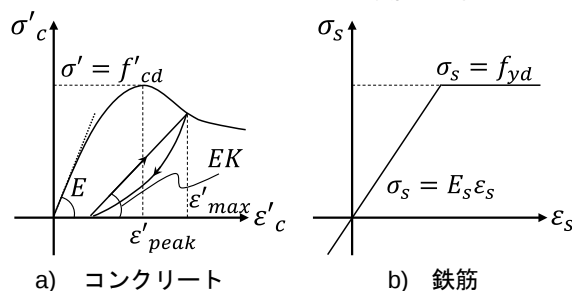


図-2 材料の構成則

図-2に示すように外部拘束体であるウェブ部はコンクリートを弾性体であると仮定し、静弾性係数を一定値として算出した。そして、鉄筋に対してはフックの法則を用いた。新設部材、既設部材、鉄筋における力のつり合い、及びモーメントのつり合い条件を満たす平面を繰り返して算出し、膨張ひずみ分布とした。

4. 推定モデルの妥当性検証

本研究で作製したCPC梁の推定計算方法によって得られた各断面形状寸法の膨張ひずみの推定値及び実測値を、図-3に示す。実測値について、TA、TBはフランジ部とウェブ部が一体となって直線状に分布していることが確認できる。一方でTC、TDは、フランジ部及びウェブ部はそれぞれ直線に分布しているものの、境界面でずれが生じ

キーワード CPC, ケミカルプレストレス, 既設部材, 非対称断面, 膨張ひずみ分布

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 大成建設株式会社 土木設計部 TEL 03-5381-5296

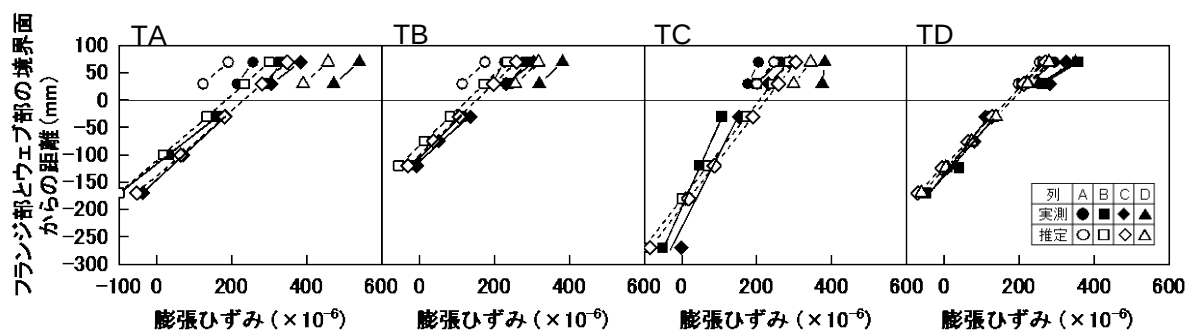


図-3 膨張ひずみの解析モデルによる推定値と実測値

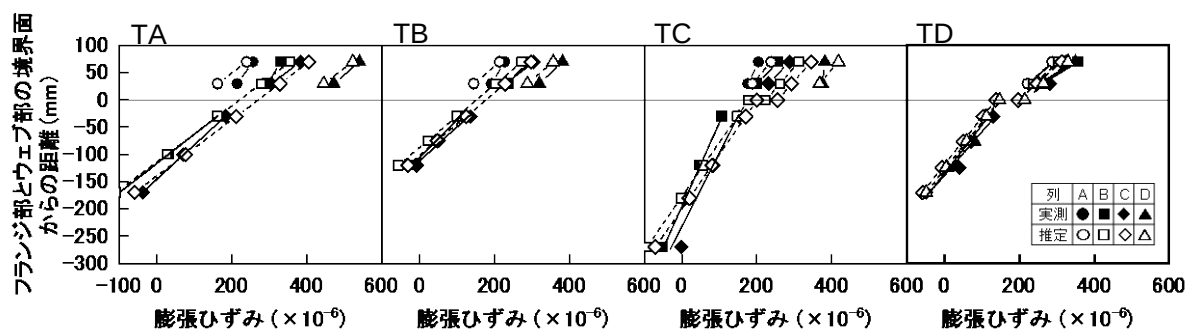


図-4 膨張ひずみの補正後の推定値と実測値

ている。

すべての断面形状寸法において、推定値は実測値とある程度一致していることが確認できるが、TA、TBにおいて、A、D列の推定値は実測値より小さい値をとっている。これは、ウェブ部がフランジ部の大きな膨張エネルギーを受け取ることで、目視では確認できない微細なひび割れが発生したためであると考えられる。つまり、ひび割れにより静弾性係数が減少し、拘束力が減少したのである。

TC、TDは境界面で生じたずれにより、推定値と実測値との間に差異が生じている。CPC梁は両端にスターラップを配置していることから、フランジ部全体にずれが生じたのではなく、中央部で膨張による界面からの微小な乖離が生じた結果であると考えられる。

実構造物において、微細なひび割れは確認されており、本研究においては既往の研究⁹⁾を参考に、静弾性係数を41 kN/mm²から14 kN/mm²として補正を行った。そして、TA、TBについては再度推定計算を実施した。TC、TDは同じ値を用いて同様の表面処理を施した場合の、直接引張強度の減衰率である55%から85%の膨張エネルギーが、界面を伝達されると仮定した伝達係数を採用し、再度推定計算を実施した。その結果を図-4に示す。この時、TC、TDの伝達係数は55%から85%の間を5%間隔で計算し、最も正確性の高かった係数である、TCが75%とTDが65%を図に示した。表-1に微細なひび割れ及び界面でのずれを考慮した場合の推定値の正確性を、膨張ひずみの平均二乗誤

表-1 膨張ひずみの補正後のRMSE

断面名称	TA	TB	TC	TD
RMSE (×10 ⁻⁶)	23.9	24.1	36.5	23.6

差の平方根(RMSE)を用いて示す。すべての断面形状寸法における正確性が高く、推定値は実測値とよく一致していることが確認できる。さらに、TC、TDの推定膨張ひずみの勾配は、界面でのずれを再現しており、推定値は実測値に近づいていることが明瞭である。

5. まとめ

CPC梁は、非対称な断面で、かつ外部拘束を受ける場合においても、膨張ひずみが直線状に分布することが分かった。しかし、新設部材と既設部材は表面処理だけでなく、スターラップなどを用いて付着させなければ、ずれが生じる可能性が懸念される。そして、実務上はコンクリートの静弾性係数を低減させることで、既設部材の表層部に発生する微細なひび割れ及び界面でのずれを考慮した推定が可能であることが確認された。つまり、提案する構造物の諸性状を統一的な枠組みにより評価が可能なCPC梁の解析モデルは、実用上十分に適応が可能であることが示唆された。

参考文献

- 辻幸和, 栖原健太郎: 既設 RC 部材による外部拘束を受ける膨張コンクリートに導入されるケミカルプレストレインとケミカルプレストレス, コンクリートテクノ, Vol.36, No.12, pp.33-43, 2017