

技術紹介

TS 効果を考慮したプレビームの有効剛性の検討

～より正確なプレビームの挙動の把握について～

The Tension Stiffening Effect of PREBEAM

清水 良平 *1
Ryouhei SHIMIZU藤林 博明 *2
Hiroaki FUJIBAYASHI野呂 直樹 *3
Naoki NORO

1. 目的

プレビーム合成桁（以下、プレビーム）は、鋼桁、下フランジコンクリートおよび床版コンクリートからなる高い剛性を有する合理的な橋梁形式です。供用時のたわみ量を評価する際、従来は、図 1 に示すとおり、前述の部材を全て有効とした場合（状態Ⅰ）と、供用時に引張応力が生じる下フランジコンクリート断面を無視した場合（状態Ⅱ）の 2 つの状態より、ACI318-71 式（Building Code Requirements for Reinforced Concrete, 以下、ACI 式）を用いて有効剛性を算出しています。

一方、近年では、コンクリートのテンションスティフニングの効果（以下、TS 効果）を考慮することにより、ひび割れ発生後のコンクリート部材のより正確な挙動が明らかにされつつあります。そこで、本文では、コンクリートの TS 効果を考慮した有効剛性の評価式（以下、TS 式）の誘導と数値計算を実施し、従来の設計方法と比較を行い、プレビームにおける TS 式の有効性を検討した結果を報告します。

2. 曲げ剛性の算出式

現行のプレビーム橋設計施工指針（以下、PB 指針）では、ひび割れ発生後の曲げ剛性は、 $E_s \cdot I_e$ で表わされます。

$$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_{l+i} - M_0} \right)^3 \cdot I_g + \left\{ 1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_{l+i} - M_0} \right)^3 \right\} \cdot I_{cr} \quad \text{---- (1)}$$

ここに、

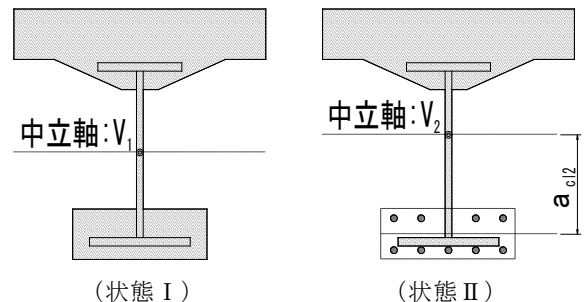
 E_s : 鋼材のヤング係数 (N/mm²) I_e : 換算断面二次モーメント (mm⁴) I_g : 全断面有効時の断面二次モーメント (mm⁴) I_{cr} : 下フランジコンクリート無視の場合の断面二次モーメント (mm⁴) M_{cr} : ひび割れ発生モーメント (N・mm) M_{l+i} : 衝撃を含んだ活荷重モーメント (N・mm) M_0 : ひび割れ開口モーメント (N・mm)

図 1 抵抗断面概要

一方、TS 効果を考慮した場合、安定ひび割れ状態以降の曲げ剛性は、次のように求められます。

$$E_s \cdot I_{v2,TS} = \frac{E_s \cdot I_{v2}}{1 - \frac{\Delta M_{v,TS}}{M_v}} = \frac{E_s \cdot I_{v2}}{1 - \frac{\beta \cdot f_{ctm} \cdot A_{cl} \cdot a_{cl2}}{M_v}} \quad \text{---- (2)}$$

なお、 $\Delta M_{v,TS} = \beta \cdot f_{ctm} \cdot A_{cl} \cdot a_{cl2}$ は、安定ひび割れ状態での下フランジコンクリートの分担曲げモーメントを示します。

ここに、

 M_v : 合成断面に作用する外力モーメント (N・mm) I_{v2} : 合成断面の断面二次モーメント (mm⁴) $I_{v2,TS}$: TS 効果を考慮した換算断面二次モーメント (mm⁴) $M_{s2,TS}$: 鋼桁に作用する分担断面力 (N・mm) $\Delta M_{v,TS}$: 安定ひび割れ状態での下フランジコンクリートの分担曲げモーメント (N・mm) β : 鉄筋とコンクリートの付着の程度を表す係数 (=0.4) f_{ctm} : コンクリートの引張強度 (N/mm²) A_{cl} : 下フランジコンクリートの断面積 (mm²) a_{cl2} : 鉄筋の重心と V_2 との間の距離 (mm)

ここで、TS 効果を考慮したときの曲げモーメントと曲率 ϕ の関係を図 2 に示します。

3. 断面二次モーメントの変化

図 3 に示す橋梁条件で、TS 式による断面二次モーメントの変化を計算し、従来の設計法である ACI 式での値と

*1 川田テクノシステム株式会社設計部設計三課 係長

*2 川田工業株式会社鋼構造事業部技術統括部技術部大阪技術課 主幹

*3 川田工業株式会社鋼構造事業部技術統括部技術部大阪技術課 係長

なお、断面二次モーメントは I_{cr} で、曲げモーメントは M_{cr} で除して無次元化した値を用いました。また、一般に、死荷重載荷状態の下フランジコンクリートは、圧縮応力度 $0.5 \sim 1.0 \text{ N/mm}^2$ 程度のプレストレスを残存させますが、本検討ではこれを無視しています。

4. TS 式の実用性

5. まとめ

なお、条件が異なり、活荷重が比較的小さい場合、活荷重載荷状態での作用曲げモーメントは安定ひび割れ状態に近づき、TS 式による剛性と現行の ACI 式による剛性

今後は、プレビーム固有の下フランジ鋼板や TS 効果の影響を考慮したひび割れ幅評価式の誘導を行い、数値計算を実施するとともに実験による検証を行う所存です。

本論文の作成にあたり、大阪工業大学 八幡工学実験場
栗田章光 特任教授に多大なご指導をいただきました。こ
の場をお借りして、お礼を申し上げます。

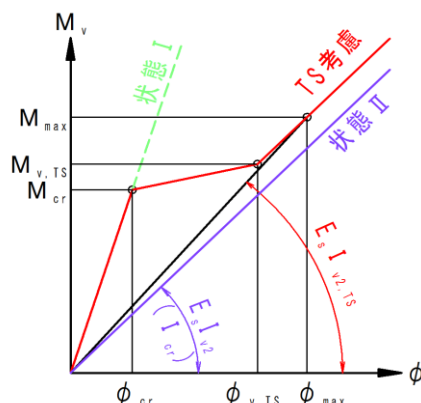
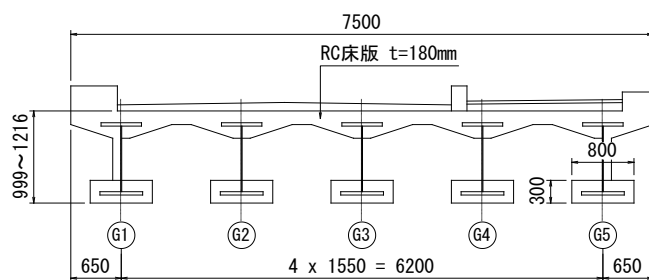


図2 TS効果を期待したプレビームのM-φの関係



支間長 35.4m A活荷重
図3 試算条件

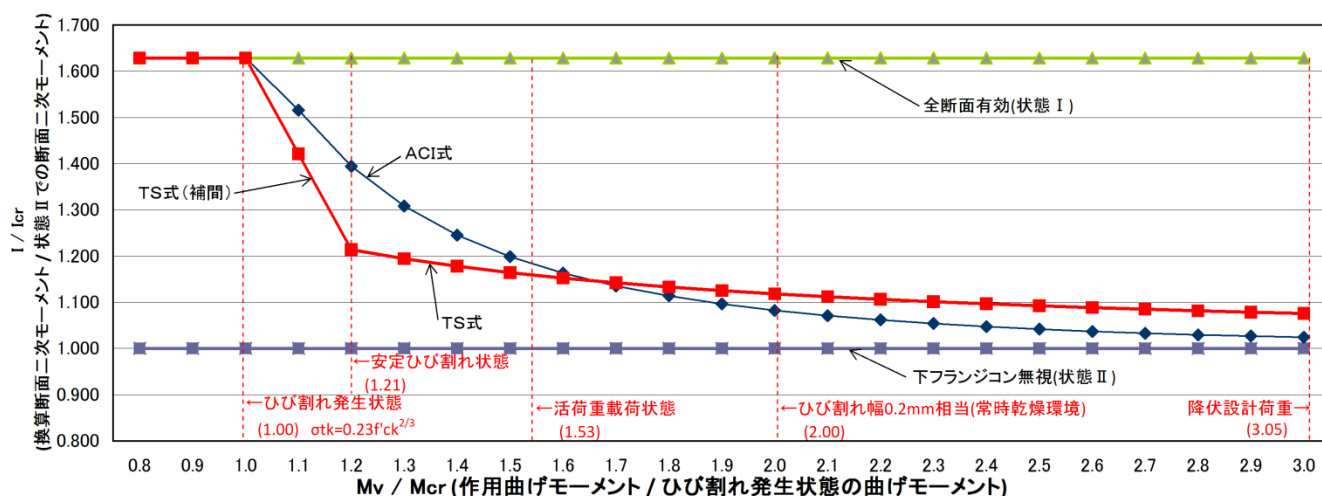


図4 断面二次モーメントの変化比較