

コンクリートのTS効果を考慮したプレビーム合成桁の有効剛性の検討

川田テクノシステム株式会社

正会員 ○清水 良平 小川 利之

川田工業株式会社

正会員 藤林 博明 野呂 直樹

大阪工業大学・八幡工学実験場

正会員 栗田 章光

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ある。供用時のたわみ量进行评估する際、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、ACI 318-71式（以下、ACI式）を用いて有効剛性を算出している¹⁾。

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²⁾（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る。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する。

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、 $E_s \cdot I_e$ で表わされる。

ここに、

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

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_{I+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)

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

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す。

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)

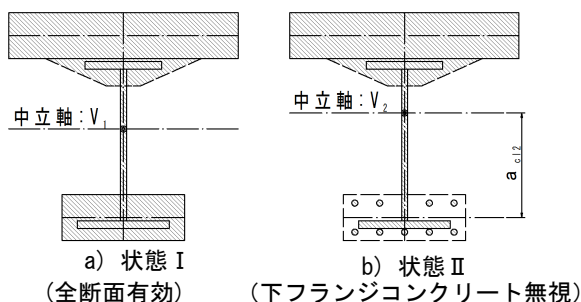
f_{ctm} : コンクリートの引張強度 (N/mm²)

A_{cl} : 下フランジコンクリートの断面積 (mm²)

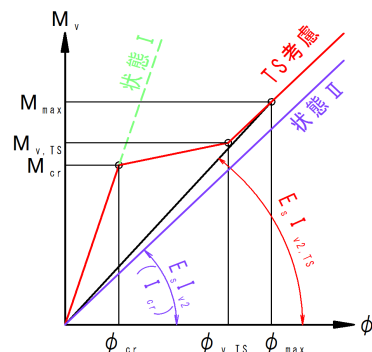
a_{cl2} : " 重心と V_2 との間の距離 (mm)

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に示す。

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る。



図－1 抵抗断面概要



図－2 曲げモーメントと曲率 ϕ の関係

キーワード プレビーム、合成桁、テンションスティフニング、有効剛性、ひび割れ

連絡先 〒550-0014 大阪府大阪市西区北堀江 1-22-19 川田工業株式会社 大阪支社 鋼構造事業部 技術部

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式での値と比較した結果を図-4に示す。また、この図中には各荷重状態を併記した。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た。また、一般に死荷重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ることが多いが、本検討ではこれを無視した。

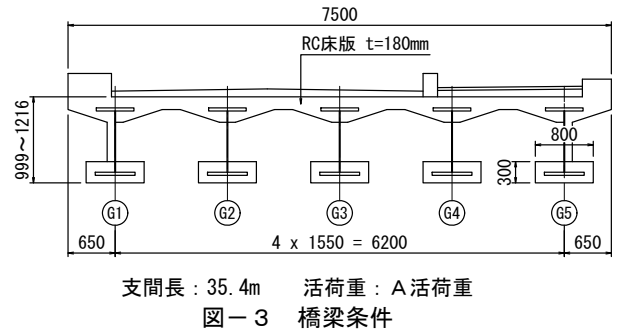
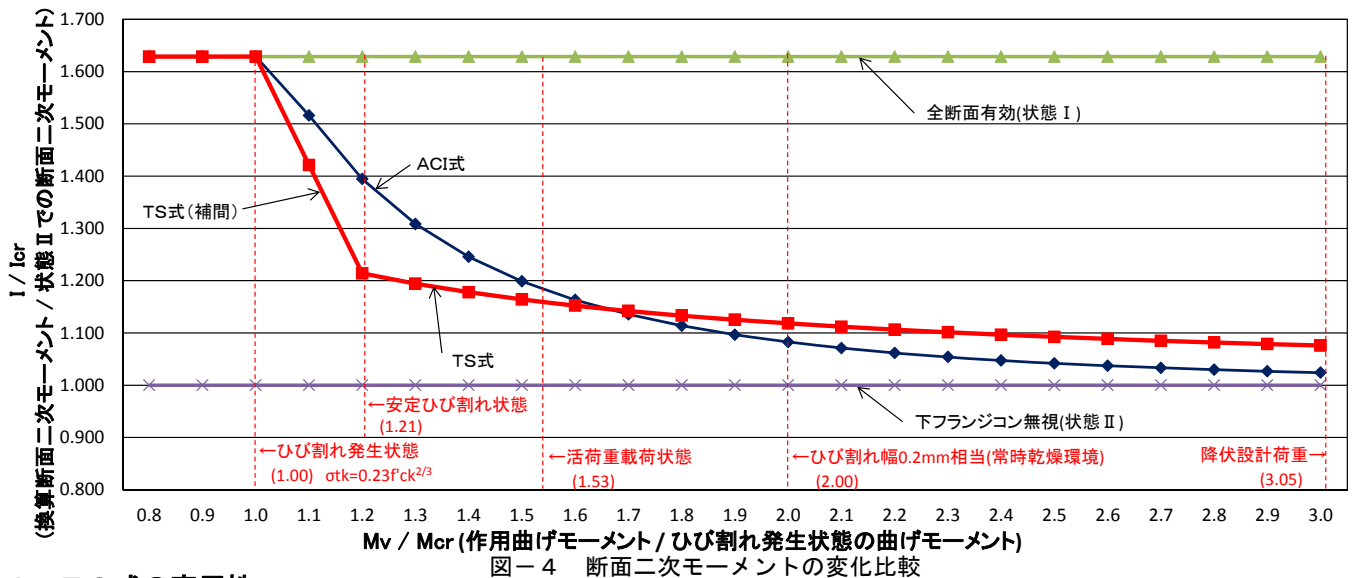


図-4より、 $M_v/M_{cr}=1.6$ までのTS式による結果は、ACI式による結果よりも剛性を小さく評価する。しかし、それ以降では剛性が逆転する。TS式およびACI式による剛性は、下フランジコンクリート無視の剛性と比較して、活荷重状態それぞれ 1.16 倍および 1.20 倍に、降伏設計荷重でそれぞれ 1.08 倍および 1.02 倍の値を示している。



4. TS式の実用性

TS式による剛性は、現行のPB指針のACI式の剛性よりも、活荷重状態状態で 3%小さいが、その差は少ないので、ほぼ同等であるといえる。また、TS式による剛性は、 $M_v/M_{cr}=1.6$ 以降ではACI式によるものより大きくなっていることから、TS式を用いて設計を行えば、変形の評価に対し有利な結果を与えることがわかった。

5. まとめ

本論文では、TS式を用いて数値計算を実施し、現行のPB指針による方法であるACI式と剛性を比較することで、プレビューにおいてTS式が有効であることを確認した。特に活荷重状態以降の荷重状態においては、TS式による剛性を設計に導入することにより、経済性の向上が期待できることがわかった。

なお、条件が異なり、活荷重が比較的小さい場合、活荷重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式による剛性の差異が増大するので更なる検討を要する。今後は、プレビュー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も行っていく予定である。

参考文献

- 1) (財)土木開発技術研究センター：プレビュー合成げた橋設計施工指針第3版, H9.7
- 2) G. Hanswille : Cracking of Concrete, Mechanical Models of the Design Rules in Eurocode 4, Composite Construction in Steel and Concrete III, ASCE, pp.420~433, 1997.