

連続鋼合成桁中間支点部における RC 床版の設計に関する研究

長崎大学大学院 学生員 ○ 中村太一
長崎大学工学部 正会員 松田 浩
新日本技研(株) 正会員 倉方慶夫
長崎大学工学部 非会員 ブーンタナポン・ソムボン

1 はじめに

連続鋼合成桁は合理的な構造形式とされながらも、負曲げを受ける中間支点部付近における床版の耐久性、補修の問題点などから我が国では問題が解決されることなく 1980 年以降建設が見送られてきた。しかし、コスト縮減が叫ばれるなか合成桁構造が見直され、1990 年以降、再び連続鋼合成桁の建設が進められてきている。その長い空白期間のため、道路橋示方書 II 鋼橋編¹⁾の合成桁に関する設計規定は昭和 48 年以降改訂されてなく、連続鋼合成桁の設計を行う上で多くの問題が生じている。本研究では、クリープ・乾燥収縮などの経時変化応力について有限要素法解析を行い、現在の設計計算上の扱いの問題点について検討したものである。

2 不完全合成桁モデル

連続鋼合成桁の解析にあたり、図-2 に示すようなジベルを分布せん断バネとしてモデル化した不完全合成桁モデル²⁾を用い、梁理論による有限要素法解析プログラムを開発した。本プログラムでは、RC 床版と鋼桁間のズレはもちろんジベルのせん断力や床版中のコンクリートと鉄筋の付着力など設計に必要な断面力や変位を解析することができる。また、合成桁としての解析だけではなく、ジベルのせん断バネ定数と鋼桁の断面諸量を零と置くことで RC 梁としての解析も可能である。

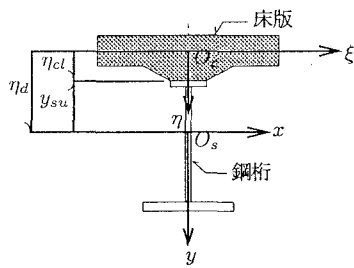


図-1: 断面

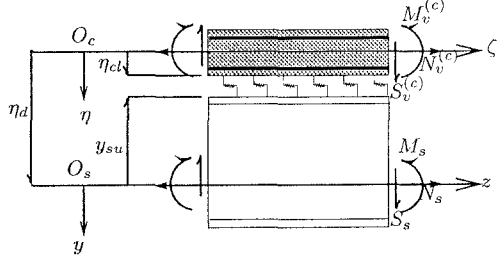


図-2: 不完全合成桁モデル

3 クリープ・乾燥収縮の計算式

本プログラムでは、時刻 $t_0 \sim t$ 間に生じるクリープ・乾燥収縮ひずみの計算式として Trost の式³⁾を用いている。式(1)の右辺第 2 項は応力変化に対する回復ひずみを意味しており、 μ はレラクセーション係数と呼ばれ、道示 II で規定されている計算式でいう 1/2 に相当するものである。

$$\Delta \varepsilon_c(t) = \frac{\sigma_c^{(0)}}{E_c} \phi_{t-t_0} + \frac{\Delta \sigma_c(t)}{E_c} (1 + \mu \phi_{t-t_0}) + \Delta \varepsilon^{(s)}(t) \quad (1)$$

ここに、 $\Delta \varepsilon_c(t)$ 、 $\Delta \sigma_c(t)$: $t_0 \sim t$ 間のひずみと応力の変化量、 $\sigma_c^{(0)}$: 時刻 t_0 の後死荷重による応力、 ϕ_{t-t_0} : $t_0 \sim t$ 間のクリープ係数、 μ : $t_0 \sim t$ 間のレラクセーション係数、 $\Delta \varepsilon^{(s)}(t)$: $t_0 \sim t$ 間の乾燥収縮によるひずみ、 E_c : コンクリートの弾性係数、 E_s : 鋼材の弾性係数

4 解析条件

図-3、4 に示す 10 径間連続鋼合成桁に対し、筆者らの一人が行なった設計データを基に解析を試みた。施工は、床版を支間部・支点部の分割施工とし、各施工ステップ毎に解析を行なった。また、床版内の鉄筋の拘束効果が断面力に与える影響を調べるため、表 1 に示す 2 つの計算ケースに対して解析を行なった。Case2 は従来から行なわれてきた応力算定上の扱いで、Case1 は現実に近い状態を表わすものである。また、Case1 については、クリープ・乾燥収縮による断面力の算定においてレラクセーション係数の値が与える影響を調べるため、その値を 0.5 ～ 1.0 へと変化させてパラメータ解析を行なった。解析の際に用いたクリープ係数・乾燥収縮量は道示 II の規定値を用い、ジベルのせん断バネ定数は 6×10^8 (kg/m) と十分剛な値を用いた。

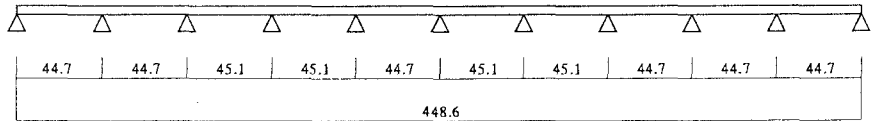


図-3: 10 径間連続鋼合成桁橋の支間割

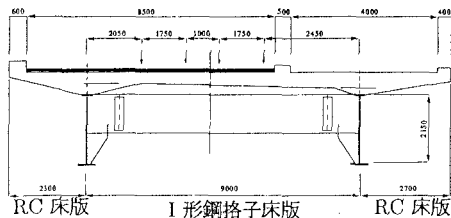


図-4：断面図

表-1 主桁断面力の算出条件の組合せ

	コンクリートの剛性	鋼材の拘束
Case 1	全長有効	考慮
Case 2	全長有効	無視

5 解析結果

乾燥収縮による軸力を図-5(Case1)、図-6(Case2)に、ジベルに作用するせん断応力を図-8に示す。従来通りの計算方法(Case2)では、主桁断面の設計において床版内の鉄筋の存在を無視して計算されており、鉄筋の拘束を考慮したCase1(現実に近い状態)と比べて、コンクリートに作用する引張軸力が過小評価されている。また、鋼桁に作用する圧縮軸力については、Case2がCase1と比べて中間支点部で約50tf過大評価されている。ジベルに作用するせん断応力については、鉄筋の拘束を考慮した方が、端支点部では約40%低く算定される結果が得られた。次にCase1についてレラクセーション係数を0.5~1.0へと変化させた比較結果を図-7に示す。レラクセーション係数の値がコンクリートの引張軸力に与える影響は大きくドイツでは、コンクリートの種類、持続応力が作用する材齢や打設後における環境に応じて0.4~1.0の値が設定されている⁴⁾。通常、この値は0.6~0.9の範囲にあり、0.5を下回ることとはごくまれであることから道示IIの略算式の値を用いると過大評価されてしまう結果となる。

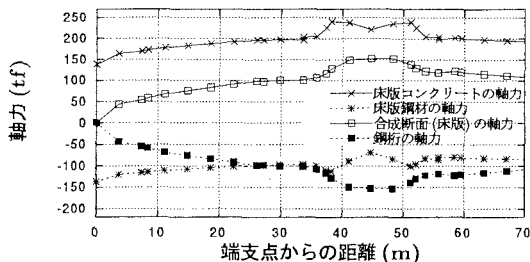


図-5: Case1における各部材の軸力

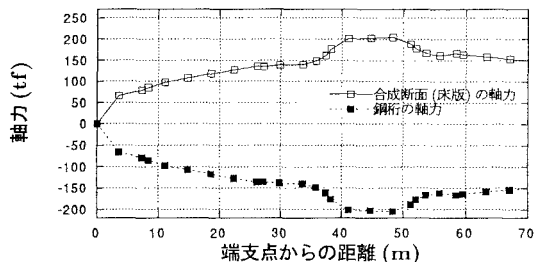


図-6: Case2における各部材の軸力

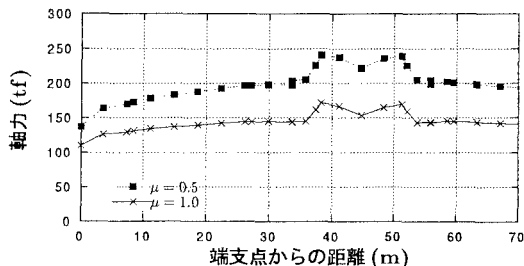


図-7: リラクセーション係数を変化させたときの乾燥収縮による床版コンクリートの軸力(Case1)

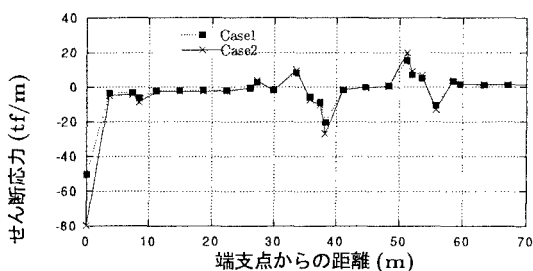


図-8: 乾燥収縮によるジベルのせん断応力

6 おわりに

本研究では、不完全合成モデルによる有限要素法解析を行い、クリープ・乾燥収縮に対する設計上の取り扱いについて検討した。解析の結果、床版内の鉄筋の拘束効果は無視することができず、従来の計算方法では危険側に算定される。また、クリープ・乾燥収縮応力の計算上必要となるレラクセーション係数については、従来の値を用いると安全側に計算されることから、逐次解析法を用いて適切な値を決める必要がある。中間支点部の床版の合理的設計においては、コンクリートにひび割れ発生前後の床版コンクリートと鉄筋の応力状態を把握し、ひび割れ発生後についてはひび割れ幅を制御するよう適切な鉄筋量を定めることが重要となる。ひび割れ発生後の応力解析については今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 日本道路橋協会：道路橋示方書・解説 鋼橋編,1994
- 2) 倉方慶夫 他：連続鋼合成桁における鉄筋コンクリート床版の設計上の課題，第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集,1998
- 3) 星埜正明 他：コンクリート斜張橋のクリープ解析，土木学会論文報告集, 1980
- 4) 川上 洵 他訳：コンクリート構造物の応力と変形〔クリープ・乾燥収縮・ひび割れ〕