

日本鉄道建設公団 盛岡支社 正員 ○堀地 紀行  
 同上 高橋 實  
 オリエンタルコンクリート(株) 正員 大金 彦一

1. はじめに

コンクリートの連続桁橋を分割施工した場合、各施工段階ごとに、内部応力の変化と、コンクリートの収縮差を要因として、クリープによる二次応力が発生する。プレストレストコンクリート鉄道橋において、こうしたクリープによって発生する二次応力の解析には、従来、Dischingerの微分方程式による方法並びにWhitneyの理想曲線による方法が一般的に用いられてきた。その後、H. Rüsch, D. Jungwirth, H. Hilsdorfらは、構造物の環境条件と、クリープ成分中の遅れ弾性成分を導入することによって、クリープ現象をより明確に表現した。こうしたH. Rüschらの提案は、その後、DINやCEBなどを始めとして、各国のコードに採用され、我が国においてもまず道路橋に採用され、続いて、鉄道橋においても昭和58年に採用されるに至った。

本報告は、分割施工したコンクリート連続桁橋のクリープによる二次反力を、当公団が施工中の仙台市高連鉄道南北線の真実沢橋りょう(PC三径間連続桁橋, 3@18m=54m, 11連)において実橋計測を行ない、実橋計測値と、本橋設計時点での採用式であるDischinger, Whitneyの式、並びに、今回国鉄建造物設計標準に採用された、H. Rüsch, D. Jungwirthの式との比較検証を行ない、あわせて、構造物の安全性を確認したので報告する。

2. 実橋計測

計測を実施した真実沢橋りょうは、曲率半径400m内の橋長54m, スパン18mの三径間連続二主桁PC橋で、緊張方式は、SEEE工法を採用し、ケーブル1本当り190tonの緊張力を導入している。また、主桁一本当りには、7本のケーブルが配置され、施工方法は、インフレクションポイントを施工目地とした三分割工法を行なった。(Fig-1, Fig-2 参照)

計測項目は、一主桁につき、1本のケーブル端に、センターホール型ロードセルをセットして行ない、緊張力測定と、橋りょう全体をジャッキアップした支点反力測定、及び桁の安全性を確認した、不等沈下支点反力測定である。(Table-1 参照)

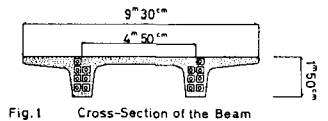


Fig. 1 Cross-Section of the Beam

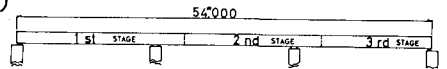


Fig. 2 Side View of the Beam

3. クリープ係数式

i) CASE-A<sub>1</sub>

本橋設計に用いた、Dischinger, Whitneyの式  

$$E_s = 1.5 \times 10^{-5}, \phi_{s0} = 2.0, \phi_t = \phi_{s0} \left(1 - e^{-\frac{t}{190}}\right), t: \text{秒単位}$$

ii) CASE-A<sub>2</sub>

CASE-A<sub>1</sub>式のジュリソケージ、最終クリープ係数を、

58鉄設のものとして、クリープ進行係数を80とした。

$$E_s = 2.0 \times 10^{-5}, \phi_{s0} = 2.6, \phi_t = \phi_{s0} \left(1 - e^{-\frac{t}{80}}\right), t(\text{日})$$

iii) CASE-B

H. Rüschの式で、(58鉄設採用式)

$$E_s = 2.0 \times 10^{-5}, \phi_{s0} = 2.40 \text{ (二次施工段階)}$$

$$\phi_{s0} = 2.44 \text{ (三次施工段階)}$$

$$\phi(t, t_0) = \phi_{s0} \beta_d (t - t_0) + \phi_{s0} \{B_f(t) - B_f(t_0)\}$$

計測項目	目的	計測頻度
ケーブルの緊張力測定	緊張力の経時変化から桁のクリープ変形挙動を把握する	緊張後3日目ごとに1回 計15回
支点反力測定	実測値と理論値との比較	各施工段階ごとに 計2回
不等沈下による支点反力測定	桁の安全性の確認	3径間完了後1回 4ケースについて!

Table-1 Items of the Experiment

#### 4. 計測結果と算出値との比較

Fig-3は、各クリープ係数式を表わしているが、ここで、H. Rüschの式であるCASE-B式が、持続荷重載荷後の経過日数が少ない3週間程度の範囲においては、Dischingerの式であるCASE-A<sub>1</sub>、CASE-A<sub>2</sub>と比較して、クリープ進行度が大きいことが理解できる。

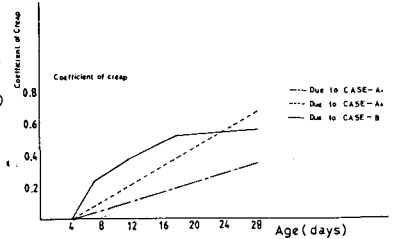


Fig.3 Graphical Sketch of Eq. CASE(A)(A)(B).

Fig-4は、鋼材の見掛けのリラクゼーションを控除して、各クリープ係数式で計算した、鋼材の引張力の経時変化曲線と、ロードセルを介して直読した値をプロットしている。

これによると、計測値は、おおむね、3週間程度までは、破線のCASE-A<sub>2</sub>に近い値を示している。しかし、日数の経過とともに、実線のCASE-BであるH. Rüschの式に近い値を示していることが判る。

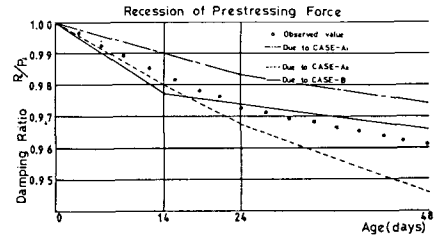


Fig.4 Test Results Compared with Theoretical Values

Table-2、Table-3は、プレストレス反力を含んだ、各施工段階ごとの、二次反力の実測値であり、Fig-5、Fig-6は、各クリープ係数式で求めた二次反力との比を表わした図である。

Fig-5のR<sub>1</sub>、R<sub>2</sub>の値をとると、実測値は、CASE-A<sub>2</sub>に近いと言える。この時点での経過日数は、2週間程度である。Fig-6を見ると、全体的に、実測値は、CASE-Bに近いということが言える。この時点での経過日数は、25日程度である。

Unit(ton)	Support Position		
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
Observed Value	48.2	-74.5	35.0
CASE-A <sub>1</sub>	36.7	-69.7	33.1
CASE-A <sub>2</sub>	38.3	-72.7	34.4
CASE-B	39.9	-76.0	36.1

Table.2 Secondary Reaction On The Second Stage  
(Including The Prestress-Reaction)

#### 5. おわりに

今回の計測は、短期間であったため、十分なデータは、得られなかったものの、結論として以下の事が導かれる。

- ① 持続荷重載荷後の経過日数が少ない範囲(3週間程度)においては、Dischingerの式が、実測値とより良く一致した。
- ② 経過日数の増加とともに、実橋計測値は、H. Rüschの式に近づいて行く。分岐材今日数は、3週間程度と思われる。

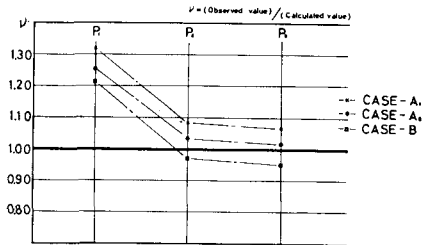


Fig.5 The Ratio of Observed Value to Calculated Value  
(On The Second Stage)

#### 6. 補追

- ① 不等沈下支点反力測定によって得られた、沈下に伴う、反力の変化量は、設計で用いたCASE-A<sub>1</sub>式の算出値の50%程度であった。
- ② 緊張力測定より得られた結果から、今回のスパン20m程度で、固定端の緊張力は、導入端の84%であり、設計値の77%を上まわった。

Unit(ton)	Support Position			
	R	R <sub>1</sub>	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>
Observed Value	33.3	-18.2	-57.7	42.7
CASE-A <sub>1</sub>	29.5	-18.1	-51.1	39.7
CASE-A <sub>2</sub>	33.8	-25.0	-49.9	41.1
CASE-B	33.1	-22.4	-52.8	42.1

Table.3 Secondary Reaction On The Final Stage  
(Including The Prestress-Reaction)

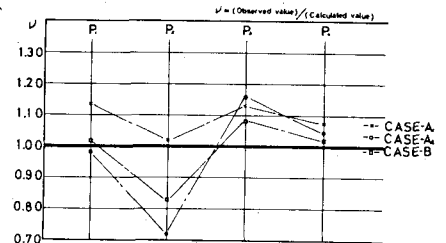


Fig.6 The Ratio of Observed Value to Calculated Value  
(On The Final Stage)