

(155) 六美高架橋の多径間連結化について

日本道路公団 東京建設局 田中 伊純
 日本道路公団 宇都宮工事事務所 佐藤 司
 六美高架橋共同企業体所長 阿部 裕
 オリエンタル建設 東京支店 ○ 大信田 秀治

1. はじめに

六美高架橋は、北関東自動車道の壬生インターチェンジの東側に位置し、P R Cプレテンション中空床版桁による多径間連結構造を主とした橋長約2700mの橋梁である。本橋では、走行性、耐震性、維持管理の向上および近隣地区に与える騒音の低下を実現する構造として多径間連結構造を採用している。多径間化を実現する上で課題となるのが、①主桁のクリープ・乾燥収縮・温度変化によって橋脚に作用する不静定力の正當な評価②主桁の残留クリープ・乾燥収縮の低減である。

本稿では、モデル試験で検証された橋脚に作用する不静定力を橋脚のクリープ変形を考慮して解析する手法、および不静定力低減方法を報告する。

2. 工事概要

工事名：北関東自動車道六美高架橋（P C上部工）工事
 路線名：高速自動車国道 北関東自動車道 高崎水戸線
 工事箇所：自）栃木県下都賀郡壬生町大字寿町
 至）栃木県下都賀郡石橋町大字下古山

橋 長：2 7 4 3 . 5 m（上下線分離構造）	有効幅員：9 . 8 7 5 m
道路規格：第 1 種 2 級 B 規格	平面線形：R = 3 5 0 0 m ~ 0
設計速度：1 0 0 km / h	縦断勾配：0 ~ 1 . 1 6 3 %
設計荷重：B 活荷重	横断勾配：2 . 0 0 %
形 式：P C 単純合成桁橋	
P R C 単純中空床版橋	
多径間連結 P R C プレテンション中空床版橋	

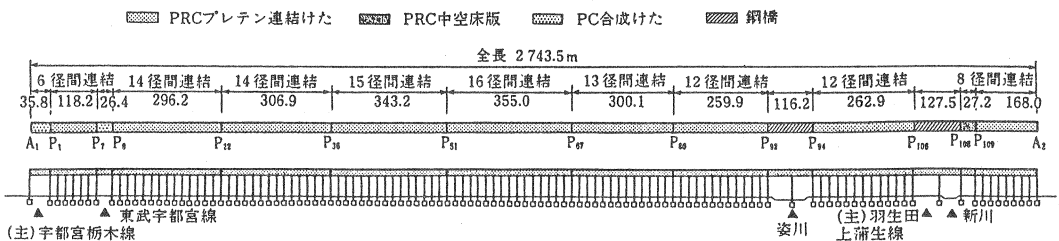


図-1 六美高架橋全体図

3. 橋脚の不静定力の算定

3.1 脚の剛性評価

橋脚には、主桁に導入されたプレストレスによるクリープ変形および乾燥収縮に起因する水平力が持続的に作用する。従来の設計手法では、この変形に対して橋脚が抵抗する力を弾性解析で求めていた。しかし、持続载荷される荷重に対して、コンクリート部材はクリープ変形をしており、クリープ変形を考慮すれば、同じ変形を与える力が弾性解析値より小さいことになる(図-2)。本橋ではこの橋脚のクリープ変形による影響を有効弾性係数に置き換え、剛性評価することとした(以下、 E_e 解析と呼ぶ)。

$$E_e = E_c / (1 + \kappa \phi)$$

ここに

E_c : 設計弾性係数

E_e : 解析上弾性係数 (有効弾性係数)

κ : 材令定数

ϕ : 残留クリープ係数

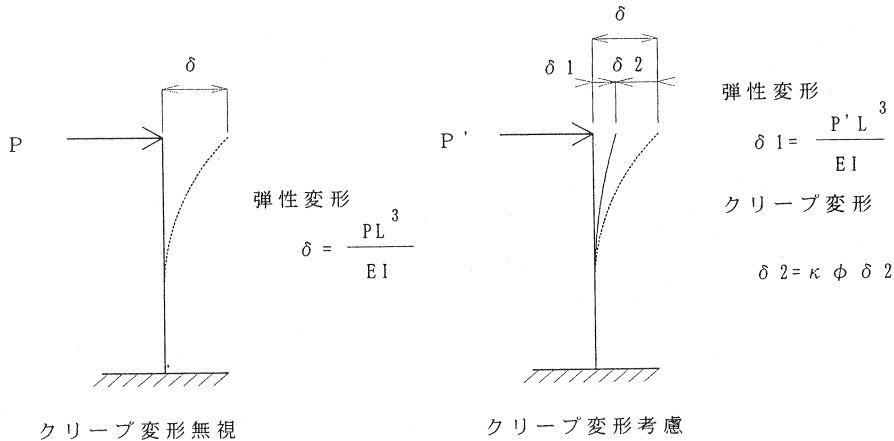


図-2 橋脚のたわみ

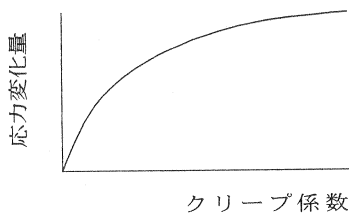


図-3 クリープ係数と応力変化の関係

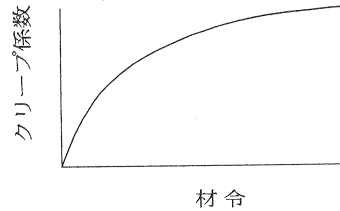


図-4 クリープ係数と材令の関係

有効弾性係数を与える式中、 κ を設定する必要がある。図-3、図-4で示すとおり、クリープ係数は材令・応力変化量と1次比例しない。従って、 $0.5 \leq \kappa \leq 1.0$ の範囲に仮定することができる。本橋では、橋脚クリープに関するモデル試験を行っており、材令係数についてはその結果から $\kappa = 1$ と定め、解析に用いることにした。

3. 2 橋脚クリープ試験

本試験は、P R C桁連続橋モデル試験体を用いて、桁のクリープ・収縮による橋脚のクリープ変形と不静定力の関係を的確に把握し、相互関係を明らかにすることを目的としている。供試体は図-5に示す形状とし、梁部に実橋と同レベルのプレストレスを導入する方法で長期変位、ひずみを計測した。また、キャリブレーション用供試体（本体供試体の梁部分をφ13 P C鋼棒に置き換えたもの）に本体橋脚に発生する同等の変位を与え、その作用水平荷重を測定することで、本体橋脚に発生する曲げモーメントを算出した。試験結果および従来の橋脚クリープを用いない解析との比較を表-1に示す。橋脚に同じ変位を与えるために必要な水平力がE e解析値と実測値で一致しており、橋脚クリープを用いない解析値との明らかな相違が確認された。よって、E e解析で詳細設計を行うことが正当であると評価した。

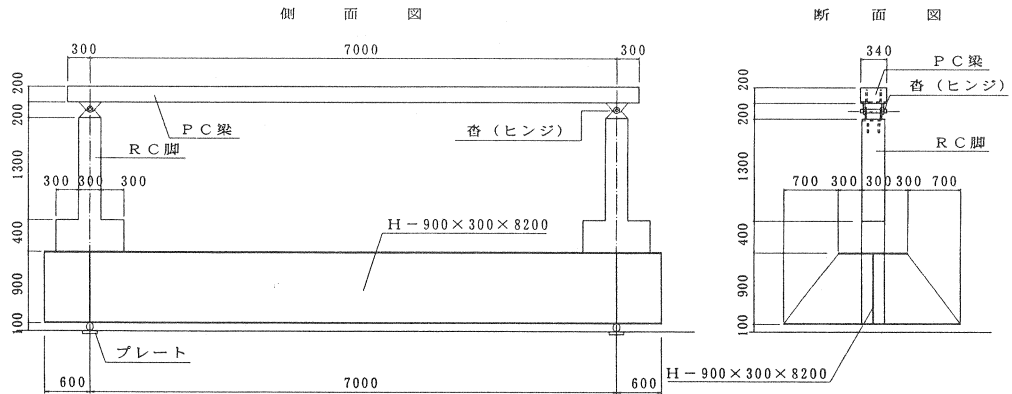


図-5 橋脚クリープ試験体概要図

表-1 橋脚天端の作用水平力-変位の関係

	実験値	E c解析	E e解析
変位(mm)	0.4	0.4	0.4
作用水平力(tf)	0.2	0.8	0.2
脚の弾性係数 (tf/m ²)	2.5 E 6	2.5 E 6	0.5 2 E 6 残留クリープ 3.8 材令係数 1.0

3. 3 クリープ・乾燥収縮の進行

主桁の連結以降に生じるクリープ・乾燥収縮に起因する不静定力は、温度ひずみに置き換えて計算されている。本橋では、主桁を最低6ヶ月以上単純支持状態で橋脚上に放置することで残留ひずみの軽減を計っている。表-2に示すとおり、3ヶ月・6ヶ月それぞれ放置した場合と比較すると、温度換算で8℃相当残留ひずみが軽減されている。工程が許す限り連結工を遅らせることが残留ひずみ（不静定力）を減じる方法のひとつであり、多径間化を実現するうえでの重要な要因となる。

表-2 クリープ・収縮ひずみと主桁放置期間の関係

主桁放置期間	クリープひずみ		収縮ひずみ		温度換算合計 (°C)
	残留クリープ	温度換算	残留収縮度	温度換算	
90日	1.39	16.0	-170μ	17.0	33.0
180日	1.21	14.0	-110μ	11.0	25.0
540日	0.93	10.7	-42μ	4.2	14.9

* 上記値は、クリープ・収縮用モデル試験体の実測値から得た関係式から算出している。

3. 4度変化補正

橋脚に作用する温度変化による不静定力は、標準気温に対し $\pm 15^\circ\text{C}$ 相当を設計上考慮している。しかし、上部工を連結する時期を夏季に想定した場合、その時点での温度が設計上の標準気温(仮に 30°C とする)となるため、冬季(仮に 5°C とする)においては、実際の温度変化が -25°C にもなり、設計値に比べて 10°C 分の温度変化による水平力が脚に作用することになる。クリープ・乾燥収縮とこの温度変化の影響は加算されるため、連結支間が長いほど顕著に脚の耐力に影響を及ぼす。

本橋では、連結工を冬季に限定することで、温度変化により脚に作用する水平力を軽減した。言い換えれば、設計上の温度変化 15°C はそのまま、クリープ・乾燥収縮を見かけ上軽減したことになる。 10°C 相当の温度ひずみは、表-2の180日、540日項で示すとおり1年間の放置期間に相当するものであり、多径間化を実現する上で有効な手法となる。

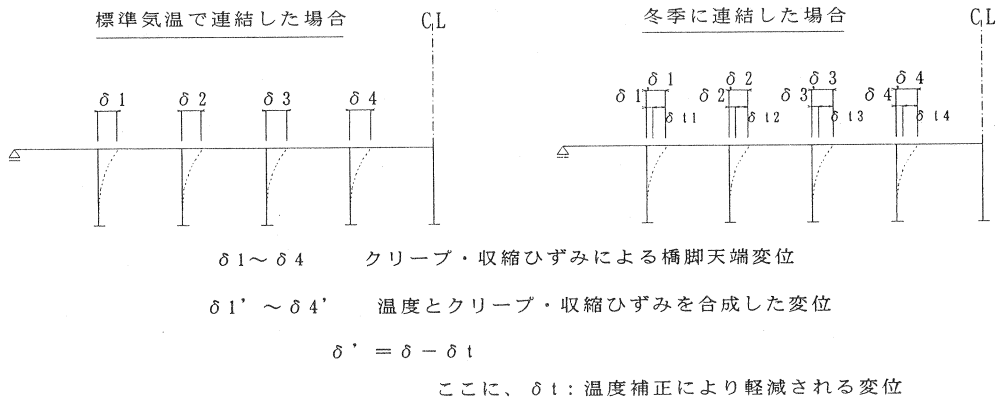


図-6 温度変化補正による橋脚天端変位の軽減概念

4. おわりに

解析の条件として、橋脚のクリープ変形、主桁放置期間の設定による残留クリープ・乾燥収縮ひずみの軽減、連結する季節による温度変化補正、この3つを取り入れることで、六美高架橋は、最大16径間・355mにも及ぶプレテンション桁による多径間連結構造を実現した。

従来の設計手法で計画した場合に比べて、温度変化に換算して 30°C 以上の不静定力の軽減効果を期待できるため、いままでの設計手法では限界であった多径間化を現実化させる有効な手法となった。

更に複雑化した計算手法としては、橋脚のひびわれを考慮した非線形的な解析や基礎構造物のクリープ変形を考慮する手法などが考えられるが、構造物の実挙動と解析値にある程度の安全率を持たせる意味で、本橋で用いた解析手法は妥当と判断する。

今後、耐震性や伸縮装置による騒音を考慮し、多径間連続構造が増加するものと予想されるが、プレテンション桁を用いる場合、主桁を放置する場所、連結時期を自由に設定できる工期など計画段階から想定する必要がある。対象となる構造物の立地条件、必要条件、経済性を踏まえた上で今後も適用していきたい。

尚、橋脚クリープ試験および設計全般について色々ご指導頂いた広島大学佐藤教授には、誌面を借りて厚く御礼申し上げる次第である。

【参考文献】 (財) 高速道路技術センター: 北関東自動車道構造物に関する技術検討(その3)、1997.3