

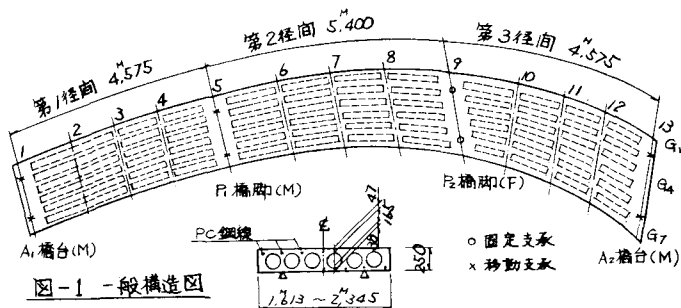
日本道路公団 正会員 中島英治
日本道路公団 正会員の〆塚 博
(株)鴻池組 正会員 小野紘一

1. まえがき

近年、高速道路の建設において用地問題が深刻化し、特にインターチェンジ等ではできる限り小さなスペースで計画されるため、ランプ等は最大限許容される曲率の大きい線形を多用せざるを得ない。日本道路公団山陽自動車道竜野西I.C.S.Aには、曲線半径 $R=30m$ を一部に含むランプ橋があり、3径間連続PC中空床版で計画されている。本橋は曲線半径が小さいばかりでなく、全橋に渡って幅員が変化し、橋台・橋脚で斜角を有している等非常に複雑な構造をしている。このようなPC曲線橋は他に実施例が少なく、現在一般に用いられている設計手法の妥当性が検証されているとは言い難い。本報告は、本橋施工に先立って模型実験を実施し、プレストレス導入時のPC曲線橋の力学的挙動およびPC鋼線緊張力の摩擦損失について検討したものである。

2. 模型

模型は使用材料、相似律および製作上より長さで実橋の $1/4$ とし、実橋と模型の応力が $1:1$ となるよう各諸量を決定した。図-1は模型の形状であり、本模型では張り出し部、橋面構造物および縦横断面勾配は無視した。PC鋼線は、実橋が3本/桁(12T12.4mm)



に対し模型は1本/桁(19本より17.8mm)、緊張力は実橋の有効プレストレスと同程度とするため17本/本とした。また、支承部鉛直および水平反力の測定のためロードセルを用いた。なお、試験時の測定項目および測点数は表-1に示すとおりである。

表-1 測定項目および測点数

測定項目	測点数
鉄筋のひずみ	288
PC鋼線のひずみ	91
コンクリート表面のひずみ	87
変位量	19
支承部反力	16

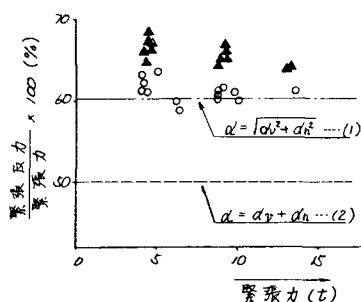
3. 試験方法

試験は片引き試験とプレストレス導入試験の2通り行なった。片引き試験はA側およびA2側より各鋼線を単独に緊張し、他端に伝達された緊張力をロードセルにより測定することにより緊張力の摩擦損失を求めた。また、プレストレス導入試験は、実橋と同じ両引きによって各鋼線を緊張し、プレストレス導入時および導入完了後の支承反力、床版の異常な応力および変形の有無等を確認した。

4. 試験結果および考察

図-2は片引き試験におけるPC鋼線の緊張力と他端の緊張反力の比率を示したものである。この結果では、PC鋼線とシースとの間の摩擦による緊張力の損失は約35%~40%であり、曲率の大きいA2側から緊張した場合の方が少なかった。また、計算においては角変化の鉛直成分と水平成分の扱い方が問題となるが、本試験から $\alpha = \alpha_v + \alpha_h$ とするより、 $\alpha = \sqrt{\alpha_v^2 + \alpha_h^2}$ とする方が実測値と

図-2 PC鋼線緊張力の摩擦損失



緊張側	記号
A1側	○
A2側	▲

計算式

$$\frac{\text{緊張反力}}{\text{緊張力}} = e^{-(\mu\alpha + 2\lambda x)}$$

μ : 0.3
 λ : 0.004
 α_v : 鉛直方向角変化 (ラジアン)
 α_h : 水平方向角変化 (ラジアン)
 x : 緊張端からの距離 (m)

よく適合することがわかった。

図-3は中央桁 G_6 と曲線外側の桁 G_1 のPC鋼線を緊張した時の主筋ひずみ分布を示したものである。この結果より、中央桁 G_6 のPC鋼線を緊張した場合、緊張端よりわずかな区間で床版全体に均等にプレストレスが導入されていることがわかる。また、曲線外側の桁 G_1 のPC鋼線を緊張した場合にも、側径間では断面内および水平面内の曲げによってプレストレスが床版全体に分布しているが中央径間で水平面内の曲げによる影響が省の拘束力によって取り除かれ、均等なプレストレスが導入されていることがわかる。なお、曲線内側の桁 G_1 のPC鋼線緊張時にも同様であった。したがって、プレストレス導入時には各桁が一体となった版としての挙動をするため、設計時のプレストレスの計算は、各桁単独ではなく全体で行う必要があると思われる。

水平反力は、曲線外側の G_1 桁の緊張時には床版が直線になる方向に変形しようとして、それに応じた反力が発生し、内側の G_7 桁の緊張時には、これとは対称な挙動を示した。なお、水平反力が最も小さくなるのは、中央より1つ内側の G_5 桁緊張時であった。図-4は、試験結果を利用して、PC鋼線の緊張順序を種々変化した場合の支承部水平反力を示したものである。これより、緊張時に発生する水平反力を最小とする順序は、中央桁 G_6 からではなく、1つ内側の G_5 桁より緊張する場合であることがわかった。

図-5は、プレストレス導入完了後の支承部水平反力および鉛直反力を示したものである。この結果より、水平反力から床版は直線になる方向へ変形しようとしていることがわかる。この水平反力は実橋に換算すると、省設計時における橋軸直角方向水平反力(地震時)の約6~42%に相当し、無視しうるものではない。したがって、設計および施工時には、できるだけプレストレス導入による水平方向の変形を拘束しないよう配慮する必要があると思われる。また、鉛直反力からは、中間支点では床版の曲線内側は浮き上がろうとし、曲線外側は沈み込もうとしており、その結果として、プレストレス導入によって床版にねじりモーメントが発生していることがわかる。このプレストレス導入による鉛直方向の2次反力は、実橋に換算すると設計反力の1~6%程度であり、本橋に関してはほとんど問題にはならないと思われる。

なお、このプレストレス導入試験を通じて、橋体には異常な応力および変形の発生は認められなかった。

図-3 鉄筋ひずみ分布図(下側主筋)

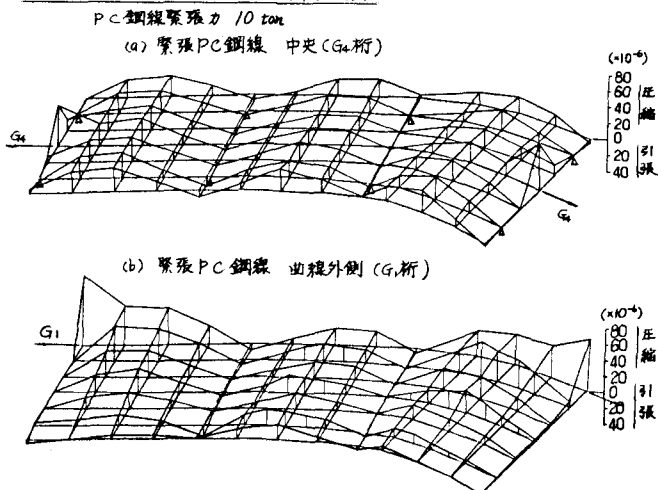


図-4 PC鋼線緊張順序の相違による支承部水平反力

支承位置: A1橋台 曲線外側

番号	記号	緊張順序
①	---	$G_5-G_4-G_3-G_2-G_7-G_2-G_7$
②	---	$G_4-G_3-G_2-G_2-G_4-G_7-G_7$
③	---	$G_7-G_2-G_2-G_4-G_4-G_7$
④	---	$G_7-G_4-G_4-G_4-G_3-G_2-G_7$

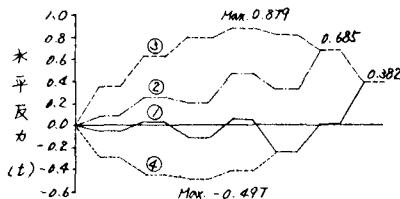


図-5 PC導入完了後の支承部反力

