

(81) 山陽自動車道 姥ヶ原橋の上げ越し管理

日本道路公団 過能 凡夫
 同上 志田 裕昭
 オリエンタル建設㈱ 正会員 栗川 明
 同上 正会員 ○正司 明夫

1. はじめに

PC橋の張り出し架設工法では、橋梁の高さ管理がもっとも重要な施工管理のひとつとなる。すなわち、後続する施工過程のたわみをあらかじめ算定しておき、そのたわみの集計結果に基づいて、当該ブロックの施工高さを想定して、コンクリートの打設高さを決めることとなる。なおかつ、この時点で想定した施工高さは後日変更することが困難であり、完成時の橋梁高さは、この時点で決定されるといってよい。また、この上げ越し管理は、橋梁完成時に高さ測定を行えば容易にその精度が判定できるものである。

一方、橋梁施工における高さ管理規定は、支間の長短・橋脚高・剛結の有無等の構造条件にかかわらず一定の値(25mm程度)をとることが多く、一般に橋梁規模が大きくなればより困難になる。

今回対象とした橋梁は、最大支間140m、最大橋脚高さ58mの4径間連続PCラーメン箱桁橋であり従来のものより、比較的規模の大きいものである。当然その施工中のたわみ変化も大きく、上越し管理も困難となる。本文では、実際に採用した計算方法およびその計算に適合させるために採用した支保工設備について記述する。なお、姥ヶ原橋の構造一般図を図-1に示す。

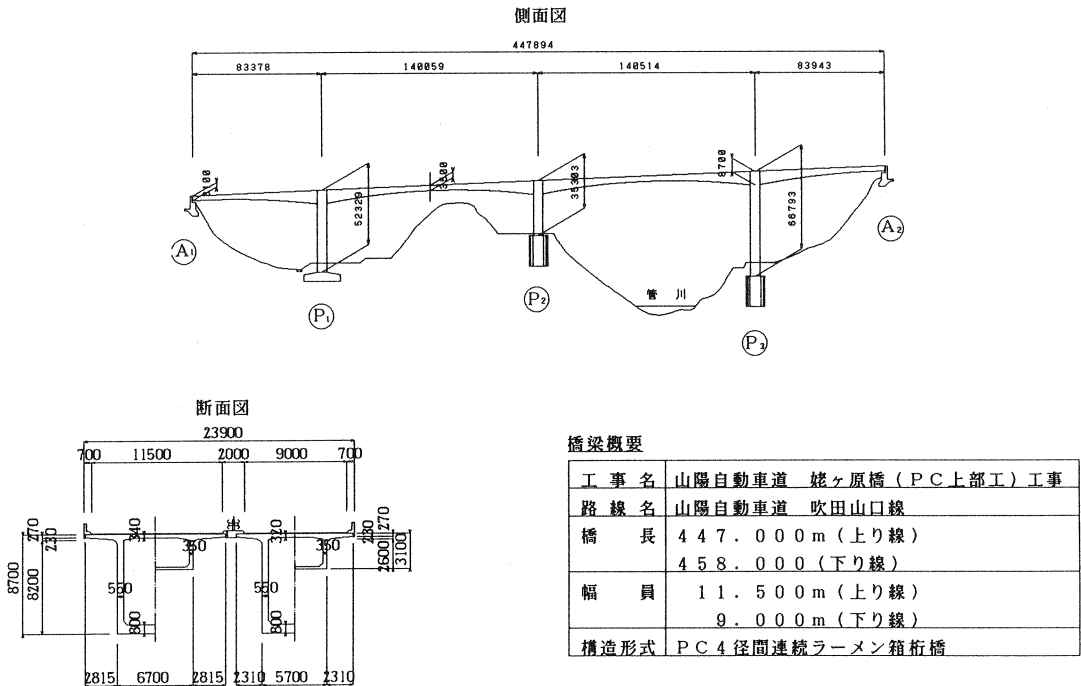


図-1 全体一般図

2. 上げ越し計算

本橋のような、張り出し架設工法による連続ラーメン箱桁橋の上げ越し計算においては、弾性たわみは橋脚のひびわれ・基礎の塑性化等の問題が発生しないかぎり特に問題になることは少なく、計算値との誤差が生じ易いのは、クリープ・乾燥収縮および温度(上床版とウェブ・下床版の温度差および不静定構造になってからの全体温度変化)によるたわみである。例としてP2橋脚の施工開始時から竣工時までのクリープ・乾燥収縮によるたわみに着目すると(図-2参照)最大8cm程度とかなりの大きい数値となっており、慎重な検討を必要とする。そこで、本橋では、各施工ブロック毎に材令を変えたクリープ係数および乾燥収縮度を算出した。式(1)¹⁾²⁾³⁾に基づいて、クリープ・乾燥収縮によるたわみを算出したが、実橋では、鋼材(鉄筋・PC鋼棒)等が変形を拘束するため、上記による計算値より変形量は少なくなる傾向にある。また、鋼材の拘束を考慮したクリープ解析を行うことも提案されているが⁴⁾、施工段階毎の鋼材の拘束を考慮することは複雑であるので、本橋の上げ越し計算においては、上記の方法で算出したクリープ・乾燥収縮によるたわみ量に対して低減係数を乗じることで対処した。なお、低減係数は既に施工された同等の(鋼材量/断面剛性)比を有する橋梁のクリープによるたわみ量を参考に決定した。また、温度によるたわみは、上げ越し計算の段階では、各々の閉合時の気温を予測して対処するしか方法がないため、付近の過去4年の気温を参考にして温度によるたわみ量を加算して設計上げ越し量を決定した。なお、過去4年の気温を表-1に示す。

$$\Delta \epsilon_{\psi} = \frac{\sigma_{t0}}{E} \psi_t + \frac{\Delta \sigma_t}{E} \cdot \frac{\psi_t}{1 - e^{-\psi_t}} \quad (1)$$

- ここで、 $\Delta \epsilon_{\psi}$: クリープひずみ変化
- σ_{t0} : $t = t_0$ での応力度
- $\Delta \sigma_t$: $t = t_0 \sim t = t$ までに発生する応力度
- ψ_t : $t = t_0 \sim t = t$ までのクリープ係数
- E : コンクリートの弾性係数

東広島地区気温(過去4年)

また、側径間閉合時には、ウェブ・下床版を打設した後、上床版を打設するため、上床版打設時にはウェブ・下床版が変形を拘束する。よって、この拘束の影響を上げ越し計算の際に考慮した。

また、計算プログラムは施工手順、工事工程の変更にも工事現場で容易に対応できるようにパソコンで処理できるものを開発し使用した。

最高気温	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
昭和63年	8.5	6.9	10.0	17.1	21.6	25.0	28.6	30.0	26.3	20.1	13.6	9.8
平成元年	9.2	8.9	12.0	19.3	21.3	24.8	29.0	29.5	26.1	20.5	15.9	10.5
平成2年	6.2	9.6	12.9	17.0	21.9	26.5	30.1	31.8	26.2	20.4	17.2	10.1
平成3年	6.7	6.7	12.4	18.2	20.7	25.8	28.6	29.6	27.1	20.6	14.8	11.3
平均	7.7	8.0	11.8	17.9	21.4	25.5	29.1	30.2	26.4	20.4	15.4	10.4

最低気温	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
昭和63年	-1.7	-2.9	0.2	4.3	10.4	16.7	21.5	20.7	17.2	9.0	1.0	-2.7
平成元年	-0.9	-0.2	0.0	5.6	11.7	15.4	20.3	20.7	18.1	7.8	5.0	-1.1
平成2年	-2.6	0.9	1.5	5.3	11.0	17.2	21.3	21.2	18.6	10.1	5.7	-0.2
平成3年	-1.4	-2.5	2.7	6.8	10.9	18.4	21.3	20.8	17.7	9.8	2.6	0.5
平均	-1.7	-1.2	1.1	5.5	11.0	16.9	21.1	20.9	17.9	9.2	3.6	-0.9

平均気温	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
昭和63年	3.0	1.9	5.3	10.9	16.0	20.6	24.6	24.9	22.4	14.2	7.1	3.1
平成元年	4.4	4.3	6.1	12.4	16.2	19.9	24.3	24.7	21.7	13.8	9.9	4.3
平成2年	1.8	5.4	7.3	11.5	16.6	21.9	25.4	21.1	22.2	15.1	10.8	4.8
平成3年	2.6	2.1	7.4	12.6	15.9	21.9	24.7	24.9	22.1	15.2	8.5	5.6
平均	3.0	3.4	6.5	11.9	16.2	21.1	24.8	23.9	22.1	14.6	9.1	4.5

表-1 過去4年気温

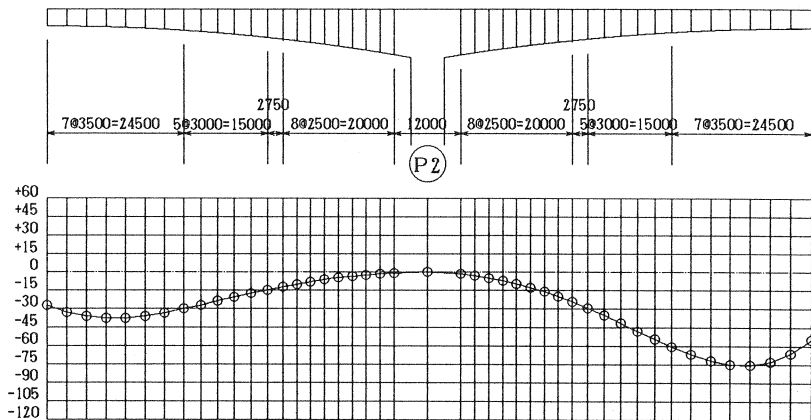


図-2 クリープ・乾燥収縮によるたわみ

3. 上げ越し管理

上げ越し管理においては、たわみ測定は光波測距儀およびレベルを使用した。また、上げ越し量を補正するための温度管理は主桁内の上床版3ヶ所・ウェブ2ヶ所・下床版1ヶ所に熱電対を埋め込んで測定した。熱電対の埋め込み位置を図-3に示す。

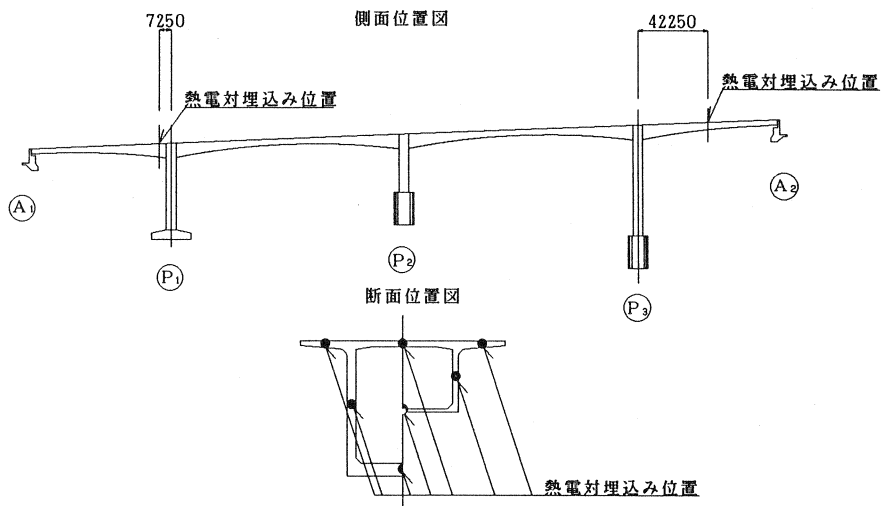


図-3 熱電対埋め込み位置図

以上に示したような上げ越し計算および上げ越し管理の結果、弾性たわみ等は計算値と誤差が生じた場合、補正係数で対処できるように計画していたが、当初計算した上げ越し量を途中で修正することなく図-4に示すような十分満足できる結果が得られた。

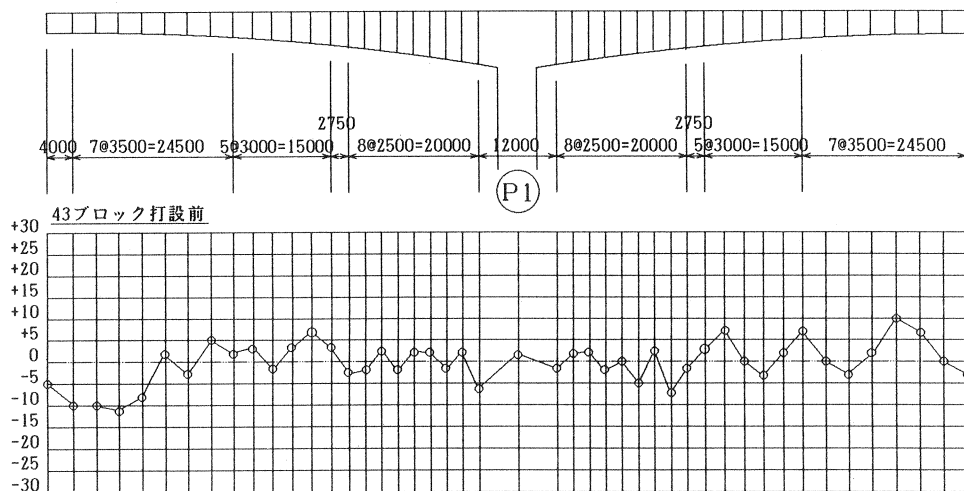
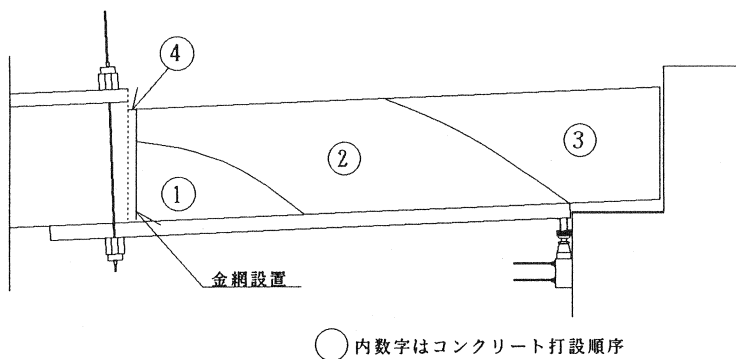


図-4 実測値と計算計画高さとの差

4. 側径間支保工設備

側径間支保工設備は、上げ越し計算で仮定された構造との適合性を考慮して決定した。特に、閉合部はコンクリートを打設すると後の修正が困難であり、既設ブロックとの接合部は折れが生じることになるのでより慎重に対処した。

上げ越し計算では、側径間のウェブ・下床版打設時は、支保工・型枠材の拘束の程度を考慮するのが困難なため、力学モデルに置き換え易いピン構造で仮定して計算したので、側径間支保工はできるだけ変位を拘束しないようなピン構造にした。またコンクリート打設時には、打設されたコンクリートがある時間経過すると変形を拘束するようになるため既設ブロックとの間に隙間を設けて低い方から順番に片押しでコンクリートを打設し、最後に既設ブロックとの間を金網を設けて開けておいた隙間にコンクリートを打設した。打設順序を図-5に示す。また、側径間支保工設備を図-6に示す。



○内数字はコンクリート打設順序

図-5 側径間打設順序図

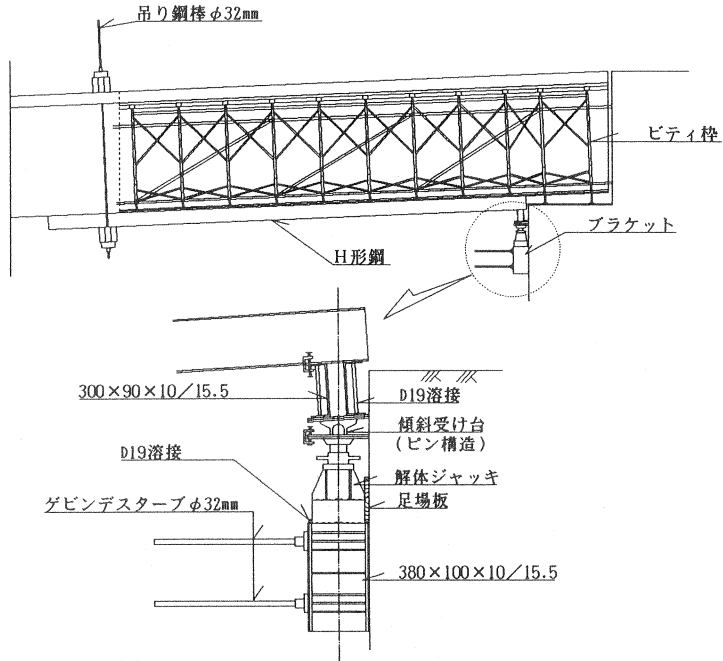


図-6 側径間支保工図

5. まとめ

以上の結果、側径間閉合前で2cm程度橋面が高くできたため、側径間打設前に20t程度のカウンターウェイトを最終ブロックに載荷後コンクリートを打設した。しかし、この2cmには、本橋のような橋梁の場合橋面高さが低くできれば閉合後、端支点をジャッキアップするなど繁雑な作業が必要になるが、高い場合上述のような比較的簡単な方法で対処できるため計算値より若干高めに施工計画高さを決めたものも含まれている。

最終出来形は図-7-1、図-7-2のようになり、許容値25mmを満足するものが得られた。本橋のような比較的スパン長が長く、高橋脚の橋梁においても以上の方法で対処できる結果が得られた。

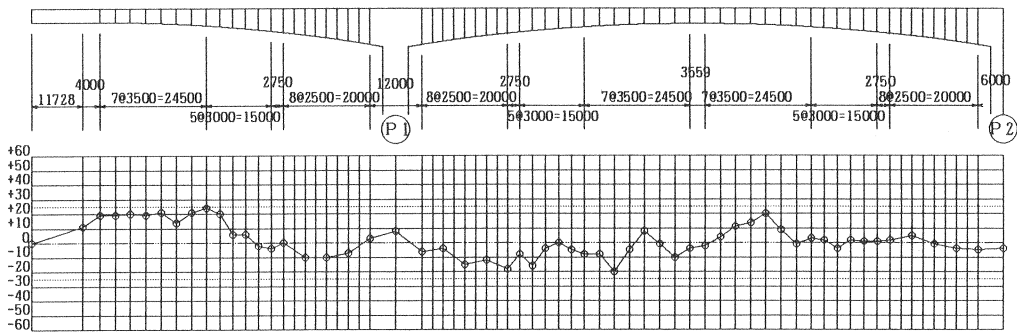


図-7-1 最終出来形（実測値と計画高との差）その1

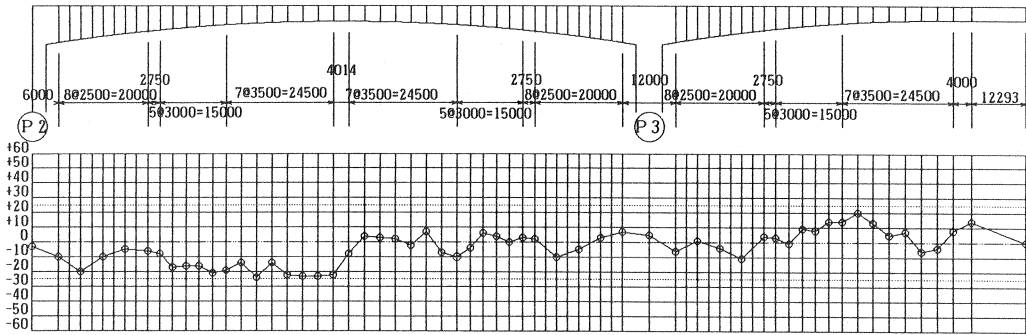


図-7-2 最終出来形 (実測値と計画高との差) その2

以上より、今回特に留意した点をまとめると次のようになる。

- 1) クリープ・乾燥収縮によるたわみは、同等の (鋼材量/断面剛性) 比を有する橋梁のクリープ・乾燥収縮によるたわみを参考にして、低減係数を用いることによって対処できる。
- 2) 温度によるたわみは、上げ越し計算の段階では、付近の過去5年の気温を参考に閉合時の気温を予測して対処すればよい。なお、施工時には計算たわみより若干大きめに考慮するのがよい。
- 3) 施工設備は、上げ越し計算で仮定された構造との適合性を考慮して決定すること。
- 4) コンクリートの打設は、変形を拘束しないような打設方法を採用すること。
- 5) コンクリートの打設を2回に分ける場合は、1回目に打設したコンクリートの剛性を考慮して、上げ越し計算を行うこと。

6. おわりに

姥ヶ原橋は平成5年9月に正式名称「矢谷橋」として無災害で竣工をむかえることができた。今回の報告が、今後の同様な橋梁に際し、少しでも参考になれば幸いである。

7. 参考文献

- 1) 本間秀世・森田雄三：不静定PC構造物のクリープによる影響、プレストレストコンクリート、第19巻第4号、pp. 24~35、1977. 8
- 2) 猪股俊司：プレストレストコンクリートに対するクリープの影響、プレストレストコンクリート、第18巻第2号、pp. 2~15、1976. 4
- 3) 百島祐信・訳：コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮、H. リュツシュ著
- 4) 小宮正久・酒井一・前田晴人：任意形コンクリート構造物のクリープ解析法に関する一提案、第29巻第2号、pp. 8~17、1987. 3-4