

第 I 部門

二重合成 2 主 I 桁橋における床版のコンクリート打込み順序に関する一検討

大阪工業大学大学院 学生員 ○岡山尚輝
大阪工業大学 正会員 今川雄亮

日本ファブテック(株) 正会員 柳尾 唯
大阪工業大学 正会員 大山 理

1. はじめに

橋梁分野では、複合構造をはじめとした新形式の橋梁の開発・研究が行われている。その中で、連続合成桁橋の合理化を図った構造である鋼・コンクリート二重合成 2 主 I 桁橋に着目した。連続合成桁橋の場合、コンクリートの打込みによって、中間支点上の上床版に制限値以上の引張応力が作用する可能性がある。さらに、二重合成構造の場合、下床版に圧縮応力が作用するため、この値を制限値以下に抑える必要性も出てくる。

そこで、本稿では、3 径間連続二重合成 2 主 I 桁橋を対象としてコンクリート打込み順序の検討を行い、上床版に作用する引張応力、下床版に作用する圧縮応力の低減および道路橋示方書¹⁾の規定に準拠した制限値以下での本橋の施工可能性の確認を目的として行った検討結果について報告する。

2. 解析条件

対象橋梁は、「連続合成 2 主桁橋の設計例と解説²⁾」を参考とした 3 径間連続二重合成 2 主 I 桁橋(支間長: 50m+50m+50m)とする。対象橋梁の側面および断面を図-1 および図-2 にそれぞれ示す。上下床版について、打込み長は床版打ち下ろし部を 6.25m、下床版を負曲げ域と同等の 15.00m とし、その厚さは 300mm とした。各材齢における上下床版の特性値は、コンクリート標準示方書³⁾より算定を行った。また、各制限



図-1 対象橋梁の側面

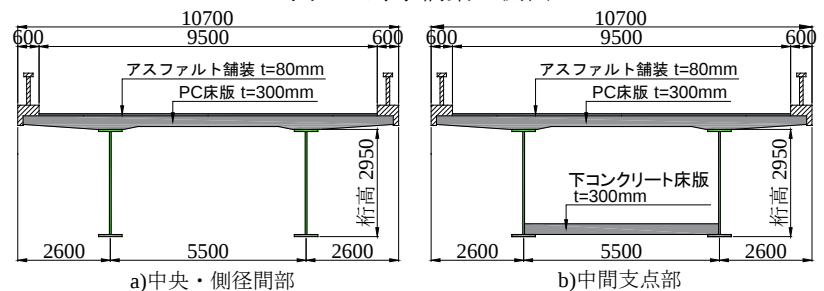


図-2 対象橋梁の断面 [寸法単位: mm]

値について、圧縮応力は、道路橋示方書における桁作用を考慮する際の値³⁾、引張応力は、圧縮応力の制限値から推定した値³⁾を用いた。表-1 に各材齢におけるコンクリートの制限値を示す。コンクリート打込み量は、施工実績より 1 日当たり 100~150m³ とした⁴⁾。また、上下床版のコンクリート打込み順序は、先に下床版のコンクリート打込みを行い、その強度発現後に上床版のコンクリート打込みを開始することを条件とする。

3. 打込み順序の検討結果と考察

上床版のコンクリート打込みに関しては、図-3 に示すように 3 つの打込み順序について考察を行う。コンクリートの打込み長は 12.5m~42.2m とし、6 ブロックに分割している。打込み順序については、第 1 案: 先に中央径間部、つぎに側径間部、最後に中間支点部の順序、第 2 案: 先に側径間部、つぎに中央径間部、最後に中間支点部の順序ならびに第 3 案: 中間支点部の打込み長を延長した第 2 案の順序とした。なお、床版打ち下ろし部は実際の施工を参考にして他のブロック打込み後に打込みを行うものとした。打込み順序の検討において格子解析ソフト JIP-SPECER(JIP テクノサイエンス(株))を用いて断面力およびたわみの算出を行った。

表-1 各材齢における制限値(正:引張,負:圧縮)

	材齢11日	材齢22日	材齢28日以降
圧縮強度(N/mm ²)	-12.1	-13.0	-13.0
引張強度(N/mm ²)	1.81	2.01	2.07

表-2 各案における最大作用応力

	上床版(N/mm ²)		下床版(N/mm ²)	
	作用応力	制限値	作用応力	制限値
第1案	1.87	2.07(0.93)	-6.09	-13.0(0.47)
第2案	0.94	1.81(0.52)	-5.72	-13.0(0.44)
第3案	0.62	2.01(0.31)	-5.75	-13.0(0.44)

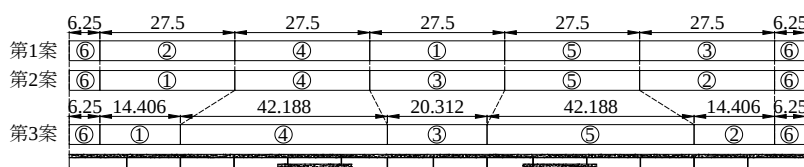


図-3 各案における打込み順序 [寸法単位: m]

a) 最大作用応力の比較

各案における最大作用応力を表-2 に示し、応力分布を図-4 に示す。表-2 より、第 1, 2 案の最大作用応力について、上床版は第 1 案： 1.87N/mm^2 および第 2 案： 0.94N/mm^2 となり、制限値に占める引張応力の割合はそれぞれ 0.93 および 0.52 となった。一方、下床版は第 1 案： -6.09N/mm^2 および第 2 案： -5.72N/mm^2 となり、制限値に占める圧縮応力の割合はそれぞれ 0.47 および 0.44 となった。このことから、対象橋梁における打込み順序の検討では、制限値に占める作用応力の割合が下床版よりも上床版の方が大きいことから、上床版に作用する引張応力に留意する必要があることがわかった。加えて、打込み順序の違いについては、先に側径間部、そのつぎに中央径間部の順序で打込みを行った第 2 案が第 1 案よりも上床版に作用する引張応力が 0.93N/mm^2 低減されることが確認できた。以上の検討より、側径間部および中央径間部の打込み時に作用する応力が中間支点部の打込み時に作用する応力よりも大きい傾向が確認されたため、中間支点部の打込み長を延長した第 3 案について検討を行った。ただし、打込み長の延長については鋼桁ブロック長を基準とした。表-2 より、第 3 案の最大作用応力は上床版： 0.62N/mm^2 および下床版： -5.75N/mm^2 となることがわかった。第 2 案と比較すると、制限値に占める作用応力の割合が上床版においては約 2 割減、下床版においてはほぼ同等となることがわかった。このことから、中間支点部の打込み長を延長することで上床版に作用する引張応力が低減されることを確認できた。

b) 最終時における最大たわみ

鋼桁の製作および架設性を考慮し、床版のコンクリート打込み順序によるたわみの検討を行った。図-5 に各案における最終のたわみ分布を示す。図-5 より、最大たわみは第 1 案(-52.2mm)が最小であるが、第 3 案(-58.2mm)との差が約 -6.0mm と小さい。そのため、本検討では作用応力により評価を行った。

4. まとめ

本検討より、対象とした 3 径間連続二重合成 2 主 I 桁橋において、道路橋示方書の規定に準拠した制限値以下での施工が可能であることが確認された。加えて、今回の条件では、先に側径間部のコンクリート打込みを行うことおよび中間支点部の打込み長を延長することが応力の低減において有用であり、今回の検討案の中では第 3 案が適切であるといえる。

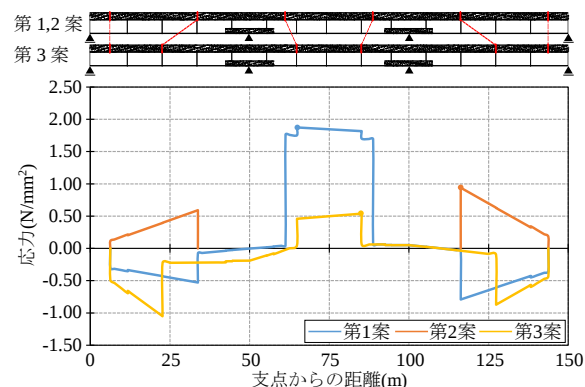
今回の検討では既存の橋梁を参考とした二重合成 2 主 I 桁橋を対象として検討を行ったが、通常、二重合成桁橋では、設計において限界状態設計法の適用および今回の対象橋梁より長支間での適用が想定される。そのため、今後は、支間長および支間割をパラメーターとしてコンクリート打込み順序の検討を行う。

【謝辞】

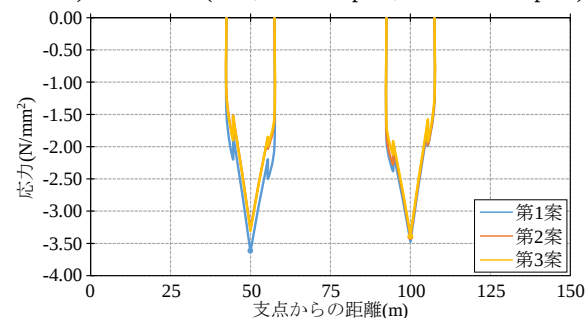
本検討を進めるにあたり、研究当時、大阪工業大学橋梁工学研究室に在籍していた柏谷美咲氏、横山祥羽氏にご協力を頂きましたことに感謝致します。

【参考文献】

- 1) (公社)日本道路協会：道路橋示方書(Ⅱ鋼橋・鋼部材編)・同解説，2017.11.
- 2) (一社)日本橋梁建設協会：連続 2 主桁橋の設計例と解説(改訂 第 3 版)，2019.9.
- 3) (公社)土木学会：コンクリート標準示方書[設計編]，2017.3.
- 4) (一社)日本橋梁建設協会：鋼橋 RC 床版施工手順書，2015.11.



a) 上床版応力(第 1,3 案: 6step 時, 第 2 案: 3step 時)



b) 下床版応力(第 1~3 案: 6step 時)

図-4 各案における応力分布

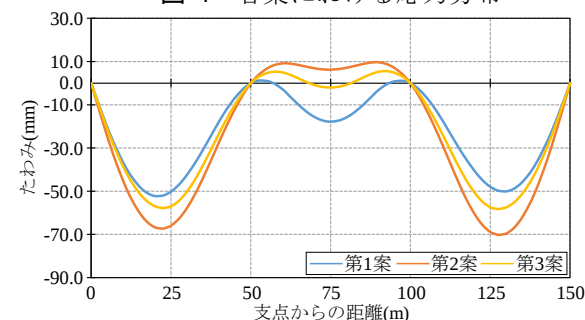


図-5 各案における最終のたわみ分布