

単 純 合 成 桁 の 連 続 化 工 法

—RC横桁による連結とワイヤーによるプレストレス力導入—

Structural Transforming To Continuous Composite Girder With External Pre-stressing Technique And Connecting By RC Cross Beam

久後雅治*、宮本文穂**
本下 稔***、駿河敏一****

Masaharu KUGO, Ayaho MIYAMOTO, Minoru MOTOSHITA and Toshikazu SURUGA

*協和設計株式会社 神戸支店 (〒650-0042 神戸市中央区波止場町 3-4)

**工博 山口大学教授 工学部知能情報システム工学科 (〒755-0089 山口県宇部市常盤台 2557)

***協和設計株式会社 神戸支店 (〒650-0042 神戸市中央区波止場町 3-4)

****構造懇話会(〒651-2102 神戸市西区学園東町 3-13-4)

In recent years, continuous girder bridges have increased aiming to the improvement of traffic-ability and earthquake-resistant. To cut down the complicated bridge-construction technique and to relax the precision of construction have become more and more important in consideration of cost-down. It is considered favorable to reconstruct the simple supported composite girder-bridge to continuous girder-bridge, but we have to solve the problems like negative bending moment in the neighborhood of inner support caused by creep and shrinkage of concrete floor and difference of temperature between floor and steel girder. This paper will express the method and principle of the reconstruction by external pre-stressing technique, the result of trial calculation, the practical usefulness, and the subject to be considered in future.

key words : pre-stressing, continuous composite girder, external pre-stressing technique

1. まえがき

近年、中小支間多径間高架の鋼上部工に連続桁が採用されることが多い。これは伸縮装置を少なくすることによる走行性・振動の改善、伸縮装置の取替え補修の軽減によるランニングコストの縮減、補修時に発生する交通規制などが不要となるサービスの向上ならびに耐震性の改善によるところが多い。しかし、支保工上で桁を連結するような連続桁工法では、桁を一本物で架設できる単純桁工法に比べ、コスト高になるのが一般である。今後、熟練工不足やコスト縮減の見地から支保工、現場継手の省略、製作・架設精度の緩和が重要となる。よって、応力、剛性の合理性から単純合成桁を架設し、それらを連続化する工法は利点が多いと言える。

しかし、単純合成桁の連続化には中間支点付近に発生する負の曲げモーメントの他に床版コンクリートのクリープ、乾燥収縮、鋼桁と床版との温度差による応力度を考慮する必要がある。

そこで本稿では、単純合成桁架設後ワイヤー緊張プレストレス力導入による連続化の工法とその原理を述べ、試算をおこない、その実用性の考察、今後の課題を述べるものである。

2. 工法と原理

本工法は、中小支間(20m程度)の多径間高架の鋼上部工において、各径間毎に単純桁として施工された鋼合成桁に、載荷して桁を撓ませた状態で、中間支点上(橋脚上)のRC横桁を施工することにより各桁を連結し、除荷してプレストレス力導入の連続鋼合成桁とするものである。

本提案の施工手順は、次のようである。(図-1参照)

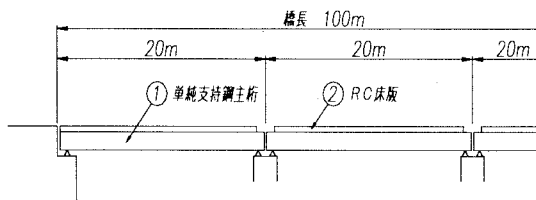
- ① 単純鋼桁架設
- ② 支間部のRC床版を打設、養生・硬化
- ③ 載荷(ワイヤー緊張)
- ④ 中間支点上の両鋼桁端を包含するRC横桁(床版部と一体)を打設、養生・硬化
- ⑤ 除荷(ワイヤー解放=プレストレス力導入)
- ⑥ 後死荷重に相当する橋面施工をおこない、連続鋼合成桁とする。

従来、プレストレス力導入には、支点の上下移動、水袋の吊り下げ工法などがとられていたが、支点移動は橋脚天端の狭所での作業となること、大きな反力に対し上下移動が必要で、多径間となると調整作業が煩雑になる。また、水袋の吊り下げ工法では重機類の現場への進入等、現場条件に制約を受けやすかった。

本工法では床版下の独自作業となること、機材が軽量で対応力大きいこと、載荷重の調整が容易なことなどが特長である。また、支保工・現場継手を省略することにより、連続桁の煩雑なキャンパー管理を無くすと共に、中間支点付近の桁端部をコンクリート横桁で包含するため、ある程度の製作・架設誤差は吸収可能であり、従来のような高い精度の施工管理を必要としない。支承については、横桁コンクリート打設前は、主桁下面に仮支承を設け、打設後、横桁下面に移設する。コンクリート橋と同様のゴム支承とする考えである。図-2に連結部RC横桁構造図を示す。

本検討では、少なくとも死荷重状態で作用する支点上の負の曲げモーメント（後死荷重、クリープ、乾燥収縮、温度差）を相殺するだけのプレストレス力をワイヤー緊張により導入するもとする。

(1) 単純合成桁の施工



(2) 載荷と連結部施工

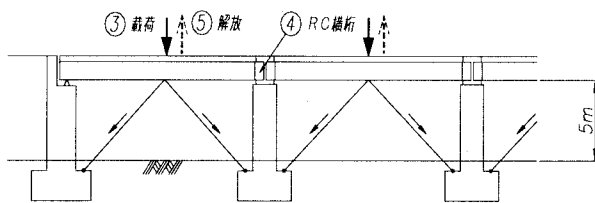


図-1 施工手順図

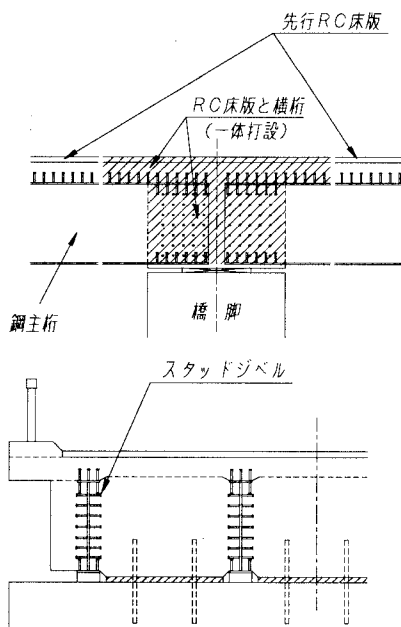


図-2 連結部RC横桁構造図

3. 試算条件

ターゲットとなる橋梁を高架橋のアプローチと設定して試算をおこなった。設計条件は、表-1の通りとした。

形式	鋼5径間連続合成板桁
橋格	B活荷重
橋長	5@20m=100m
主桁本数	4本
主桁間隔	3@3m=9m
RC床版厚	25 cm

表-1 設計条件

格子解析により、死荷重および活荷重の断面力を算出した。中間支点上の横桁コンクリートが硬化するまでは、単純桁系とし、その後は連続桁系とした。表-2に架設ステップ毎の構造系と抵抗断面を示し、図-3に抵抗断面図を示す。

	架設順序	構造系	抵抗断面
1	鋼桁架設	単純桁系	単純鋼桁断面
2	支間部RC床版打設、養生、硬化	単純桁系	単純合成断面
3	載荷 (ワイヤー緊張)	単純桁系	単純合成断面
4	中間支点部横桁コンクリート打設	単純桁系	単純合成断面
5	硬化後除荷 (ワイヤー解放)	連続桁系	連続合成断面 RC断面 (中間支点上)
6	橋面工	連続桁系	連続合成断面 RC断面 (中間支点上)

表-2 架設ステップ毎の構造系および抵抗断面

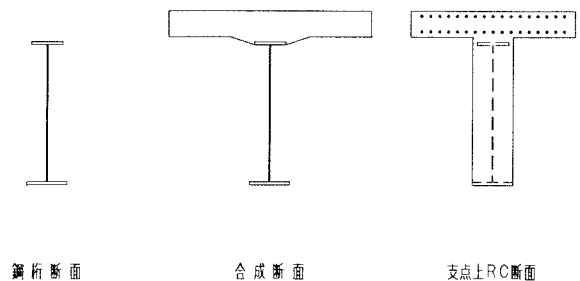


図-3 抵抗断面図

合成桁の断面力として、道路橋示方書 9.2.6~9.2.8 に示された、クリープ、乾燥収縮、温度変化に伴う床版と鋼桁の歪み差により生じる断面力を考慮する。

連続桁の場合、中間支点上の不静定反力による曲げモーメント ΔM を考慮した曲げモーメント $M+\Delta M$ が設計曲げ

モーメントとなるため、平面フレーム解析にて断面力を求めた。なお、各合成断面のヤング係数比は、クリープ(n=14)、乾燥収縮(n=21)、温度変化(n=7)とし、床版に生じる軸力を算出する際に用いる床版幅は有効幅とせず床版全幅で算出した軸力を各桁が分担するものとした。

4. 試算結果の考察

図一四にステップ毎の曲げモーメント図を示す。

1 主桁当たりの荷重荷重を 20tf とすると、除荷により中間支点上には $M=61\text{tfm}$ の正の曲げモーメントが発生する。一方、中間支点上には、合成後死荷重により $M=-17\text{tfm}$ 、クリープ、乾燥収縮、温度差により $M=-41\text{tfm}$ の負の曲げモーメントが発生する。すなわち、プレストレス力導入により中間支点上には、死荷重状態では、負の曲げが発生しないことがわかる。活荷重状態においては、負の曲げモーメントが発生するものの、除荷されれば、正の曲げモーメント状態になる。万一、活荷重により床版コンクリートに初期ひび割れが生じて、導入されたプレストレス力によりひび割れは閉じようとするか、それ以上の進展が防止される。なお、荷重により支間中央部には、最大 $M=29\text{tfm}$ の正の曲げモーメントが付加され、通常の連続桁の断面力より増加することになるが、鋼桁断面を大きくすることにより対応可能な範囲であると考えられる。



図一四 ステップ毎の曲げモーメント図

表一三に、支間中央部での所要断面比較を示す。

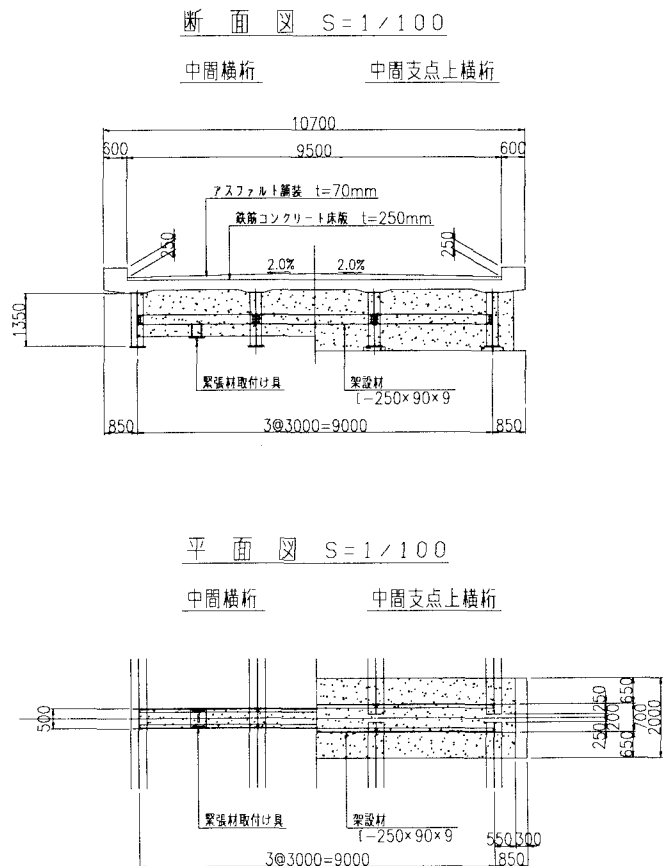
	本工法	単純活荷重合成桁	連続非合成鋼桁
UFLG	350×12	250×12	320×19
WEB	1350×11	1350×11	1350×11
LFLG	450×22	410×16	320×19
断面積(cm ²)	290	244	270
断面積比	1.07	0.90	1.00

表一三 支間中央部での所要断面比較

5. 施工方法

実際の架設においては、全径間同時にワイヤーを緊張し、荷重することはコストの面から得策ではない。よって、2 径間ずつ緊張して、その間の床版と一体のコンクリート横桁を打設し、順次隣接径間へ移動する工法が考えられる。

図一五に主桁断面図を示す。中間横桁も中間支点上と同様に剛性の高いコンクリート横桁とする。溝形鋼を架設用横桁として取り付け、それを利用し型枠設置後、コンクリート横桁を打設する。また、コンクリート中間横桁に緊張金具取り付け用のアンカーボルトをあらかじめ埋め込んでおき、転用可能な金具を取り付けワイヤーによる緊張をおこなう考えである。



図一五 主桁断面図

1主桁当たり20tfの荷重とすると、1橋当たり80tfの荷重重となる。1本のワイヤーで緊張することは、必要径が大きくなり、施工性が悪くなる。よって、ワイヤー掛け数を増やして、1本あたりの張力を小さくする。ワイヤーの掛け数を全部で16本とすると、ワイヤー径は16mm程度となる。また、図-6のような治具を使用することにより、橋脚高さに影響を受けない効率的な荷重ができると思われる。

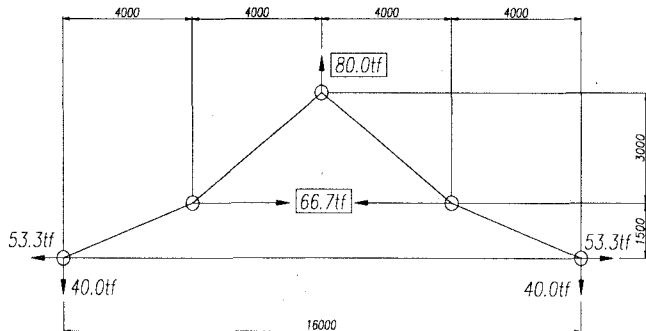


図-6 ワイヤー緊張設備概念図

支間長20m程度、通常の車両で輸送可能な場合、本工法では、現場継手・ベント無しで架設可能であるため、架設工期の短縮、簡素化が図れる。一方、プレストレスを与えるためのワイヤーの緊張作業は、コンクリートの硬化後となるため、少なくとも通常の単純桁工法よりも1ヶ月弱は現場工程が長くなることが予想される。表-4に現場工程表を示す。

	1ヶ月	2ヶ月	3ヶ月	4ヶ月
桁架設工（架設、足場、ボルト）	■			
床版工（型枠、配筋、打設、脱型）		■	■	
緊張工（緊張、横桁打設、解放）			■	■
橋面工（高欄、地覆、舗装）				■

表-4 現場工程表

6. 今後の課題

本工法の今後の課題として、下記のものと考えられる。

- (1) 鋼主桁と一体化したRC横桁部の応力伝達機構の解明 図-2に示すように、スタッドジベルにより鋼桁からコンクリート横桁部に応力を伝達する方法は施工性がよいと考えられるが、今後FEM解析、実験等による力学的挙動の検証をおこない、設計手法の確立が必要である。
- (2) 現場工期 本提案工法は、単純合成桁の施工、載

荷、連結部の施工、除荷とコンクリート硬化待ちをしての段階施工となる。従って、現場の工期が長くなる問題があるので、実施に即した検討が必要である。

- (3) 緊張方法 ワイヤー緊張用の治具の考案、不均等な緊張・解放により床版に付加曲げモーメントを生じさせない施工方法の検討が必要である。
- (4) 工費比較 架設まで含めた工費を算出し、中小支間での採用が多いPC橋との工費比較をおこなう必要がある。
- (5) 既設橋への適用可否の検討 今後、走行性、耐震性向上のため、既設橋を連続化するニーズは高くなることが考えられる。本工法は、ワイヤー張力を自由に調整可能であること、中間支点上は、床版と一体のコンクリート横桁により連結するため、鋼桁同士の連結工法より容易であること、また、コンクリート横桁に支承を設置可能であり、支承の取り替え工法にも適していることから、既設橋の連続加工法に適用可能か検討する必要がある。

7. あとがき

道路橋のライフサイクルコストを考えた場合、初期コストを低減するのみならず、維持管理・更新費まで含めた評価をおこなう必要がある。本工法は、鋼橋のコンクリート床版のひび割れ防止対策として有効であり、その耐久性向上が図れる。一方、鋼主桁と一体化したRC横桁をとおして連続化することにより、従来のような高い精度の鋼桁の製作精度を不要とし、また支保工・現場継手を用いないため、桁架設工事の簡素化が図れる。初期コスト、維持管理費の軽減に寄与すると考えられる。

本工法は、新設橋のみならず既設橋の補修補強工法としても有効であり、更に検討して実現を願うものである。

参考文献

- 1) 本下・青野・駿河「単純桁の連続化工法の提案」第22回日本道路会議論文集,1997
- 2) PC床版を有すプレストレスしない連続合成桁設計要領(案),日本橋梁建設協会,1996
- 3) 道路橋示方書・同解説II鋼橋編,日本道路協会,1996
- 4) 鋼道路橋設計便覧,日本道路協会,1980