

連続送り出し架設における 反力管理の実施について

徳島河川国道事務所	工務第二課	西山	雄祐
徳島河川国道事務所	工務第二課長	山崎	太志
徳島河川国道事務所	建設監督官	三好	健一

一般国道55号線阿南道路的那賀川大橋付近では、4車線化に向けての工事を進めている。
本工事は終点側P5橋脚～P8橋脚までの3径間部を製作架設する工事である。架設済みしているP1橋脚～P5橋脚の橋面上をヤード桁として終点側に送り出す工事であり、橋面をヤードとして用いることから、ヤードのたわみ変形を考慮した送り出しを実施したものである。

キーワード 反力管理、連続送り出し、たわみ、送り出しヤード

1. はじめに

阿南道路は、小松島市大林町森ノ本を起点とし、阿南市橋町青木に至る全長18.4kmの国道バイパスで、小松島市および阿南市中心部における交通混雑の緩和と交通安全の確保を図るとともに、周辺道路網と一体となって、阿南市以南から県都徳島市方面への交通を円滑に導くことを目的としている。現在、17.2kmの区間を供用している但那賀川と桑野川を渡河する区間の2.1kmが暫定供用中であり、この那賀川大橋付近は片側2車線から1車線に車線が減少する区間で生じる慢性的な交通渋滞を緩和するために4車線化完成に向け橋梁工事を推進している。

2. 橋梁概要

工事名：平成 27-28 年度 那賀川大橋上部工事
工期：平成 27 年 8 月 11 日～平成 29 年 7 月 31 日
工事箇所：徳島県阿南市那賀川町中島地先
工事延長：L＝241.250m
橋梁形式：3 径間連続鋼床版箱桁橋
受注者：川田工業株式会社

那賀川大橋は4径間および3径間連続鋼床版箱桁橋からなる7径間の延長579.2mの鋼橋である。このうち起点側P1橋脚～P5橋脚までの4径間部の施工は前年度に完了しており、本工事は終点側P5橋脚～P8橋脚までの3径間部を連続送り出し工法を用いて製作架設する工事であり、非常に難易度の高いものである。（写真-1）

3. 架設方法

(1) 架設手順について

本橋梁は、対岸に送り出しヤードを確保するスペースが無く、既設の桁の上を送り出す工法を採用した。そのため、既に架設完了した起点側4径間（以下、ヤード桁という）の橋面上に本橋の部材（以下、送り出し桁という）を組立て、終点側に送り出す工法を採用している。終点側P5橋脚～P8橋脚までの3径間部を製作架設する工事である。前工事で架設しているP1橋脚～P5橋脚の橋面上をヤード桁として終点側に送り出す工事であり、橋面をヤードとして用いることから、ヤードのたわみ変形を考慮した送り出しを実施したものである。



写真-1. 送り出し状況

(2) 送り出しの架設計画

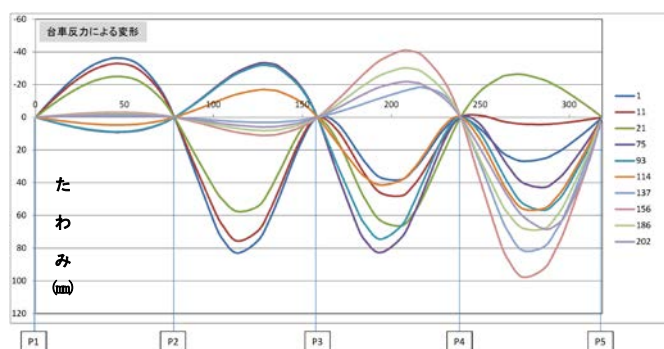
一般に送り出しの架設計画は、現場条件に応じて必要な送り出し設備の規模（手延機長、ヤード長など）を考慮し送り出しステップを計画する。その後、電算ソフト等を用いて送り出しステップ解析を行い、その解析結果から台車等の機械設備の能力選定、手延機等の機材耐力の照査および橋桁本体の補強設計を行う。

なお送り出しステップ解析では、送り出しヤードのたわみが発生しないことが前提となった上での解析である。

(3) 送り出しヤード桁のたわみ

前述した通り、送り出しステップ解析においては、送り出しヤードのたわみが発生しないことが前提となっている。このため本工事ににおいてはヤード桁のたわみによる影響が台車等の架設機材の耐力および送り出し桁の耐力に対して無視できるか否か判断が必要になった。解析結果は、（表-1参照）に示す。

表-1. 平面骨組解析図



その結果P2～P5の各径間で80～100mm程度たわむことが分かり、設計時の「送り出しヤードが沈下しない条件」に該当しないことが分かった。また、ヤード桁のたわみが台車反力に与える影響、もしくはP5橋脚上の送り出し装置の反力に与える影響を調べるため、さらにステップを絞り、ヤード桁と送り出し桁を台車位置で繋げたモデルで骨組解析を行った。

その結果、送り出しヤードが沈下しない場合の反力値と比較して、台車反力で約2～3倍（図-1参照）、送り出し装置上で約1.2倍（図-2参照）の数値が確認でき、本工事の架設計画ではヤード桁のたわみは無視できないものと判断した。なお、この解析で得られた送り出し装置上の反力値を用いて腹板座屈の照査を行った結果、設計時に補強した箇所が応力超過することも判明した。

ヤードが沈下しない場合の反力

343.9kN 912.9kN 394.8kN 600.0kN 736.7kN 624.6kN 458.5kN 653.1kN 490.5kN 981.0kN 1968.0kN

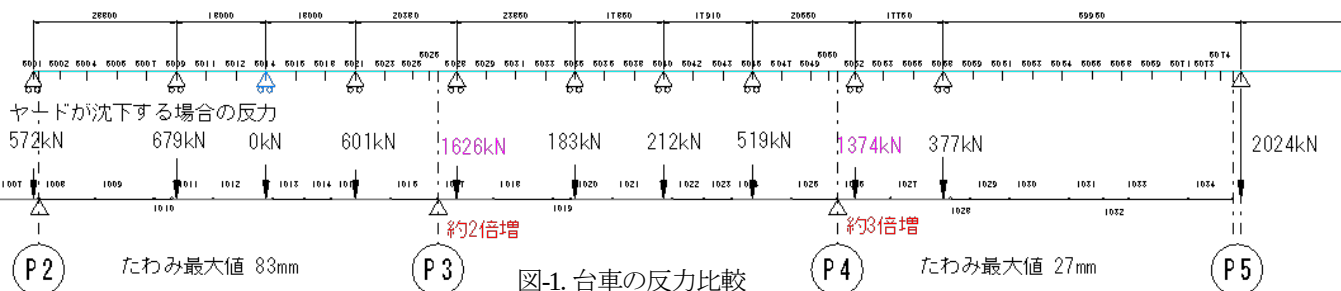


図-1. 台車の反力比較

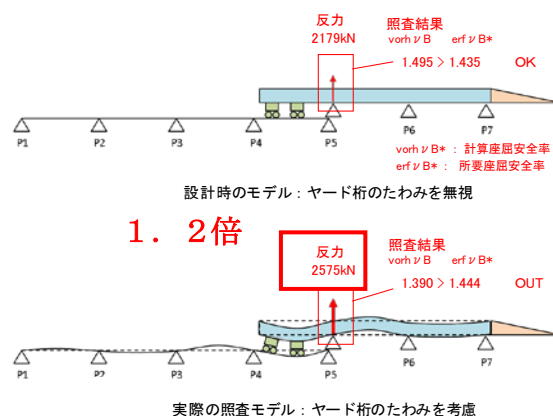


図-2. モデル図

安全な送り出し架設を実現するには、①台車反力および送り出し装置の受点反力を正確に算出する。②送り出し施工時に反力を常時実測して監視することが必要である。しかしながら、ヤード桁のたわみの影響を反映できる送り出しステップ解析がないことから正確な反力の算出が不可能であること。台車上の反力を桁移動中に実測することができないことから、本工事の課題として、ヤード桁のたわみを無視しても反力管理が可能な架設工法の立案が必要となった。

4. ヤード桁上に配置したジャッキによる反力管理

(1) 送り出し工法の変更

ヤード桁のたわみを無視できる方法として、主に下記の3案を検討した。

- 第1案. 台車を増加して送り出し桁の荷重分散し、ヤード桁のたわみの低減を図る。
- 第2案. ヤード桁の支間部に仮受ベントを設置し、たわみの低減を図る。
- 第3案. ヤード桁の上に送り出し装置を配置し、ヤード桁のたわみ分を送り出し装置の鉛直ジャッキで吸収することで、ヤード桁が変形しない条件と同等の状態を図る。

第1案は、台車を増加しても均等な荷重分散ができないこと、機材確保が現実的に不可能であること、台車撤去時に現道上を規制してのクレーン作業となることに加え、経済性にも劣ることから不採用とした。また第2案は、河川条件として河川内に仮設構造物を設置できないことから不採用となり、本工事では第3案を採用することとした。

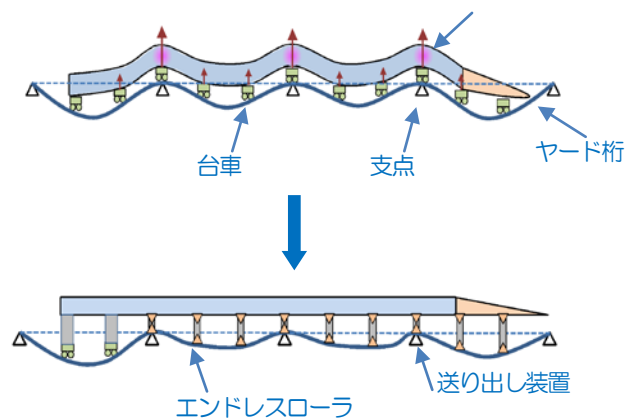


図-3. 送り出し設備の設計時と変更後の比較



写真-2. 送り出し装置

(2) 反力管理を用いた送り出し工法（第3案）

送り出し基準線とは、送り出し桁が移動する軌跡を設定した線であり、平面線形と縦断線形がある。平面線形は直線橋であることから直線に設定した。本橋の縦断線形は、P4～P5間を凸としたVCL=10,954mの縦断曲線を有しており、主桁下フランジの縦断勾配も同じ線形であることから、縦断の送り出し基準線もこれに沿って設定した。

(図-4) 送り出し桁の各受点に解析値と同じ反力を与えるには、下フランジ（製作キャンバーを無視した場合の主桁下面）が送り出し基準線に重なるように送り出し装置の高さを調整する必要がある。調整量の内訳は、通常の架設で考慮する下フランジの製作キャンバーの他に、今回はヤード桁のたわみ分が加わる。実際には、解析で得られた設計反力値となるようエンドレスローラ等の鉛直ジャッキにて反力を調整し、その調整作業が高さ調整を行っていることになる。反力調整は、送り出し作業を

中断させることなく桁を移動しながら行うことが可能である。

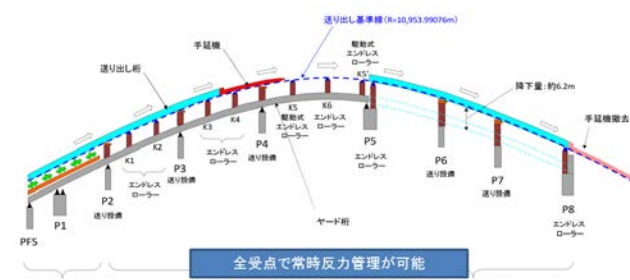


図-4. 送り出し概念図

(3) 施工現場での反力管理

今回の送り出し工法の反力管理について、より安全性および効率性を向上するため下記の工夫を行った。・送り出し装置反力管理システムにより全ての送り出し装置の実測反力をPCで集中管理した。・下記のモニター画面と複数のタブレット端末を同期させ、全てのポンプユニットに端末を配備することでジャッキオペレータ全員が反力状況を視覚的に確認できるようにした。・タブレット端末と基地局PCとはWIFI接続による無線化を図り、有線の場合に生ずる断線の恐れを回避した。・タブレット端末は、万が一異常事態が確認された場合にタブレットの画面でも緊急停止ボタンを押せば全てのジャッキが停止するよう、操作盤としての機能もプログラミングした。従来は計測室に反力管理者が常駐し基地局PCのモニター画面を監視して各作業場所に無線機で指示していた。しかし、この反力管理システムを導入することで、反力管理者は作業現場の近くに行き、作業状況と反力を同時に確認しながら指示できることや、ジャッキオペレーターと情報を共有することで指示の聞き間違いによる誤操作や、緊急停止が必要な場合のタイムラグを解決することができた。以上の対応により、送り出し量1m毎に分割した600以上の送り出しステップを高度なジャッキ反力管理手法を用いることで、送り出し作業を確実かつ安全に行うことができた(写真-3)

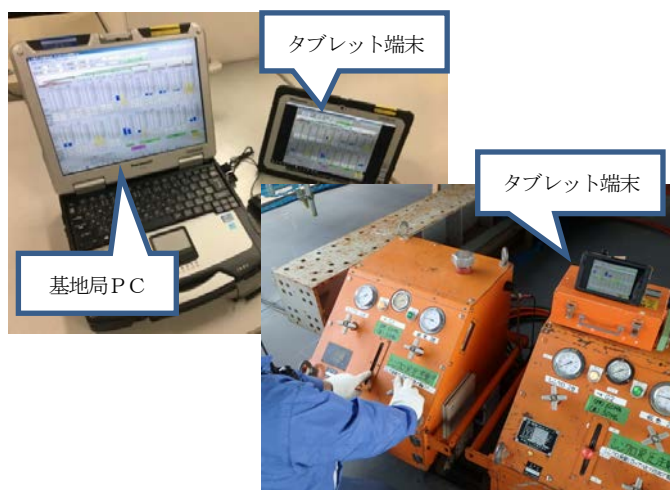


写真-3. 反力管理システム

5.本工事での反力管理に関する課題

(1) 送り出し速度の低下

本工事は高度な反力管理の実施により、安全・確実に施工を終えることができた。一方、通常の送り出し工法より受点数が多いことやステップの進捗に応じて反力調整が必要なことから、通常の送り出し速度20m/日に比べ、5～10m/日と非常に低速で慎重な送り出しが必要となった。また、ヤード桁上の個々の送り出し設備の規模も大きいことから（写真4参照）、設備の設置・撤去にも日数を要し、想定した工程から遅れが生じて工期延伸の要因となった。今後は、受点数に応じた送り出し速度の設定および設備の設置・撤去の日数を工程に反映することが課題と考える。



写真4. 高さ調整状況

(2) 推進力不足による反力調整

推進力は送り出し装置の水平ジャッキと送り出し桁の摩擦力により伝達されるため、接触面には一定の鉛直反力が必要となる。反力の実測値が想定より小さく、推進力が不足することが予想される場合は、ジャッキアップ等で強制的に鉛直反力を導入するなどの調整を図った。

また当初は駆動力を有しないエンドレスローラの配置を予定していたK5では、推進力を補助するために駆動式エンドレスローラに入れ替えたり、P5上での橋面上にも同様の機材を追加した。これらの反力調整や追加導入した作業にも、想定より時間を要した。今後は、推進力を確保するために余裕を持った機材計画を行い、必要に応じて駆動式エンドレスローラを予め配置し、所定の工期を見込んで計画することが課題である。



写真5. エンドレスローラー

6.今後の発展性

本工事では河川内にベント等が設置できない条件で適用したが、ヤード桁の桁下地盤が軟弱でベント設置が不可能な場合や、送り出しヤード全体が軟弱地盤で地盤改良ができない条件でも、本工法が解決策の一提案となれば幸いである。

7.謝辞

本論文を執筆するに当たって、多くの助言や資料の提供を頂いた川田建設工業（株）さんには感謝の意を表す次第です。また、論文を作成する中でも時間を割いて手伝って頂いた職場の上司や同僚のみなさまにも感謝を表す次第です。ありがとうございました。