

報告

[1126] 合成アーチ巻立て工法によるコンクリートアーチ橋の施工と実証試験

正会員 川上 洵 (秋田大学 鉱山学部)
 高橋 善清 (福島県 土木部)
 正会員 大浦 隆 (ピー・エス・コンクリート)
 正会員○水城 康男 (ピー・エス・コンクリート)

1. まえがき

コンクリートアーチ橋は、自重および活荷重によって軸圧縮力がアーチリブに作用する構造であり、圧縮に強いというコンクリートの特色を生かし、また、景観的にも優れた構造である。したがって、その歴史も古く架設法も種々提案されてきている。本報告は、コンクリートアーチ橋のアーチリブの施工に際し、架設用アーチ支保工に鋼管コンクリート構造を適用した新工法（合成アーチ巻立て工法）に関するものであり、旭橋（福島県）は、この工法で施工された我国で初めての橋梁である。図-1に橋梁一般図、そして、表-1に設計諸元を示す。

本工法の特長は、薄肉角形鋼管をアーチリブ軸線に架け渡した後、鋼管内にコンクリートを充填して鋼とコンクリートにより剛性の高い合成構造とし、埋め込み型の支保工として移動型枠車によりアーチリブ躯体を順次巻立てていく工法である。

この施工方法に関連して、大浦ら^{1), 2)}は実橋に適用する際の問題点を実験的に検討するとともに、

模型による破壊試験を行った。しかし、実橋架設³⁾においては、施工段階ごとに構造が変化し、各部材に生じる応力も複雑に変化しているため、実橋における応力の検証が非常に重要であった。

本文は、まず、旭橋の施工について述べ、次に、合成アーチ設計計算上の理論値の妥当性を確認するため実証試験を行った。その結果について報告する。

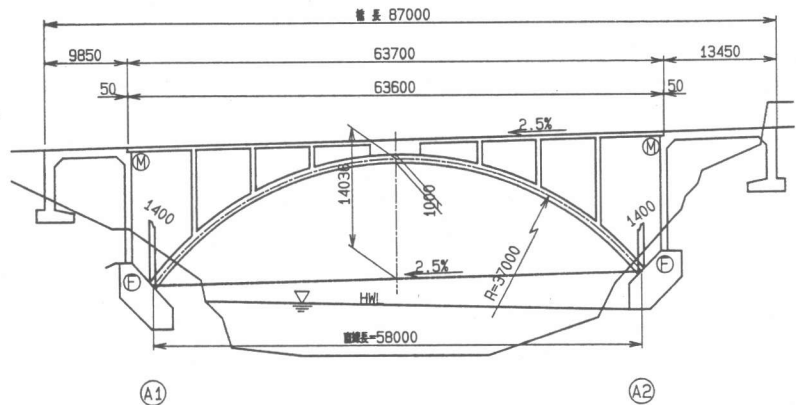


図-1 RC固定アーチ橋側面図

表-1 設計諸元

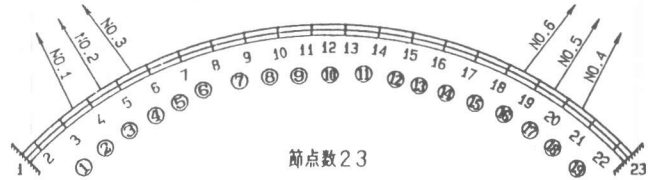
道路規格:	第3種3級 (幹線道路C-2)
橋 格:	一等橋 (TL-20)
橋 長:	87.0 m
支 間:	アーチ支間58.0 m
道路幅員:	8.0 + 2 @ 3.0 m

2. 施工

2.1 施工順序

アーチリブの施工は、表-2に示すように26段階に分割して行った。本橋では特に巻立てコンクリート自重による鉄筋および鋼管への影響を減らすため、施工段階にしたがってザイルNo.1~No.6を順次緊張し、アーチクラウン部閉合後の施工段階25で解放した。

表-2 アーチリブ施工順序



1	①19A	2	② B	3	NO.1C	4	⑬ B	5	NO.4C	6	③ B	7	NO.2C
8	⑭ B	9	NO.5C	10	④ B	11	NO.3C	12	⑯ B	13	NO.6C	14	⑤ B
15	⑱ B	16	⑧ B	17	⑭ B	18	⑦ B	19	⑬ B	20	⑧ B	21	⑫ B
22	⑨ B	23	⑪ B	24	⑩ B	25	D	26	A				

A: ブロック打設後支保工撤去、 B: ブロック打設、 C: ザイル緊張、
D: ザイルNO.1 - NO.6 解放、 E: 移動型枠車
1~26は施工段階、①-⑱はブロック番号を示す。

2.2 鋼管アーチの製作および組立架設

鋼管部材は、SS41を使用し、ウェブプレート厚 $t = 6\text{mm}$ 、フランジプレート厚 $t = 12\text{mm}$ 、一辺 600mm の角型鋼管である。水平および垂直補剛材はボックス外側に、ダイヤフラムはボックス内のブロック端近傍に設けた。鋼管アーチは、アーチ軸線の形状が $R = 37\text{m}$ であるので、全体を10ブロックに分割し、1ブロックの基本長を 6.70m とした折れ線で製作した。充填コンクリートの打設孔は、 $20\text{cm} \times 30\text{cm}$ の楕円形として 2.8m ピッチに設け、その両側にフレキシブルパイプレーターの挿入孔を兼ねた管理孔 $\phi = 10\text{cm}$ をそれぞれ鋼管上面に設けた。鋼管アーチスプリングング部のピン支承は、鋼管アーチ自重と充填コンクリートの荷重に対して設計されており、鋼管アーチのロアリング(Lowering)施工の回転部にあたる。

鋼管アーチの組立は、写真-1のように4主構を2主構づつ2回に分割して施工した。鉛直に組み上げられた鋼管アーチは、両橋台背面に設置したロアリング装置により鋼管アーチを所定の位置までお

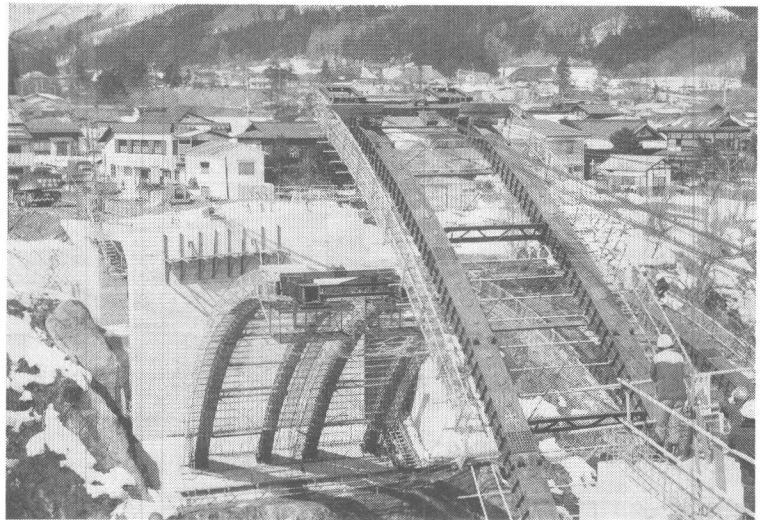


写真-1 鋼管アーチのロアリング架設

ろし中央部で閉合する。鋼管アーチ閉合部は、仮固定金具を用いて所定の位置で固定し、本体片側に現場で穴あけ作業をして、ボルトにより閉合した。

2. 3 充填コンクリートの施工

鋼管アーチの充填コンクリートは、アーチリブ巻立てコンクリートと同じコンクリート設計基準強度 $=240\text{kgf/cm}^2$ を使用した。施工は、スプリング部よりアーチクラウン部に向かって左右対称に充填した。充填は、 93m^3 のコンクリートを1日で打設した。

2. 4 アーチリブ巻立てコンクリートの施工

移動型枠車の組立スペースの確保と、合成アーチスプリング部を巻立て固定する目的から、第1ブロックのみは、支保工により施工した。この時、コンクリート打設時に生じる水平力に対しては、アーチアバットにアンカーを設置し対応している。

移動型枠車は、写真-2に示すように既に架設済みの合成アーチの支保工があるため、

前方においても荷重を支持できることが大きな特徴である。そのために、機械重量も33tと比較的軽く、アーチの勾配があるにもかかわらず、移動据付けが極めて容易な構造となっている。移動型枠車は、両側橋台上にストラッドジャッキ(20t 2台)を設置し、 $\phi 21.8\text{mm}$ シングルストラッド2本で対岸の移動型枠車を引き上げ移動した。コンクリートは、上面型枠に幅30cmの打設孔を約1.2mピッチに3ヶ所設けて、コンクリートポンプ車を配置することにより打設した。作業標準サイクルは、ブロック長3.35m、幅12.5mを10日間で施工した。

2. 5 支柱、上路桁の施工

支柱工、上路桁工の足場および支保工は、アーチリブ上面より組立てた。支保工は、上路桁下面の横断勾配が5%であるのを考慮して、支柱式支保工上に、組立支保工を組立てる構造とした。上路桁工は、コンクリートの打設量が 450m^3 と多いので兩岸にコンクリートポンプ車を配置し、アーチクラウン部より桁端部に向かってコンクリートを打設した。

3. 設計

施工の進行に伴い、鋼管アーチ、アーチリブコンクリート巻立て、そして支柱、上路桁と構造が変化する。ここでは、コンクリート巻立ての各段階における構造解析を行った。図-2は、それぞれ施工段階13、24における各節点の荷重に対応する曲げモーメントおよび軸力を示したものである。これらの断面力に基づいて応力を算定した。その際に、(1)断面力の算定は、充填コンクリートを全断面有効と考え、鋼管と合成した合成断面定数を用いる。また、(2)応力度算定に関し、設計計算は、コンクリート引張部を無視するRC理論によるが、実測値との比較では、RC理論に加え全断面有効とした値も考慮した。



写真-2 アーチリブの巻立て作業

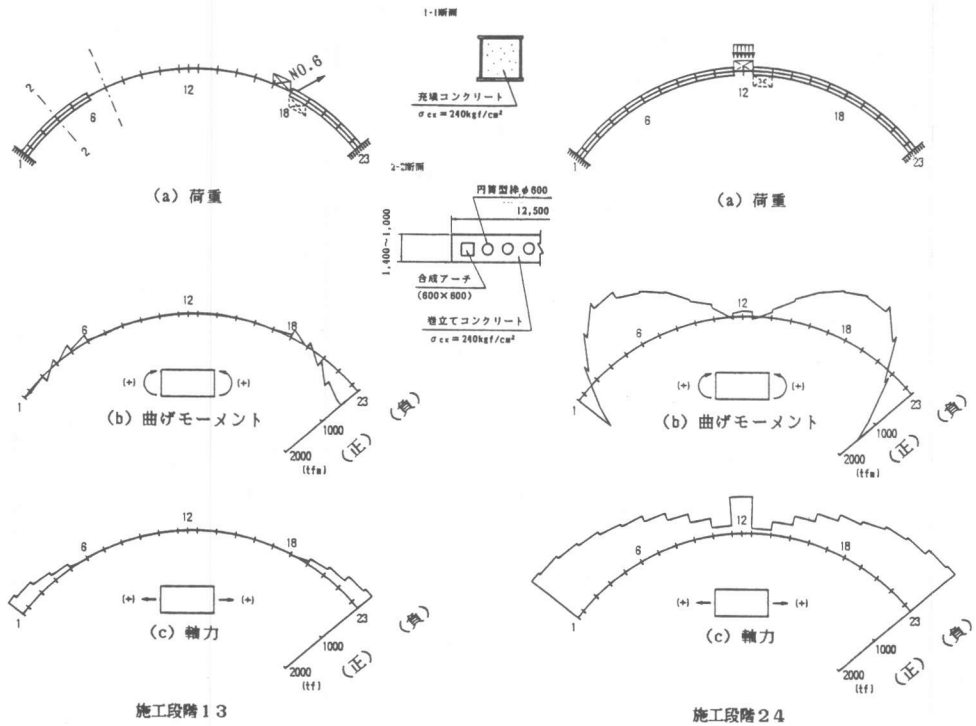


図-2 施工途中の断面力図

4. 実証試験

4.1 試験概要

アーチリブ施工段階でのコンクリート巻立に伴う応力の変化をとらえるため、以下の項目について測定した。①アーチリブ鉄筋応力、②鋼管応力、③充填コンクリート応力、④ザイル張力

測定点は、両スプリング部、両1/4L点およびクラウン部の5点とした。

4.2 結果と考察

図-3は、スプリング

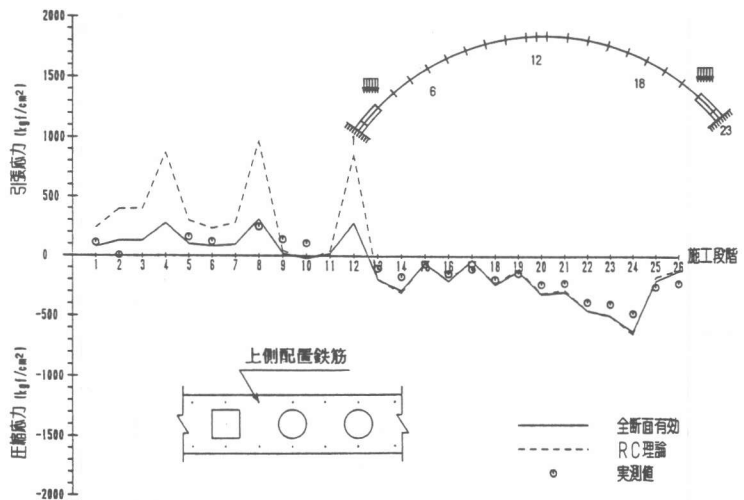


図-3 節点23における上側配置鉄筋の応力の変化

ング部節点23における上側配置鉄筋の応力に関する実測値と解析値の比較を示したものである。施工段階1から12にかけて、スプリング部に軸圧縮力と負の曲げモーメントが作用することになる。負の曲げモーメントの影響が大きく鉄筋に引張応力が生じる。引張応力は、施工段階5, 9, 13で順次ザイルを緊張するごとに減じられる。施工段階13以降は、ザイルの影響が少なくなり圧縮応力が生じる。施工段階20からは、クラウン部付近の荷重が載荷され、正の曲げモーメントが作用し、圧縮応力が増加する。施工段階24からは、ザイルの解放、移動型枠車の撤去で圧縮応力が減少する。図を見るとアーチリブ完了時において、スプリング部にアーチ橋の特色である軸圧縮力が鉄筋に生じていることが解る。図-4は、クラウン部節点12における充填コンクリート下縁の応力に関する実測値と解析値の比較を示している。ここで、RC理論は、弾性係数比 $n=15$ を、全断面有効では、実際に使用したコンクリートの弾性係数に対する弾性係数比 $n=7.8$ をそれぞれ用いた。

クラウン部にはいずれの施工段階においても軸圧縮力および負の曲げモーメントが作用している。このため、コンクリート下縁には圧縮応力が生ずる。施工段階13からは、ザイルの影響が少なくなり軸圧縮力と負の曲げモーメントが増加するため、圧縮応力が増加する。最大圧縮応力が 100kgf/cm^2 程度生じているが、許容応力(120kgf/cm^2)内であり、設計上からも安全である。同様に図-5は、アーチ支間1/4L付近の節点6における鋼管下縁の応力に関する実測値と解析値の比較を示したものである。施工段階13までは、軸圧縮力と正の曲げモーメントが作用し、圧縮応力が小さい。施工段階14からは、ザイルの影響が少なくなり負の曲げモーメントが増加する。このため、鋼管下側には圧縮応力が生じる。

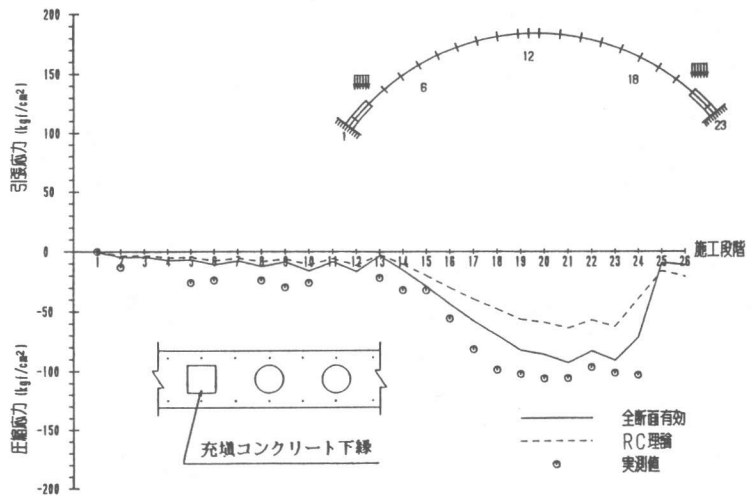


図-4 節点12における充填コンクリート下縁の応力の変化

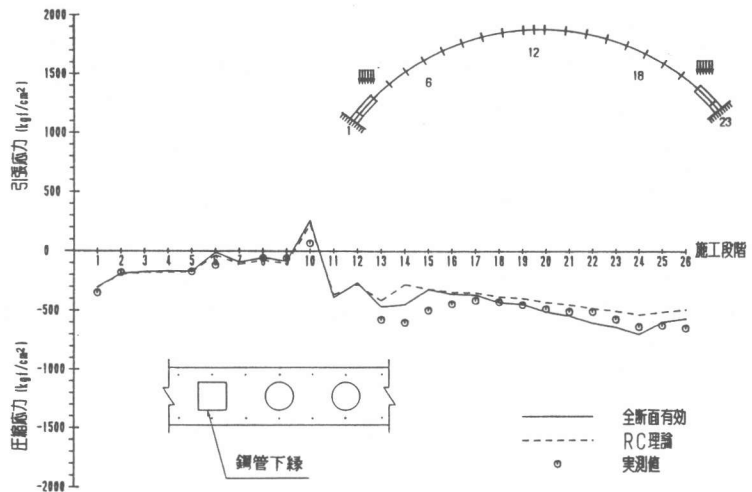


図-5 節点6における鋼管下縁の応力の変化

図-6は、施工段階の進行に伴うザイル張力の変化に関する実測値と設計値の比較を示したものである。ザイルの張力は、荷重を載荷することにより増加するが、次のザイルを緊張することにより緊張されているザイルは減少する。また、クラウン部付近の施工段階に進むとザイルの張力が減少する。これは、ザイルの影響が少なくなるためである。実測値におけるザイル張力の変化は、設計値と同じ挙動を示していることが図を見ると解る。

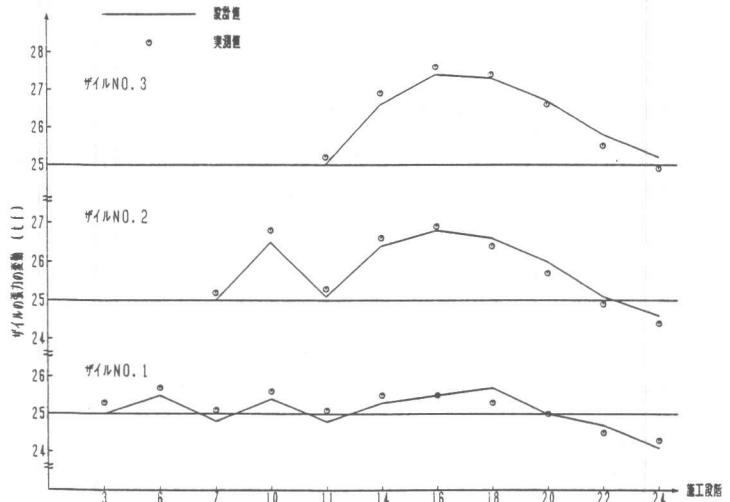


図-6 ザイル張力の変化

測定の結果、鉄筋応力、鋼管応力および充填コンクリート応力の実測値は、RC理論および全断面有効とした解析値に、各施工段階ともおおよそ一致している。両解析値を比較すると全断面有効とした解析値の方がRC理論値よりも実測値に近い挙動を示した。これは、本橋の場合ザイルの緊張の効果などによりコンクリート巻立て時の応力レベルが低かったためと考えられる。

5. まとめ

本橋のアーチリブの施工に合成アーチ巻立て工法を採用したことによる利点は、鋼管アーチをロアリング架設することで工期を大幅に短縮できたこと、架設用鋼材が大部分コンクリートで置き換わるため鋼材の所要量が少なくなり経済的であったこと、合成の高い鋼管コンクリート構造となるので施工性が良く、耐震、耐風安定性にも優れていたことである。また、実橋において設計計算上の理論値を確認するため実証試験を行った結果、実測値と解析値はほぼ一致しており、この設計の妥当性が確認された。実測値は全断面有効とした値に近かったが、設計は、一般に安全側となるRC理論で行うのが妥当と考える。

以上から、コンクリートアーチ橋のアーチリブの施工に、本工法は安全かつ経済的な施工法と考えられる。

参考文献

- 1) 大浦 隆、加藤 雅史、田辺 忠顕、島田 静雄：コンクリートアーチ橋架設用アーチ支保工への鋼管コンクリート構造の適応に関する実験的研究、コンクリート工学、Vol.22、No.12、1984、pp.101~111.
- 2) 大浦 隆、加藤 雅史、河村 哲男：コンクリートアーチ模型の破壊試験、コンクリート工学、Vol.23、No.9、1985、pp.27~35.
- 3) 江花 亮、斉藤 勝則、関根 康孝：旭橋の設計、施工-合成アーチ巻立て工法-、橋梁、Vol.24、No.7、1988、pp.8~19.