

敷島橋梁の設計・施工について

齋 藤 聡 一*
高 部 昇**

1. まえがき

敷島橋は、群馬県渋川市から利根川を約 6 km さかのぼった地点、北群馬郡子持村と勢多郡赤城村を結ぶ橋梁で、本県では田平橋（昭和 52 年完成）に次いで、押出し工法を採用した 2 番目の橋梁である。

架橋地点は、利根川が深い U 字形の溪谷となっており、堅硬な岩盤が露出している。河川管理上支間割りは 3 @ 45.0 m となり、鋼橋、PC 橋のいずれでも採用可能であるが、将来維持管理の容易なことと、旧橋の架換橋梁で、旧橋とまったく同じ位置に新設するため、工事期間中の仮橋をあまり長い期間設置しておけないので工期短縮の可能な押出し工法による PC 橋を採用した。

2. 工事概要

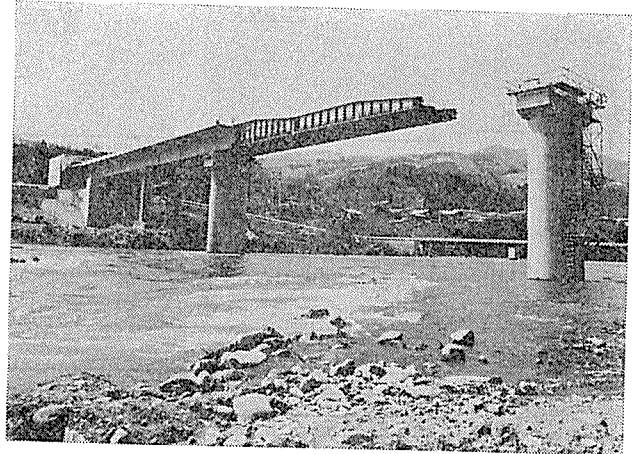
路線名：主要地方道大間々宮城子持線
位置：群馬県北群馬郡子持村大字上白井
 〃 勢多郡赤城村大字敷島
河川名：1 級河川利根川
橋格：1 等橋 TL-20
形式：3 径間連続 PC 箱桁
橋長：138.400 m
幅員：10.000 m
工期：下部工 昭和 50 年 11 月～52 年 2 月
 上部工 昭和 51 年 11 月～52 年 10 月
架設工法：T.L. 押出し工法
総事業費：4 億 9740 万円（橋梁、取付け道路工事費、用地費、設計費他一式）

3. 設計について

本橋は押出し工法を採用したが、その構造設計については、従来の設計のほかに押出し架設計画に基づく架設中の応力設計が必要である。特に本橋は架設時に橋桁が支間 45 m を仮支柱なしに（ $A_1 \sim P_1$ 間のみ仮支柱があるが、これは主桁の設計上 $A_1 \sim P_1$ 間以外には影響しない）渡るため、架設応力が設計荷重より卓越する。す

* 群馬県土木部道路建設課橋梁係長

** 大成建設（株）



写真—1

なわち、①架設応力の軽減のため断面の最適設計が必要となる。②せん断力が交番するので斜め鋼棒によるせん断補強ができない。③架設応力が卓越するため架設時の安全性の考え方が工費に影響する。以上の点を考慮して本橋の設計上特徴的な事柄を示す。

3.1 主桁断面

架設時応力の低減のため、桁の軽量化を図り、極力、部材厚を薄くし、図—2 に示すような寸法とし横締め鋼棒および鉛直締め鋼棒を配置した。桁高は、架設応力に対しては支間の 1/15 程度が望ましいが道路縦断を上げたくないため支間の 1/16 とした。このため架設鋼棒は約 1 割増加した。

3.2 曲げモーメントに対する設計

押出し架設中の曲げ応力については、上下床版に配置した $\phi 32$ mm PC 鋼棒（SBPR 95/120）によって対処する。架設応力の交番性に対して通常は偏心の生じないように軸力のみで対処することが多いが、本橋では架設時応力が大きく不経済となるので、鋼棒を正負の応力比に従って偏心して配置した。したがって架設の進行に伴う構造系の変化により、プレストレスによる 2 次モーメントも変化することになり設計計算は複雑になった。架設完了後の設計荷重には、この架設鋼棒に加えて、PC 鋼より線 12- $\phi 12.4$ mm の主ケーブルを配置して対処した。

3.3 せん断力に対する設計

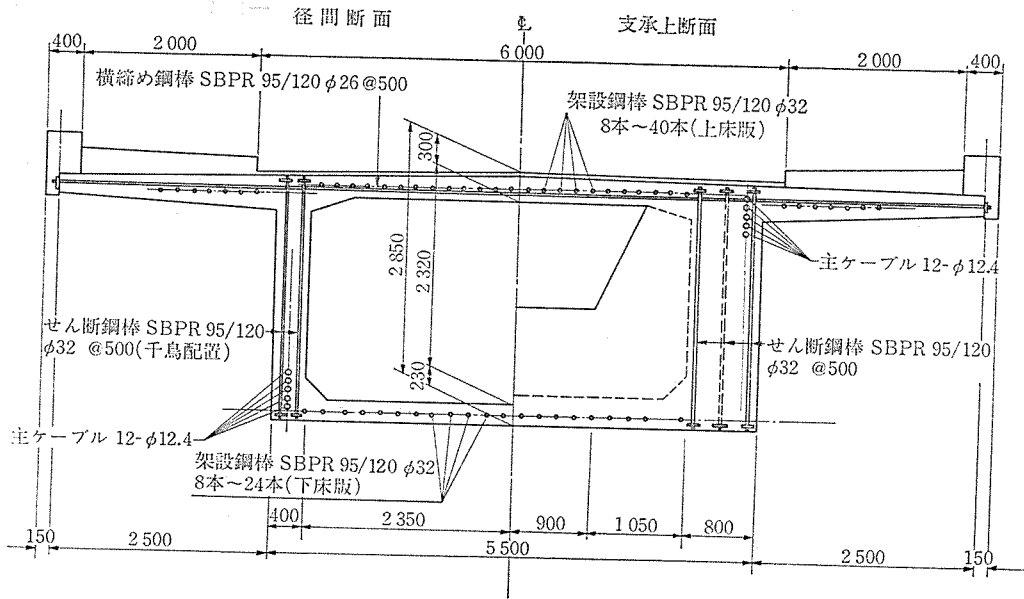


図-2 主桁断面図

押し出し工法のせん断力の特徴として、着目する断面が支点を通過する前後で正負が逆転する。ゆえに斜め鋼棒によるせん断補強はやりにくいので、効率は落ちるが鉛直鋼棒によって行うことにした。補強鋼棒はφ32mmを50cmピッチで、支点部2~3列、支間部1列とした。一般に支間部はせん断補強をしないのが普通であるが、押し出し架設中の応力に対処するため、また、本橋は仮支柱なしで施工するので架設応力が卓越するため、ほとんど全支間にわたってせん断補強を行った。なお、架設時の許容斜め引張応力については、工費との関連、および架設中のごく限られた短期間のみ発生することから架設時割増しをし、許容値を15kg/cm²とした。

3.4 クリープ、乾燥収縮の取扱い方

押し出し工法に使用する主方向PC鋼材は架設鋼棒と主ケーブルの2種類があり、それぞれのプレストレス導入時のコンクリート材令および架設の進行に伴う材令の進行を考慮して、クリープ、乾燥収縮の減少量を計算しなければならない。本橋の設計では、このプレストレス導入時のコンクリートの材令と、応力検討時の材令の進行について、それぞれを架設工程にあわせて想定し、各断面について細かく計算した。まず架設鋼棒については、プレストレス導入時のコンクリート強度を $\sigma_c=260\text{ kg/cm}^2$ と規定し、土木学会の旧PC指針（設計は昭和51年度）に従い、若材令時にプレストレスを与えることによるクリープの割増し係数を $K=1.4$ として、クリープ係数および乾燥収縮度をそれぞれ、

$$\varphi(t=\infty)=2.8$$

$$\epsilon_s(t=\infty)=2.1 \times 10^{-5}$$

とした。また、クリープの進行度をPC指針に従って、

コンクリートの材令によって算出して計算し、それぞれ、導入時($\sigma_c=260\text{ kg/cm}^2$)より $\sigma_c=0.85$, $\sigma_{ck}=340\text{ kg/cm}^2$ に達するまで

$$\varphi=0.8 \quad \epsilon_s=6 \times 10^{-5}$$

$$\sigma_c=0.85 \sigma_{ck}=340\text{ kg/cm}^2 \text{ に達してより } t=\infty \text{ まで}$$

$$\varphi=2.0 \quad \epsilon_s=15 \times 10^{-5}$$

として、クリープおよび乾燥収縮によるプレストレスの減少量を計算した。架設時応力の検討に当っては、各設計断面について正および負の最大モーメントが生ずる時の材令を架設工程（1ブロック7日サイクル）から計算し、上述の考え方でクリープおよび乾燥収縮度を算出し、プレストレスの減少量を計算し、応力度を照査するという方法をとった。主ケーブルについても同様に、架設完了後2週間でプレストレスを導入するとして、各ブロックについて材令を計算し、架設鋼棒のプレストレスの減少量と同じ手法で計算した。

このようにして計算すると、17ブロックで約130日の材令差によって生ずるクリープおよび乾燥収縮の減少率の変動は、架設鋼棒については0.939~0.978（4%の変動）、主ケーブルについては0.867~0.896（3%の変動）という結果となった。

4. 施工について

4.1 工程および1ブロックの標準サイクル

敷島橋上部工の実施工程および1ブロックの標準サイクルを表-1に示す。第1ブロックの施工は昭和52年2月8日から始まり、第17ブロックの押し出し完了が同年7月8日で、延べ150日で架設が完了した。第1ブロックおよび第17ブロックは、ヤード長さとして押し出し初期

表—1 (1) 工 程 表

	52年 11月	12月	53年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
準備工												
桁製作ヤード工			組立て							撤去		
押出し装置工												
手延べ桁工			組立て					解体				
仮支柱工			組立て							撤去		
主桁製作工												
支 承 工												
主ケーブル工												
橋 面 工												

表—1 (2) 1 サイクルの工程

作業内容	日	1	2	3	4	5	6	7
プレストレスング		■						
押出し作業			■					
下床版および外型枠セット			■					
下床版スターラップ配筋				■				
内型枠セット					■			
上床版配筋						■		
コンクリート打設							■	
養 生								■

の安定のため、施工上は二つのブロックに分けて施工したので、ブロック数は 19 となり、1ブロック平均 7.9 日で施工したことになる。ブロック長は標準 8m であり各ブロックの工事数量は平均するとコンクリート 52 m³、鉄筋 4.2t、PC 鋼棒（横締め、鉛直鋼棒、架設鋼棒合計）3.1tとなる。なお、主ケーブルは、12-φ12.4mm PC 鋼より線が 10 ケーブル、桁全長にわたって配置され、両端緊張となっているので、ブロック製作時にはシーソのみ配置し、押出し完了後ケーブルを挿入して緊張する方式を採用した。この方法をとるとブロック製作時の作業が軽減され、サイクル時間短縮に効果があった。

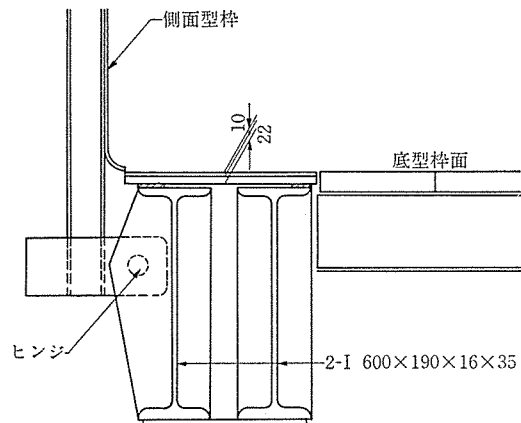
4.2 押出し時の施工管理

押出し工法で橋梁を架設する場合、施工管理のポイントとなるのは、滑り支承の据付け精度と桁下面（滑り支承が接するウェブ直下の面）の製作精度である。

本橋の場合 0.312% の縦断勾配がついているので、水準測量と基準点からの距離測量が共に重要であり、距離測量にはテルロメーターを使用し正確を期した。滑り支承の据付けは上記の測量に基づき位置および高さを定め、0.312% の縦断勾配に正確に合わせて据付けを行った。

橋脚および仮支柱の基礎は、まえがきに述べたように岩盤に据付けてあるので、沈下は全く考えられず、施工中毎回の押出し完了後、測量を行ったが、沈下は認められなかった。

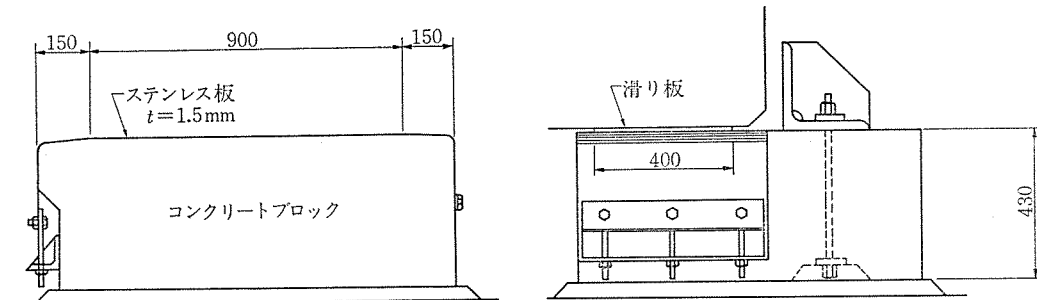
次に桁下面の精度（直線性）については、桁下面の型枠を 図—3 に示すように剛性の高い I ビームを並べ、その上に型枠面として 12mm の鋼板を工場製作にて精度よく溶接した部材を用いて施工した。このようにすることによって、打設されたコンクリートの重量によるたわみを防ぎ直線性の良好な桁下面線を得た。この I ビーム



図—3 型枠下面図

の下には 2.5m ピッチにロックナット付きの油圧ジャッキを置き、毎回水準測量により据付け高さを確認してコンクリートを打設した。

本橋梁に使用した滑り支承は、図—4 に示すもので、滑り板は幅 40cm のものを使用しているので、押出し架設時の最大反力 450t に対する桁下下面の平均支圧応



図—4 滑り支承図

力度は、 $\sigma_c = 450 \times 10^3 \div (40 \times 90) = 125 \text{ kg/cm}^2$ となっている。

押出し速度は、毎秒 2mm に制御して押出し、ジャッキストロークの盛替え、その他のロスタイムを含めて時間当たり 3m 程度のスピードで押出し作業を行った。

押出し架設時の摩擦抵抗力は、滑り板のテフロン面と滑り沓のステンレス面との摩擦抵抗力であるが、本橋梁では減摩剤として石鹼水を使用し、最終押出し時で、桁重量 2700t に対して 75t のジャッキ推力を要したので、摩擦係数としては 2.8% という実績値を得た。

また、押出し架設時の応力測定を行い、設計応力と実際の応力を比較し、押出し架設時の安全を確認しながら施工を行った。

4.3 手延べ桁

手延べ桁は、長さ 30m のものを使用し、これは押出し支間 45.790m に対し 65% になる。手延べ桁と主桁の取付け部は 図-5 に示すように PC 鋼棒を上縁に 6 本、下縁に 8 本配置し、最大および最小モーメントいずれの場合も接合面に引張応力が発生しないように設計した。また、手延べ桁の上下にせん断キーを設け、せん断に対する安全度も十分となるようにした。

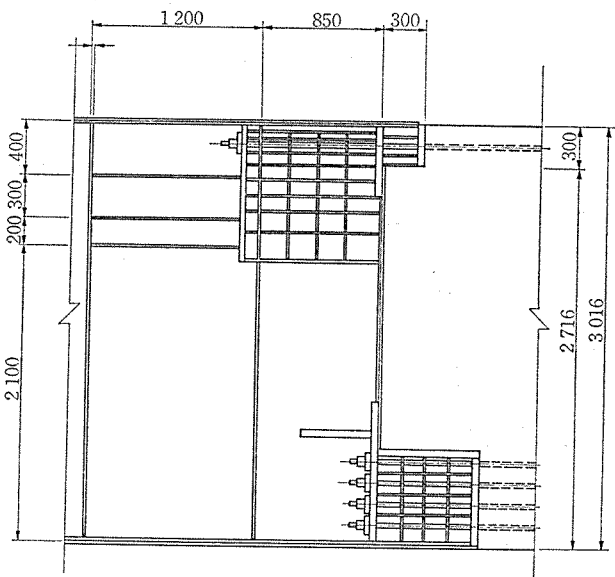


図-5 手延べ桁取付け部構造図

4.4 桁のひずみ測定および温度測定

本橋では、施工管理のため、2項目の測定を行った。

ひずみ測定の目的は、押出し架設に伴い、主桁に生ずる断面力は逐次変化するので、この変化を押出しごとに実測し、構造計算結果と対応させて施工管理を行うことにある。測定に用いたひずみゲージは、TML 埋込み型

ひずみゲージ KM100-T で、第5ブロックの中心（桁先端より 38.24m）の断面に、上下床版各 3 点ずつをセットした。ひずみ測定は、各ブロックの押出し前後に自動デジタルひずみ測定器で測定した。このようにすれば、押出し前後の構造系変化によるひずみ変化と、次の押出しに至る間（約 7 日間）のクリープおよび乾燥収縮によるひずみ変化が測定できるわけである。図-6 に、実測値と計算値の関係を示す。図中の計算値は、構造の変化、クリープおよび乾燥収縮の時間的変化を実際の施工状態で計算したものである。

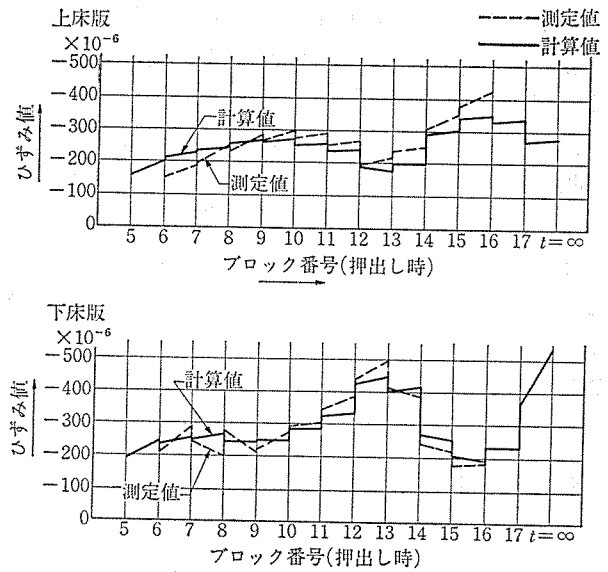


図-6 ひずみ測定図

温度測定については、桁の製作の初期（2月～3月）には、外気温が -10°C 近くなることから、寒中コンクリートの品質管理として行った。測定はコンクリート打設直後からのコンクリートの温度履歴を上床版、張出し部、腹部、下床版、外型枠、内型枠、外気温について銅-コンスタンタン熱電対を用いて行った。養生は、上屋および養生シートにより型枠ヤードを覆い、ジェットヒーターによりヤード内を保温した。その結果、外気温が氷点下であるにもかかわらず、コンクリート温度は常に 10°C 以上に保たれ、圧縮強度も初期材令 2 日および 3 日で、目標強度 (400 kg/cm^2) に対して 0.47 および 0.73 と良好な養生結果を得た。

以上述べたような設計施工管理を行った結果、当時としては施工実績の少なかった（国内で 4 橋目）押出し工法により、無事に敷島橋が完成したことを御報告するものであります。