

碓氷峠旧線鉄道構造物の現況について*

The Present Condition of Railway Structures in ex- Usuipass Line

田島二郎^{***} 小西純一^{****}・小野田滋^{*****}・金谷宏二^{*****}
TAJIMA Jiro, KONISHI Junichi, ONODA Shigeru and KANAYA Koji

要 旨

近代化遺産として国の重要文化財に指定された、旧国鉄信越本線横川・軽井沢間の廃線敷に残るトンネル、橋梁、変電所建物などの鉄道構造物の形状、寸法、変状などを調査した。

碓氷第三橋梁に対して三次元三角測量を実施して、設計図面と照合した結果、本橋に変形は生じていないことがわかった。他の橋梁でも、基礎の移動など重大な変状の兆候は認められず、良好な状態にある。しかし、水分の凍結融解に起因する亀裂や表面剥離、エフロレッセンスの発生、植物根に起因する目地切れなどが観察された。

トンネル坑門の碓氷線における標準タイプと、廃止から30余年の間に、トンネル内部の覆工の変状すなわち、クラックやモルタル吹き付け部分の剥離、煉瓦側壁の崩落が進行している。

変電所建物は屋根の崩落が年を追って加速度的に進行し、投石による窓の破損、落書きなど、人為的な毀損も加わって、荒廃の度を深めている。

このような現況調査の結果を踏まえて、それらの保存・修復の方針、遊歩道としての活用などについて述べる。

なお、本報告は、土木史研究委員会碓氷峠旧線鉄道構造物調査小委員会（田島二郎委員長）の成果の一部を、構造物の現況を中心に紹介するものである。

1. まえがき

碓氷峠旧線とは、1893年4月1日に開通した、信越本線横川軽井沢間の旧線のことで、66.7パーミルという急勾配のため、アプト式歯軌条を用いた特殊牽引方式を採用したわが国唯一の鉄道であった。同一勾配を粘着方式で運転する新線（現在の上り線）が1963年7月に開通し、アプト式の旧線路は1963年9月30日に廃止された。後の複線化時に改築・再使用されずに放棄された区間に、開通当初からの構造物が残された。

開通から100年目、廃止から30年目の平成5年(1993)、8月17日付文部省告示第106号で、碓氷峠鉄道施設1構として煉瓦造アーチ橋5橋が国の重要文化財に指定された。秋田市の藤倉水源地水道施設とともに、近代化遺産としてはわが国最初の指定であった。所有者はその時点では国鉄清算事業団だったが、管理団体としては松井田町が指定された。翌年の平成6年12月27日付文部省告示第152号で、隧道

*keywords: 構造物（橋、トンネル、建物）、煉瓦造、重要文化財

*** 田島橋梁構造研究所（〒164 東京都中野区上高田3-5-2）

**** 信州大学工学部社会開発工学科（〒380 長野市若里 500）

***** 国鉄総合技術研究所技術情報センター（〒185 国分寺市光町2-8-38）

***** 松井田町教育委員会社会教育課（〒379-02 群馬県松井田町大字新堀245）

10箇所、変電所2棟、雑種地及び山林が追加指定され、熊の平までの旧線路敷とそこにある構造物全部が文化財となった。この時点で、すべて所有者は松井田町となっている。

平成6年、松井田町では、これら構造物の保存・修復・活用に関する基礎的調査を土木学会に委託した。これを受けて学会では、土木史研究委員会の中に碓氷峠旧線鉄道構造物調査小委員会（田島二郎委員長）を設置して調査を行い、平成8年3月に報告書をまとめた¹⁾。本報告は、その成果の一部を構造物の現況を中心に紹介するものである。

2. 碓氷線構造物の現況・変状²⁾

2.1 橋梁

a)概要 開通当初橋梁に分類されていた橋は18橋あった。平地にある第十八号の矢ヶ崎川橋梁は鉄桁であったが、他はすべて煉瓦造アーチであった。熊の平にある第七号が半円アーチ(semi-circular arch)であるほかは、中心角約160°の欠円アーチ(segmental arch)である。単径間のものが主体であったが、碓氷第一、第三、第十三、第十七橋梁は多径間（それぞれ3、4、5、2径間）であり、また、碓氷第六橋梁は単径間ながら高さがあり、橋壁が長く、大きいものであった。重要文化財に指定された橋は、碓氷第二～第六橋梁の5橋で、上記第三、第六が含まれている。指定されなかった橋で原形をとどめるのは、5径間の第十三橋梁であり、規模の大きい3橋が現存しているのは幸いといわなければならない。

文化財指定の区間には、このほか小径間のアーチカルバート4橋がある。現存するアーチ橋を表1に示す。

b)碓氷第二橋梁 原形は径間24ftの単径間アーチであるが、明治年間に行われた2回にわたる補強によって現在の径間は12ftであり、橋梁からカルバートに分類換えされている。他の橋梁にない特徴としては、アーチ頂部に要石(keystone)がはまっていること、補強の過程が一目で分かることなどである。高欄は撤去されている。エフロレッセンスの析出と煉瓦表面の剥離が目立つが、構造的な変状はない（写真1）。

c)碓氷第三橋梁 オリジナルの径間60ft(18.3m)、現在の径間16.5m（第4スパンは16.0m）のアーチ4連が高い橋脚の上に架かるわが国最大の煉瓦造りアーチ橋である。軽井沢方の橋台の基礎が煉瓦井筒

表1 現存橋梁一覧表

重文◎	橋梁名	橋欄長 ft (m)	径間数×径間長 ft-in (m)	高さ ft (m)	備考
C7	坂本第四拱渠		1×8-0(2.44)		
◎B2	碓氷第二橋梁	81.84(24.94)	1×24-0(7.32)	40.00(12.19)	上に盛土が載る S=3.89m, R=302m
C8	坂本第五拱渠		1×8-0(2.44)		
C10	坂本第六拱渠		1×10-0(3.05)		
◎B3	碓氷第三橋梁	298.75(91.06)	4×60-0(18.29)	103.00(31.39)	S=16.5, 16.0m
◎B4	碓氷第四橋梁	32.01(9.76)	1×24-0(7.32)	14.50(4.42)	S=
◎B5	碓氷第五橋梁	51.81(15.79)	1×36-0(10.97)	29.00(8.84)	S=
◎B6	碓氷第六橋梁	170.16(51.86)	1×36-0(10.97)	57.00(17.37)	
C11	熊の平第一拱渠		1×6-0(1.83)		
C12	熊の平第二拱渠		1×8-0(2.44)		
B7	碓氷第七橋梁	31.00(9.45)	1×15-0(4.57)	15.30(4.66)	熊の平構内 〃、S=3.66m
C13			1×6-0(1.83)		〃、二つの沢を結ぶ水路
C14	熊の平第三拱渠		1×10-0(3.05)		
B13	碓氷第十三橋梁	169.75(51.74)	5×24-0(7.32)	33.00(10.06)	R=302m
番号欄 C:カルバート=溝渠、B:橋梁で、番号値は渡辺の報告 ¹⁾ に掲載の番号である。カルバート名は旧横川保線区で使用していたものを示す。径間長はオリジナルの数値で、補強後の数値は備考欄に示す。備考欄 R:曲線半径(m)、S:現在の径間(m)					

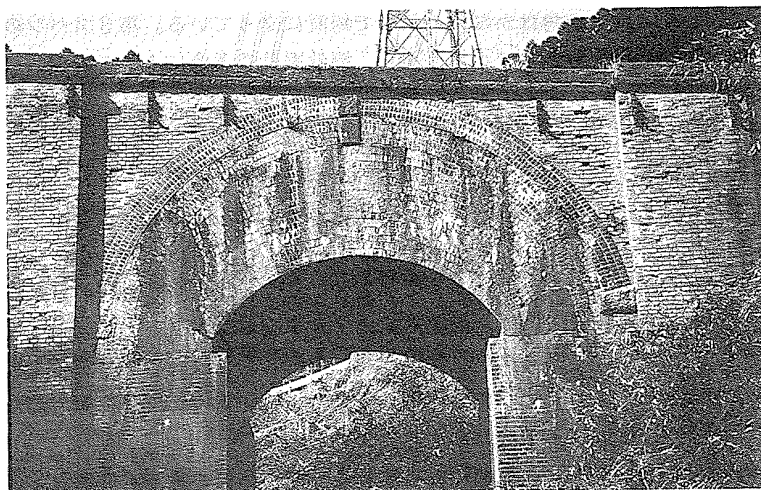


写真1 碓氷第二橋梁アーチ部 2回にわたって補強し、径間が小さくなった。

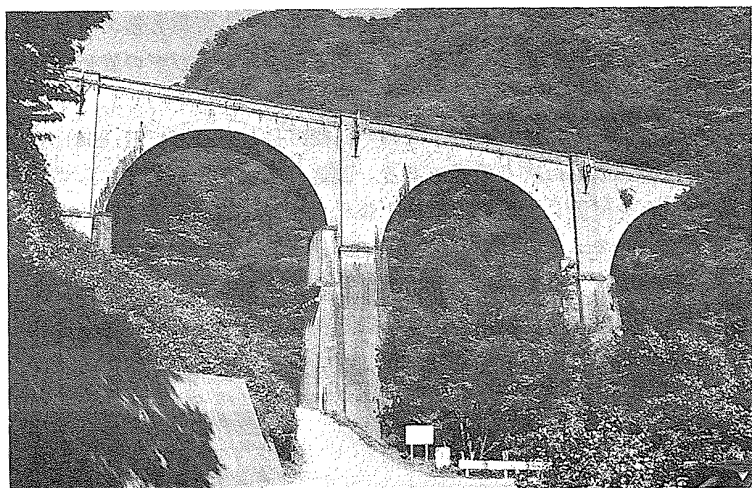


写真2 碓氷第三橋梁 国道から眺める

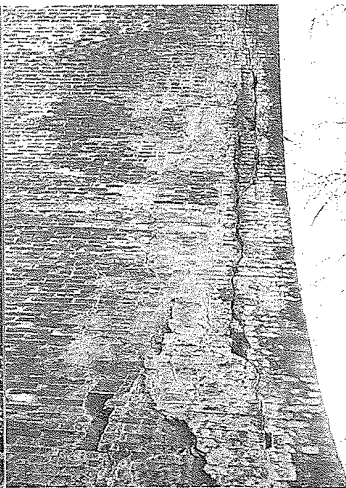


写真3 同橋第4径間アーチの橋軸方向クラック

[写真はすべて小西撮影 特記以外は1994～1996年撮影]

であるほかは、堅硬な岩盤に直接基礎を置いている。開通から1年後の1894年の地震で、多分井筒基礎上の第2橋台が他と異なる動きをしたため、橋台と第4アーチにクラックが入った。そのため、オリジナルアーチの内側にさらにアーチを巻き立てる補強を行った。橋第、橋脚も橋軸方向に太く補強した。大型機関車の入線を理由に、第1～第3スパンも同様の補強を行って現在見られる姿になった。橋脚から高欄まで立ち上がるピラスターは、国道に面した南側だけにある。高欄部はバルコニー状の待避所になっている（写真2）。

アーチの上面がどのようなになっているか、ピットを掘って調査した。その結果、図面に描かれている通り、支点から4分の1点付近まで、押さえのための煉瓦層があって、煉瓦アーチの弱点をカバーしており、路盤には比較的均質な石炭殻を用いて排水を確保していることが確認できた。

また、この橋梁が図面通りに正しく立っているかどうかを調べるために、信州大学吉澤教授の担当で、セオドライト2台とレーザー光線照射装置を用いて立体三角測量（前方交会法）を行った³⁾。検討事項は橋面（帯石）の縦断勾配と平面性（直線性）、橋脚の鉛直性と橋脚間距離、アーチ半径などである。その結果、帯石はスパン中央で高く全体としてみると波打っているが、これは変状ではなくて当初から

のものと考えられる。ピラスターの角はかなりの精度で鉛直に立っている。第3スパンの長さはほぼ正確、第4スパンの長さは図面值よりかなり小さく出た。測量誤差を考慮に入れて総合的に判断すると、現時点において変形は生じていないものと判定した。

変状であるが、第1～第3スパンには、大きなクラックはない。第4スパンのオリジナルアーチに古いクラックがあるほか、補強アーチ面の北側寄りに橋軸方向の輪切り状開口クラックがある（写真3）。しかしこのクラックは補強アーチに止まり、オリジナルアーチに及んでいないことをピット調査で確認している。

d) 碓氷第四橋梁 径間24ft(7.315m)の単連アーチで、橋台はなく、起拱石(springer)が直接基礎石に据えてあり、最も簡単な形のアーチ橋である。煉瓦4枚のアーチをコンクリートアーチで補強してあり、現在の径間は約6.78mである。煉瓦造の高欄は撤去されており、南側は笠石が帯石の上に重ねてある。北側面は常時日陰で湿潤状態にあり、凍結融解作用を受けやすい。そのため煉瓦の損傷が激しく、本橋ではスパンドレル上部がコンクリートで置き換えられている。

e) 碓氷第五橋梁 径間36ft(10.973m)の単連アーチである。煉瓦5枚のアーチを煉瓦7枚のアーチで補強してあり、現在の径間は約9.42mである。煉瓦造の高欄は撤去されており、南側は笠石が帯石の上に重ねてある。北側面はオリジナルアーチの中央部とスパンドレル上部がコンクリートで置き換えられている。オリジナルアーチの起拱石(springer)に相当する部分が側面から見る限り、くさび形の異形煉瓦を用いた煉瓦積であるのが珍しい。

f) 碓氷第六橋梁 径間36ft(10.973m)の単連アーチではあるが、南側の高欄の長さが179ft(51.86m)もあり、高さもあるので、使用煉瓦の量では第三橋梁に次ぐ規模である。改造、補強が行われておらず、原形のまま現存している。高い橋脚には隅石を配置して補強と装飾を兼ねさせている（写真4）。高欄の煉瓦積はいわゆるフランス積(Flemish bond)であるのは碓氷線唯一であり、もと官設鉄道の構造物では珍しい部類に属する。高欄の親柱の一部が欠けているほか、笠石が半分近く失われている。また、橋上の路盤には、多数の樹木が成長していた（写真5）。現在も切り株以下根の部分が残っている。さらに、高欄の煉瓦や石の目地部分に小さい木や草が根を張っており、煉瓦積を傷めている。

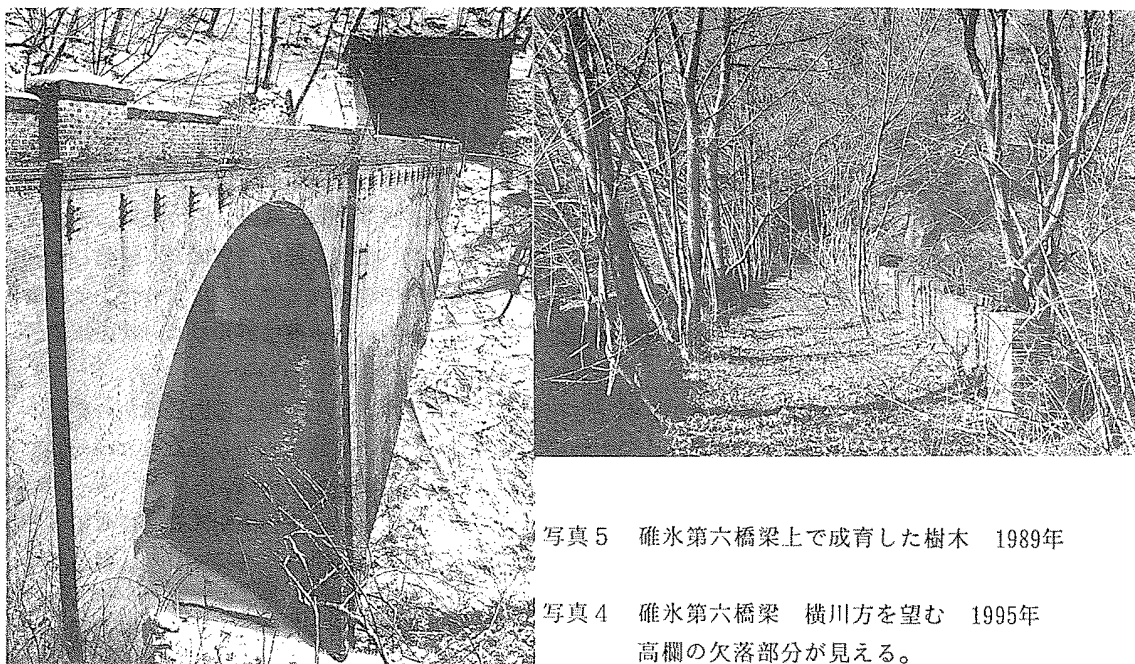


写真5 碓氷第六橋梁上で成育した樹木 1989年

写真4 碓氷第六橋梁 横川方を望む 1995年
高欄の欠落部分が見える。

2.2 トンネル

現存する本線トンネルは11、そのうち1か所は文化財指定外となっている。坑門の材料・形態を含めて、表2にまとめている。

表2 現存トンネル一覧表

現存	トンネル名	長 ft	さ ¹⁾ (m)	坑 門		備 考
				入口	出口	
◎	碓氷第一	613.73	(187.06)	石A	煉A	入口は埋土により埋没 出口は下半分土砂に埋没
◎	碓氷第二	369.93	(112.76)	煉A	煉A	
◎	碓氷第三	254.36	(77.53)	石A	石A	
◎	碓氷第四	328.94	(100.26)	石A	煉A	
◎	碓氷第五	799.26	(243.61)	煉A K	石B	出口は下半分土砂に埋没 改築・出口付近のみ現存
◎	碓氷第六	1791.90	(546.17)	煉石A R	石A	
◎	碓氷第七	247.50	(75.44)	煉A	煉E	
◎	碓氷第八	300.30	(91.53)	煉E	煉C	
◎	碓氷第九	394.68	(120.30)	煉C	煉C	
◎	碓氷第十	336.80	(102.66)	煉C	煉C	
△	碓氷第十六	870.70	(265.39)		煉D	
○	碓氷第十七	574.20	(175.02)	煉D	煉D R	
△	碓氷第十八	226.00	(68.88)	煉D		
△	碓氷第二十四	329.10	(100.31)	石E		

注 現存欄：◎は重要文化財、○はそれ以外で現存、△は一部現存
坑門欄：煉：煉瓦、石：切石/A：ピラスター、パラペット、笠石、帯石、ウイングあり/B：ピラスター、パラペット、笠石、帯石あり/C：パラペット、笠石、帯石あり/D：ピラスター、笠石あり/E：笠石のみ/K：要石あり/R：迫石あり（以上判明分のみ記載）

現存するトンネル坑門のうち文献などに図面があるのは、碓氷線最長の碓氷第六トンネルの入口と出口それに、文化財指定外の第十七トンネル出口のみである。そこで、今回、坑門の実測を行い、実測図を作成した。

軌道がないので、起拱線(springing line)を高さ方向の基準面とした。測定は巻尺(エスロンテープ/メートル尺)により行い、測定値はフィート・インチに換算した。第一トンネルの入口は土砂に埋もれて測定することができなかったが、第十六、第十七の出口を含めて21か所の実測図を作成した。一例を図1に示す。

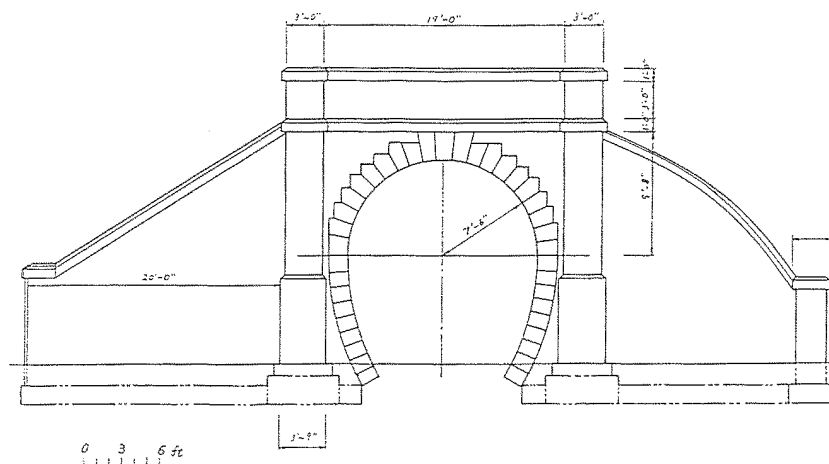


図1 実測図の例 碓氷第六トンネル入口正面図 作図：武裕貴1996

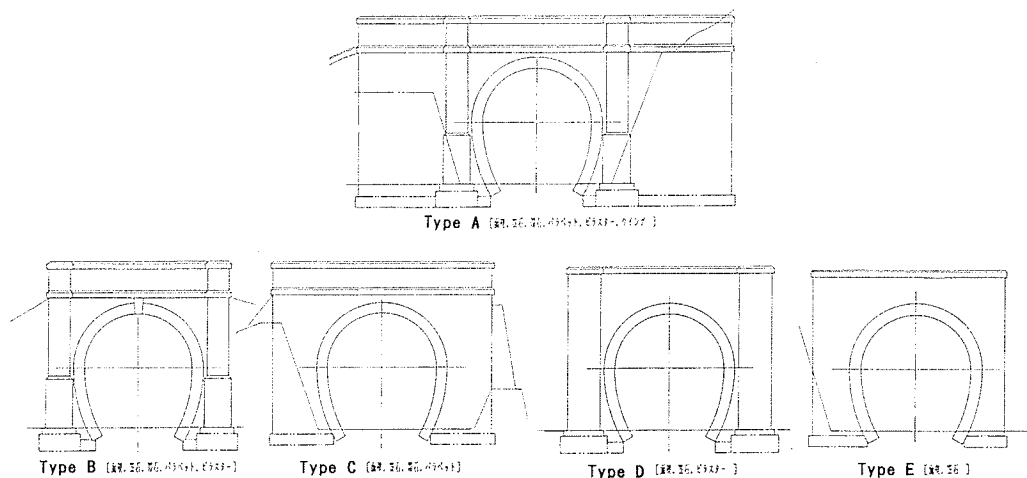


図2 碓氷線トンネル坑門の形態分類

a) 坑門のデザインについて

碓氷線トンネル坑門のデザインは簡素を旨としたが、場所によって意匠的配慮をした。現存トンネルでみると、形態的には図2に示す5つのタイプを使い分けている。材料的には、煉瓦造、石造、煉瓦と石の組み合わせの3種がある。

平行する国道から見える場所にある坑門には type A が多い（第一～第五、写真6）。とくに意識する場合には、煉瓦造ではなく、石造としている（第一入口、第三入口、出口、第四入口）。

逆に全く一目を気にしない場所では、煉瓦造の type E としている（第七出口と第八入口）。

第三橋梁に接する第五トンネル出口はウイングのない type B だが石造で、アーチに要石を配している。同じく第三橋梁に接し、しかも最長トンネルである第六トンネルの入口では、煉瓦と石を組み合わせ、形態的にもウイング上端を斜めにした独特のものにしてある。第六トンネルの出口は、国道から遠いにもかかわらず、石造 type A の端正なものにしてある（写真7）。

文化財指定外の第十六、第十七トンネルに見られる type D は、幅の広いピラスターが両端にあるもので、横川方工区にはなく、軽井沢方工区にだけ存在したようである。



写真6 碓氷第二トンネル出口 煉瓦造の type A、碓氷湖への取り付け道路により下半分は土の中。

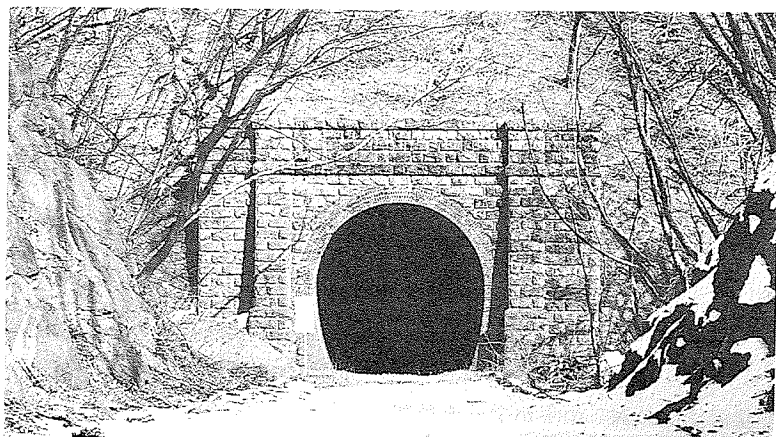


写真7 碓氷第六トンネル出口 最長のトンネルに対して石造のtype Aとしている

なお、接近して向かい合う一対の坑門は、形態的あるいは材料的に同じにしてあるようである。

また、標準的な寸法が存在していて、面壁の高さ、パラベットの高さ、ピラスターの寸法、ピラスター間隔などは共通寸法であるものが大多数である。

b) 坑門の変状について

第二トンネル出口に偏圧による開口クラックが見られる以外に大きな構造的な変状は見られない。しかし、凍結融解に起因する煉瓦や笠石の割れや表面剥離が見られる。また土圧や樹木の成育によるとみられるパラベット煉瓦の目地切れもある。目地に植物根が張り付いているものも多く見られる（写真8）。

また、ケーブル類を通すためあるいはその他の目的で種々の金物を取り付けたり、煉瓦を切り欠いたりする工作の跡が傷として残っている。

c) トンネル内の変状

第一～第十トンネルの全長にわたって、目視観察を行い、変状をスケッチした。そして写真も参考にしながら変状展開図に表示した。図3にその一部を示す。なお、昭和31年に横川保線区がまとめた「アプト線老朽施設概況調表」と対比することにより、廃止以後の変状の進行がある程度分かる。

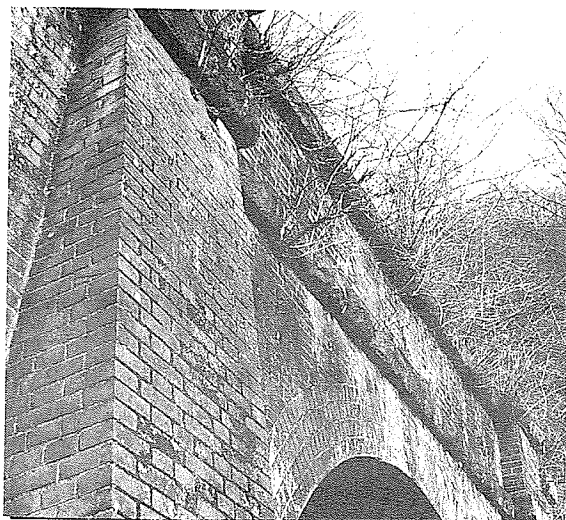


写真8 トンネル坑門パラベットの植物生育状況

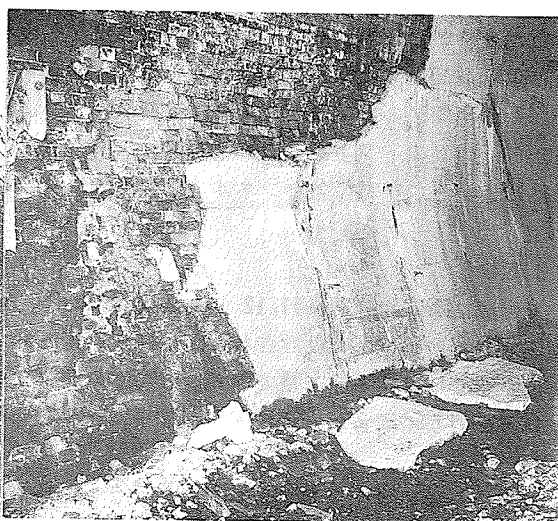


写真9 吹付けモルタルの剥落状況

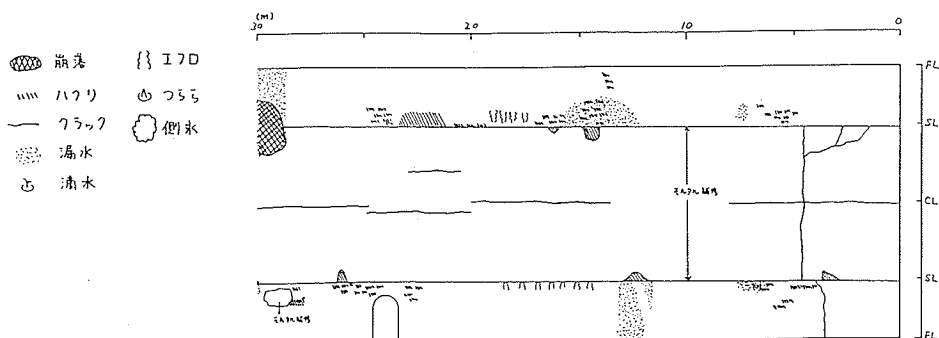


図3 トンネル変状展開図の例 中央がアーチ頂部、1/4 点は起拱線、上下端が側壁下部である。

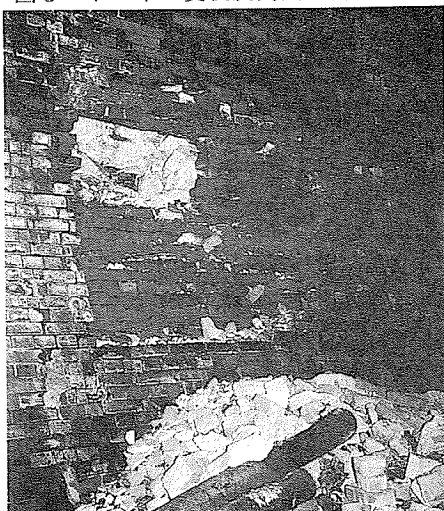


写真10 煉瓦壁の崩落

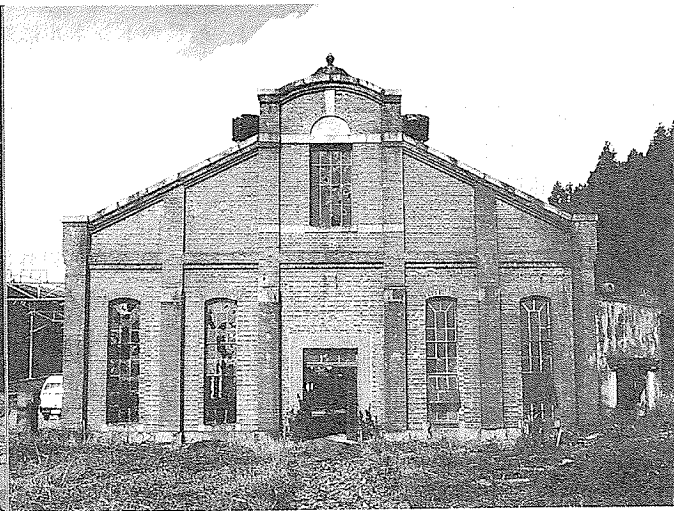


写真11 丸山変電所蓄電池室妻面

一般的に言えることは、現役時代に吹き付けモルタル工を施すなど、漏水その他変状のあったトンネルで、現在も変状が多いことである。30余年の経年により、吹き付けモルタル工が浮いたり、剥落したりした箇所がかなりある（写真9）。煉瓦側壁が1層以上剥離・崩落している部分もある（写真10）。このような箇所では漏水を伴っていることが多い。

また、当線区のトンネルは一般に被りが小さく、偏圧を受けやすい。これが原因と考えられるクラックがいくつかのトンネルで観察された。

第一、第三、第五の各トンネルでは、直ちに補修を必要とする変状が生じている。

2.3 建物

丸山変電所建物（写真11,12）も図面が伝わっていないので、実測図を作成した。これらの煉瓦造り建物が、どの単位系で設計されたかは建造誤差もあって判然としなかった。

煉瓦造壁体はイギリス積である。窓などの開口部周辺にクラックや目地切れが発生している。ハンマー打撃に対して異音がする剥離を伴ったクラックや、大きく開口しているクラックも見られ、補修が必要である。

屋根の小屋組は山形鋼などで組んだトラスである。その上に垂木を載せ、板張りを施して、瓦を葺いている。しかし、廃止後30余年の間に木部の腐朽が進み、相当部分の屋根が抜け落ちた状態になっている。



写真12 丸山変電所機械室・蓄電池室の正面（線路側）



写真13 丸山変電所機械室の荒廃状況 1996年

る（写真13）。屋根の崩落は、年々目に見えて進行しており、早急に手を打つ必要がある。また、窓、扉、ドーマー、屋根上の飾りなどの建具類も急速に崩壊しつつあり、修復のためには、回収・保管が必要であろう。これらはヴァンダリズムの標的になっているのである。

3. 修復について

重要文化財である碓氷線建造物の修復に当たっては、文化庁の指導の下に、学術的・技術的に厳密な考証に基づいて設計・施工を進める必要がある。旧線路敷を遊歩道として活用する程度であれば、橋梁などの補強の必要性は少ないであろうから、変状部分の修理と、保存のための処置と原形復元が主体となろう。

橋梁で、アーチをコンクリートで補強したものなどは、原形復元せずそのままにしておくのが現実的であろう。失われた高欄は復元したいし、高欄の笠石なども失われたものは補充したい。また、橋梁上面には防水工を施したい。

トンネルで、崩落している箇所は修理が必要であるが、文化財としての価値を損なわないよう配慮し

ながら、通路としての安全を確保することは、費用面の制約もあって容易ではない。当面、万一に備えての落下防護工（シェルター）の設置などを検討したい。トンネル坑門にはトンネル番号を掲出した。

橋梁上およびトンネル坑門上の樹木及び、煉瓦目地に張り付く植物根などは除去するとともに、その後の管理、目地の補修が必要である。

丸山変電所建物では、当面、屋根を架けることが必要である。また活用するに当たっては、構造的な耐震補強が重要である。外観の原形復旧のためには、文書・写真などの資料の他、建具などの現物資料が必要で、2. で述べたように、建具類の回収・保管が必要である。

4. 活用について

旧線路敷については遊歩道として活用することが、固まった。建設省の補助事業である「ウォーキングトレイル事業」による整備を平成8・9年度実施する予定である。建造物の新設は最小限にし、自然の中の道にしたいものである。安全対策としては、安全柵や、トンネル内照明、落下防護工などが最低限必要であろう。

丸山変電所建物については、近代建築物の保存とともに、管理運営の観点から、集客性を考慮した機能を与える必要がある。具体的な展開は今後の問題であるが、報告書の中では、埼玉大学窪田教授が「TRANS-PLAZA PROJECT＝丸山変電所復元再生計画案」を提案している。そこでは、近代化遺産保存センターという博物館機能と、レストラン、バー、カフェ、ペンションなどの接客機能を有機的に組み合わせ、さらに、松井田町の他の観光スポットとの連携を図っている。

5. あとがき

碓氷旧線の鉄道施設全体が重要文化財に指定されているから、その規模は、建築物1棟の指定に比べるとはるかに大規模であり、保存・修復に要する経費の問題は深刻である。知恵を絞るとともに、各位の絶大な支援を期待する。

多忙な公務のかたわら、精力的に調査活動をしていただいた委員各位に感謝します。

参考文献

- 1) 土木学会・松井田町『碓氷峠旧線鉄道構造物調査報告書』、平成8年3月
- 2) 構造物の概要については、小西・田島「碓氷峠旧線跡に残る鉄道構造物の技術的特徴と意義」、土木史研究, 14, p. 45-60, 1994. 6. を参照されたい。
- 3) 吉澤孝和・小西純一・山下伊千造「三次元三角測量による橋梁構造物の形状測定について」、応用測量論文集, Vol. 6, 1995. 6, p. 81-91.

付録 委員会構成（平成7年3月まで、平成7年3月より）

委員長	田島 二郎（田島橋梁構造研究所）	委員**	中島 久男（鶴見工業高校）
委員	青島 縮次郎（群馬大学）	委員	吉澤 孝和（信州大学）
委員*	石田 健治（東日本旅客鉄道 高崎支社）	オブザーバー委員	亀井 伸雄（文化庁文化財保護部）
委員	井上 寛美（鉄道総合技術研究所）	オブザーバー委員	高橋 順一（群馬県教育委員会）
委員	窪田 陽一（埼玉大学）	委託側委員	金谷 宏二（松井田町教育委員会）
委員兼幹事長	小西 純一（信州大学）	委託側委員*	清水 博（松井田町教育委員会）
委員兼幹事	小野田 滋（鉄道総合技術研究所）	委託側委員**	佐野 興伸（松井田町教育委員会）
委員**	富沢今朝男（東日本旅客鉄道 高崎支社）	委託側委員**	武井 定夫（松井田町企画課）
		委託側委員**	上原 康次（松井田町企画課）
		事務局担当	為国 孝敏（土木学会企画広報室）