

# 報告 大河津分水旧可動堰におけるコンクリート構造物の劣化損傷状況

井林 康\*1・駒形 亮\*2・町永 千宙\*3・小野口 文華\*4

**要旨:** 2011年まで約80年間供用されてきた、信濃川の大河津分水旧可動堰における主要なコンクリート構造物である管理橋および堰柱について、劣化損傷状況を把握することを目的とした。解体に伴って現地調査を行い、管理橋については底面損傷図を、そして堰柱については配筋予想図および損傷図を作成した。また、解体時に採取した鉄筋について引張試験を行った。結果として、旧可動堰には鉄筋露出などの損傷が確認されたものの、長期間供用された構造物としてはそれほど大きな劣化がないことが判明した。

**キーワード:** 大河津分水, 旧可動堰, 管理橋, 堰柱, 配筋, 劣化損傷

## 1. はじめに

1931年(昭和6)に供用が開始された、信濃川の大河津分水旧可動堰は、80年にわたる供用期間を経て、新たに建設された新可動堰にその役目を譲り、2012年(平成24年)に解体が行われた。本研究では、旧可動堰の管理橋および堰柱について、解体に伴う現地調査を複数回にわたって行い、写真図および損傷図の作成を行った。これより、損傷状況や配筋状況の調査から、その構造特性や、経年変化の把握と、考察を行うことを目的とした。



写真-1 旧可動堰全体写真

## 2. 検討対象

信濃川から分水路への流量調整は、1922年(大正11年)当初は自在堰によって行われていたが、1927年(昭和2年)に自在堰が陥没したことをきっかけに、補修工事として旧可動堰が建設された。旧可動堰の供用期間は1931年(昭和6)から2011年までの約80年間である。

写真-1に旧可動堰の全体写真を、図-1に旧可動堰の全体図を示し、図-2に管理橋および堰柱の概略寸法を示す。

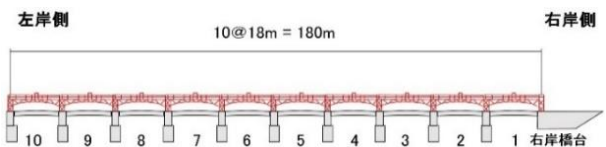


図-1 旧可動堰全体図

管理橋は旧可動堰の堰柱上に設けられており、全長180m、幅員2.5m、支間長16.5mの鉄骨鉄筋コンクリート下路式単純T形梁10連で構成されていた。管理橋を右岸側から順に第1管理橋～第10管理橋と呼称する。また、1径間のうち横桁ごとに右岸から順に1～12ブロックと分けした。

堰柱の幅員は3.5m、奥行きは18m、高さは約10mで、橋脚部のみの高さは約5.8mである。また、堰柱は昭和39年(1964年)に嵩上げ工事が行われており、上端から約2mは嵩上げされた部分である。旧可動堰の堰柱は10基設けられており、右岸側から1号堰柱～10号堰柱と呼称する。

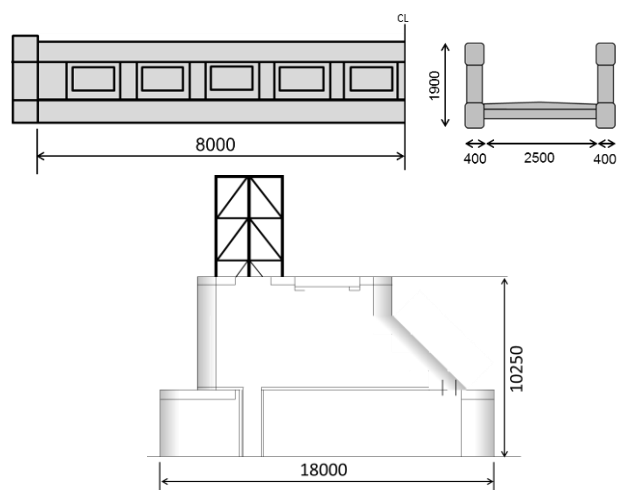


図-2 管理橋および堰柱の概略寸法

\*1 長岡工業高等専門学校 環境都市工学科准教授 博(工) (正会員)

\*2 (株)本間組 土木事業本部土木部工事課

\*3 長岡技術科学大学 環境・建設系

\*4 東日本旅客鉄道(株) 仙台支社



写真-2 高欄内側の鉄筋露出



写真-3 内部鉄骨の腐食



写真-4 内部鉄骨の状況

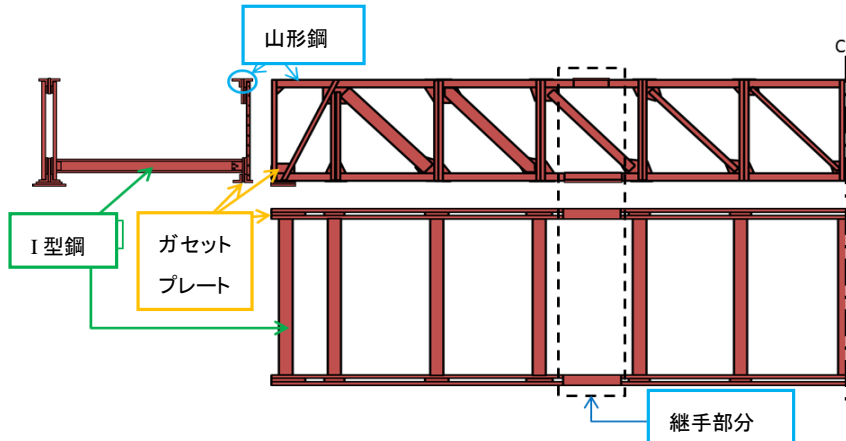


図-3 管理橋内部鉄骨図

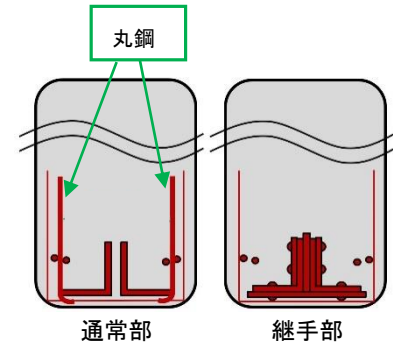


図-4 通常部および継手部の断面図

### 3. 現地調査および損傷図の作成

平成 24 年 8 月から 10 月にかけて、堰柱および管理橋を対象にして、現地にて複数回にわたり現地調査を行った。解体前においてはコンクリート表面変状を、解体途中においてはコンクリート内部の配筋状況をデジタルカメラによって撮影を行い、その様態を記録した。

また、損傷調査のため損傷図の作成を行った。管理橋の底面については、桁下から見上げる形で撮影した。その画像データを補正し、1 径間ごとに画像を繋ぎ合わせ、作成した管理橋底面の図面に貼り付け、写真図を作成した。次に、写真図から確認できる剥落、鉄筋露出、ひび割れ、遊離石灰などの損傷について 10 径間分の損傷図を作成した。

堰柱については、4 面すべての損傷状況調査を行うため、堰柱の画像データを台形補正し、堰柱 1 基ごとに分けた図面上に補正した画像データを貼りつけ、下流側・左岸側・上流側・右岸側と連続した展開写真図を作成した。次に写真図から確認できる剥落、豆板、コールドジョイント、ひび割れ、遊離石灰などの損傷について、全 10 基分の損傷図を作成し、損傷傾向の把握と検討を行った。

### 4. 管理橋の劣化および損傷状況

#### 4.1 管理橋の損傷概要

写真-2 は高欄内側で撮影された鉄筋露出の様子である。単なるひび割れが進行した鉄筋露出とは異なり、健全なコンクリート平面と同様の面で生じていることから、

もとのかぶり厚が十分確保されていなかったものと考えられる。このような鉄筋露出は管理橋底面の床版部でも確認された。なお、床版部の鉄筋露出について第 10 管理橋で多く確認された。

底面の変状を調査する中で、桁下面は特に鉄筋露出やひび割れなどの変状が各径間で共通して顕著であった。

写真-3 に示す損傷は桁下面で確認されたものである。主要な鉄骨を覆うコンクリートが剥落し、腐食が生じていた。このような損傷は第 7 管理橋で多く見受けられた。

#### 4.2 内部の鋼材配置

管理橋の内部には、写真-4 のように鋼材を組み合わせてできた鋼トラス構造が存在していることが確認できた。管理橋内部に配置されている鉄筋および鉄骨を資料や解体時に撮影した写真より確認し、図-3 のような全体の鉄骨配置図と、図-4 のような断面図を作成した。鉄骨は主に 2 本の山形鋼を組み合わせた形で構成されており、下フランジ部では、山形鋼の間にガセットプレートが存在し、それ以外の箇所ではリングのようなものを間に挟み接合されていた。上フランジ部では、ガセットプレートが挟まっている箇所以外は全体に鉄板が挟まっている構造であった。また、2 本の主桁を結ぶ横桁は I 型鋼であった。

鉄筋については、当時の図面通りに非常に密に配筋されていることが確認できた。管理橋の内部に鋼トラスが存在するものの、全体としては鉄筋コンクリート部材として期待されていたと考えられ、さらにコンクリートは鋼トラスの保護の役割も担っていたと考えられる。

### 4.3 管理橋の損傷傾向

管理橋については、現地調査を行った際、底面の損傷が他の面より顕著に見られたことから、各底面の損傷比較を全ての管理橋に対して行った。

写真図および損傷図では、横桁によって各径間を12のブロックに分けて考察を行った。全10径間のうち、多くの径間において5ブロックと8ブロックの床版部に、強軸直角方向にわたるひび割れと遊離石灰が見られた。これについて当時の資料と照らしあわせてところ、損傷のあった箇所はアスファルトジョイントとの記述が文献<sup>1)</sup>にあり、コンクリート部の目地であったと推測される。このことから、橋軸直角方向のひび割れは他の部分のひび割れ等を軽減させるために、意図的にこの位置にひび割れが発生しやすく設計がなされていたものと思われる。

また、4ブロックと9ブロックの桁下面にスターラップの露出が激しい箇所がいくつか見られた。これは損傷のある箇所の鉄骨が継手部分になっており、図-4に示すように、継手部におけるコンクリートかぶりが局所的に少ないことが原因と考えられる。また、コンクリート打設時にコンクリートが鋼材の直下に十分に回り込まなかったことも考えられ、その部分には脱型直後にモルタルによる補修が行われたと思われるが、モルタル部は部分的に脱落しモルタル接触面にはひび割れが多発していた。

結果として、コンクリートによる被覆が不十分であった箇所では鉄筋露出や腐食が確認されたが、コンクリート被覆が十分な箇所では腐食は生じていなかった。

また、ここには詳しく載せていないが、管理橋の側面においては、軽微なひび割れとそれに伴う遊離石灰、豆板等が確認されたものの、健全な箇所が多く見られ、桁下面のような顕著な損傷は確認できなかった。

### 4.4 平成元年の損傷図および平成14年の写真との比較

平成元年の資料<sup>2)</sup>に掲載されていた第7管理橋の損傷図と、平成14年の資料<sup>3)</sup>に掲載されていた第7管理橋、第10管理橋の底面部写真との比較をそれぞれ行った。

第7管理橋における床版部の比較を図-5に示す。床版部について、平成元年の損傷図と平成24年の写真を比較してみると、損傷位置にずれが生じており、平成元年の資料の精度に疑問を残す結果となった。共通する箇所としては、一部の鉄筋露出、5ブロックと8ブロックのアスファルトジョイントが原因と思われるひび割れであった。次に桁下面の損傷比較を図-6に示す。桁下面についてはひび割れや剥落の箇所、形がある程度共通しているように思われる。

平成14年の写真との比較については、第7管理橋、第10管理橋共に損傷位置が共通しており、同じ箇所であることが確認できた。平成14年から平成24年にかけて鉄

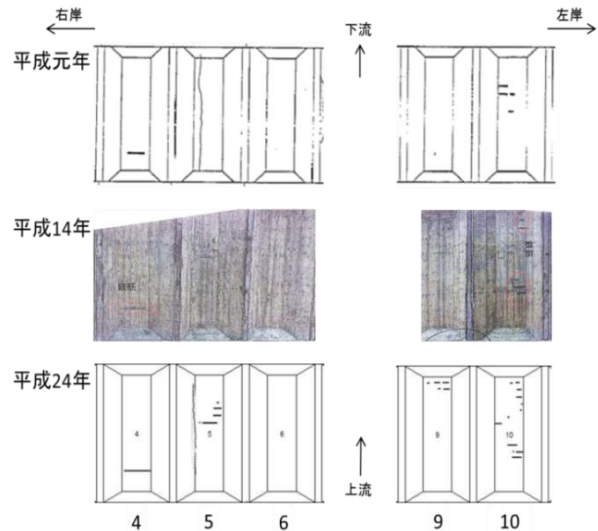


図-5 平成元年および平成14年との床版部損傷比較(第7管理橋)

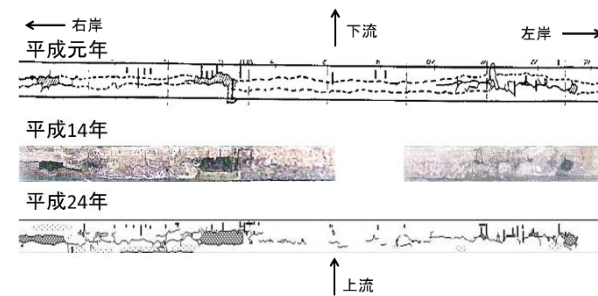


図-6 平成元年および平成14年との上流側桁下面損傷比較(第7管理橋)

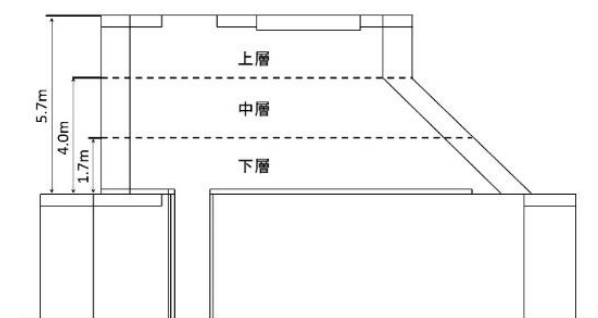


図-7 堰柱の打継目位置

筋露出が増えている点、ひび割れが発生していた箇所では平成24年には鉄筋が露出していた点など損傷の進行状況について確認できた。

## 5. 堰柱の劣化・損傷調査結果

### 5.1 堰柱の劣化・損傷

全10基ある堰柱について、図-7に示すように堰柱基部より約1.7mおよび約4mの高さに打継目を確認した。また堰柱全体に関して図-8のように損傷図を作成した。中層-下層間の打継目は、建設時に堰柱が2層に分けて



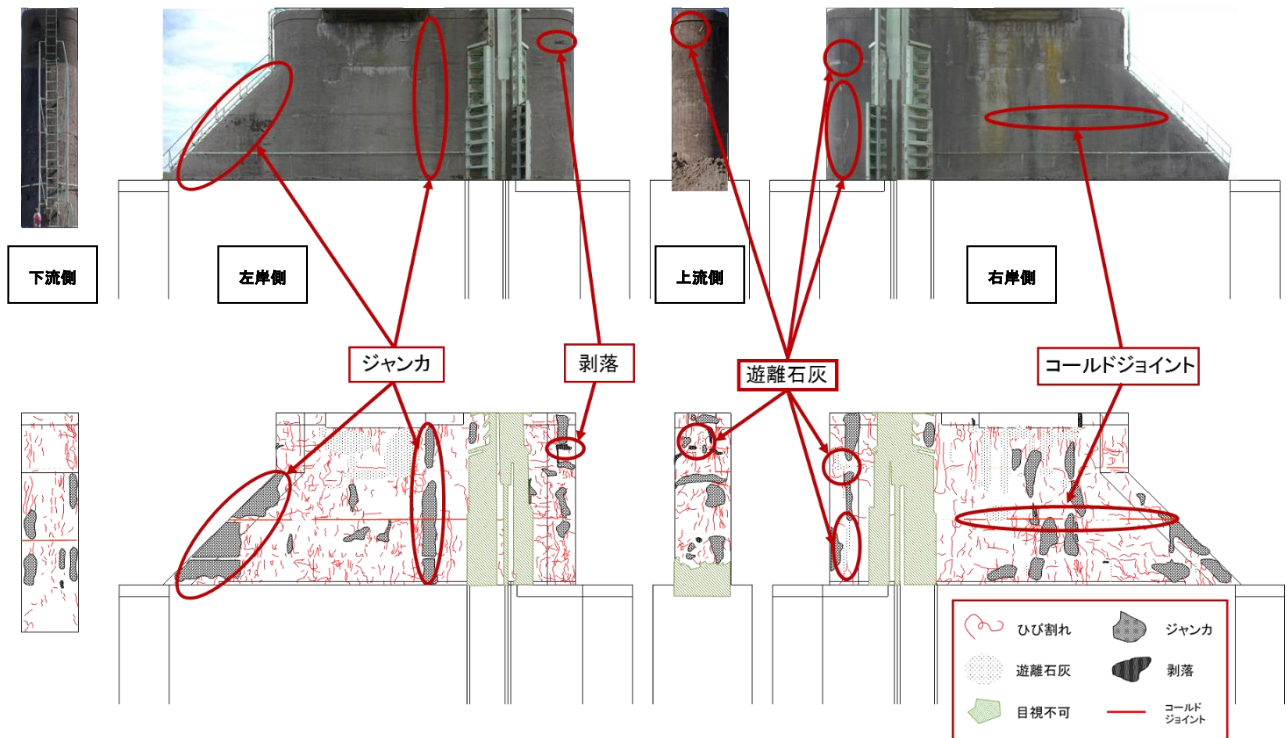


図-8 6号堰柱 写真図と損傷図の比較

打設したために生じたものであり、上層-中層間の打継目は1964年（昭和39年）に行われた堰柱かさ上げの際に生じたものである。

中層-下層間の打継目を写真-5に示す。中層-下層間の打継目は、せいぜい10cm程度までの確認できた範囲ではあるが、内部にまで平滑になっていることが解体時に確認できた。一般の打継目に比べ、かなり平滑となった理由としては、温度ひび割れ防止ではないかと推測される。現代であれば、ひび割れ誘発目地を用いて対策するところを、あえて表面を平滑にすることによって、拘束力による温度ひび割れが生じないようにしたのではないと思われる。また、耐震性については、後述する軌条を上下層の間に十分に入れることで、確保していたと考えられる。

1964年（昭和39年）のかさ上げ時は、既設体であった中層に対し、新たに上層のコンクリートを打設するために、チッピングが行われるなど、打継目処理が施されていたことを文献<sup>9)</sup>により確認でき、表面におけるこれら2種の打継目の様態は異なっていた。

また、写真-6のように、ほとんどの堰柱で上部トラス直下部分に縦方向の深いひび割れが発生していることが確認できた。原因としては、図-9のような十字型の内部鉄骨が関係していることが推測され、夏季の熱膨張などによって十字型の先端部分がひび割れを誘発し、発生したものと考えられる。

## 5.2 堰柱内部の配筋について

堰柱内部に鉄筋や軌条が存在することを、解体に伴う



写真-5 中層-下層間のコールドジョイント



写真-6 上部トラス直下に見られたひび割れ

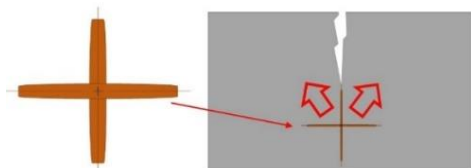


図-9 十字型の内部鉄骨とひび割れの図

実地調査により確認されたが、過去の文献にはこれらの配筋状況について詳しく記述および図化されたものは存在していなかったため、解体途中および解体後に撮影した写真をもとに、配筋予想図の作成を行った。第8堰柱の上面配筋状況をもとにした予想図を図-10に示す。

堰柱基部上面より約1.7mの位置に打継面を貫くように軌条が配置されていた。解体時の実際の軌条および番線を写真-7に示す。この軌条の端部には番線がくくりつけられていることがわかる。また、この軌条は各堰柱において、長さも位置も配置も一様ではなかったことから、これらの軌条は、厳密に定められて配置されていたわけではなく、主に堰柱を打設する際に型枠を固定する役割と、加えて打継部の上下が一体化した構造となるような役割を担っていた可能性が考えられる。

堰柱基部から約4.0mの高さには異形丸鋼や丸鋼による鉄筋網が周囲を取り囲むように配筋されていた。これらは1964年(昭和39)に行われた堰柱かさ上げの際に、既設部と新たに打設する部分の付着を確保する目的で配置されたものと考えられ、打設時の状況を記録した文献2)において、コンクリート接着剤と共に径19mmの異形丸鋼を使用したとの記述が確認された。

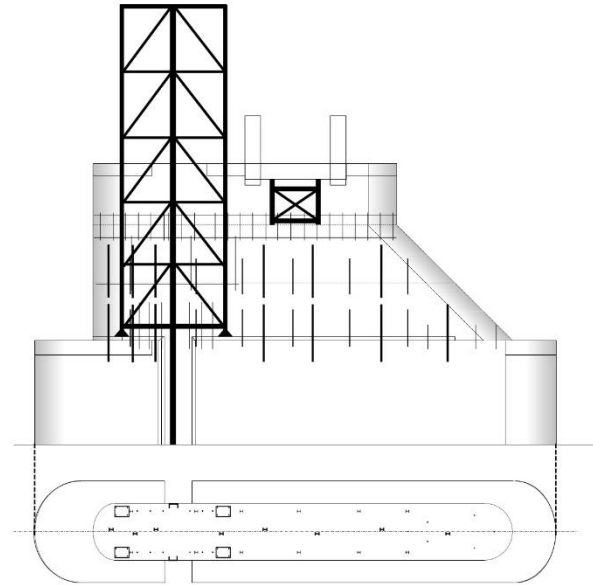


図-10 堰柱内部配筋予想図(第8堰柱)



写真-7 堰柱内部の軌条

## 6. 鉄筋の引張強度試験

### 6.1 規格概要

本検討において、比較対象として用いた引張強度の各規格を表-1に示す。

我が国における鋼材の規格はJISによって定められているが、この前身は1925年(大正14)年に制定されたJESである<sup>4)</sup>。大河津分水旧可動堰が竣工した時期が1931(昭和6)年であることから、管理橋に用いられた鋼材および堰柱に用いられた鋼材の一部はJESに準拠していると考えられる。

「JES第20号G9 構造(橋梁、建築その他)用圧延鋼材 第九条」3)によれば、鉄筋コンクリート用棒鋼に要求される抗張力(引張力)の規格は39~52 kg/mm<sup>2</sup>とされており、SI単位に変換すると、382~510 N/mm<sup>2</sup>に相当する。現行のJIS G3112「鉄筋コンクリート用棒鋼」におけるSR235の引張強度は380~520 N/mm<sup>2</sup>であり、先に示したJESの範囲と概ね同様の引張強度幅であることがわかる。

また、1964年(昭和39)のかさ上げ時に用いられた異形丸鋼の参考値として、JIS G3112におけるSD295Aを例に示しており、その引張強度は440~600 N/mm<sup>2</sup>となっている。

### 6.2 試験概要

管理橋および堰柱の実地調査時に、いくつかの鉄筋を採取し、引張試験を行った。鉄筋を採取するにあたって、

表-1 参考規格

規格名	規格区分	種類の記号	引張強度[N/mm <sup>2</sup> ]
JES 第20号	鉄筋 「コンクリート」 用棒鋼(丸鋼)	/	382~510
JIS G3112	丸鋼	SR235	380~520
	異形棒鋼	SD295A	440~600

表-2 試験体一覧

鋼材No	種別	径[mm]	所在
18	丸鋼	5	管理橋
24		6	
29		9	
33		16	堰柱 管理橋
36			
38		19	管理橋
40			
41			
45	異形		堰柱
47			

比較的健全な鉄筋を選定した。採取した鉄筋は、鉄筋カッターを用いて300~400mm程度の長さに切断した後、濃度10%のクエン酸溶液に24時間浸漬することで錆を除去し、試験体を作成した。

表-2に試験体一覧を示す。試験体は、径が5~19mm

の丸鋼 8 本と、かさ上げ時に用いられた公称直径 19mm の異形丸鋼 2 本である。

### 6.3 試験結果

引張試験の結果として、引張強度を図-11 に示す。結果として、8 本の丸鋼の大半は前述の SR235 の規定値である 380~520 N/mm<sup>2</sup> の間にあった。しかし、No.18 においてはこの強度幅を大きく超える結果となった。

堰柱から採取した異形丸鋼については、JIS SD295A の引張強度幅である 440~600 N/mm<sup>2</sup> 内におさまっており、引張強度を満足しているといえる。

降伏強度は明確に降伏点を確認できたものでは、300~500 N/mm<sup>2</sup> の範囲にあった。曲線形状からみて、明確な降伏点を持たないものがいくつか存在しており、それらについてはかなり低い降伏強度を示していた。理由としては、採取する以前に解体による影響で過度の応力が加わっていたものと推測される。

各鋼材の弾性係数をまとめたものを図-12 に示す。なお、弾性係数の算定において、明確な降伏点を持たないと思われたものは、最大応力の 0.5 倍における点までの近似直線により求めた。今回の検討の範囲内ではあるが、明確な降伏点を持たないものは、比較的弾性係数が小さい傾向が見られたが、例外も存在することから、断定はできない。

結果として、約 80 年前および約 50 年前に用いられた鋼材であっても、引張強度に関しては十分確保できていることが確認できた。

### 7. まとめ

解体された信濃川の大河津分水旧可動堰について、管理橋と堰柱に対して、劣化損傷状況の調査と、内部配筋状況調査、および内部の鉄筋の引張試験を行った。

結果として、80 年余り経過した構造物としては、それほど大きな損傷はなく、全体として大きな問題はない構造物であったと確認できた。管理橋の主構造は内部に存在していた鋼トラスであったこと、そして堰柱は大部分がほぼ無筋コンクリートの重力式であったことを踏まえてもこれらに見られた損傷は、構造上はそれほど致命的なものではなかったと思われる。

今後、一部の管理橋および堰柱は今後も存置されているが、今回の調査結果および検討を参考としつつ、素晴らしい先人達による構造物が後世まで残ってほしいものであると考える。

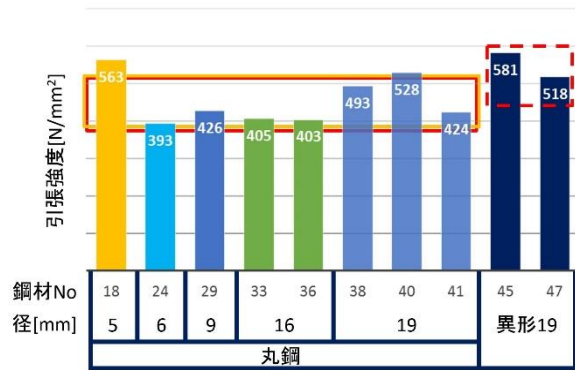


図-11 各鋼材の引張強度

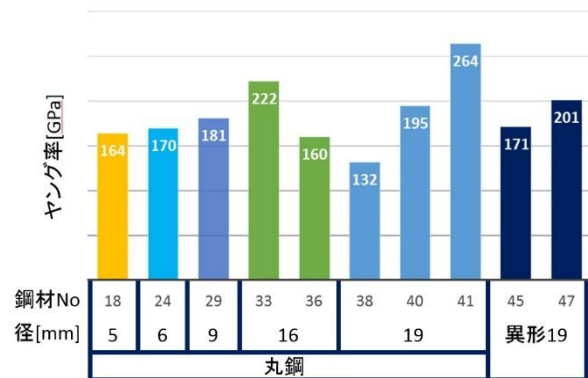


図-12 各鋼材の弾性係数

### 謝辞：

本研究の一部は、国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所から委託を受けて、土木学会・大河津可動堰記録保存検討委員会（委員長：丸山久一 長岡技術科学大学教授（現・名誉教授））の活動の一環として行ったものである。ここに記し、謝意を表す。

### 参考文献：

- 1) 振り返る大河津分水一洗堰・可動堰嵩上げ：信濃川大河津資料館，2007
- 2) 建設省北陸地方建設局，大河津分水可動堰管理橋調査報告書，1989
- 3) 建設省北陸地方整備局信濃川河川事務所，大河津可動堰現況評価検討業務委託報告書，2003
- 4) JES 第 20 号 類別 G9 構造（橋梁，建築其ノ他）用圧延鋼材，日本標準規格，1925