

# 新潟県中越地震で被災した 妙見堰（信濃川）の復旧

岡井春樹

OKAI Haruki

株式会社東京建設コンサル  
tant東京本社/主任技師



津幡光朗

TSUBATA Mitsuo

株式会社東京建設コンサル  
tant東京本社/主任技師補



平成16年10月23日に発生した新潟県中越地震において、震源域の川口町で震度7を記録した。震度7は平成7年兵庫県南部地震以来の記録であり、上越新幹線および関越自動車道に甚大な被害を与えた。信濃川においても数多くの被害が発生したが、長岡市妙見町地先（距離標30.0キロ付近）に位置する妙見堰（可動堰：引上式ゲート）における被災状況を調査し、復旧設計を行った。可動堰の地震被害は国内外でも極めて稀であるため、復旧対策工法について確立した方法はないのが実情である。本稿では、妙見堰の近傍で観測した地震記録、被害の概要および復旧方法を紹介します。河川構造物に対する耐震補強方法の考え方を述べる。

## 1—地震観測記録の概要

図2は妙見堰右岸の管理支所の地表で観測した加速度波形であり、最大加速度は、NS成分：1,450gal、EW成分：1,529gal、UD成分：798galである。地表面加速度が1,500galに達しており、類例のない地震記録と言える。

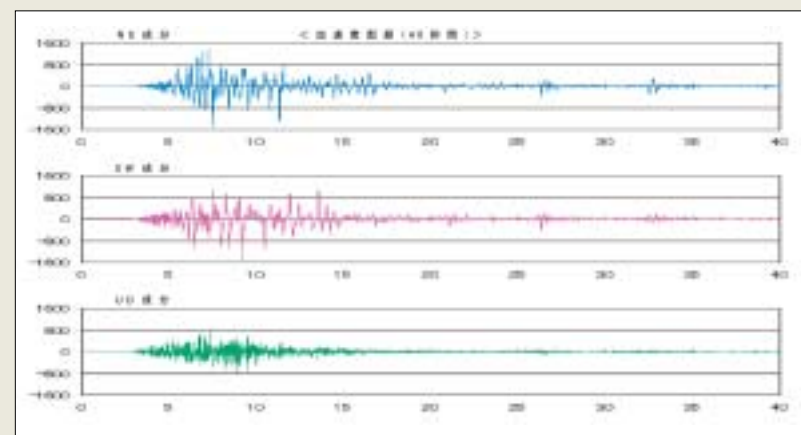
図3は水平成分の加速度応答スペクトルについて示したもので、周期0.05～0.7秒の広い範囲で2,000galを超えている。また、図3には道路橋示方書の設計スペクトルを併記（タイプII、地域別補正係数Cz=0.85を乗ずる）している。I種地盤スペクトルと妙見堰記録を比較する

と、周期1秒以上の長周期側では両者は酷似しているものの、周期0.4秒以下では大きな差異が生じていることが分かる。

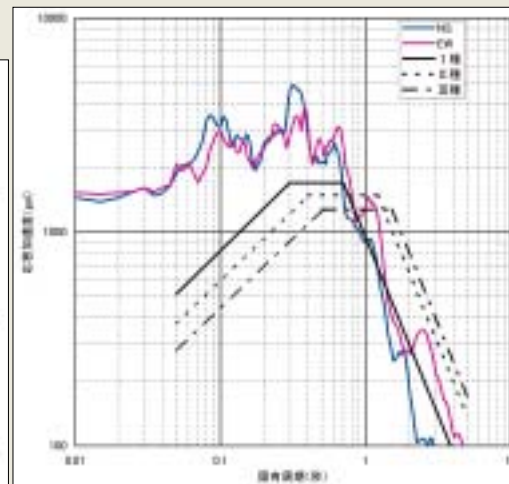
最大加速度および応答スペクトル



■図1—震源および妙見堰位置図



■図2—妙見堰管理支所における観測記録



■図3—観測記録の加速度応答スペクトル

より、現在の設計地震動をはるかに超える地震力が妙見堰に作用したものと想定され、今後の設計地震動を設定する上で大いに参考になると考えられる。

## 2—地震被害の概要

### ●1 地震被害の状況

写真1に妙見堰の全景を、図4に側面図を示す。妙見堰の主な諸元は、以下の通りである。

- ・本体形式：8径間（逆T形）
- ・門柱諸元：断面1.75m×1.75m 高さ3.67m×4本
- ・基礎形式：直接基礎（P0～P4：右岸側） ケーソン（P5～P8：左岸側）

- ・水門形式：引上式ゲート
- ・門扉諸元：扉高5.17m、幅43.5m
- ・付帯施設：管理橋、国道橋

写真2は妙見堰の門柱部分の損傷状況を示したものであり、表1に各堰柱の損傷状況をまとめた。

### ●2 地震被害の特徴

妙見堰の地震被害は以下の特徴がある。

- ①記録的な地震動を受けたにもかかわらず、P7・P8以外の門柱・堰柱は、ひび割れが発生する程度である。これはP0～P6間のゲート操作について支障を生じない程度の被害であった。
- ②左岸側に位置するP7、P8は他の門柱より損傷が著しく、コンクリート剥

離、鉄筋露出が認められた。このため、P6～P8間のゲートについては、門柱基部より下1mの高さ（ゲート下端がHWL以下の位置となる）までしか上げられない状況となった。

- ③P7、P8の門柱部分の損傷箇所は、基部と中間部に集中し、他の門柱においてもすべてひび割れが発生している。
- ④堰柱部分の損傷は、端堰柱（P0、P8）に発生し、中間堰柱（P1～P7）には認められない。

## 3—復旧対策工法

### ●1 復旧方法の選定

堰柱および門柱の復旧方法は、P6～P8間のゲート操作の機能確保を



■写真1—妙見堰の全景（上流側より）



■図4—妙見堰の側面図



■写真2—妙見堰の損傷状況

■表1—各堰柱の損傷状況

堰柱No.	基礎形式	損傷状況
P0	直接基礎	・堰柱側面に最大幅1mmのひび割れ発生。門柱に剥離・鉄筋露出は見られない。
P1～P4	直接基礎	・門柱基部と上部に水平・斜めひび割れが発生。
P5～P6	ケーソン基礎	・コンクリートの剥離・鉄筋露出は見られない。
P7	ケーソン基礎	・門柱基部と中間部が鉄筋露出、特に下流側の門柱の損傷が顕著。 ・ひび割れ幅は最大3mm程度。
P8	ケーソン基礎	・下流側は門柱基部と中間で鉄筋露出と鉄筋1本破断、上流側は門柱基部で鉄筋露出。 ・堰柱にも側面に2～3mmのひび割れが発生。

早急に行うことを前提に、以下の基本方針に基づき選定することとした。

①部材の強度低下は補強

②ひび割れは補修

これにより、各門柱、堰柱の復旧については以下のとおり行った。

- ・ P7、P8門柱：補強
- ・ P0～P6門柱：補修
- ・ P0、P8堰柱：補修

P7、P8堰柱の門柱部分の補強方法として、「鋼板接着工法」と「連続繊維シート接着工法」について比較検討を行い(表2参照)、緊急復旧として行うことから、施工の信頼性・容易性・経済性に優位である「鋼板接着工法」を採用した。門柱と鋼板との接着材料は、「有機系」「セメント系」「ポリマー系」について比較検討し、「有機系」を1次選定した。さらに有機系材料には、「エポキシ樹脂」と「アクリル樹脂」がある。施工が冬期間になることを想定して、摂氏5℃以下でも使用可能な「アクリル樹脂」を採用した。

堰柱および門柱のひび割れ補修は、「注入工法」「被覆工法」「充填工法」について比較検討を行い、ひび割れ幅・深さへの適用性から「注入工法」を選定した。注入材料としては、本格的な震災復旧事業が春以降に開始されることから、接着性、耐久性、可撓性に優れる「エポキシ

樹脂」を採用した。

以上の復旧方法を表3にまとめた。

●2 門柱部分の鋼板接着工法の設計

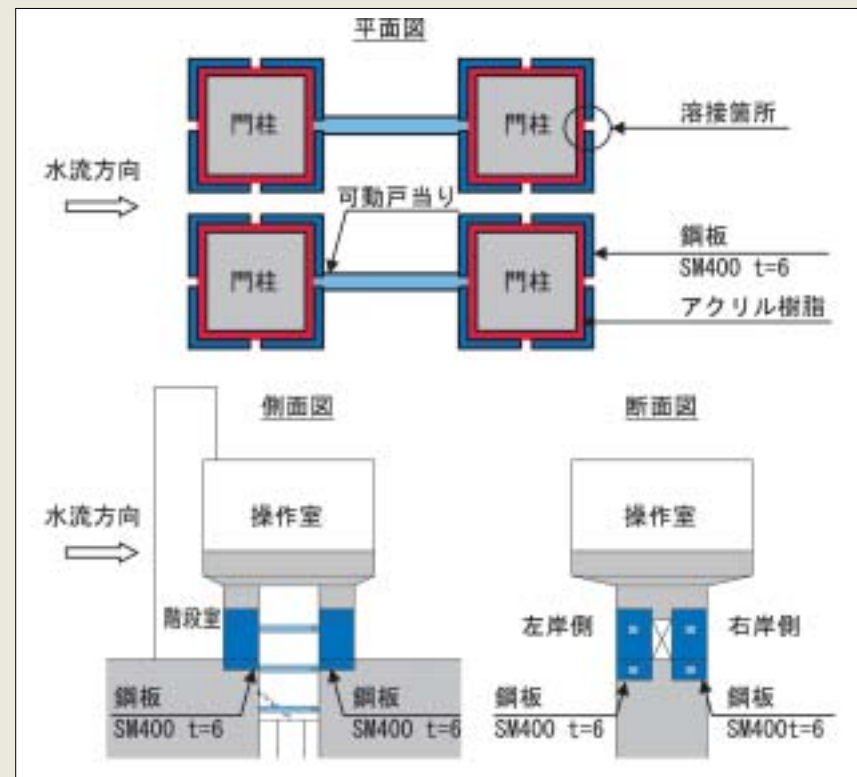
門柱部分に対する復旧対策については、図5でP7堰柱に対する補強方法(鋼板接着工法)を例として示す。図に示すように、門柱にはゲートの開閉時にローラを支える「可動戸当り」があるため、鋼

■表2—鋼板と連続繊維シートの比較

工法	信頼性	工期	耐久性	経済性
鋼板	○	○	△	○
連続繊維シート	△	○	△	△

■表3—各堰柱の復旧方法

堰柱No.	被災形態	目的	復旧方法	材料
P0～P6	ひび割れ	補修	注入工法	エポキシ樹脂



■図5—P7補強説明図

板をL形に4分割して搬入し、現地で組み立てて溶接することとした。

設計にあたっては、被災により鉄筋の性能が低下しているため門柱部の鉄筋は無視し、鋼板だけで引張応力を分担するものとした。その結果、鋼板の板厚として普及品の最小板厚t=6mmを採用した。

写真3にP7堰柱の補強状況を示す。

4—河川構造物に対する耐震補強方法の考え方

堰・水門・樋門等のゲート設備を有する河川構造物の耐震補強は、先述のように「ゲート操作の機能確保」を第一優先に考える必要がある。堰柱・門柱は一般に鉄筋コンクリート造であるが、橋脚の耐震補強とは異なる種々の制約条件があることから、以下に河川構造物特有の耐震補強方法の考え方を述べる。

●1 被災形態の設定

堰柱・門柱の破壊形態(曲げ破壊型、せん断破壊型、移行型)については、鉄筋コンクリート橋脚と同じで

ある。残留変位については、ゲート左右側の門柱の相対的な変形状態(形状と変形量)を考慮して、許容量を設定する必要がある。図6は門柱の変形形状の概念図を示したもので、水流方向および直角方向にそれぞれ同位相・逆位相の変形状態が想定できる。なおゲート操作上、最も厳しい変形は「水流方向×逆位相」である。

●2 補強工法の選定

耐震補強の原理として「強度補強」と「靱性補強」があるが、ゲート設備を有する河川構造物では門柱の変形を抑制する必要があるため、「強度補強」が望ましい。しかし、ゲート巻き上げ時の影響や軽構造戸当たりとの取り合い等の制約があるため、部材の厚さを極力小さくする必要があり。妙見堰の復旧工法としては「鋼板巻立て+樹脂注入(厚さ11mm)」を選定したが、図7に示すように残ったコンクリートをはつり、鉄筋を追加して所要の安全率を確保するよう再構築する方法も考えら

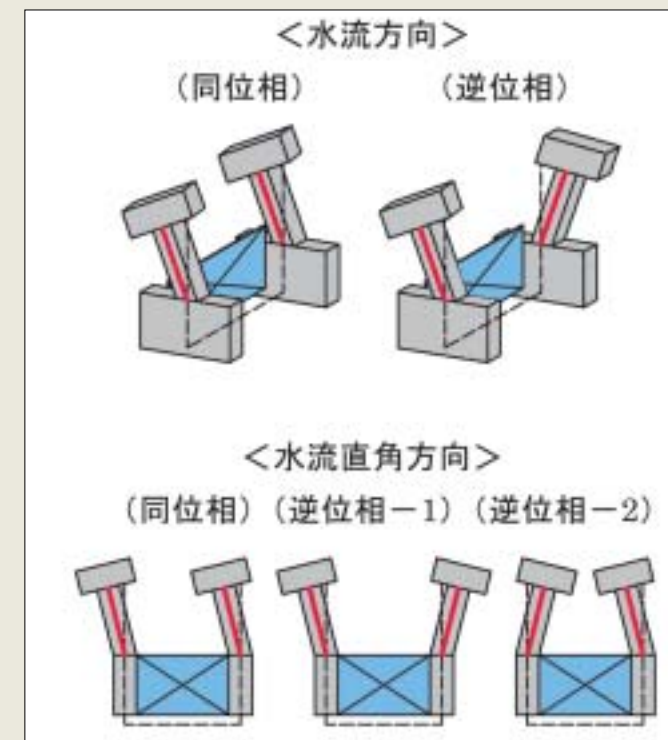
れる。

●3 鋼板の分割

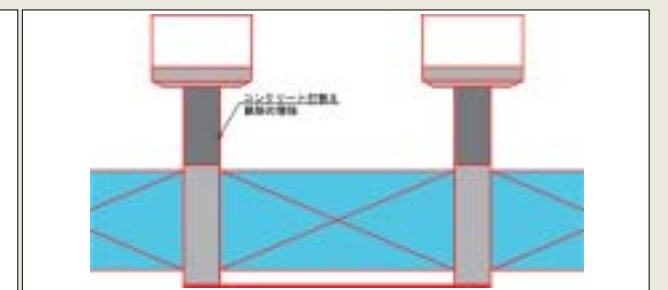
妙見堰では写真4に示すように、鋼板をL形に4分割した。その理由として、

- ①軽構造戸当たりの横桁支持部を切り欠く必要がある
  - ②施工スペースが狭いため分割すると作業がし易い
  - ③矩形断面のためL形にすると溶接がし易い
- 等が挙げられる。門柱と堰柱の断面形状が異なるため、鋼板の巻立て範囲は図5に示したように水流方向に狭く、直角方向を広くすることになる。

(資料提供：国土交通省 信濃川河川事務所)



■図6—門柱の変形形状の概念図



■図7—コンクリート巻立ての場合



■写真3(1)—P7堰柱の補強状況(全景)



■写真3(2)—P7堰柱の補強状況(拡大)



■写真4—鋼板の分割