

## 第 26 章 地震被害からみた設計上の留意点

頭首工を設計する場合に、構造物本体の耐震設計についてはそれぞれ、「第 13 章 固定堰の設計」、  
「第 14 章 可動堰の設計」において解説されているが、ここでは現地実態調査による実際の地震被害の結果から、設計上に留意することについて解説する。

### 26.1 耐震性に関する留意点

#### 26.1.1 地震による被害

##### (1) 平成 5 年（1993 年）北海道南西沖地震（プレート境界型）による被害<sup>\*1</sup>

北海道南西沖地震により、北海道瀬棚郡、桧山郡に建設されていたいくつかの頭首工が被害を受けた。これらの被害頭首工及び近傍の無被害頭首工の調査により、頭首工の地震被害について以下のようなことがわかった。

ア 頭首工の被害も他の土木構造物と同様に、震度 5 以上の地域で発生する。震度 4 以下の地域での被害は確認されなかった。

イ 被害は、「堰柱・ゲート部」と「護岸工」に多く発生している。

ウ 「堰柱・ゲート部」の被害は、河岸擁壁あるいはゲート壁の傾倒、つまり堰軸方向の壁の変形が原因である。このことにより、起伏ゲートが開閉不能に陥った頭首工が数例あった。

エ 「護岸工」の被害は、高水敷ブロックあるいは斜面の張ブロックの沈下及びクラックである。

オ その他は、小規模な角落し堰の側壁の損傷など、比較的軽微な被害である。

##### (2) 平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震（内陸直下型）による被害<sup>\*2</sup>

兵庫県南部地震により、淡路島北部の震源地から約 40 km の範囲で建設されていたいくつかの頭首工が被害を受けた。これらの被害頭首工及び近傍の無被害頭首工の調査により、頭首工の地震被害について以下のようなことがわかった。

ア 兵庫県南部地震では、被害は震源への距離に関係なく昭和 30 年代に施工された築後 30～40 年を経過している施設に多く確認されている。調査結果では、震源近く（震源 20 km 以内）に 4 施設あるが、堰高が低い（堰高 1～2 m）ためか被害を受けた頭首工は皆無であったこと、被災した 6 施設中 4 施設が昭和 30 年代築造であったことが確認されている。

イ 堰高が高い施設は軽微ではあるが被災を受けている。震源 40 km 以内に位置する 15 施設の内、13 施設が  $H = 0.5 \sim 2.4$  m で被害施設は 4 施設、残りの 2 施設は  $H = 4 \sim 5$  m ですべて被災した。

ウ 被災は堰体の被害（施工継目、法面、護岸との取付部からの漏水及び破損）が 5 施設、附帯施設の被害（操作室壁の亀裂）が 1 施設である。

エ 兵庫県南部地震における頭首工施設の被害が少なかった理由としては、地震規模が M7.2 と、日本海中部地震（M7.7）等の過去の地震に比べて地震エネルギーが小さく、かつ、直下型タイプであったため、揺れの大きかった範囲が比較的狭い範囲に限られたことや、震源地が住宅密集地に近く、比較的農用地から離れていたこと等が考えられる。

\*1 安中正実・中島賢二郎・丹波 尚：平成 5 年（1993）北海道南西沖地震による頭首工の被害、平成 6 年度農業土木学会大会要旨集、p. 72～73.（1994）

\*2 平成 7 年兵庫県南部地震 農地・農業用施設に係わる技術検討報告書 平成 8 年 3 月 兵庫県南部地震技術検討委員会

オ 加古川大堰は、ゲートが地震発生時に塗装作業のため吊上げられており、扉体自重の慣性力で軽構造部（取り外し）戸当りのローラ当り面に最大 24mm の変形が生じた。

(3) 平成 16 年（2004 年）新潟県中越地震（内陸直下型）による被害<sup>\*3</sup>

新潟県中越地震により、震源近くに位置する農業用施設である小千谷頭首工、渋海川頭首工及び黒川頭首工が被害（震度 6）を受けた。頭首工の地震被害は以下のとおりである。

ア いずれの施設も本体の損傷は見られなかった。

イ 河川護岸ブロックや施設周辺の地盤との落差が 30～50 cm 生じた。

ウ 渋海川頭首工は、ゲートが休止フックにかかった状態であったため、軽構造部戸当りのローラ当り面に変形が生じた。

(4) 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（プレート境界型）による被害<sup>\*4</sup>

東北地方太平洋沖地震では、震源近くに位置する頭首工が被害を受けた。宮城県内に位置する頭首工の調査結果より、頭首工の地震被害は以下のとおりである。

ア 被害発生部位別でみると、「堤防」が多く、続いて「操作室・管理棟」「固定堰」「ゲート・戸当り」「機側操作室」「エプロン」「堰柱・門柱」の順であった。

イ いずれの施設も、堰柱及び門柱コンクリートに構造安全性上問題となるような損傷は見られなかった。

ウ 固定堰に被害を受けた 4 施設のうち、明治時代に築造された頭首工が 1 施設、昭和 37 年度竣工の頭首工（平成 20 年度改修済）が 1 施設、昭和 40 年代に築造された頭首工が 2 施設となっており、古い年代に築造された固定堰が被害を受けたと判断される。

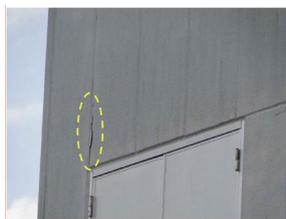
エ 頭首工周辺にて、河川堤防の沈下及びすべりに伴う変状が多く発生したが、軽微であり、頭首工本体に影響を与えるような損傷は見られなかった。

オ 被害を作用荷重の観点から考察すれば、津波被害を受けたゴム堰を除けば、地震動が主たる荷重である。これは、頭首工が農業用水取水のために河川の上流部に設置されるため、河川津波遡上地点よりも上流側に位置する箇所が多いからである。

(5) 平成 30 年（2018 年）北海道胆振東部地震（内陸直下型）による被害<sup>\*5</sup>

北海道胆振東部地震により、震源近くに位置する頭首工が被害を受けた。調査結果より頭首工の地震被害は以下のとおりである。

ア 取水口、護岸、管理橋及び門柱などのコンクリートにクラック、破損が生じた。



操作室外壁パネルのひび割れ



護岸ブロックのひび割れ



操作室外壁パネルの脱落



操作室柱基部のひび割れ

写真-26. 1-1 地震の被害状況

<sup>\*3</sup> 平成 17 年 新潟県中越地震土地改良施設等技術検討業務委託事業 報告書 社団法人 農業土木学会

<sup>\*4</sup> 渡嘉敷勝、浅野勇、森充広、西原正彦：平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による宮城県内の頭首工および水門の被害、農工研技報、213（2012）

<sup>\*5</sup> 松岡宗太郎、川口清美、小野尚二、武下和幸：平成 30 年北海道胆振東部地震での農業水利施設の被災概要、水土の知、（2020）

## 26.1.2 耐震設計のための留意事項

### (1) 護岸擁壁の傾倒

#### ア 問題点

堰軸付近の護岸は、多くの場合擁壁となっている。地震時には水平土圧により、擁壁護岸が河川側に傾倒する被害が発生する可能性がある。

護岸擁壁に直接側部戸当りを取付ける起伏ゲート、あるいは護岸工が戸当りを兼ねている小規模な角落しゲートでは、護岸工の傾倒が、「堰柱・ゲート部」の機能不全として現れる。

具体的には、以下のような現象が生じる。

油圧シリンダ背面支持タイプの起伏ゲートでは、擁壁に傾斜が生じた場合、側部戸当りの傾斜だけが問題となる。それは、扉体開閉時の側部水密ゴムのまくれ込み、及び水密ゴム受け板と側部戸当りとの接触によって扉体開閉不能の原因になるからである。

また、下端トルクチューブタイプの起伏ゲートでは、擁壁に傾斜が生じた場合、側部戸当りの傾斜とともに、側部戸当り一体で製作されたトルク軸用軸受け金物の傾斜が考えられ、複合的問題が生じる。それは、扉体開閉時の側部水密ゴムのまくれ込み、及び水密ゴム受け板と側部戸当りとの接触によって扉体開閉不能となり、またトルク軸への軸受けの片当りによる扉体開閉不能の原因となる。

#### イ 対策

護岸擁壁が起伏ゲートの側部戸当りを兼ねている場合は、側部戸当り部とそれに連続する上下流側の擁壁を、構造的に縁切りする方がよい。側部戸当りを兼ねる擁壁の設計においては、地震力を考慮して、壁厚、鉄筋量とともに補強した構造とすることが望ましい。また、その部分の裏込め土は、液状化しにくい材料を用いるよう配慮するべきである。

この問題へのゲート側の対策としては、扉体側部水密ゴム受けと側部戸当りとの間に十分な余裕幅を設けることである。この場合、側部水密ゴムが回転摺動によるまくれ込みを起こさないように、ゴム形状、受け板構造等の検討を行う。

### (2) 堰柱とエプロンの振動の相違

#### ア 問題点

堰柱は通常杭基礎で、耐震基盤に支持されているが、エプロンは河床に板構造として建設されるもので基盤に支持されていない。このような、支持の相違が地震時の振動現象の相違になって現れる可能性がある。

起伏ゲートの場合、ゲートの軸及び、支承はエプロンに設置されており、エプロンの振動が堰柱と異なることにより、(1)と同様なゲートの機能不全に陥るおそれがある。

#### イ 対策

起伏ゲートの軸及び支承が載る部分のエプロンを、他のエプロン部分と縁切りし、堰柱と同様に杭基礎を設ける。あるいは、エプロンのゲート支持部を堰柱と一体構造とする。