

平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震による頭首工被害 Damage of Head Works by the 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake

○渡嘉敷勝，浅野 勇，森 充広，西原正彦

TOKASHIKI Masaru, ASANO Isamu, MORI Mitsuhiro and NISHIHARA Masahiko

1. はじめに

2011 年 3 月 11 日 14 時 46 分に発生した東北地方太平洋沖地震は、三陸沖を震源とする M9.0 の地震であり、宮城県栗原市で震度 7 が観測されたほか、岩手県から茨城県にかけての太平洋岸の広い範囲で震度 6 強や 6 弱が観測された。震度 7 が観測されたのは、1995 年兵庫県南部地震（M7.3）、2004 年新潟県中越地震（M6.8）に次ぐ 3 度目となる。また、地震により発生した津波では、北海道から千葉県にかけて大津波が押し寄せ、甚大な被害を生じさせた。本報では、宮城県、福島県、茨城県における資料調査および現地調査を基に頭首工被害の概要を報告する。

2. 被害および調査の概要

2011 年 6 月時点で被害情報が得られた頭首工は、宮城県 35 箇所、福島県 16 箇所、茨城県 8 箇所の計 59 箇所であり、そのうち 37 箇所について現地調査を実施した（Table 1）。現地調査を実施した頭首工のうち、損傷の主要因が地震荷重によるものは 34 箇所、津波荷重によるものは 3 箇所であった。

Table 1 頭首工の被害と調査の概要
Outline of damaged head works and field survey

		宮城県	福島県	茨城県	計
被害箇所		35	16	8	59
調査	箇所	21	14	2	37
	時期	2011 年 7 月 2012 年 3 月	2011 年 10 月 2012 年 3 月	2011 年 7 月	-
損傷 主要因	地震	19	13	2	34
	津波	2	1	0	3

3. 損傷施設と状況

頭首工の損傷施設を「固定堰」、「堰柱・門柱」、「エプロン」、「ゲート・戸当り」、「機側操作室」、「操作室・管理棟」、「護岸・堤防」に分類すると、地震荷重による損傷率（当該施設に損傷を受けた頭首工数／当該施設を有する頭首工数）は、Fig. 1 に示すとおりである。「護岸・堤防」が 62% で最も高く、続いて「固定堰」の 31%，以下「機側操作室」，「操作室・管理棟」，「ゲート・戸当り」，「堰柱・門柱」，「エプロン」の順となる。護岸・堤防の損傷では、頭首工周辺で河川堤防の沈下およびすべりに伴う変状が多く見受けられる。ただし、損傷には Photo 1 に示すように頭首工の取水機能を喪失させる護岸の崩壊から、護岸ブロックのひび割れなどの軽微なものまで広い範囲のものが含まれる。他の特徴的な損傷としては、吊り上げられていたゲートの振動による戸当りの変形および戸当りに接続する門柱コンクリートの剥落（Photo 2），また、操作室の柱の基部に生じたひび割れ（Photo 3）などが見られた。

津波荷重による損傷は、3 箇所ともゲート施設の損傷である。3 箇所のゲート型式の内訳は、ゴム引布製ゲート 2 箇所および鋼製起伏ゲート 1 箇所である。ゴム引布製ゲ-

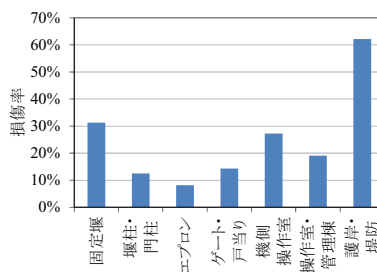


Fig. 1 地震荷重による施設別損傷率
Damage rate of each facility caused by seismic load



Photo 1 護岸の崩壊
Collapse of embankment

トの損傷は、袋体端部に生じた亀裂（Photo 4）であり、袋体の気密性が失われて起立不能となり取水機能を喪失した。河川を遡上した津波が堰に到達した際、倒伏状態にあった袋体が上流側に押し出されて側壁固定部付近に引張力が集中し、亀裂が生じたものと推定される。鋼製起伏ゲートの損傷では、津波到達時に起立状態にあったゲートに津波荷重が作用し、扉体の変形、溶接部の破断などを生じさせ、ゲートの水密性を喪失した。頭首工の従来の設計および操作管理においては、河川遡上津波は考慮されていないため、河口に近い頭首工においては、今後津波を考慮した検討が必要な課題と考える。

4. 地震動と堰柱・門柱の被害

2004年新潟県中越地震では、妙見堰が門柱のかぶりコンクリートの剥落および一部鉄筋の破断という大きな損傷を受けた¹⁾。一方、同じ震度7を観測した本地震における宮城県内では、そのような損傷は見受けられなかった。Fig. 2に宮城県内のK-NET 築館，古川，塩竈，仙台，また、新潟県中越地震の妙見堰近傍のK-NET 小千谷の加速度応答スペクトル（減衰定数 $h = 0.05$ ），さらに道路橋示方書の標準加速度応答スペクトルを示す。損傷が発生した妙見堰近傍の小千谷の応答加速度は、固有周期約0.4秒～1秒の間で本地震の宮城県内4箇所および道路橋示方書の応答加速度を全て上回る。一方、今回の震度7を観測した築館では固有周期0.3秒付近に応答加速度のピークが存在する。このことは、小千谷での地震波は固有周期が0.4～1秒の構造物に、また、築館の地震波は固有周期0.3秒付近の構造物に大きな地震力が作用したことを示す。妙見堰の固有周期が0.4～1秒の帯域にあると仮定すれば、堰には大きな地震力が作用し堰が損傷したと考えられる。このように震度が同程度の地震であっても、頭首工の門柱・堰柱の被害は地震波特性および構造物の固有周期等の振動特性に大きく影響を受けることが推察される。ただし、これらの特性は地盤の動特性、構造物の地震応答特性に関係するため、これらを総合的に検討する必要がある。

5. おわりに

今後、本地震による頭首工の損傷メカニズムについて詳細調査および数値解析などを用いて検討するとともに、過去の地震による頭首工被害についても併せて検討し、地震荷重に対する頭首工の構造安全性および使用性に関する調査手法を検討する予定である。

最後に、災害復旧対策にお忙しい中、頭首工被害に関する資料および情報の提供をいただきました、東北農政局、関東農政局、宮城県農林水産部、福島県農林水産部および各農林事務所職員の方々に深く謝意を表します。

参考文献 1) 杉田秀樹・石原雅規・田村敬一（2006）：第6編 河川施設，土木研究所報告，No.203，pp.126-131.

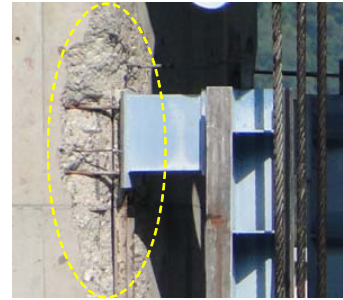


Photo 2 門柱コンクリートの剥落
Spalling of concrete at gatepost



Photo 3 操作室の柱のひび割れ
Crack at pillar of control room



Photo 4 ゴム堰の袋体の端部亀裂
Broken end of rubber tube

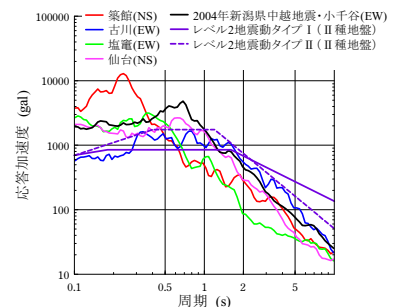


Fig. 2 加速度応答スペクトル
Acceleration response spectrum