

## 玉川ダム取水塔の耐震補強について Seismic reinforcement method for Tamagawa Dam water intake tower

渡邊 亮○      濱崎潤一      河下知美      平井就基      高砂直幸  
Watanabe Ryo   Hamazaki Junichi   Kawashita Tomomi   Hirai Shuki   Takasuna Naoyuki

### 1. はじめに

玉川ダムは、愛媛県北部の高縄半島中央部に位置し、二級河川蒼社川水系蒼社川に築造された多目的ダムであり、その諸元は表-1のとおりである。

国土交通省では、平成17年に「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針(案)・同解説」(以下、「指針」という)を策定し、ダム本体及び関連構造物について、レベル2地震動に対する耐震性能照査を実施することとしている。

玉川ダムでは、過年度に当指針に基づき、耐震性能照査が実施されており、堤体は所要の耐震性能を有するものの、クレストゲート、取水塔等の関連構造物において耐震補強が必要とされている。

本稿では、このうち取水放流機能の維持を目的とした取水塔の耐震補強について報告する。

### 2. 取水塔の耐震性能照査

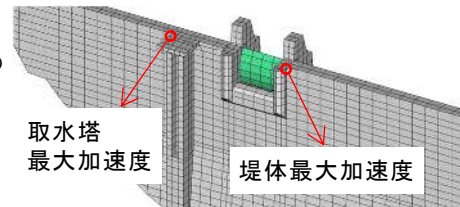
玉川ダムの取水塔は堤体付属型であり、ダム軸方向の荷重が支配的な構造である。過年度までの耐震性能照査では、2次元モデルによる地震時応答解析結果(上下流方向)をダム軸方向荷重として作用させて検討が行われている。このため、3次元モデル地震時応答解析(図-1参照)により、取水塔に作用する地震時荷重(ダム軸方向)を適切に設定し、既設構造の耐震性能評価の精査を行うとともに、耐震補強の必要性を検討した。

照査断面は既設取水塔の配筋図に基づいて設定した。解析は、取水塔の平面スライス断面をフレームモデル化(図-2参照)し、3次元解析にて算出された地震時荷重を作用させて実施した。その結果、各照査断面において、レベル2地震時に曲げ破壊は発生しないものの、せん断応力が、部材のせん断耐力を上回り、耐震補強が必要となる結果となった。

NTCコンサルタンツ(株) NTC Consultants Co.    キーワード：地震工学、構造力学、数値解析、工法・施工

表-1 玉川ダム諸元表  
Tamagawa Dam Specification Table

一般	位置	今治市玉川町大字龍岡下	
	河川名	二級河川蒼社川	
	基礎地盤	角閃岩黒雲母花崗岩	
堤体	型式	重力式コンクリートダム	
	堤高	56.0 m	
	堤頂長	260.0 m	
	堤頂幅	4.0 m	
	天端標高	EL 160.0 m	
	堤体積	187,000 m <sup>3</sup>	
貯水	流域面積	38.1 km <sup>2</sup>	
	平常時最高水位	EL 155.8 m	
	洪水時最高水位	EL 158.6 m	
池	予備放流水位	1次	EL 155.2 m
		2次	EL 154.6 m
	堆砂面標高	EL 131.2 m	
	総貯水量	9,900 千 m <sup>3</sup>	
	利水容量	7,400 千 m <sup>3</sup>	
	堆砂容量	800 千 m <sup>3</sup>	
	洪水調節容量	2,300 千 m <sup>3</sup>	



モデル	方向	二次元(堤体)		三次元(今回)		
		上下流方向		ダム軸		
照査位置		堤体	堤体	取水塔	堤体	取水塔
最大値 (gal)	天端	4787.0	5620.3	4576.4	4647.0	2170.6
最大値 (gal)	基礎	685.0	889.9	727.6	889.9	110.5

図-1 3次元モデルによる地震時荷重の設定  
Setting seismic loads with 3D models

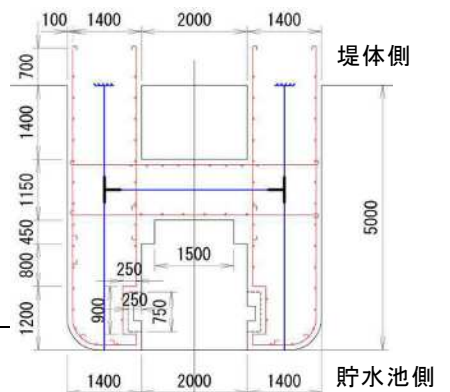


図-2 取水塔標準断面  
Water intake tower standard section

### 3. 耐震補強工法

#### (1) 耐震補強工法の選定

コンクリート構造物のせん断補強工法には、橋梁の橋台、橋脚を中心に種々の工法が開発されている。このうち、取水塔体の構造、施工条件(貯水位低下は不可)を踏まえて、「鋼板接着工法」、「シート接着工法」、「せん断補強鉄筋挿入工法」を1次選定した。

選定した工法について、経済性等を比較検討し、せん断補強鉄筋挿入工法を採用した。

表-2 耐震補強工法選定表 Seismic reinforcement method selection table

項目	あと施工せん断補強		接着工法	
	①せん断補強鉄筋挿入工法	②鋼板接着工法のみ	③鋼板接着工法 + シート接着工法	
工法の特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量なため、狭隘な空間でも人力施工が可能である。</li> <li>部材を巻立てないため、塔体重量が増加しない。</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼板接着部の剛性増加に伴い、無対策部に作用するせん断力も増加するため対策範囲が拡大する傾向がある。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>軽量なため、狭隘な空間でも人力施工が可能である。</li> <li>繊維シートは水中施工不可のため、鋼板接着を併用する。</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>	
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>基本的にメンテナンスは不要</li> </ul> <p style="text-align: center;">○</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な防錆処理が必要</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流水でシート損傷の可能性有</li> </ul> <p style="text-align: center;">△</p>	
経済性	100% ○	169% △	114% △	

表3 せん断補強筋の組合せ比較

Comparison of shear reinforcing muscles

#### (2) せん断補強筋の設計

せん断補強筋は、既設配筋、ゲート等の附帯構造物を避けて配置する必要があるため、一部の部材は貯水池側からの水中施工とした。コンクリートの削孔には時間を要することから、部材毎に

鉄筋径	本数	重量(kg)	合計(円)
D22	3	12.768	148,836
D35	2	21.028	146,854

必要なせん断補強鉄筋径と本数の組合せを比較した結果、一般的な配筋計画とは異なり、鉄筋重量が重くなっても鉄筋径を大きくして本数を少なくした方が経済的となる結果が得られた。その結果を表3に示す。また、せん断補強鉄筋は、端部の形状によって挿入深さと必要定着長が異なることから、挿入深さが浅く、かつ定着長が長くなる端部形状とした。

塔内のせん断補強鉄筋充填材料は、ドライワークが可能のため、施工方向と削孔深さから一般的な可塑性グラウトとした。落水できないため、塔外からの施工は水中施工となることから、充填材は、水中施工の実績があるエポキシ樹脂材料とした。今後、試験施工等にて、削孔深さが深い場合のエポキシ樹脂材料の充填性、引抜強度を確認する計画である。

### 4. おわりに

本検討において、3次元モデルにより取水塔に作用するダム軸方向の応答加速度が、上下流方向の応答加速度に比べて低減されることを確認した。

今後、発生が想定される大規模地震に対して、ダム附帯構造物の耐震性能の確保は、喫緊の課題である。また、近年の気候変動の影響に伴い、貯水位低下はリスクを伴うことから、水中下においても確実かつ経済的な工法が求められている。

そのような状況下において、水中での鉄筋探査や遠隔臨場の普及に伴い、水中施工の適用が広がっていることを踏まえ、本検討により水中施工での耐震補強の可能性を示すことができたと考える。

本設計にあたって資料を提供して戴くとともに有益なご助言を戴いた愛媛県土木部に感謝の意を表す。また、本報が同種検討の参考となれば幸いである。