

# コンクリート技術史から見た長岡市旧中島浄水場配水塔の考究

コンクリート研究室 本間 彩香  
指導教員 下村 匠

## 1. はじめに

長岡市水道公園にある配水塔(図-1)は、大正11年に設計され、大正13年に着工、昭和2年に竣工したコンクリート構造物である。昭和2年の竣工から平成5年の中島浄水場運転休止まで長岡市の上水道施設として利用された。竣工から89年経過した現在、水道公園の施設の一部として使用されている。

本配水塔は、平成10年に有形文化財に登録されたこともあり、文化的価値のある建造物である。また、平成16年の新潟県中越地震や平成19年の中越沖地震などの震災にも崩壊することなく、コンクリート技術史から見て現存する貴重な構造物である。

設計・施工における基準に着目すると、土木学会制定のコンクリート標準示方書が初めて制定されたのは昭和6年であり、標準示方書制定前のコンクリート構造物の設計・施工技術を調査することは歴史的意義を有する。

既往の研究において、建設された背景や携わった技術者に関する調査・検討が行われている。一方、材料や構造の観点から設計や施工方法に関する調査・検討は十分に行われていない。そこで、本研究では、長岡市旧中島浄水場配水塔の設計当時と現在の設計・施工技術の対比を目的に、当時の設計・施工資料の調査を実施した。また、現行の設計基準による本配水塔の耐震性能照査も行った。

## 2. 建設時における配水塔の設計計算書の再現

当時の設計では、許容応力度設計法が用いられていた。このとき、鉛直方向には自重と水の上乗荷重、水平方向には風荷重が考慮された。また、当時の設計において主に使用されている単位は、重量はポンド、長さはフィートであった。設計に使用された図面を図-2に示す。

## 3. 長岡市旧中島浄水場配水塔の施工技術の検証

配水塔の建設当時の写真や記録が現在まで保管されている。型枠や足場は木材が使用されており(図-3)、鉄筋は丸鋼である。コンクリートの運搬では、トロッキヤバケツ(図-4)が用いられ、木製のレールを利用して運んでいた。上部の打設には、図-5に示すように、足場を隣接し、バケツを上部まで持ち上げ、樋を渡

して流し込んでいた。



図-1 長岡市旧中島浄水場配水

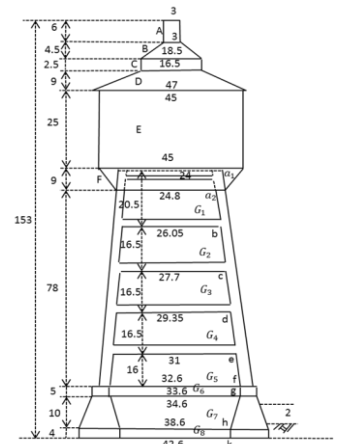


図-2 設計に用いられた断面図



図-3 基礎打設時の状況

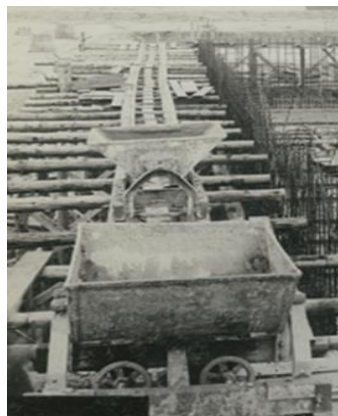


図-4 トロッキ及びレール

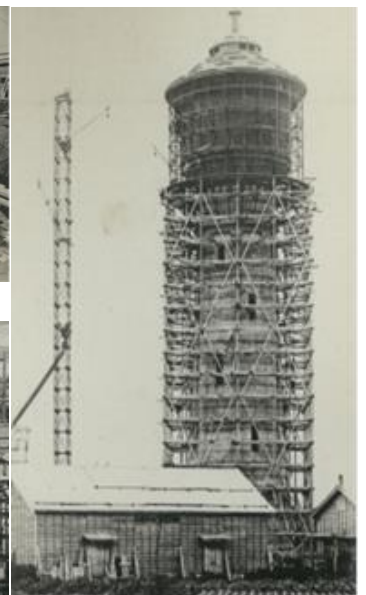


図-5 上部打設時の状況

平成 21 年から 23 年にかけて行われたコンクリートコアの圧縮強度試験結果を表-1 に示す。表-1 より、使用されたコンクリートは十分な強度や耐久性を有する施工が行われていたことが確認できる。

#### 4. 現行の設計基準による配水塔の性能照査

現在の設計では耐震設計を必ず行うが、建設当時の設計では行われていなかった。そのため、現行の設計基準による耐震性能照査方法を用いて、曲げモーメント・せん断力・帯鉄筋量に対する安全性の検討を行った。今回、耐震性能を照査する方法として、所要降伏震度スペクトルによる耐震性能照査を選定した。この照査方法では、配水塔を 1 自由度の構造物として捉えることで簡易に照査できる利点を有している。所要降伏震度スペクトルによる耐震性能照査のフロー図を図-6 に示す。

所要降伏震度スペクトルによる耐震性能照査では、レベル 1 地震動とレベル 2 地震動のそれぞれにおける設計水平震度  $\alpha$  を算出し、構造物の重量と掛け合わせることで地震動を静的な横からの力として表している。レベル 1 地震動では、等価固有周期と地域別補正係数の関係から設計水平震度  $\alpha$  を設定した。レベル 2 地震動では、配水塔が過去に受けた最大の地震動である中越地震で観測された加速度から設計水平震度  $\alpha$  を設定した。なお、観測された加速度は配水塔に最も近い観測地点である長岡市幸町のデータを用いた。

曲げモーメント・せん断力・帯鉄筋量に対する照査結果を表-2 に示す。表-2 より、現行の設計基準では帯鉄筋量に関しては安全性を満たすことができなかったが、曲げモーメントとせん断力に関しては安全性を満たすことが確認された。

#### 5. まとめ

長岡市旧中島浄水場配水塔の設計当時と現在の設計・施工技術の対比を目的に、当時の設計・施工資料の調査、現行の設計基準による本配水塔の耐震性能照査を行った結果、以下のことが明らかとなった。

コンクリート標準示方書制定以前の限られた設計・施工技術であっても、十分な強度や耐久性を有する構造物を作製可能であることが確認された。

地震荷重を風荷重と同様の方法で算出する許容応力度設計法を用いた設計は、現行の所要降伏震度スペクトルによる耐震性能照査と比較して、帯鉄筋量に対する安全性を満たすことはできなかったが、曲げモーメントとせん断力に対しては安全性を満たすことが確認された。

表-1 コンクリートコアの圧縮強度試験結果

位置	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	備考
W-1	30.0	23.0
W-2	18.2	
W-3	20.8	
W-4	20.1	22.5
W-5	21.8	
W-6	25.7	
S-1	24.8	26.1
S-2	27.7	
S-3	25.7	

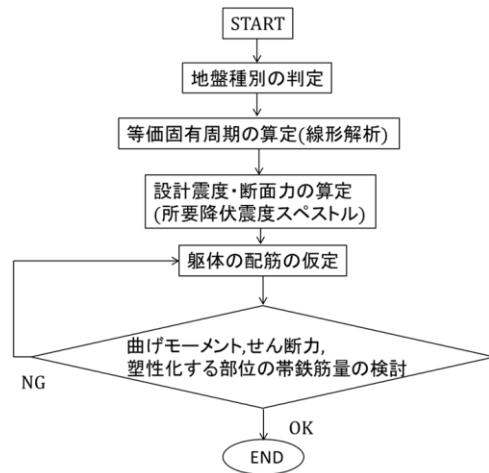


図-6 所要降伏震度スペクトルによる照査フロー図

表-2 照査結果

項目	数値	OK または NG
等価固有周期	0.28	-
地域別補正係数	0.9	-
$\alpha$ (レベル 1 地震動)	0.225	-
M/Mu	0.345	OK
$V_d/V_{yd}$	0.507	OK
$V_{yd}/V_{mu}$	0.68	NG
$\alpha$ (レベル 2 地震動)	0.42	-
M/Mu	0.948	OK
$V_d/V_{yd}$	0.947	OK
$V_{yd}/V_{mu}$	0.68	NG