

新たな簡易耐震診断表における耐震性判定基準に関する研究

研究分担者 宮島 昌克 金沢大学理工研究域環境デザイン学系 教授

研究要旨

水道施設は全般的に耐震化の取組みが遅れており、特に浄水施設の耐震化率は平成24年度末現在で約21.4%と低い状況にある。また同時に、多くの施設が経年化とともに老朽化が進み、更新時期を迎えつつある。こうした現状を踏まえ、水道施設の耐震化の促進方策として、耐震性能を判定するための簡易耐震診断手法の改善を図ることとし、浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往の簡易耐震診断表による診断結果との比較によりその問題点を抽出し、新たな簡易耐震診断表を検討してきた。その結果、新たな簡易耐震診断表では評価内容、評価項目数が既往のものとは異なることから、新たな耐震性判定基準が必要となったので、新たな簡易耐震診断表を用いたケーススタディ結果をもとに統計手法を用いた解析を行い、新たな耐震性判定基準を提案した。

A. 研究目的

水道施設全体を見渡すと、管路の耐震化の取組みは進みつつあるものの、浄水施設の耐震化率は平成24年度末現在で約21.4%であり、対策の取組みが極めて遅れている。特に昭和50年代以前に建設された浄水施設は経年劣化が進みつつあり、施設の耐震性が十分でないものが多い。また、中小水道事業体ほど技術者の数も少なく、耐震化の取組みが遅れているのが現状である。

浄水施設の耐震化を効率よく進めるために、詳細耐震診断を行う対象施設の優先順位付けに供するための「簡易耐震診断表(昭和56年3月、厚生省水道環境部)」があるが、作成以来30年余りを経ていることから、近年の被害事例と照らし合わせるなどして、問題点の抽出と改善を行い、中小水道事業体の耐震化促進に供することが、課題となっている。

そこで浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往の簡易耐震診断表による診断結果との比較によりその問題点が抽出され、新たな簡易耐震診断表が検討されてきた。その結果、新たな簡易耐震診断表における耐震性判定基準が必要となったので、新たな耐震性判定基準を具体的に提案することを平成25年度の目的とする。

B. 研究方法

詳細耐震診断済み(及び新設の耐震性あり)の構造物の構造諸元のデータを収集して既往耐震診断表を適用し、その問題点・課題を改善することにより、新たな簡易耐震診断表が提案されている。そこで、この新たな簡易耐震診断表における耐震評価点と詳細耐震診断により判定された耐震性あり、耐震性なしの判定(新設の場合は耐震性あり)との関係を、統計手法を用いた解析により検討した。なお本研究では、統計手法としてROC解析(Receiver Operating Characteristic analysis)を用いて解析を行い、新たな簡易耐震診断表から得られる耐震評価点から耐震性を判定する基準について検討した。なお、ROC解析とは、第2次世界大戦中に飛行機を発見するレーダーシステムの性能評価を目的として考案された方法であり、放射線画像診断の判断意思決定評価、CADシステムの性能評価をはじめ、様々な問題に用いられている解析手法である。

C. 研究結果

新たな簡易耐震診断表作成のために収集された浄水施設の詳細耐震診断済み(及び新設の耐震性あり)の構造物の構造諸元のデータを解析に用いた。すなわち、有蓋構造物で詳細耐震診断において耐震性なしと

判断されたもの 24 構造物、耐震性ありと判断されたもの及び新設の耐震性ありのもの 26 構造物、無蓋構造物で耐震性なしと判断されたもの 7 構造物、耐震性ありと判断されたもの及び新設の耐震性ありのもの 12 構造物の合計 69 構造物である。耐震性の有無で区分すると、耐震性なしが 31 構造物、耐震性ありが 38 構造物となる。

まず、この 69 構造物の構造諸元を用いて新たな簡易耐震診断表による耐震評価点を計算した。表 1 に耐震評価点の最大、最小、平均値を示す。有蓋構造物および無蓋構造物において、それぞれの耐震評価点の平均値は耐震性なしの構造物の比べ、耐震性ありの構造物の方が低い点数となっていることがわかる。既往の簡易耐震診断表では、耐震性判定基準は有蓋構造物と無蓋構造物の区分なく、同じ基準で判定しているため、ここでもこれらを合わせた全体について考察することにする。表 1 における全体についても、耐震評価点の平均値は耐震性なしの構造物の 59.93 に比べ、耐震性ありの構造物の方が 12.21 と、明らかに低い点数となっている。最大値についても耐震性なしが 433.03 に対して、耐震性ありが 85.54 となっており、明確な差が見られる。しかし、最小値に注目すると耐震性なしが 2.97、耐震性ありが 1.80 と大差は見られない。

図 1 に詳細耐震診断結果より耐震性なし、耐震性ありと判定されたそれぞれの、構造物ごとの新簡易耐震診断表による耐震評価点を示す。ここでは、耐震性なしと耐震性ありの判定の基準について検討しているので、両者のデータのほとんどが分布している耐震評価点 0.0～48.0 の分布を示した。なお、耐震評価点が 48.0 を超えた耐震性なしの構造物は 13 構造物、耐震性ありの構造物は 3 構造物であった。図 1 によれば、耐震性なしのほとんどのデータが耐震評価点 12.0 以上にあり、耐震性ありの多くのデータが耐震評価点 12.0 以下にあることがわかる。

69 すべての構造物の耐震評価点と詳細耐震診断により判定された耐震性あり、耐震性なしの判定結果を用いて ROC 解析を行ったところ、耐震性あり、耐震性なしの判別値が 18.03 となった。すなわち、新簡易耐震診断表による耐震評価点が 18.03 以下

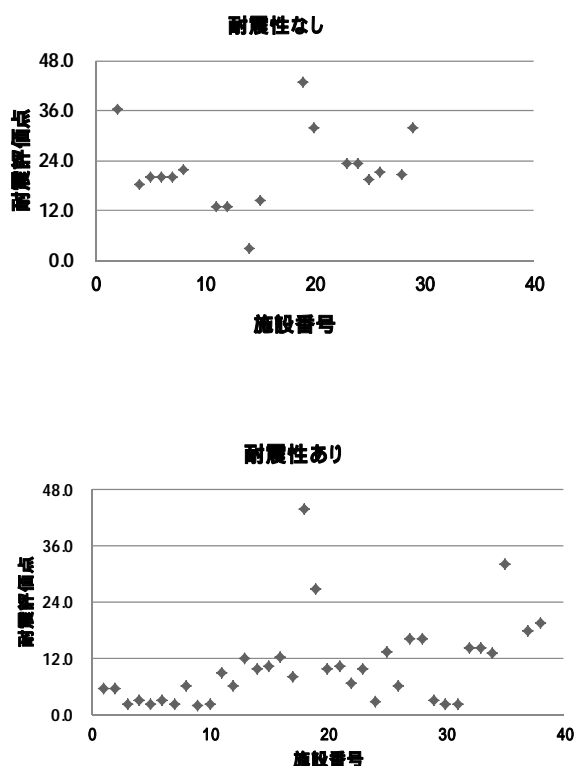
表 1 新簡易耐震診断表による耐震評価点の最大、最小、平均値

| 有蓋構造物 | 耐震性あり | 耐震性なし |
|-------|-------|-------|
| 最大 | 43.74 | 80.19 |
| 最小 | 1.80 | 2.97 |
| 平均 | 8.79 | 33.40 |

| 無蓋構造物 | 耐震性あり | 耐震性なし |
|-------|-------|--------|
| 最大 | 85.54 | 433.03 |
| 最小 | 1.98 | 32.08 |
| 平均 | 19.61 | 116.78 |

| 全体 | 耐震性あり | 耐震性なし |
|----|-------|--------|
| 最大 | 85.54 | 433.03 |
| 最小 | 1.80 | 2.97 |
| 平均 | 12.21 | 59.93 |

図 1 新簡易耐震診断表による耐震評価点



であると耐震性ありと判定できるという結果である。

まず、詳細耐震診断により耐震性なしと判定された 31 構造物の耐震評価点に注目すると、4 構造物の耐震評価点が 18.03 以下であり、耐震性ありと評価されることになるが、残りの 27 構造物は新簡易耐震断表でも耐震性なしと判断できることになる。詳細耐震診断により耐震性ありと判定された 38 構造物に注目すると 5 構造物の耐震評価点が 18.03 以上となり、耐震性なしと評価されることとなるが、残りの 33 構造物は新簡易耐震断表でも耐震性ありと判断できることが明らかとなった。

既往の簡易耐震診断表では、耐震性の評価を「高い」「中」「低い」の 3 段階で行ってきた。そこで、新簡易耐震診断表でも 3 段階で評価することを考える。上述した 2 段階評価では 18.03 が判別値となることから、18 を中央値としてその上下にどれだけの幅を持たせて「中」の領域とするかを検討した。この幅をいくつか変動させて試行錯誤的に検討した結果、 18 ± 6 として、すなわち、12~24 の領域を「中」とするのが適当であるという結論を得た。すなわち、新簡易耐震診断表における耐震評価点が 0~12 を「耐震性高い」、12~24 を「耐震性中」、24~ を「耐震性低い」と判定することを提案する。

D. 考察

新たな簡易耐震診断表作成のために収集された浄水施設の詳細耐震診断済み(及び新設の耐震性あり)の構造物の構造諸元のデータを用いて新簡易耐震診断表による耐震評価点を算出し、詳細耐震診断結果とともに統計解析を行ったところ、18.03 が耐震性あり、なしの判別値であることが得られた。さらに試行錯誤的な検討より、新簡易耐震診断表における耐震評価点が 0~12 を「耐震性高い」、12~24 を「耐震性中」、24~ を「耐震性低い」と判定することを提案した。

そこで、この判定基準を用いて、収集した 69 の構造物の耐震評価点を用いて耐震性の判定を行った。まず、詳細耐震診断により耐震性なしと判定された 31 構造物の耐震評価点に注目すると、1 構造物が「耐

震性高い」と評価されるが、残りの、13 構造物が「耐震性中」、17 構造物が「耐震性低い」と判定されることになる。詳細耐震診断により耐震性ありと判定された 38 構造物に注目すると 4 構造物が「耐震性低い」と判定されることとなるが、残りの 8 構造物が「耐震性中」、26 構造物が「耐震性高い」と判定されることが明らかとなった。

新たな簡易耐震診断表によれば、詳細耐震診断と整合性のある結果が概ね得られることが示された。中小の水道事業者でも準備できる限られた資料を用いて行う簡易診断としては十分な精度を持つものと考えられる。

しかし、詳細耐震診断における耐震性ありの構造物を「耐震性低い」、耐震性なしの構造物を「耐震性高い」と判定するケースのあることも示された。詳細耐震診断において耐震性ありと示された構造物を「耐震性低い」と判断したケースについて考察すると、簡易耐震診断では鉄筋コンクリート壁の厚さだけを取り上げており、鉄筋量を評価していないので、通常よりも鉄筋量を多くして、壁厚を薄く抑えている場合などは評価されずに、「耐震性低い」と判定することになる。また、構造物の基礎形式も考慮していないので、立地条件の悪い場合に基礎形式で対応していても、簡易耐震診断では評価されずに「耐震性低い」と判定されてしまう可能性がある。

一方、簡易耐震診断で「耐震性高い」と評価されても、たとえば、伸縮目地や可とう管の性能不足など、簡易耐震診断で考慮されていない耐震性能不足などにより、詳細耐震診断で耐震性なしと判断される場合も考えられる。これらのことは、簡易耐震診断の限界を示唆していると言える。

E. 結論

浄水施設の詳細耐震診断結果を収集し、既往の簡易耐震診断表による診断結果との比較によりその問題点が抽出され、新たな簡易耐震診断表が提案された。新たな簡易耐震診断表では評価内容、評価項目数が既往のものとは異なることから、新たな耐震性判定基準が必要となったので、新たな簡易耐震診断表を用いたケーススタディ結果をもとに統計手法を用いた解析を行い、新

たな耐震性判定基準について検討した。その結果、以下のことが明らかとなった。

- ・ 新簡易耐震診断表における耐震評価点が0～12を「耐震性高い」、12～24を「耐震性中」、24～を「耐震性低い」と判定することを提案した。
- ・ この判定基準を用いて、収集した69の構造物の耐震評価点を用いて耐震性の判定を行ったところ、詳細耐震診断により耐震性なしと判定された31構造物のうち、1構造物が「耐震性高い」と評価されるが、残りの、13構造物が「耐震性中」、17構造物が「耐震性低い」と判定された。一方、詳細耐震診断により耐震性ありと判定された38構造物のうち4構造物のが「耐震性低い」と判定されることとなるが、残りの8構造物が「耐震性中」、26構造物が「耐震性高い」と判定されることが明らかとなった。
- ・ 新たな簡易耐震診断表を用いて、詳細耐震診断と整合性のある結果が概ね得られることが示された。中小の水道事業者でも準備できる限られた資料を用いて行う簡易診断としては十分な精度を持つものと考えられる。
- ・ 詳細耐震診断における耐震性ありの構造物を「耐震性低い」、耐震性なしの構造物を「耐震性高い」と判定するケースのあることも示された。これは、簡易耐震診断表では十分に考慮できなかった要因によるものと考えられ、簡易耐震診断の限界を示唆していると言える。

F. 健康危険情報

特になし。

G. 研究発表

- ・ M. Miyajima “Resilient Water Supply System for Earthquake and Tsunami”, *Journal of Water Supply: Research and Technology – AQUA*, [in press]
- ・ M. Miyajima “Performance of Drinking Water Pipelines in Liquefaction Areas in the 2011 Great East Japan Earthquake”, *International Journal of Landslide and Environment*, Vol.1, No.1, pp.61-62, 2013.10.
- ・ M. Miyajima “Verification of a

Prediction Method of Earthquake Damage to Water Supply Pipeline by Using Damage Data of the 2011 Great East Japan Earthquake”, *Proceedings of the 8th US-Taiwan-Japan Workshop on Water System Seismic Practices*, pp.43-49, 2013.8.

- ・ A. Kirimura, Y. Suzuki, T. Aizawa, M. Fujiwara and M. Miyajima “Simplified Evaluation Method of Seismic Resistance for Water Treatment Facilities”, *Proceedings of 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering*, [CD-ROM], 2013.5.
- ・ M. Miyajima “Damage to Water Supply Pipelines in the 2011 Great East Japan Earthquake”, *Proceedings of 6th China-Japan-US Trilateral Symposium on Lifeline Earthquake Engineering*, [CD-ROM], 2013.5.

H. 知的財産権の出願・登録状況（予定を含む）

未定