

熊本地震におけるステンレスパネルタンクの被害調査に関して

中央大学 正会員 平野 廣和 宮城県庁 正会員 遠田 豊*
中央大学 学生員 竹本 純平

1. はじめに

2016年4月14日～16日に熊本県を中心として震度7の地震が2回、震度6強が2回発生し、余震は現在でも続きその回数は4100回を上回っている。この地震は、活断層による直下型の地震であり、震源が浅いことから地表面に大きな揺れを生じさせて甚大な被害を生じた。さらに、複数の活断層が同時に動いた可能性があり、前震・本震・余震の区別が難しい地震とも言われている。

著者らの研究グループでは、発災直後の4月17日から熊本市を中心として現地調査を実施して来た。発災直後と言うことで、救助活動の妨げにならないことを第一と考えたことから、十分な調査ではないが、熊本市周辺の災害拠点病院で貯水槽の被害や上水道の大型配水池等でステンレスパネルタンク（以下、SUSタンク）の損傷を確認することができた。

一方、各種の熊本地震に関する報告書^{1),2)}によると、多くの上水道用の同型式のSUSタンクが被害を受けていることが指摘されている。

そこで本稿は、熊本地震におけるSUSタンクの公表されている被害調査事例と著者らの独自の被害調査を併せて示しながら、SUSタンクの耐震性能向上が早急に必要であることを述べるものである。

2. 熊本地震でのSUSタンク損傷被害

2.1 熊本市周辺での被害

写真-1は、熊本市南区のA病院である。SUSタンクの側壁隅角部下部のパネル接合部が縦方向に割れている。この被害は、バルジング現象が原因と考えられる。

また、大型の配水池関連では写真-2示すように熊本県菊池郡の配水池で、SUSタンクの下部パネルの溶接部分ならびに隅角部から水漏れが生じている。これも同じくバルジング現象が原因と考えられる。さらにこの地域では、他に3基のSUSタンクに損傷が生じており、これらは全てパネル上部で発生していることからスロッシング現象が原因と考えられる。

写真-3は最新の設計基準で製作された熊本市内の大型配水池である。隅角部上部のパネルに凹みならびに天井部パネルの溶接部に多くの割れの損傷が生じている。これはスロッシング現象が原因と考えられる被害例である。なお、このタンクは隅角部に曲げ構造を有して補強した形式であるので、この部分での大きな損傷は免れたと思われる。

2.2 熊本市郊外の被害

写真-4は、熊本市内から50km程度南東に離れた熊本県上益城郡のSUSタンクの被害である。写真-4(a)に示すようにタンク下部での被害であるので、主としてバルジング現象が発生したと考えられる。これを裏付けるように、写真-4(b), (c)は、パネルが流体と連成して振動を生じたことでタンク内部の補強材に生じた



写真-1 隅角部下部の破損事例 (熊本市 A 病院)
(SUS タンク, 210m3, 熊本市南区) (バルジングの事例)



写真-2 下部パネル溶接部の損傷例 (熊本県菊池郡)
(バルジングの事例)



写真-3 隅角部上部の損傷ならびに天井部の割れ損傷例
(熊本市内の大型配水池) (スロッシングの事例)



(a)タンク下部での被害 (b)内部補強材の座屈



(c)溶接部のクラック (d)補修後も続く水漏れ

写真-4 SUS 製貯水槽 (熊本県上益城郡)
(バルジングの事例)

座屈、溶接部のクラック発生による水漏れである。なお、これらの被害は、著者らが熊本地震発生前に行った実機貯水槽を用いた振動実験³⁾で達成した振動の再現をしており、SUS タンクの典型的な被害事例である。また、写真-4(d)から SUS タンクは、一度水漏れが生じると修理を行っても完全に止水することが難しいことがわかる。

写真-5 は、合志市の公共施設の SUS タンクである。写真-5(a)によると上部の側板がタンク外側に向かって大きく変形をしている。また写真-5(b)によると上部パネル接合部から漏水が生じている。このような損傷から、ここでの損傷原因は上部パネルでの損傷であることから、スロッシング現象によるものと推定される。その他合志市内では B 病院において、スロッシング現象が原因と考えられるパネル接合部からの漏水損傷が発生している。

次に写真-6 は、上益城郡甲佐町の配水池の SUS タンクの修復作業終了後の状況である。写真-6(a)に着目すると下部の側板や基礎に漏水の跡があり、バルジング現象によって損傷が発生したと考えられる。また、SUS タンク隅角部の様子を写真-6(b)に示す。ここで SUS タンク隅角部は、一般的に内部で溶接されているが、写真-6(b)に示す SUS タンクは隅角部外部を溶接して復旧工事が行われているように思われる。通常行わない外部壁パネル間での溶接作業が施されているが、その理由は不明である。

2.3 その他の被害

その他周辺地域での被害状況に関しては、表-1 に厚生労働省¹⁾、著者らの研究グループならびに土木学会地震工学委員会²⁾の現地における SUS タンク損傷被害の調査結果をまとめて示す。これらから熊本地震により数多くの SUS タンクが損傷し、多くの施設機能が停止する被害が発生したことを確認することができる。

ところで、ここでの調査結果は限られた調査であるので、この他多くの被害が熊本市を始め周辺地域で発生している可能性が高いと思われる。

3. おわりに

水道施設耐震工法指針・解説⁴⁾には、耐震設計の基本方針が定められており、配水施設等のランク A2 の水道施設は、最も低い耐震性能 3 を確保する必要がある。また、鋼製構造物の耐震性能の損傷状態の項目には、耐震性能 3 において水密性の確保が定義されている。この 2 つを考慮すると熊本地震により損傷した SUS タンクは、漏水が発生していることから水密性の確保がなされておらず、最も低い耐震性能 3 を有していなかった可能性も考えられる。このような背景から日本ステンレスタンク工業会の設計指針⁵⁾と現状を踏まえると以下の検討すべき項目が挙げられる。

- (1) 角形 SUS タンクの固有周期を円筒形タンクの算定式を用いて算出している。
 - (2) レベル 2 地震時の設計水平震度を「水道施設耐震工法指針」方法⁴⁾を用いることで、加速度応答スペクトルの照合を行わず一義に設定している。
 - (3) 内部補強材をパネル溶接部に沿って全溶接部材で設置しているが、トラス構造として扱っている。
- このようなことから、SUS タンクの耐震性については個々のメーカーの耐震性能に対する独自の手法によっ

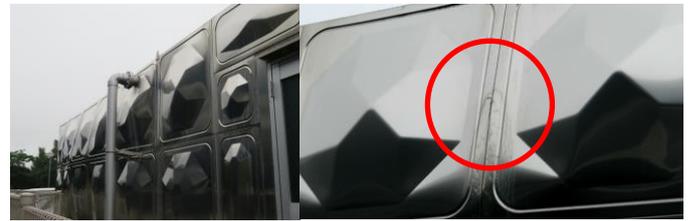


写真-5 合志市公共施設 (スロッシングの事例)



写真-6 上益城郡甲佐町の配水池 (復旧後) (バルジングの事例)

表-1 熊本地震における SUS タンクの被害状況

| 場所・施設等 | 住所 | 原因 | 被害箇所 | 引用 |
|--------------|---------|------|----------------------------|---------|
| ＜水道施設関連＞ | | | | |
| 熊本市上下水道局 | | | | |
| 1 舞原配水池 | 南城区南町築地 | B, S | タンク破損, 漏水 | ①, ②, ③ |
| 2 一木配水池 | 北区植木町一木 | B, S | タンク破損, 漏水 | ① |
| 大津菊陽水道企業団 | | | | |
| 3 楽膳配水池 | 大津町大津 | | タンク一部破損 | ① |
| 4 つつじ配水池 | 大津町杉水 | B, S | タンクに破損多数 (パネル接合部) 隅角部からの水漏 | ①, ② |
| 5 大林ポンプ所 | 大津町大林 | | タンクに破損, 少量漏水 | ① |
| 6 吹田配水池 | 大津町吹田 | | タンクに複数破損 | ①, ② |
| 甲佐町 | | | | |
| 7 世持配水池・配水池 | 甲佐町世持 | B | 槽仕切パネルのへこみ パネル接合部からの漏水 | ①, ② |
| 南阿蘇村立野地区簡易水道 | | | | |
| 8 第2配水池 | 南阿蘇村立野 | S | 天井部, 中仕切部, 目地部, 手すり部等 | ① |
| 9 第3配水池 | 南阿蘇村立野 | S | 天井部, 中仕切部, 目地部, 手すり部等 | ① |
| ＜その他施設＞ | | | | |
| 熊本市 | | | | |
| 10 A病院 | 熊本市南区近見 | B | 下部隅角部溶接部の破損 | ② |
| 熊本県合志市 | | | | |
| 11 B病院 | 熊本県合志市 | B | パネル罅目から水漏 | ② |
| 12 市営公共施設 | 熊本県合志市 | S | 上部パネルに膨らみと同継目から水漏 | ②, ③ |
| 上益城郡山都町 | | | | |
| 13 公共施設 | 山都町北中島 | B | パネル罅目から水漏 | ② |

原因 : Sスロッシング, Bバルジング

引用先: ①参考文献1), ②著者ら研究グループの独自調査, ③参考文献2)

て設計されているので、水道施設の耐震性に対する基本的指針の必要性について、早急に検討する必要がある。さらに必要に応じて、既設 SUS タンクに耐震性能向上目的とした制振装置を設置することが重要となる。
謝辞：本研究の一部は、(独)日本学術振興会科学研究費と中央大学特別研究の給付を受けたことを付記する。

参考文献

- 1) 厚生労働省：平成 28 年(2016 年)熊本地震水道施設被害等現地調査報告書, 2016.6.
- 2) 土木学会地震工学委員会：水循環施設の合理的な災害対策研究小委員会活動報告書, 2018.9.
- 3) 遠田他：矩形断面容器において加振方向角を変化させた場合のスロッシング現象, 応用力学論文集, Vol15, 2012.8
- 4) 日本水道協会:水道施設耐震工法指針・解説(2009 年版)
- 5) (社)日本ステンレスタンク工業会:ステンレス鋼板製パネルタンク(溶接組立型)配水池設計指針, 2012.11.