

震災対策兼用簡易水槽に関する研究開発 (第2報)

Development of Water tanks for household and earthquake emergency use (Series 2)

加藤 和利*
 矢ヶ崎 孝**
 石塚 敏久***
 米田 雅一**
 島倉 宏明**

概 要

平成7年1月に発生した阪神・淡路大震災では、地下に埋設されている水道管が破断し、損壊した道路上に水が溢れ出している様子が報道されていた。

そこで、この溢れ出した水を容易に簡易水槽に貯水し、初期消火用水や生活雑水として有効に活用することを目的として、震災対策兼用簡易水槽の研究開発を行った。

開発した簡易水槽は、平成7年度に行った模型による実験結果^{文献1}を具現化したもので、水槽底部に円形の開口部、水槽内部に逆止弁や各種取水口を設け、貯水される構造となっている。

本報では試作した水槽の取水性能実験、漏水防止性能実験等により、検討した結果を報告する。

In the Great Hanshin-Awaji Earthquake of January 1995, the scene was reported that the underground water pipes disrupted and the water flowed on to the street.

In order to make use of this wasted water for firefighting and household use, this temporary water storage tank was developed. This tank, used both in ordinary times and earthquake times, absorbs spilled water very easily. The tank was developed based on the experiment conducted last year. Water is absorbed from a round opening in the bottom of the tank into the water-taking tube, and kept in the tank with the use of the check valve. This report explains the performance of this tank in taking water and preventing spills which was shown in our experiment.

1 はじめに

現在使用されている組み立て式簡易水槽は、上部に開口部を有する円筒型のもので、エンジン、電力、又は人力等によりポンプを回し、給水して貯水する構造となっている。揚水するためには、何らかのエネルギーが必要となる。

震災時は、電力等のライフラインが遮断され、エネルギーの供給は困難である。

そこで東京消防庁第三研究室では平成7年度に地形の高低による落差等の残圧を有効に活用し、無動力で水槽内へ貯水することのできる簡易水槽について調査研究を行った。^{文献1}

平成8年度は、前年度に行った模型による調査研究の結果を踏まえ、実物大の簡易水槽の試作器（逆止弁型と取水筒型の2種類）を製作した。

更に、この試作器の検証結果を反映させた改良器（取水筒円錐台型と取水筒蛇腹型の2種類）を試作し、検討を行った。

開発した震災対策兼用簡易水槽の特長は、次のとおりである。

- (1) 地震等により生じた道路の亀裂から溢れ出した水道水を、底部の取水口から無動力で取水できる構造である。
- (2) 地震等により破断し、露出した水道管から導水管により水槽内に導水し貯水できるホースを有する。
- (3) 貯められた水を、無動力で他の水槽に移すホースを有する。
- (4) 平時においては一般の簡易水槽としても使用できる構造である。

2 試作器の概要

*志村消防署 **第三研究室 ***荏原消防署

試作器は、水槽下部からの取水方法の異なる、逆止弁

型と取水筒型の2種類である。それぞれの概要を図1、2に示す。

何れの簡易水槽も外観は、現行の簡易水槽とほぼ同様の形状である。(写真1参照) 水槽底部については、両者とも取水用の開口部を新設している。(写真2参照)

それぞれの試作器の概要は以下のとおりである。

(1) 逆止弁型

ア 特徴

本水槽は、一旦取水した水を漏らさずかつ取水時には開口部から容易に水が流入する逆止弁を水槽底面に設けている。(写真3及び図1参照)

イ 機能及び仕様

(i) 水槽本体

水槽本体の主要諸元は表1のとおりである。

(ii) 逆止弁

逆止弁の諸元を表2に示す。

(iii) 導水用ホース

導水用ホースは、水槽本体側面の概ね満水時の水面高さに位置し、本水槽が満水になった際、他の水槽に導水用ホースを投入することにより水の移送が効果的に行えるものである。

使用時以外は折り曲げ、バンドで水槽本体に収納できる。

表1 水槽本体の主要諸元

| 内 容 | | 寸法、材質及び構造 |
|-------|-------|--------------------------|
| 型 | | 円筒型 (組み立て式) |
| 容 量 | | 1,250 ℓ |
| 直 径 | | φ 1,350 mm |
| 高 さ | | 940 mm |
| 材 質 | | ターポリン(補強布入塩ビシート) |
| 底部取水口 | 開口部直径 | φ 300 mm |
| | 底部構造 | 浮揚防止サークルゴムを取り付けられる袋を有する。 |

表2 逆止弁の諸元

| 内 容 | | 寸法、材質及び構造 |
|-----|--|-------------------|
| 直 径 | | φ 1,350 mm |
| 厚 さ | | 1 mm |
| 材 質 | | ターポリン(補強布入り塩ビシート) |

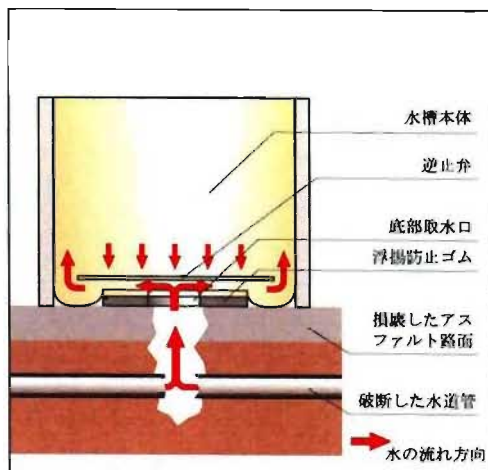


図1 逆止弁型水槽の構造

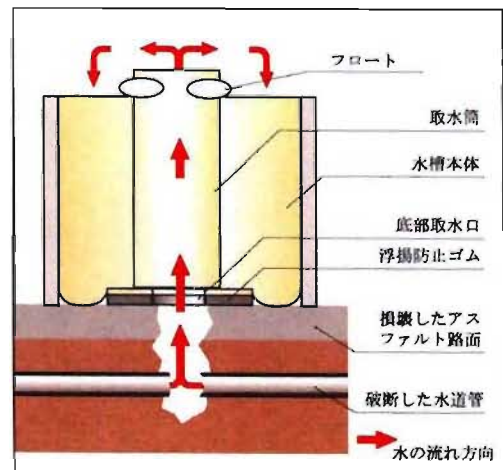


図2 取水筒型水槽の構造



写真1 試作器の外観



写真2 水槽底部の開口部

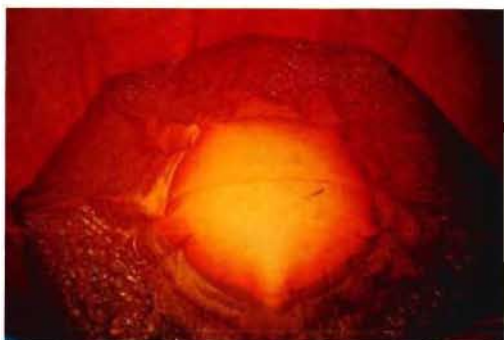


写真3 水槽底面の逆止弁の様子

(イ) 取水用ホース

取水用ホースは地震等により破断し地表から露出した水道管へ直接取り付け、水槽内へ給水できるものである。

露出した水道管へ巾着式に縛着できる構造とし、径の違う管へも容易に着脱できる構造とした。

導水用ホース同様、使用時以外は折り曲げ、バンドで水槽本体に収納できるものとした。

(ロ) 浮揚防止サークルゴム

浮揚防止サークルゴムは、水槽本体底部の浮揚を防止するものである。

水槽底部に設けた取水口の外周部に、水槽本体底部の裏面に袋状の装着部を施し、浮揚防止サークルゴムの着脱が可能なものとした。

浮揚防止サークルゴムの諸元を表3に示す。

表3 浮揚防止サークルゴムの諸元

| 内 容 | 寸法、材質及び構造 |
|-----|-------------------|
| 外 径 | φ 6 0 0 mm |
| 内 径 | φ 3 0 0 mm |
| 厚 さ | 2 mm |
| 材 質 | ターポリン(補強布入り塩ビシート) |
| 数 量 | 5 枚 |

(2) 取水筒型

ア 特徴

本水槽は、一度取水した水を漏らさないための弁の代わりに取水筒を設け、底部開口部から取水した水がフロート付きの取水筒内部を通して、水槽内部に貯水される構造である。(図2参照)

取水筒上部に取り付けたフロートにより、水面より下へ筒の開口部が入り込まないため、逆流しない構造である。(写真4参照)

イ 機能及び仕様

(ア) 水槽本体

水槽本体の主要諸元は逆止弁型と同様である。

(表1参照)

(イ) 取水筒

地表に溢れ出した水を水槽底部の取水口から効率良く取水し、水槽内に貯まった水が外に逆流しない構造のものである。

取水筒の諸元を表4に示す。



写真4 水槽内の取水筒の様子

表4 取水筒の諸元

| 内 容 | 寸法、材質及び構造 |
|-----|---------------------|
| 直 径 | φ 4 0 0 mm |
| 長 さ | φ 1, 1 0 0 mm |
| 厚 さ | 0.6 mm |
| 材 質 | ターポリン補強布入り塩ビシート) |
| 機 能 | 上部開口部に着脱式のフロートを有する。 |

(ロ) その他

導水用ホース、取水用ホース及び浮揚防止サークルゴム(表3参照)は逆止弁型水槽と同様の構造とした。

3 試作器の検証・実験

(1) 目的

本実験は、地下に埋設された水道管が破断し道路上に水が溢れだす状況を再現した実験装置(写真5参照)を用い、試作した2種類の震災対策兼用簡易水槽の取水性能等の確認実験を行った。

本実験結果を基に、より効率の良い水槽の形状を見

いだし、次に試作する改良器に反映させることを目的とする。



写真5 実験装置外観

(2) 実験に使用した簡易水槽

- ア 逆止弁型
- イ 取水筒型

(3) 実験装置

実験装置は、地表面を厚さ30mmのベニヤ板で1800mm×1800mmのフラットな面とし、中央付近にφ100mmの吐出口を設けたものとした。(図3参照)

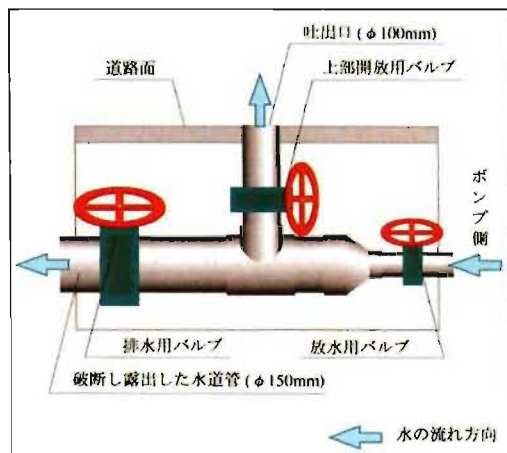


図3 実験装置概要図

(4) 実験方法及び結果

- ア 取水性能実験
- イ 実験方法

本実験は、基本的な取水能力を確認する実験である。

溢水量に対し、逆止弁型、取水筒型それぞれの取水能力を確認するため、ポンプ車から送水された水を実験装置に送り、実験装置上に設置した水槽が満水になるまでの時間を計測した。

ポンプ車からの放水量は、毎分500ℓ、300ℓ及び100ℓの計3回について行った。(写真6参照)



写真6 実験風景

(イ) 実験結果

溢水量に対する取水量を比較した場合、逆止弁型では約20%、取水筒型では90%以上の取水率を記録した。

今回の実験中に逆止弁型は、底面に施した取水口部分が水圧により破損した。

これは水槽底面と逆止弁との間に設けられた、水を水槽内に導くための通路部分が狭く、実験装置から送られる水量を通せず、つなぎ目の弱い部分に力がかかったためと考えられる。(写真7参照)

今回の実験から、形状については取水筒型の方が逆止弁型と比較して実用性が高いものと判断する。



写真7 実験中に破損した逆止弁型水槽底部

イ 浮揚防止ゴムの機能実験

(ア) 実験方法

本実験は水槽底面に取り付けられた底面浮揚防止ゴムが、取水性能にどれだけ影響を及ぼすかについて確認を行った。

取水性能実験では5枚の浮揚防止ゴムを取り付け実験を行っていることから、外した状態での取水時間を計測した。

(イ) 実験結果

本実験の結果からは、浮揚防止ゴムの効果は確認されなかった。

ただし、浮揚防止ゴムを取り付ける部分が袋状に

なるため、取水初期段階では袋部分が取水に与える影響、効果があると考ええる。

ウ 漏水実験

(ア) 実験方法

本水槽は平時においても一般の水槽として使用できるように、貯水後に漏水しない機能を持たせる必要がある。

水槽底面には取水口として開口部を設けていることから、漏水する可能性があるため、開口部に逆弁等を取り付けている。

本実験では逆弁等の機能を確認するため、水槽が満水になった状態で、実験装置からの給水を停止し、貯められた水が水槽から漏れ、空になるまでの時間を計測した。

(イ) 実験結果

取水筒型は取水筒上部に取り付けられたウキが、取水筒の開口部を水面より上へ持ち上げるため、取水筒からの漏水は確認されなかった。

また水槽内に溜まった水により、取水筒を押し潰すことも確認された。(写真8参照)

逆弁型については底面からの流出が確認されており、止水は難しく、弁の構造自体を変更する必要があると考えられる。



写真8 押し潰された取水筒の様子

エ 損壊路面对応実験

(ア) 実験方法

本実験では、より実災害に近い状況を想定し、本水槽の取水能力を確認するものである。

実験装置上に土のうを配置し、水槽下の路面に凹凸が発生した場合の対応策(写真9参照)を施した後、水槽を設置し取水時間を測定した。

(イ) 実験結果

本実験での取水率は約50~60%を計測し、十分な効果が得られたと考えられる。

土のうで中央に開口部を設け、流出口を作ったが水槽底面の開口部と比較し、大きいものと小さいものについて観察したところ、水槽底部の開口部より狭

い流出口を設定した方が取水率は高かった。



写真9 土のうにより損壊路面上に設定した流出口

オ 取水用ホース機能確認実験

(ア) 実験方法

本実験は露出し破断した水道管から、直接吸水するための取水用ホースについて機能確認を行う。

図3左側の管へ取水用ホースを巾着し、通水時の巾着状況を確認した。

(イ) 実験結果

本取水用ホースはターポリン生地を円錐台状に加工し、紐で露出した水道管へ巾着するものであるが、通水し水が溜まりだすと、滑り落ちてしまった。

本実験では管とホース生地の摩擦抵抗が少ないため、引っ張りに対する抵抗が少ないものと判断する。

4 改良器の概要

試作器の検証実験を踏まえ、簡易水槽の改良器及びこれらに取り付け可能な無動力式の浄水器を試作した。

改良器は、試作器の取水筒を改良した取水筒円錐台型と取水筒蛇腹型の2種類で、その仕様及び改良点は次のとおりである。

(1) 取水筒円錐台型

ア 水槽生地

水槽に貯まった水を飲料用にも使用できるように、ターポリン生地にメタアクリルコーティングを施した生地を使用した。

イ 水槽底部

取水率を上げるため、損壊した路面上の開口部より、水槽底部開口部の面積を大きくする必要があることから、水槽底面の開口部をφ300mmからφ400mmへ広げた。

ウ 取水筒

水槽内の体積を維持するため、取水筒を円柱型から円錐台型へ変更した。(図4参照)

エ フロート

収納時の小型化を考慮し、取水筒に取り付けたフロートを4分割の小型のフロートとした。

オ 取水用ホース

取水用ホースの内部に帯状のゴムを取り付け、水道管との摩擦抵抗を大きくした。

また、ゴムの劣化を考慮し、ホースが取り外しができ交換のできるものとした。

取り付け用の紐は、ワンタッチで結着できるバックル式とした。

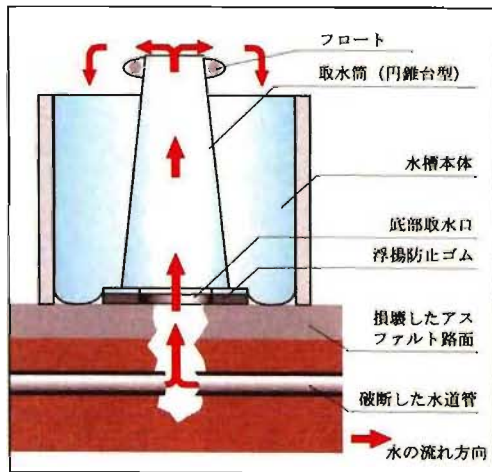


図4 改良器（取水筒円錐台型）の構造

表5 取水筒円錐台型簡易水槽の主要諸元

| 内 容 | | 寸法、材質及び構造 |
|-------|-------|-----------------------------------|
| 型 | | 円筒型（組み立て式） |
| 容 量 | | 1,250ℓ |
| 直 径 | | φ1,350mm |
| 高 さ | | 940mm |
| 材 質 | | ターポリン（補強布入り塩ビシート内面メタアクリル樹脂コーティング） |
| 底部取水口 | 開口部直径 | φ400mm |
| | 底部構造 | 浮揚防止サークルゴムを取り付けられた袋を有する。 |
| 観察用窓 | | 水槽側面に内部観察用窓を有する。 |

表6 取水筒の諸元

| 内 容 | | 寸法及び材質等 |
|-----|-------|--|
| 直 径 | 円錐台上部 | φ200mm |
| | 円錐台底部 | φ600mm |
| 長 さ | | 1,100mm |
| 厚 さ | | 0.6mm |
| 材 質 | | 透明PVCターポリン |
| 機 能 | | ① 上部開口部にフロートが取り付けられる。 ② 水槽上部から損壊路面及び底部開口部が見える構造 |

カ 導水用ホース

導水の効率を向上させるため、ホース径をφ60mmからφ100mmに変更した。

以上の改良点を加え、試作した取水筒円錐台型の主要諸元を表5に、取水筒の諸元を表6に示す。

(2) 取水筒蛇腹型

取水筒蛇腹型は、取水筒部を蛇腹型とし、取水時における取水筒の抵抗を少なくする構造とした。(図5参照)

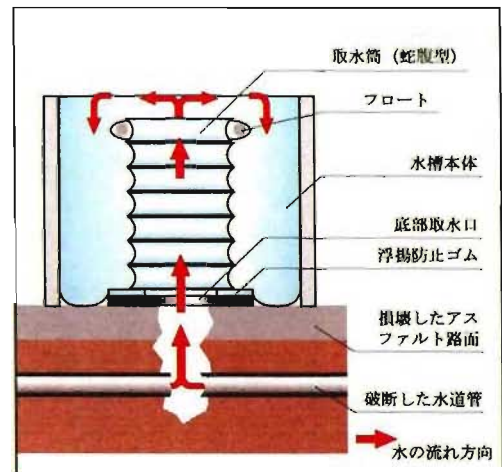


図5 改良器（取水筒蛇腹型）の構造

表7 取水筒蛇腹型簡易水槽の主要諸元

| 内 容 | | 寸法、材質及び構造 |
|-------|-------|-----------------------------------|
| 型 | | 円筒型（組み立て式） |
| 容 量 | | 1,250ℓ |
| 直 径 | | φ1,350mm |
| 高 さ | | 940mm |
| 材 質 | | ターポリン（補強布入り塩ビシート内面メタアクリル樹脂コーティング） |
| 底部取水口 | 開口部直径 | φ200mm |
| | 底部構造 | 浮揚防止サークルゴムを取り付けられた袋を有する。 |
| 観察用窓 | | 水槽側面に内部観察用窓を有する。 |

表8 取水筒の諸元

| 内 容 | | 寸法及び材質等 |
|-----|--|---|
| 直 径 | | φ400mm |
| 長 さ | | 1,100mm |
| 厚 さ | | 0.6mm |
| 材 質 | | ターポリン（補強布入り塩ビシート外面メタアクリル樹脂コーティング） |
| 機 能 | | ① 上部開口部にフロートが取り付けられる。 ② 蛇腹方式により伸び縮みできる構造 |

本水槽は取水筒円錐台型水槽のア、エ〜カと同様の構造ではあるが、取水筒等のそれ以外の部分について以下に述べる。

ア 水槽底部

既存の蛇腹筒を使用したため、水槽底部の取水口を蛇腹筒の内径から200mm内側へ入れたため、小さいものとなった。

イ 取水筒

取水前は取水筒が潰れ、流入するための通路の断面積が小さくなることから、通路の断面積が変わらずに水面の高さへ立ち上がるよう蛇腹筒を使用した。

以上の改良点を加え、試作した取水筒蛇腹型の主要諸元を表7に、取水筒の諸元を表8に示す。

(3) 無動力式浄水器

水槽に貯められた水を無動力（水槽の落差のみ）で飲料用に浄水できる可搬式浄水器を試作した。

この浄水器は、今回試作した簡易水槽に容易に取り付けられる構造となっている。（写真10参照）

表9に浄水器の諸元を示す。

表9 無動力式浄水器の諸元

| 内 容 | 諸 元 |
|------------|---------------|
| 寸法(突起物を除く) | 530×400×250mm |
| 重 量 | 14.5kg |
| ろ 過 精 度 | 2 ミクロン |
| ろ 過 流 速 | 最大7 ℓ / min |
| 殺 菌 方 法 | 次亜塩素酸ソーダ 6%溶液 |



写真10 無動力式浄水器

5 改良器の検証・検討結果

2種類の改良器についても、試作器と同様に検証実験を行った。（写真11参照）

検証を通じて本水槽について検討した結果は、以下のとおりである。

(1) 取水筒部について

取水筒円錐台型は、取水筒が円錐台であることから、水槽本体への流入のないまま取水筒内部のみに水が貯まり、自立して限界で倒れ、水槽内に貯水しはじめた。

この時、水槽底面を持ち上げる現象が稀に確認されたものの、取水、漏水実験からは当初の目的を満足する結果が得られた。

取水筒蛇腹型の取水性能は、良好であった。しかし取水筒内部の水が何らかの理由でなくなった場合、筒側面からの水圧により、筒上部開口部が水面下へ押し下げられ、取水筒内に水が流入した。

また蛇腹部分は水圧に対する強度を考慮し、金属を使用したため、収納性の低下と重量増を生む結果となった。

(2) 底部開口部

取水筒円錐台型は底部開口部の面積を広げたことにより、損壊路面への対応性能が向上することが確認された。



写真11 改良器（取水筒円錐台型）の取水状況

6 まとめ

4種類の水槽を試作し、検証、検討を行った結果、次のことが明らかとなった。

- (1) 取水筒円錐台型は、他の3種類の水槽と比較して取水性能、漏水防止性能及び損壊路面对応性能が最も優れており、実用に供するものとする。
- (2) 逆止弁型は漏水防止性能面で劣っていた。
- (3) 取水筒蛇腹型は溢水停止時に水槽内の水が流出する問題があった。

7 おわりに

南関東直下型地震の切迫性が指摘されている現在、未曾有の災害に備えるうえで、消防、防災用資器材の強化充実は必要不可欠である。

今後震災対策兼用簡易水槽においては、地震による災害の発生を最小限に抑えるためにも、実用化へむけて検討を行い、より完成度の高いものへと仕上げていきたい。

なお、震災対策兼用簡易水槽の原理、構造等については、現在特許出願中である。

参考文献

- 1 平成8年消防科学研究所報第33号