

震災対策兼用簡易水槽に関する研究開発 (第1報)

Development of Water tanks for household and
earthquake emergency use (Series 1)

加藤 和利*
石塚 敏久**
島倉 宏明**

概 要

平成7年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震では、火災と生き埋めの同時多発、交通の遮断等により消防活動は困難を極め、特に水道配管の破断により水が溢れ出したために消火栓が使えず、燃えるに任せた延焼火災は記憶に新しいところである。

そこで本研究は、震災等有事においては破断した水道管から路上に溢れ出した水を無動力で、一時的若しくは継続的に貯水し、初期消火用水や生活雑水として有効に活用でき、また平時においては通常の簡易水槽としても使用できる震災対策兼用簡易水槽の実用化を図る。本報では模型を使ったシミュレーション実験により、検討等した結果を報告する。

The fire service activity came to extreme of difficulty when The Hyogo Prefecture southern earthquake occurred on January 17th, 1996. Water supply was suspended many fires broke out, many people were buried alive, and traffic blockages were everywhere.

It is new to our memory that breaks of water supply mains make hydrants useless, and fires burut freely.

We use a general water tank, which has no power to take water in from water supply mains.

We consider to use this storage of water for firefighting and for life water.

We used a model tank, and show an examination result.

1 はじめに

現有の組み立て式簡易水槽は各種消防活動訓練や、都民指導時における初期消火訓練等において、便宜的に消火用水を貯水し活用する消防資器材である。

通常、簡易水槽に給水する場合は、消火栓から直接、自然水の場合はポンプで揚水しホースを使い、水槽上部の開口部から給水している。震災時には水道管の破裂等から消火栓が使えず、また揚水するためのポンプと、それを稼働する人員の確保が困難なことが考えられる。

先に発生した兵庫県南部地震では、地震により亀裂の入った路面から、破断した水道管の水が道路上に溢れ出し、消火栓等が使用不能となった。

そこでこの溢れ出した水を有効に利用するため、簡便かつ無動力で取水ができ、また平時においては通常の簡易水槽としても使用できる震災対策兼用簡易水槽の開発は、切迫性の指摘されている南関東地域直下型地震に備えるうえでも、急務であると考えられる。

2 東京都における水道配管被害想定

東京都の水道施設は、浄水場11ヶ所(施設能力696万 m^3 /日)、主要な給水所が30ヶ所と送配水管が約22,000kmとからなっている。

東京都水道局では過去の地震被害データを基に、都内における被害想定を物的被害、機能被害、復旧の想定について算出している。その概要は次のとおりである。

(1) 物的被害想定結果

これまでの地震被害事例によると、同じ管種・管径の水道管、ガス導管の被害率はほぼ同程度であり、ほぼ同一の被害特性を示している。水道管、ガス導管の物的被害想定手法の作成に当たっては、両者のデータから地表加速度と铸铁管被害率の関係を標準被害率として設定し、これに管種、管径、埋設深さ(送水管のみ)、地盤・液状化による補正係数を考慮して、上水道施設のうち送水管と配水管の被害数量を求めている。

送水管からなる幹線管路ネットワークに発生する被害の平均被害箇所数は区部で5.7箇所、多摩で6.7箇所であり、配水管の平均被害箇所数は区部で6,353箇所、

*志村消防署 **第三研究室

多摩で7,593箇所である。給水装置の被害数量の算出にあつては、宮城県沖地震（震度5）における被害事例を参照にして求めた結果、平均被害箇所数は区部で194,712箇所、多摩で3,298,164箇所である。

(2) 機能支障想定結果

上水道管路には、給水所等配水拠点への上水の輸送を主目的とする送水管と各需用家への配水を行う配水管があり、機能支障想定では両者を分けて考えている。送水管については、地震被害に対する幹線設備のそれぞれの供給エリアに対する機能支障率を、配水管についてはそれぞれの供給エリア内の配水管の被害に対する機能支障率を算定している。最後に両者を重ね合わせることで、それぞれの供給エリアにおける機能支障率を計算している。

東京全体の幹線被害のみによる機能支障確立は2%程度、供給エリア内の配水管被害による機能支障率は東京全体で6%、断水需用家数は約28万件（うち、区部で約226千件、多摩で約55千件）である。

需用家に水が供給されるのは、幹線設備と配水管の両者が正常に機能している場合だけであるから、全体としての供給率は両者の積で表せられる。計算結果によると需用家の約8%（約37万件）が何らかの機能支障を受けることになる。宮城県沖地震による仙台市（給水戸数約20万戸）の被害では、仕切弁閉止作業が終わった被災翌朝の時点で合計約7,000戸（全体の約3.5%）が断水しており、今回の想定結果はこの仙台市の事例の2倍以上の被害率になっている。

(3) 復旧想定

上水道施設の復旧作業の大半は、配水管の復旧に費やされると考えられるため、復旧想定では配水管の復旧のみを想定している。

地震発生から2日目までは断水区域を最小限にするための制水弁操作等の作業（配水調整作業）が必要であり、実質的な管路の復旧作業は、3日目以降に行われると仮定している。まず被害管路区間の両端にある制水弁を閉じ、当該区間の給水を停止した後上流側から通水して順次漏水箇所の発見・修理作業をくり返すことになる。

応急復旧は、被害の少ない多摩地区から完了し、多摩全域の復旧は6日目ではほぼ完了、都内全域では17日程度（火災延焼を考慮しない場合には3週間程度）で復旧が完了すると想定している。

被害を最小限にとどめ、給水をできるだけ確保できるように、東京都水道局では浄水施設、送・配水施設等の安全対策を推進しているが、送・配水管にはある程度の被害が発生し、それによる一時的な断水は避けられないものと予測している。

3 模型を使った機能実験

(1) 目的

本震災対策兼用簡易水槽を具現化するうえで、要素的な可能性を立証する必要がある。本水槽は破断した水道管等からの漏水を効率よく取り込み、取り込んだ水を漏水させない事が原則である。また平時においては通常の簡易水槽として活用できるものでなければならないことから、最も基本的な取水性能、漏水防止性能について1/4模型を製作しシミュレーション実験を行った。

(2) 模型の概要

製作した震災対策兼用簡易水槽は、組立て式0.5t丸型水槽をモデルにし、尺度1/4、水槽底部中央に底面直径の約1/3の直径の穴を開け取水口にした。

逆止弁は直径φ240mm（水槽底面直径φ250mm）のビニール製布を水槽底面内側へ糸で通路状に縫い付け、防水加工を施した。

水槽底面外側には、取水口の縁と底面の硬さ及び構造を変えるため、ゴム製のリングを取付けられる構造とした。



写真1 震災対策兼用簡易水槽1/4模型

(3) 実験項目

製作した模型を使った実験を、下記に示す項目について行った。

ア 実験1

平坦な路面から漏水している時の取水性能実験

イ 実験2

損壊した路面（段差のある路面）から漏水している時の取水性能実験

ウ 実験3

平坦な路面上に設置した場合の漏水性能実験

エ 実験4

損壊した路面（段差のある路面）上に設置した場合の漏水性能実験

(4) 実験方法

ア 実験 1

上方へ向かって水が溢れ出す配管を施した、上部が平坦な実験台を用い、逆止弁付水槽底部に底面浮揚防止ゴムを0～2枚取り付け付けた状態の3タイプについて、水の流量と圧力を変えて取水時間を測定した。

測定した取水時間とその時の流量から求められる管から溢れ出した総流出量と、本水槽の貯水量から取水率を計算した。

イ 実験 2

地震により路面に亀裂、段差等が生じた状態を実験台上に再現し、製作した土のう等を用い、発生した亀裂、段差部に密閉した空間を水槽下部に作り、実験1と同様の実験を行った。

なお路面上の段差高さは50mmとした。

ウ 実験 3

実験1と同条件において、貯水した水が満水状態から空になるまでの時間を測定した。

エ 実験 4

実験3と同条件において、貯水した水が満水状態から空になるまでの時間を測定した。

(5) 実験結果

ア 実験 1 結果

実験1を行った実験結果を表1に示す。

表1 取水率（平坦な路面からの漏水時）

圧力 kgf/cm ²	流量 ℓ/min	取水率 (%)		
		ゴム0枚	ゴム1枚	ゴム2枚
0.05	2.05	22.4	48.0	58.5
0.10	6.65	48.1	70.9	84.4
0.13	9.83	61.6	62.2	72.2
0.17	10.20	87.2	77.0	84.9
0.20	12.58	29.8	69.9	86.7
0.50	22.33	29.6	31.8	94.2
平均取水率		46.5	60.0	80.2

取水率=貯水量÷総流出量(流量×取水時間)×100%

イ 実験 2 結果

実験2を行った結果を表2に示す。

表2 取水率（段差のある路面からの漏水時）

圧力 kgf/cm ²	流量 ℓ/min	取水率 (%)		
		ゴム0枚	ゴム1枚	ゴム2枚
0.05	2.05	測定不能	測定不能	測定不能
0.10	6.48	19.3	23.2	29.5
0.12	7.67	28.2	49.6	33.4
0.16	10.40	31.6	34.8	29.8
平均取水率		26.4	35.9	30.9

ウ 実験 3 結果

実験3を行った結果を表3に示す。

表3 漏水実験結果

底面浮揚防止ゴム枚数	漏水時間 ('分"秒)
0 枚	14'05"
1 枚	14'00"
2 枚	13'55"

エ 実験 4 結果

実験4を行った結果を表4に示す。

表4 漏水実験結果

底面浮揚防止ゴム枚数	漏水時間 ('分"秒)
0 枚	9'32"
1 枚	5'05"
2 枚	5'12"



写真2 実験実施風景

4 考察

震災対策兼用簡易水槽の模型による実験の結果から、各々の部分について判明した事実、及び検討事項について考察した結果を下記に示す。

(1) 逆止弁の構造について

今回行った実験において、逆止弁の構造として必要な条件が二つあることが確認されている。一つは取水に支障を来さない構造であること、二つ目は流出を最小限に抑えることである。今回試作した物のうち、この条件に一番近い物を選定し実験を行ったが、取水するためには比重が水よりも軽く弾性の小さい物、止水するためには比重が水よりも重く弾性の大きい物の方が効率が良いと考えられ、相反する構造となる。

このことから逆止弁の構造を検討するためには、新

しい素材を開拓するか、逆止弁に代わる新しい構造の物を考案する必要がある。

5 まとめ

(2) 浮揚防止ゴムについて

実験1の結果から、取水時における簡易水槽底面取水口周囲に取り付けた浮揚防止ゴムの効果は大きいと判断することができる。

これは簡易水槽底面の生地の比重が水よりも軽いことと、弾性が少ないため流れにより発生した渦が取水口の縁を捲り上げるため、水槽底面と地面の隙間に流路ができ、水が溜まるよりも早くその流路から流れ出すことが原因だと考えられる。

水槽底面と地面の間に隙間が生じるとその隙間が流路となるため、水槽底面はある程度の凹凸にも対応できるものが望ましい。

今回の実験では、水槽本体と同じビニール生地で試作し、水の重さで水槽底面を下に抑える構造としたがさらに生地の素材の選定を検討する必要があると思われる。

実験2においては、底面浮揚防止ゴムを2枚装着した時よりも、1枚装着した状態の方が効果が確認された。これはゴムの弾性が強く路面の凹凸に対して水槽底面が浮いてしまうためだと考えられる。

実験3の結果からは、浮揚防止ゴムが水槽からの漏水に与える影響は確認されなかった。むしろ逆止弁による影響の方が大きいと考えられる。

実験4の漏水実験では、底面浮揚防止ゴムを装着した状態ではあまり変化は見られなかった。むしろゴムがない状態の方が漏れが少なく、底面への密着性が良いことが分かった。

(3) 損壊道路面への対応について

地震の発生により、水道管上の路面損壊状況は多種多様と考えられる。今回の実験3では土のう等の止水具を利用することで、本水槽により取水することができた。

損壊路面への対応策は、水槽底面を超える長い亀裂や路面上の段差等が発生しても水槽下の路面状況を水槽底面より小さな穴にかつ、密閉された空間に作れるという条件が整えば、震災対策兼用簡易水槽は実験からも取水することは十分可能であることが確認された。

今回の調査研究は模型を使ったシミュレーション実験ではあったが、今後試作器を製作するための仕様や構造を決定するための大きな要因となるものである。

震災対策兼用簡易水槽は、地表に溢れ出した水を効率良く取水し、確実に貯水できるものでなければならない。

今回シミュレーション実験に使用した模型では、効率良く取水しながら貯水できることが確認されたが、貯水された水は、その後取水口から徐々に漏水してしまうことも確認された。

震災対策兼用簡易水槽は平時には通常の簡易水槽としての機能も併せ持たせる必要から、今後は図1に示す構造を基本に、図2に示すような弁構造に代わる取水及び貯水構造についても併せて検討し、完成度の高い試作器を製作する予定である。

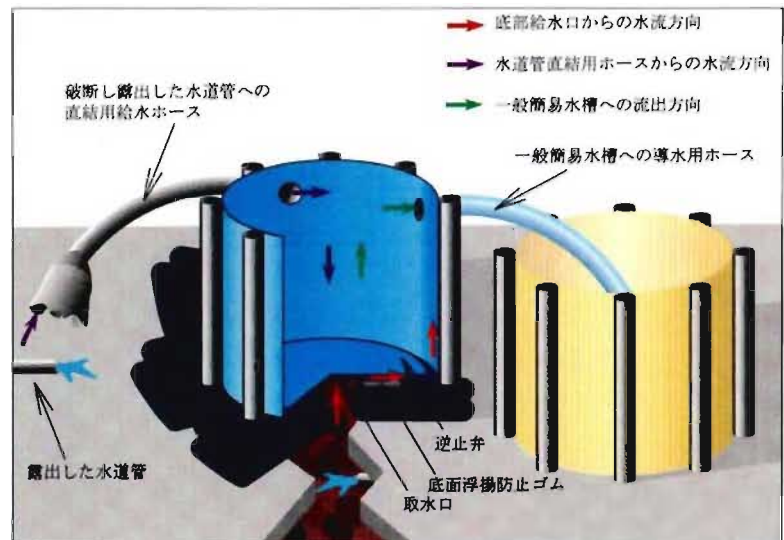


図1 震災対策兼用簡易水槽Ⅰ型完成予想図

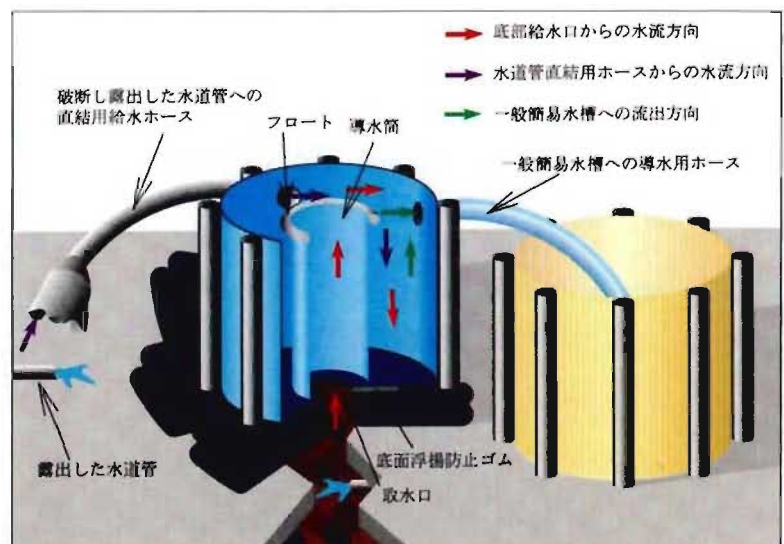


図2 震災対策兼用簡易水槽Ⅱ型完成予想図