

水防器材の開発研究

浦野 渉* 島 光 男*
沼田 勇 治* 堀 井 幸 一*
佐藤 勝 雄* 松 本 光 司*

1. はじめに

洪水などによる河川の溢水、あるいは浸水などの防護には、従来、土砂を主体とした積土の工法が多く用いられてきた。しかし、社会機構の発展にともなう土砂獲得の困難性、あるいは、作業内容がきわめて非能率的であるなどの理由から、土のうにわかる水防器材の開発がさげられてきたものである。

このたび試作した「東消型水防用連結水のう」は、麻袋や米だわらに土砂をつめて、土のう、土俵をつくるかわりに、布製の袋(水のう)に1袋当り約5㎡の水を入れて堤防状とし、これを必要な長さに連結築堤し、河川の溢水あるいは浸水などを防護するものであるが、実用実験の結果、一応の成果を得たので、その概要を紹介する。

2. 試作上の条件

消防の現有機動力をもって、水防工法を円滑に行うためには、消防自動車あるいはポータブルポンプなどの利用が、最も簡便な方策である。そのためには、従来の伝統的工法である土砂を主体とした工法を改め、水を主体とした工法、すなわち、水のうによる工法が考えられる。しかし、水防器材として使われる水のうには、従来の水のうと異った条件あるいは制約がある。その具備すべき条件を列記すると次のとおりである。

- 1 従来の積土の工法(5段積)に比較して、外部静水圧(水位約75cm程度)に対する強度が充分であること。
- 2 作業が容易でしかも能率的であること。
- 3 地盤の状態に多少の変化があっても、使用可能であること。
- 4 連結することにより、築堤長さを自由に調整できること。

5 軽量であること。

6 水のうを設置する基礎面の巾員を最大限1500mmとすること。

7 収納状態がコンパクトであること。

8 製造価格が比較的安価であること。

これらの条件を完全にみたすことは、きわめて困難であるが、条件をほぼ満すものとして、骨材を一切使用しないという水のうが考えられる。

3. 連結水のうの概要

1. 構造

東消型水防用連結水のうは、台形状の断面を有する長方体で、その概要は、図1のとおりである。

従来の水のうは、形状を保持させるために骨材を使用していたが、この連結水のうは、重量の軽減、収納時の状態、さらには操作の容易性などを考慮し、骨材を一切使用していない。したがって、収納状態は、写真1に示すとおり、きわめてコンパクトなものである。

充水したとき形状を保持させる方策として、従来の骨材にかわり、水のう内部に、断面形状と同寸度の布製セパレーターを350mm間隔に取付け、各セパレーターには、給水口を1ヶ所にするため、直径100mmの通水孔を9ヶ所設けてある。水のうが、従方向に変形するのを防ぐ方法としては、隣り合うセパレーターを布片で接続し、さらに5m通しのテープを8本取付けてある。充水したときの状態は、写真2のとおりである。

各水のうの連結方式は、接合部の潜流水を防止するため、連結水のうの両端に凹凸部を設け、凹凸により接合すると同時に、さらに緊結にするために、ハトメによりロープで縫い合せる方式とした。

断面形状が変則台形状になっているが、これは、外部静水圧が加わった場合、一定条件のもとに、もっとも安定した状態になる形状を理論的に考察した結果である。なお、長さを5mに限定したのは、水のうの設

* 第三研究室

第1図 連結水のうの構造図

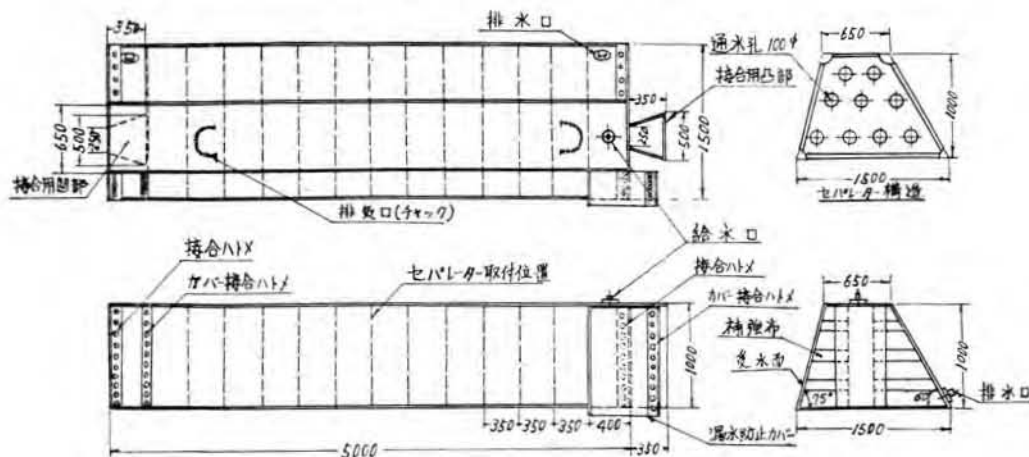


写真 1. 収納状態 (直径60cm長さ80cm)



写真 2. 充水した状態 (2袋連結)



置面勾配が $\frac{2}{100}$ 程度まで使用可能にするためである。

2. 諸 元

本体材質 ピニロンV-1304ネオプレン加工
 全 長 5350mm (接合部含む)
 全 高 1000mm
 巾

上底 650mm

下底 1500mm

断 面 積 1.075 m^2

内部容積 5.375 m^3

重 量 乾燥時70kg

給水口 消防用メネジ65mmφプラグ付

排水口 内径50mmφキャップ付

排気口 半径150mm半円周状チャック

3. 強 度

水圧には、動圧および静圧の2種があるが、洪水時等の動圧は、きわめて不安定であり、また、浸水あるいは、溢水などの防止には静圧の影響が主であるから、静圧のみについて検討する。

連結水のうが、外部の静水圧によって突破される要因には、ずれの現象すなわち水平移動と、回転モーメントの作用による転倒の2つがある。

(1) 水平移動に対する強度

第2図 水 防 器 材

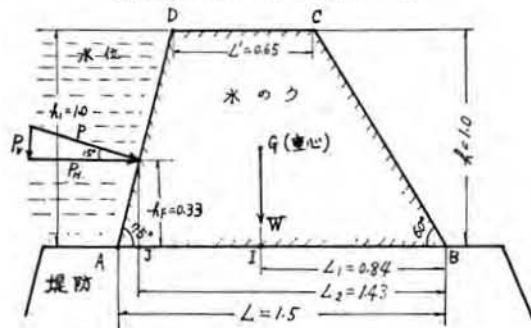


図2において

h_1 : 水のうに影響する水位 (1 m)

W : 水のう長さ1 m当りの重量 (kg)

P_H : 全水圧力 P に対する水平分力 (kg)

P_V : 全水圧力 P に対する重直分力 (kg)

とすると、水平移動が生じないためには、次式の条件が成立しなければならない。

$$P_H < \mu(W + P_V) \dots\dots\dots(1)$$

ただし

μ : 連結水のう底面と接地面との摩擦係数

(1)式左辺を求めると

$$P_H = \frac{1}{2} r \cdot h_1^2 \cdot l$$

ただし

r : 水の単位体積重量 (1000kg/m³)

l : 単位長さ (1 m)

$$\therefore P_H = \frac{1}{2} \times 1000 \times 1^2 \times 1 = 500 \text{ (kg)}$$

(1)式右辺を求めると

$\mu = 0.6$ (各種実験結果から)

$$W = s \cdot r \cdot l = 1.075 \text{ m}^2 \times 1000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m} \\ = 1075 \text{ (kg)}$$

$$P_V = P_H \tan \theta = 500 \times \tan 15^\circ = 134 \text{ (kg)}$$

$$\therefore \mu(W + P_V) = 725 \text{ (kg)}$$

したがって $P_H < \mu(W + P_V)$ が成立し、水位が上端までであっても安定である。ころみに安全率 S_M を求めると

$$S_M = \frac{\mu(W + P_V)}{P_H} = 1.45$$

(2) 転倒に対する強度

図2において

L_1 : 水のうの重心 G からモーメントの作用点 B までの水平距離 (0.84m)

L_2 : P_H の作用点からモーメントの作用点 B までの水平距離 (1.43m)

h_F : P_H の作用点から水のう底面までの垂直距離 (0.33m)

とすると、転倒が生じないためには、次式の条件が成立しなければならない。

$$P_H \cdot h_F < W \cdot L_1 + P_V \cdot L_2 \dots\dots\dots(2)$$

(2)式左辺を求めると

$$P_H \cdot h_F = 500 \times 0.33 = 165 \text{ (kg-m)}$$

(2)式右辺を求めると

$$W \cdot L_1 + P_V \cdot L_2 = (1075 + 0.84) + (134 \times 1.43)$$

$$= 1095 \text{ (kg-m)}$$

したがって $P_H \cdot h_F < W \cdot L_1 + P_V \cdot L_2$ が成立するから、水位が最上端までであっても水のうは転倒しない。ころみに安全率 S_R を求めると

$$S_R = \frac{W \cdot L_1 + P_V \cdot L_2}{P_H \cdot h_F} = \frac{1095}{165} = 6.6$$

なお、設計条件である水位 (h_1) 0.75mにおける安全率を求めると、水平移動に対しては2.4、転倒に対しては14.2である。

4. 特徴

- 1 水のうを構成するものは、すべて帆布であり、骨材は一切使用していない。
- 2 充水したとき、形状を保たせるために、水のう内部に布製のセパレーターおよびテープを使用した。
- 3 給水口を1ヶ所にするため、各セパレーターに通水孔を設けた。
- 4 他の水のう類と比較して軽量である。
- 5 作業が容易でしかも能率的である。
標準型消防自動車を使えば、5人程度の人員で2袋に充水するに要する時間は、5～10分である。
- 6 収納状態がコンパクトである。
- 7 1000mmの外部静水圧に充分耐えうる強度である。
- 8 凹凸の連結方式により、水のうの長さを自由に調整できる。
- 9 使用目的以外への利用が可能である。たとえば、広域断水時等には、水利の不足する地域に事前に配置して小型貯水槽とすること、あるいは、水のうを小型化することにより、ビル火災などの水損防止用器材となる。

4. おわりに

このたび試作した連結水のうは、積土のう工法にかわる工法として考案したものである。理論的には充分検討もしており、数少ないが、実用実験も実施しているので、使用目的さえあやまらなければ、実用に充分耐えうるものと思料する。しかし、帆布の強度、あるいは経年変化による影響など、細部の問題についてはさらに研究を進めていく所存である。