

都市型水害の減災を目的とした止水板の数値解析

九州大学	学生会員	○上坂	隆志
九州大学	正会員	浅井	光輝
九州大学	正会員	園田	佳巨
シバタ工業株式会社	正会員	西本	安志
シバタ工業株式会社	非会員	西野	好生

1. 緒言

近年の地球温暖化による影響か、各地でゲリラ豪雨による水害が後を絶たない。下水管は設計当初、毎時 50mm 程度の雨量を想定して設計、敷設されていたのに対し、ゲリラ豪雨による雨量は毎時 100mm を上回るからすれば、水害の発生は必然的な結果である。特に都心部では、地下鉄、地下街が広範囲にはりめぐらされていることから、一旦浸水すると甚大な被害となることが危惧されている。このような都市型水害を未然に防ぐためには、下水管を再構築するといった大掛かりなインフラ整備も検討すべきではあるが、不定期的な突発事象に対してそのような対応を行うことはコスト的に無理である。そこで、安価な止水板を地下空間の入り口に設置し浸水を防ぐことが安全面・コスト面の両側から望ましい手段の一つであると考え。そこで本研究では、都市型水害による被害低減を目的として地下空間への入り口に設置する軽量な止水板の性能設計法の確立を目指す。その基礎段階として、シバタ工業(株)の実施した止水版の水槽実験の再現解析を実施し、実験と数値解析結果の比較検証を行った。

2. 止水板の水槽実験の概要と有限要素モデル

図-1 にシバタ工業(株)で実施した止水板の水槽実験時の写真を示す。水槽実験では、水槽の片面に止水板を設置し、水を高さ 1m まで注水したときの鉄格子およびゴムシートのひずみ値を計測した。本研究では、汎用非線形構造解析ソルバーである MSC. Mentat/Marc を用いた大変形・接触を考慮した有限要素解析により、その再現を試みた。有限要素分割においては、四角形シェル要素を使用し、ゴムシート・縦支柱・横補強材・支柱、横補強材との接続部材(以下プッシュボルト)・上部ゴム吊り下げ材などの各部材を実物に則してモデル化し、水圧を受けるゴムシート状にある節点に水平方向荷重を与えることで静水圧加重を与えることにした。図-2 には、要素分割図の一部を示す。なお、ゴムシートは、ナイロン繊維を平織りした織布で強化したものを使用しているが、現段階では単純にゴム部材を等方弾性体としてモデル化することにした。



図-1 止水板水槽実験の様子

3. 解析条件

数値解析においては、Newmark β 法による時間積分法を用いるものとし、時間増分を 0.01 秒とした。ここで本実験においては、はじめにゴムシートに静水圧が作用して変形し、ゴムシートが縦支柱、横補強材を押すことで補強材接続部分や支柱の設置部分、上部ゴム吊り下げ材が変形する。

以下では、特に荷重データの与え方について説明する。水槽実験では、段階的に注水したときにおける各部材のひずみを計測した。数値解析では、ゴムシートの載荷面内の節点に水平方向の荷重を与えることで静水圧荷重を再現したが、その与え方について 2 種類の方法をとった。

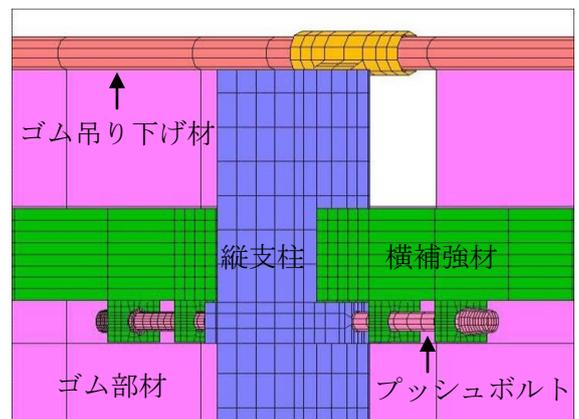


図-2 縦支柱・補強材接続部の要素モデル

(i) ケース 1 (荷重載荷方法 1)

図-3の左図に示すように、満水時における静水圧分布が最終時刻に荷重されるものとし、各時刻ではこの荷重パターンを比例的に与えるものとした。

(ii) ケース 2 (荷重載荷方法 2)

図-3の右図に示すように、時間経過における静水圧荷重を適切に荷重するものとした。ケース 1 と比べより実験に則した荷重方法である。

(iii) ケース 3 (荷重載荷方法 2+縦支柱補強材考慮)

上記のケース 1, 2 では縦支柱内に設置した補強材のモデル化を無視したモデルを採用していた。ケース 3 では、この補強材までを適切に有限要素モデル化したモデルを用い、ケース 2 と同じ荷重方法を用いた。

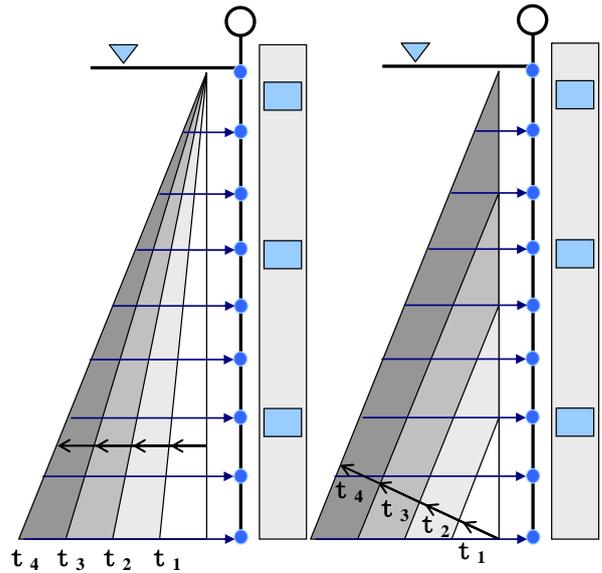


図-3 時間経過に伴う荷重の増分方法

4. 解析結果の考察

ケース 3 の解析結果を図-4に示す。同図にはミーゼスの相当応力で表示しており、定性的に全体の変形が再現できている。実験において歪ゲージによって計測した歪のうち、中央支柱下から 5cm の箇所(A)における鉛直縦方向の歪、ゴム吊り下げ材の上部における縦支柱との接続部分から 1cm の箇所(B)の長手方向の歪について、それぞれの解析ケースと比較検証を行った。図-5にその比較を示す。特に A 点での比較を見てみると、荷重の載荷方法および縦支柱の補強材等をできるだけ実物に則したモデル化を行ったケース 3 の結果が実験結果と良好な一致を示した。ここで、B 点のある上部に設置したゴム吊り下げ材は、ゴムシートに引っ張られることで大きくたわむ。B 点での計算結果が異なった要因は、縦支柱と上部ゴム吊り下げ材の接合部のモデル化の相違によるものと考えている。

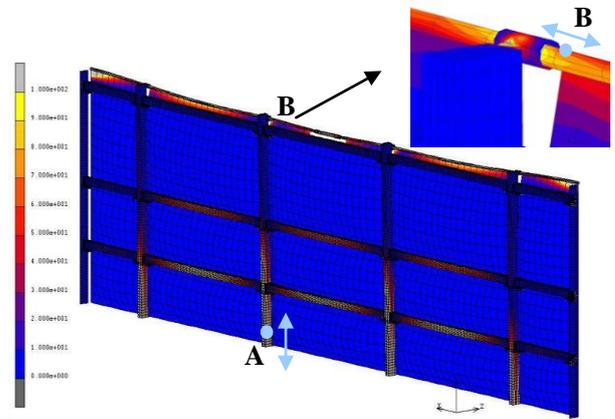


図-4 解析結果のコンター図

5. 結言

都市型水害の被害低減を目的とした止水版の性能設計法の確立に向け、シバタ工業(株)の止水版水槽実験の再現解析を実施し、実験との比較検証をおこなった。縦支柱下部の境界条件やゴム部材に関する構成則のモデル化などの課題は残されているが、定性的には実験と類似した解析結果が得られた。

今後、ゴム部材の構成則については、当研究室で開発した異方性粘性体の構成則を導入することでより現実的な挙動を再現する予定である。そして、最終的には、数値解析によりシート厚さ、支柱間隔等を予想する設計指針を確立していきたいと考えている。

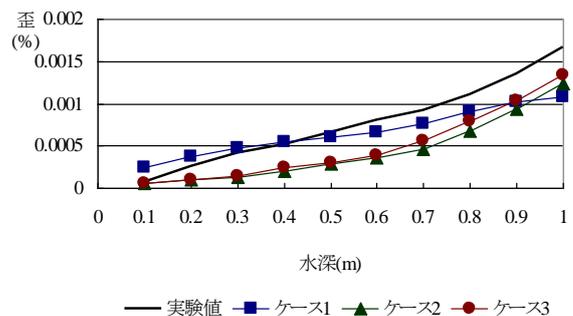
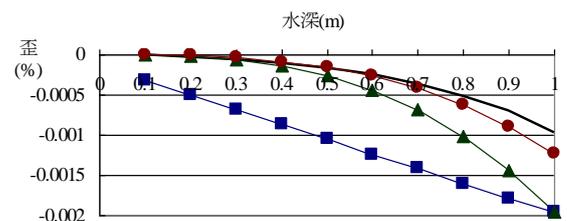


図-5 (上) A における歪の比較
(下) B における歪の比較