

水圧載荷試験における信頼性の評価

山口大学大学院 学生員 ○大塚良 山口大学大学院 正会員 川崎秀明
 九州産業大学 正会員 松尾栄治 山口大学工学部 正会員 牧原貴久

1. はじめに

樋門樋管ゲートは国内に数多く存在しているが、その多くが更新時期に差しかかっている。更新においては、地震や洪水などの設計外力の増大によって扉体補強が必要となるなど、維持管理上の問題が切迫している。ゲート扉体の軽量化は有効な対策となるため、著者らは新材料を用いた軽量樋門樋管ゲートの開発を行っている。その際、材料的軽量化の手段としてEPS（発泡スチロール Expanded Polystyrene）モルタルに着目しており、これを母材とした軽量樋門樋管ゲートについて種々の適用性を検証している。その中で、特に配合および構造形式の適性を判断する上での主要な試験として水圧載荷試験がある。本試験機は新規に開発したものであるため、その試験結果の信頼性を確認する必要がある。本稿では荷重の理論値と実測値の比較、解析で得られたひび割れ方向と目視観察結果との比較などにより荷重分布の検証を行った。

2. 水圧載荷試験の原理

本研究は実寸法で作製した水圧載荷試験機を用いて、EPS モルタルゲート供試体に対して載荷試験を実施している。水圧載荷試験機の仕様は、図-1のようにボックス内（空色の部分）に水を注入し、水圧をゴム膜の膨張力に変換して載荷する方式である。ホースで水道と繋ぎ、注水することで高い水圧を容易に再現出来るのが特徴であり、実際の水路では確保が困難な「鉛直方向の実験設備・空間」が不要なことと、試験体の破壊に伴う漏水処理が不要な点が大きなメリットである。主材質はSS400で、1575×1650×100 (or75) mmのゲートに載荷可能な大きさである。本研究では旧土木研究所の基準に従い、設計水深を4.6mとした。水圧はボックス底部に設置した水圧計と上部に延ばしたホース内の水頭により確認が可能となっている。また、反力は4隅に設けた4つのロードセル（オレンジ色）により確認した。

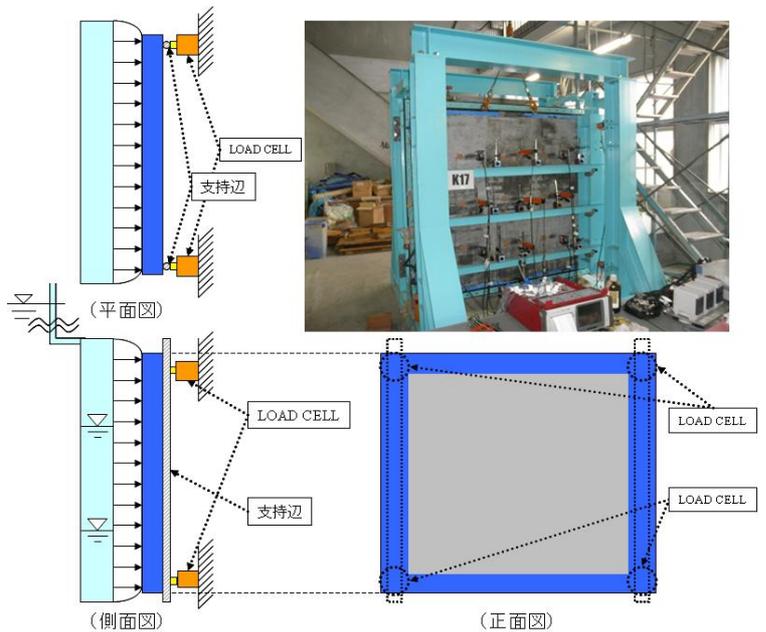


図-1 水圧載荷試験機概要

3. 水圧載荷試験

使用材料は普通ポルトランドセメント（密度:3.15 g/cm³）、EPS 細骨材（密度:0.53g/cm³、実積率:64.8%、粗粒率:3.02、吸水率:0%、最大寸法:4mm）、膨張材（石灰系、密度:3.16 g/cm³）、収縮低減剤（グリコールエーテル系、密度:0.97 g/cm³）である。面的な引張補強材としてFRP格子筋を採用し、捨て型枠

表-1 設計条件及び配合一覧（一部抜粋）

設計条件					配合条件					単体量(kg/m ³)				最大変位(mm)	備考
ゲート番号	フレーム	FRP格子筋	ビニロン短繊維	厚さ	ベース配合	W/C (%)	V _{EPS} (%)	高炉ヒューム(=BF,%)	ビニロン(=VF,%)	W	C	EPS	AE減水剤		
G1	-	-	-	100	D	35	50	-	-	263	750	265	15	3.675	曲げ破壊
K4	溝形鋼	-	0.5%	100	D	35	50	-	0.5	263	750	265	15	21.891	

キーワード：樋門樋管ゲート，水圧載荷試験，EPS モルタル

連絡先：〒755-8611 宇部市常盤台 2-16-1 山口大学大学院理工学研究科 TEL:0836-85-9349

も兼ねた鋼枠フレーム（溝形鋼 h100 または h75，**図-1** の青い部分）内にかぶり 10cm で配置した．試験材齢は 28 日（一部は 91 日）とした．測定項目はゲート重量，面内 9 点の変位とひずみ，固有振動数，ひび割れ発生荷重，破壊荷重等であるが，本稿ではその一部について紹介する．載荷時には試験機の所定の位置にゲート試験体を固定し，左右の 2 辺支持（**図-1** 参照）により水圧を載荷した．水圧は設計水深 4.6m までを往復で約 1 時間かけて行った．破壊しない場合（ほとんどが該当）は連続して 2 回目の載荷を行った．

ゲートの厚さ，補強筋量，母材モルタルの配合などを主要因として合計 32 種類のゲート試験体を作製して試験に供したが，ここではその一部に絞って検証結果を紹介する．載荷精度の評価方法として，主にロードセルによる荷重とホースにより確認した水頭との比較を行った．また，ひび割れ発生荷重および目視によるひび割れの方向について FEM 解析結果との比較を行った．

4. 実験結果

図-2 は，アナログ式水圧計の水頭読みに対する 4 つのロードセルの値とその合計値を示したものである．上端部 2 点のロードセルと下端部 2 点に着目すると，それぞれほぼ一致していることからゲートに対し上端と下端で水圧分布が表現できている．**図-3** は，ロードセルの合計値とゲートに作用する全水圧の理論値の比較を載荷から除荷までの往路でグラフに表したものである．水頭がボックス高を超えると水圧は三角形分布から台形分布へ変化するが，いずれにおいてもロードセルによる実測値と理論値は一致しており（誤差が各ポイントで±0.5%以内），極めて高い精度で水圧の載荷が出来ることが確認できる．

本ゲートはフレーム構造であるため設計段階で FEM 解析を前提としている．そこで，解析によるひび割れ発生箇所と方向を予測し，試験結果を目視による確認で検証することが必要である．本試験機がロードセルにより圧力が作用していることだけでなく目視でひび割れ発生による破壊状況からも確認を行った．**図-4** に FEM 解析により得られた有効ひび割れ方向を示す．**写真-1** は試験後の下流面の状況である．ひび割れ発生箇所は目視によりゲート中央部を発端としており，進行方向もほぼ一致した．

5. まとめ

水圧の再現については，実測値と理論値がほぼ一致していること，ひび割れの発生状況の目視観察結果などから，十分に試験扉体への載荷が出来ていると判断できる．

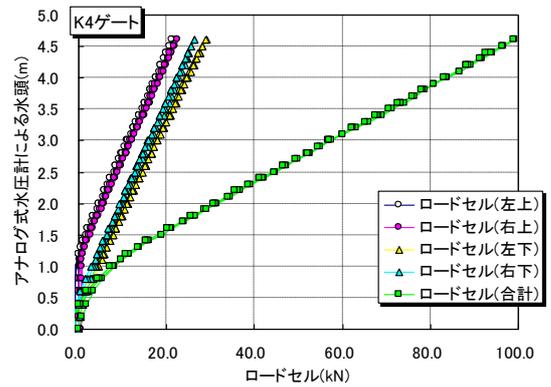


図-2 水頭と荷重の関係

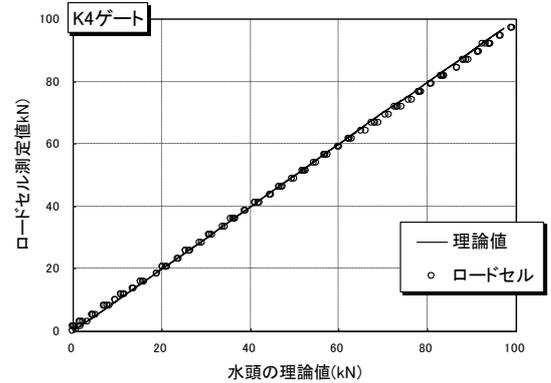


図-3 荷重と理論値の比較

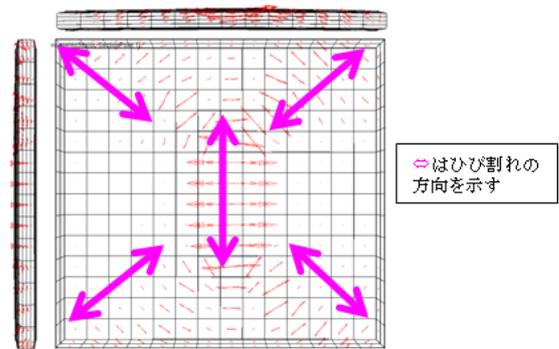


図-4 解析によるひび割れ方向



写真-1 実際のひび割れ状況 (K4 ゲート)