

フラップゲート式陸閘の現地確認試験について

高松港湾空港技術調査事務所

調査課長 立脇 和則

1. はじめに

フラップゲート式陸閘は、津波や高潮の浸水時に動力や人による操作を必要とせず、設備自身の浮力により自動的に開口部を閉塞する新しいタイプの陸閘であり撫養港海岸においては4基の設置が完了している。

本形式の陸閘は施工実績が少なく、継続的な維持管理が行われた事例もない。このため、常時は倒伏し安全に車両等を通行させつつ、浸水時は確実に起立・閉塞することを確認するとともに、今後の適切な維持管理に資するデータを取得することを目的に実機を用いた現地確認試験を実施した。



写真-1 フラップゲート式陸閘（閉塞状態）

2. 現地確認試験

2. 1 試験項目

現地における確認試験は、要求性能、想定されるリスク、維持管理という3つの着眼点で、全10項目の試験を実施した。

表-1 試験項目

分類	試験項目	試験内容
要求性能に対する確認試験	浮上開始水深の確認	ピット内の水張り試験を行い、初期浮上開始水深を確認する。
	水位追従性の確認	水張り試験を行い、水位と扉体起立角度の関係を確認する。また机上検討結果と比較することで設計通りの挙動を示すかを確認する。
	耐津波強度の確認	手動起立時と水張り時のたわみを比較することで水圧により生じたたわみを確認する。
	水密性の確認（漏水試験）	堤外側に水張りし、起立を保持した状態で水密ゴムからの漏水量を計測する。また「ダム・堰施設検査要領（案）」による許容漏水量との比較を行う。
想定されるリスクに対する確認試験	上載荷重の増大（載荷試験）	扉体に重量物を載荷した状態での浮上開始水深の確認を行う。浮上開始後も注水を継続した際の起立動作の確認を行う。
	異物の噛み込み（摺動試験・扉体ガイド）	扉体ガイドの中に木片等を配置した場合の手動起立による動作確認を行う。また、導水溝にビニール袋を巻き込むように設置し、扉体下部への導水が阻害される場合の扉体の挙動を確認する。
	導水溝の閉塞（導水試験）	導水溝を土砂で閉塞し、導水溝の閉塞状況の違いが浮上開始水深にどのように影響するか確認する。また導水溝を閉塞する土砂が扉体下部へどのように流入するのか等を確認する。
維持管理に対する確認試験	車両通行時の振動・騒音の測定	倒伏状態で車両が通過したときに発生する振動・騒音を計測し、今後の維持管理を行っていくうえでの基礎値とする。
	起立抵抗力の測定	倒伏状態からクレーンで扉体を吊り上げ、起立抵抗力を確認する。
	側部水密ゴムの抵抗確認	側部水密ゴムの有無に対して、手動起立装置またはクレーンによる地切りによる起立抵抗力の違い（水密ゴム抵抗力）を確認する。また起立抵抗から水密ゴムの劣化状況を判断するための基礎資料とする。

2. 2 要求性能に対する確認試験

撫養港海岸に設置したフラップゲート式陸閘が規定された要求性能を満たしているかどうか、設計値と実機による試験値とを比較した。

(1) 浮上開始水深の確認

ピット内の水張り試験を行い、初期浮上開始水深を確認したところ、扉体が浮上を開始（1～1.5cm 程度浮上）する際の水深は地表面より－7.5cm 程度であった。

現地試験結果と机上検討結果の比較を行った結果、現地試験結果の方が机上検討結果よりも早く浮上開始していることから要求性能を満たしていると考えられる。

表-2 浮上開始水深の確認結果

項目	1 回目	2 回目	3 回目
起立高さ/G.L.水位	起立 1.0cm/水位-7.5cm	起立 1.5cm/水位-7.5cm	起立 1.2cm/水位-7.5cm

(2) 水位追従性の確認

水張り試験を行い、水位と扉体起立角度の関係を確認した。また机上検討結果と比較することで設計どおりの挙動を示すかを確認した。

水位追従性の確認結果を図-1 に示す。試験結果と机上検討結果は概ね同様の傾向の関係を示していることが分かる。また同一水位における扉体起立角度は試験結果の方が大きいことから、要求される機能を十分に発揮していると言える。

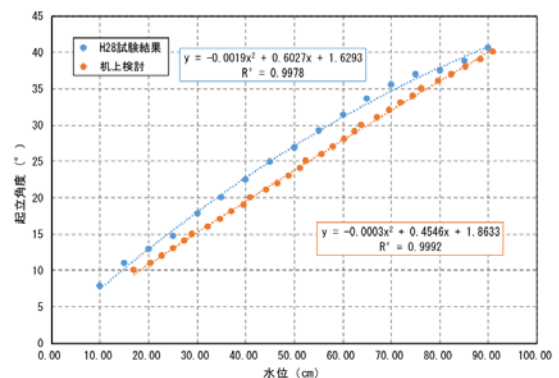


図-1 水位追従性（水位と扉体起立角度）

(3) 耐津波強度の確認

水張り試験で扉体に発生するたわみを計測（変位計により 3 ヲ所）し、手動起立時と水張り時のたわみを比較することで水圧により生じたたわみを確認した。（図-2、写真-2）

注水完了時における右側と左側のたわみ値の平均値と中央のたわみ値との差分をとって比較を行った結果、最大値が 0.12mm であった。一方、机上検討によるたわみ値は 0.14mm であることから現地試験の結果は机上検討の結果と概ね同値になったと考えられる。

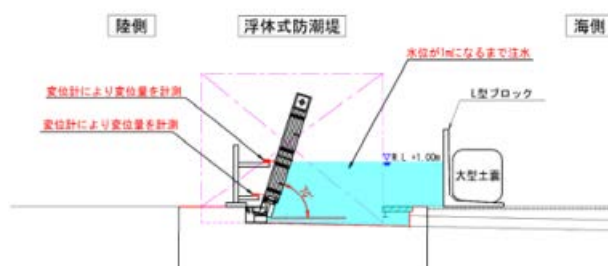


図-2 試験状況図



写真-2 変位計設置状況

(4) 水密性の確認（漏水試験）

堤外側に水張りし、起立を保持した状態で水密ゴムからの漏水量を計測し、後背地に海水の流入がないことを確認した。漏水計測は、10 分間陸側からバキュームで行い、1 回目の計測後、側部水密ゴム箇所をボルトを増し締めした状態で 2 回目の計測を行った。

漏水量は、ボルト増し締め前が 11 リットル、ボルト増し締め後が 6 リットルであった。これは

「ダム・堰施設検査要領（案）」による許容漏水量（0.03～0.2(l/m/s)）のおよそ1/40～1/260であり、ごくわずかであることが言える。

2. 3 想定されるリスクに対する確認試験

フラップゲート式陸開が確実に起立することを確認するために、起立を阻害する要因を洗い出し、各起立阻害要因が起立性能にどのような影響を及ぼすのか実機を用いて試験を行った。

(1) 上載荷重の増大（載荷試験）

① 浮上開始水深の確認

扉体に重量物を載荷した状態での浮上開始水深の確認を行い、設計上と載荷時の浮上開始水深を比較することで、扉体起立における重量物の影響を確認した。設置する重量物は、設置の容易さと放置される可能性の高いものとして、普通乗用車を対象とした。（写真-3）

車両を載荷させない場合の浮上開始水深（2.2(1)参照）と比較すると、車両を載荷させた場合は浮上開始が遅れることが分かった。



写真-3 車両載荷状況

表-3 車両載荷時における浮上開始水深

項目	1 回目	2 回目
起立高さ/G.L.水位	起立 2.0cm/水位-5.0cm	起立 1.5cm/水位-5.0cm

② 起立動作確認

扉体に車両を載荷させ、浮上開始後も注水を継続した際の起立動作の確認を行った。

車両を載荷させた場合においても扉体は起立することを確認できた。水位 15cm の際の扉体起立高さは車両載荷時で 30cm、車両載荷なしの状態では 49cm であり、今回の試験での条件（前軸重 800kg）では車両載荷なしの状態と比較すると、起立速度がおよそ 4 割程度遅れていることが分かった。

(2) 異物の噛み込み（摺動試験・扉体ガイド）

扉体可動部の隙間等に異物を噛み込んだ場合、閉塞不能にならないか、実機を用いて確認した。

扉体ガイドの中に木片等を配置し、手動起立で動作確認を行った。

写真-4 に示すように、扉体ガイド中に異物（木片）を配置すると、扉体とワイヤーロープとの間で噛み込み始める場合があることが分かった。しかし、扉体の挙動に影響を与えることはなく、異物（木片）が折れるのみであった。

このほか注水起立でのビニール袋による導水阻害の影響、木片による扉体側部への噛み込み、木片による扉体とグレーチング間の噛み込み等条件を変えて試験を行ったが、扉体動作に影響を与えるものはなかった。



写真-4 異物の噛み込み状況

(3) 導水溝の閉塞（導水試験）

土砂により導水溝が閉塞された状態においても扉体は浮上するのか、また閉塞状況の違いで扉体の浮上開始水深にどのような影響があるのかを確認した。試験は砂により閉塞状態を4段階に変化させて行った。（写真-5）

結果は導水溝の閉塞率が大きいほど浮上開始は若干遅れるものの、浮上性能に大きな影響を与えるものではなかった。



写真-5 導水溝完全閉塞状態

2. 4 維持管理に対する確認試験

倒伏状態の扉体を車両が通行する際に発生する騒音・振動の計測（写真-6）、クレーンで扉体を吊り上げた時の起立抵抗力及び水密ゴムの抵抗力の計測を行った。

これらの計測値は竣工時の初期値とし、今後本施設を維持管理していく中で、経年変化があった場合、初期値と比較することで異常を把握するための基礎資料とする。



写真-6 騒音・振動計測状況

3. 現地見学会の開催

小松島港湾・空港整備事務所と連携して、確認試験にあわせて現地見学会を開催した。見学会では地元小学生や自主防災会、自治体関係者など多数の参加により、車両の載荷試験を実施した。試験では、扉体に車両を載せた状態で水張りをを行い、万一、浸水時に扉体上に車両が残されていたとしても、浮上することを確認していただいた。（写真-7）

また当日の様子は地元（徳島）のみならず、近畿圏や香川・岡山エリアなど広範囲で報道され、その関心の高さを実感するとともに、事業効果や新技術が幅広くPRできたと思われる。



写真-7 現地見学会の状況

4. おわりに

フラップゲート式陸閘は津波・高潮時に人力による操作を必要とせず、自動で起立・閉塞する優れた機能を持っており、今回の確認試験によって、その機能が確実に作動する信頼性をより高めることができた。また、今後の維持管理に向けた有用なデータを取得することができた。

今後は、これらの成果を反映して、優れた機能を継続的に維持管理していくための、分かりやすい施設の点検手順書等を取りまとめることとしている。