

## 報告書概要

<b>①技術研究開発課題名</b>	新材料を用いた樋門樋管用ゲートの性能設計・施工技術に関する技術研究開発
<b>②技術研究開発テーマ名</b>	新材料を用いた樋門樋管用ゲートの技術開発とその適用性の検討
<b>③研究代表者</b>	
氏名	所属・役職
三木 博史	(株) 三木地盤環境工学研究所
<b>④共同研究者</b>	
氏名	所属・役職
金澤 克己	いであ (株)
斐 義光	いであ (株)
千葉 幸憲	いであ (株)
佐藤 昭二	パシフィックコンサルタンツ (株)
岡本 修	(株) 建設技術研究所
梶尾 孝之	太陽工業 (株)
山本 浩二	太陽工業 (株)
近藤 誠二	(株) 田中
日野林 譲二	大日本プラスチック (株)
伊関 敏之	大日本プラスチック (株)
明永 卓也	三菱樹脂 (株)
梶田 雅明	三菱樹脂 (株)
田中 茂樹	東洋紡績 (株)

## ⑤背景・課題

全国にある樋門樋管ゲートは鋼材が中心であるが、今後気候変動による外力の増加や数多くの施設の更新時期に的確に対処するために、鋼材以外の材料の導入によるコスト削減や長寿命化等を進めることが期待されている。新材料導入は、コスト削減や長寿命化等の効果が期待されるが、鋼材のようにJIS等の性能確認方法がなく、現場における適用可能性の判断が難しく、多様な材料に対応できる性能規定の策定が必要である。しかし、鋼材以外の材料の導入に不可欠な「耐候性、耐久性、信頼性」等といった性能規定を定めるための知見が不足していることから、新材料を用いた樋門樋管ゲートについて、適用範囲、施工・供用条件も含めた要求性能の整理やこれら性能の確認試験方法も含めた性能設計・施工技術の開発を行うことが重要である。

## ⑥技術研究開発の目的

本研究は、新材料(プラスチック材料や複合材料)を用いた樋門樋管用ゲートを開発し、性能規定化に資する適用性指標を作成することを目的とする。

## ⑦技術研究開発の内容・成果

### 1. ゲートとしての適用性の検討

材料ゲート実用化に向けた新材料パネルの配合及びゲート構造について検討し、性能評価および適用について検討した。各種の基準(「ダム・堰基準」及び水門・樋門ゲート設計要領(案))を参考にして資料を収集し、基準に照らしてゲートに要求される性能についてとりまとめた。鋼製ゲートを比較対象として要求事項と要求性能を整理した。

### 2. 新材料ゲートの目標とする耐用年数

全国に設置されている数多くの樋門樋管ゲートは鋼材が中心であるが、これら施設の維持管理やゲート更新においては、コスト削減やゲートの長寿命化などが求められている。本研究における新材料の検討は、このような背景に基づき、鋼材以外の新材料を導入することでコスト削減やゲートの長寿命化などの効果が期待されていることにある。

新材料ゲートは、鋼材よりもインシヤルコストが大きくなる傾向にあるものの、メンテナンスフリー化などによりランニングコストが抑えられる等プラス面もあり、コスト削減については、トータルコスト(LCC:ライフサイクルコスト)で考える必要があり、また、長寿命化など新材料の耐用年数を把握することが重要である。

既設ゲートの扉体の耐用年数は、鋼製ゲートの場合、「河川用ゲート設備点検・整備・更新検討マニュアル(案)」において、外観(目視)検査で管理が可能であることから平均取替・更新年数を主たる管理年数としており、この管理年数の56年が耐用年数として考えられる。またFRPゲートでは、35年以上メンテナンス無しで初期強度を維持しつづけていることが明らかになっており、40年以上のメンテナンスフリーを区切りとして検証をすすめている企業もある。

表一 鋼製ゲートにおける設計の基本条件と要求性能

設計の基本条件	要求性能	関連する項目・物性等
① 扉体が円滑かつ確実に作動すること	・開閉荷重が適切に算定できること ・支承部の部材に耐久性と信頼性があること ・信頼性の高い開閉機構であること ・所要の保護装置等が具備されていること	・開閉荷重 ・支承部のまさつ係数 ・水密部のまさつ係数 ・支承部の変形、損傷、劣化
② 必要な水密性を有すること	・たわみ度が所定の上限值を超えないこと ・扉体が所要の剛性を有すること ・水密部が所要の追随性を有すること	・許容たわみ度 ・ヤング率 ・水密ゴムのつづれ代
③ 必要な耐久性を有すること	・設置環境に応じた余裕厚を有すること ・耐用年数	・余裕厚 ・主要部材の最小板厚 ・細長比 ・標準的な取替・更新年数
④ 予想される荷重に対して安全であること	・発生応力度が許容応力度を超過しないこと	・曲げ応力度 ・せん断応力度 ・支承部の面圧 ・許容応力度の補正係数
⑤ 有害な振動及びキャビテーションが発生しないこと	・扉体及び戸当りの形状及び構造に水理的な配慮がなされていること ・水理的に不安定な開度で使用しないこと	・扉体下端の切上げ角度 ・最小開度
⑥ 操作及び点検・整備が容易かつ安全に行えること	・操作及び点検・整備のためのアプローチが容易で作業スペースが確保されていること ・点検・整備を考慮した構造及び材質選定となっていること ・必要に応じて管理橋及び防護柵等の付属設備が具備されていること	・物性値 ・扉体の質量、強度

表-2 新材料の耐久性

新材料	耐久性
ポリオレフィン系樹脂パネル	・紫外線吸収剤を配合した高耐候性処方の実例（サンシャインカーボンアーク促進劣化試験で 12 年相当の紫外線を照射してもほとんど強度劣化がないというデータ）があり、50 年後の強度劣化を外挿しても、実用上問題となる強度劣化はないと推察される。
炭素繊維強化塩化ビニル樹脂（CFRPVC）パネル	・PVC 自体は建築の外装材としての適用例があり、15 年経過後においても強度低下はなく十分な耐候性を有している。 ・PVC の高耐高性処方にフッ素系フィルムでラミネート加工し（メタルウエザー試験により 40 年相当の紫外線を照射しても著しい変化はない）、炭素繊維層を中間に加えた CFRPVC であれば、耐用年数 50 年を満たすものと推察される。
コンクリートパネル + 炭素繊維強化プラスチック（CFRP）	・CFRP は FRP（GFRP）に比べて耐候性に優れており、CFRP ロッドの耐候性データによれば、促進劣化 30 年相当でも強度を 100%保持しており、十分な耐候性を有している。 ・コンクリートパネルは無筋コンクリートであるため、鉄筋の腐食による膨張ひび割れ等の劣化はほとんどない。

本研究における新材料ゲートにおいても、これら既設ゲートの耐用年数と同等な年数を目標とすることが必要であると考えられる。

「生物・化学的耐久性」「耐摩耗性」「紫外線劣化特性」「繰り返し応力による疲労」など、経時的な物性の変化に対する総合的な耐性のことを“耐久性”という。

個々の耐性については、対象となる製品の使用環境により影響度が異なるため、研究対象とした新材料をゲート材料として用いる場合、使用状況に応じた“耐久性”の評価を行うことが望ましいが、ここでは既存資料より“耐久性”について整理した。

これらの既存資料の整理結果から新材料によるゲートの耐用年数は 50 年を目標値として設定することは妥当であると考えた。

樹脂等においても、鋼材の管理年数程度の 50 年を目標耐用年数として考えた

### 3. 新材料ゲートの構造(案)

新材料について昨年度までの研究で、多種の高分子材料を中心とした新材料のうち表-2 に示す材料を新材料の候補とした。

新材料として選択された材料は、以下の材料特性を有している。

- ①化学的な耐久性に優れていること
- ②耐水性があり吸水率が低いこと
- ③温度変化に対して安定であり、寸法安定性が高いこと新材料ゲートに要求される性能

技術開発の対象とするゲートのサイズは、全国の既存ゲートの設置調査の結果から1～5 m<sup>2</sup>とした。また、ゲートの形式は、小型ゲート設置箇所のうち採用件数の多いスライドゲートを技術開発の対象とした。

#### ■全国の樋門樋管ゲートの実績調査結果

国土交通省が管理する全国の樋門樋管の総数は 8,625 門

ゲート形式では、ローラゲート(50%)、スライドゲート(38%)、フラップゲート(12%)

扉体面積では、1.0 m<sup>2</sup>以下が 20%、2.5～5.0 m<sup>2</sup>が 20%


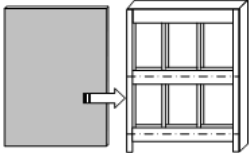

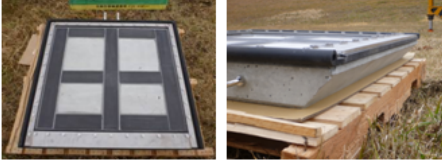
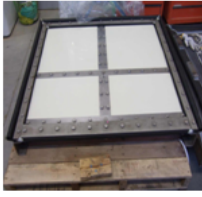
ローラゲートでは、10.0 m<sup>2</sup>以上が 42%、スライドゲートでは、1.0 m<sup>2</sup>以下が 36%、1.0～2.5 m<sup>2</sup>が 33%であり、2.5 m<sup>2</sup>未満の規模のゲートが約 70%を占める。

フラップゲートでは 1.0 m<sup>2</sup>以下が 47%、1.0～2.5 m<sup>2</sup>が 16%で、2.5 m<sup>2</sup>未満の規模のゲートが約 65%を占める。

ゲートの構造として表-3 に示すような扉体を新材料とする(案)とスキンプレートの代替(案)として新材料を用いる案の二種類の考え方で構造を検討することとした。

材料の構成は、①無垢の新材料 と ②複合材料パネルでゲートを構成する案の二種類について技術開発を行うこととした。

表-3 新材料ゲートの構造(案)

	扉体を新材料とする(案)	スキンプレートの代替(案)
概要図	 <p>扉体(無垢)</p>	 <p>扉体(スキンプレート+鋼製フレーム)</p>
新材料ゲート構造(案)	<p>◆扉体を樹脂板で構成する(案) ポリオレフィン樹脂パネル ・ガラス繊維強化ポリプロピレン(PP-GF)</p>  <p>◆扉体を複合材料パネルで構成する(案) ・コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)</p> 	<p>◆樹脂板を鋼製フレームと合わせて構成する(案) プラスチック樹脂パネル ・炭素繊維強化塩化ビニル樹脂(CFRPVC) +PVC桁</p>  <p>鋼製フレーム</p>  <p>樹脂フレーム</p>
検討結果	樹脂板だけで扉体を構成するためには、厚さを小さくするために樹脂板を補強することが必要	鋼製フレームへのスキンプレート代替としていたが、フレームも樹脂で製作した複合材料パネルの製作が可能

#### 4. 新材料ゲートの許容たわみ度の提案

##### 1) 必要な剛性

必要な剛性を確保できない場合、水圧荷重によりゲートがたわみすぎるため、扉体底部が底部戸当り金物から逸脱する事態が発生する。これを防止するため、たわみ度の許容値が必要である。

##### 2) 動的安定性

高圧ゲート(右図では主ゲート)で部分開度放流を実施する場合、扉体の剛性が低いと放流水により振動が発生し、放流を持続できない事態が発生する。

これを防止するため、たわみ度の許容値が必要である。

##### 3) 操作時の安全性

シェル構造ローラゲートでは、最大たわみが鉛直方向に発生する場合があります。このような状態で扉体を開閉運転すると水流により上下方向に振動し、扉体が損傷するおそれがある。これを防止するため、たわみ度の許容値が必要である。

##### 4) 水密性

第1項の必要な剛性に示すとおり扉体がたわみすぎ、底部戸当り金物から扉体下端がはみ出すような事象が発生すると、必要な水密性が確保できない。

また、四方水密の場合、扉体底部中央部がたわみすぎると上部にそりが発生し、必要な水密性が確保できない事象が発生する。

これを防止するため、たわみ度の許容値が必要である。

表-4 新材料ゲートにおけるたわみ度の考え方

新材料ゲートの対象範囲	<ul style="list-style-type: none"> <li>扉体規模: 1.0~5.0㎡</li> <li>ゲート最大寸法: 内空幅(B)2.25m × 内空高(H)2.25m or 内空幅(B)2.5m × 内空高(H)2.0m</li> </ul>
新材料ゲートの形式	・スライドゲート
必要な剛性	最大扉体幅2.5mより扉体中央のたわみ量は、底部戸当り金物の腹板中心からの偏芯量を円弧終端まで許容すると9.2mm $\lambda = \delta / L = 9.2 / 2500 = 1 / 272 \approx 1 / 300$ たわみ度 $\lambda = \delta / L = 9.2 / 2500 = 1 / 272 \approx 1 / 300$
動的安定性	部分開度放流を実施しないため、たわみ度の許容値は設定しない
操作時の安全性	最大径間2.5mに対し扉高2.0mであり鉛直方向のたわみは無視できるため、たわみ度の許容値は設定しない
水密性	四方水密の場合、扉体底部のたわみの発生により、上部のコーナー部にそり(底部最大たわみの1/10程度)が発生 扉体底部中央の許容たわみ量は6.0mm $\lambda = \delta / L = 6.0 / 2500 = 1 / 416 \approx 1 / 400$ たわみ度 $\lambda = \delta / L = 6.0 / 2500 = 1 / 416 \approx 1 / 400$
計算モデルの信頼性	スライドゲート形式の計算モデルの信頼性は高いため、たわみ度の許容値は設定しない
二次応力度の発生抑制	上部戸当り金物の存在による二次応力度は版として発生する鉛直方向応力度であり、その値は無視できるため、たわみ度の許容値は設定しない
その他	コンクリートパネル+CFRPは、コンクリートの引張り側に区ラックが入るため、たわみ制限より許容引張り応力度の制限により部材配合が決定されるため、たわみ度の許容値は設定しない
新材料ゲートの許容たわみ度	1/400

新材料ゲートの許容たわみ度は、1/400 までは許容できると考えられる

## 5. 鋼製ゲートとのコスト比較

新材料ゲートにおいて、イニシャルコスト、ランニングコスト及びそれらを含めたトータルコスト(LCC:ライフサイクルコスト)を算出し、従来の鋼製ゲートとの比較を行いコスト低減効果について整理した。なお、コスト比較においては次の条件下で行うものとした。

- ① コスト比較するゲートは、スライドゲート(四方水密)、幅 1.0m × 高さ 1.0m とする
- ② 新材料ゲートの許容たわみ度は、1/400 まで許容できると考える  
(鋼製ゲートの許容たわみ度 1/800)
- ③ 新材料ゲートの耐用年数を 50 年としてメンテナンスフリー等を考慮して評価する
- ④ 検討は以下の新材料ゲート 3 種について行う
  - ・ガラス繊維強化ポリプロピレン(PP-GF)
  - ・炭素繊維強化塩化ビニル樹脂(CFRPVC)+PVC 桁複合パネル
  - ・コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP))と従来の鋼製ゲート

### 1) イニシャルコスト比較

鋼製ゲートのイニシャルコストは、「大同機工(株)スライドゲート(四方水密)幅 1.0m×高さ 1.0m の公表価格 1,440,000 円/体」を引用し、各新材料ゲートについては、構造計算により許容たわみ度等を満たす扉体の必要最小厚を算出し、その扉体の製作コストとした。

#### ① ガラス繊維強化ポリプロピレン (PP-GF)

ガラス繊維強化ポリプロピレン (PP-GF)のたわみ度別のイニシャルコストと鋼製ゲートのイニシャルコストの比較を図-1 に示す。

比較結果より、許容たわみ度 1/800 では鋼製ゲートに比べ 21%のコストアップとなるが、許容たわみ度 1/600 でほぼ同等、1/400 では新材料ゲートの方が優位となり6%(約 9 万円)程度コスト低減できる。新材料ゲートの許容たわみ度が 1/800 から 1/400 に緩和された場合、新材料ゲートに要求される剛性や断面性能を小さくすることができ、扉体のイニシャルコストの低減が可能となる。

#### ② コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)

コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)において、許容たわみ度を鋼製ゲートと同様に1/800とした際、コンクリートパネル厚と CFRP 補強量を変えてコスト低減を図った扉体と鋼製ゲートのイニシャルコストの比較を図-2 に示す。

比較結果より、Con100+CFRP50 (作用水圧が小さい外水面側の補強を内水面側の半分とした仕様)は、許容たわみ度 1/800 で鋼製ゲートに比べ 13%(約 19 万円)コスト低減でき、イニシャルコストで新材料ゲートの方が優位となる。

#### ③ 炭素繊維強化塩化ビニル樹脂 (CFRPVC)+PVC 桁複合パネル

炭素繊維強化塩化ビニル樹脂 (CFRPVC)+PVC 桁複合パネルのたわみ度別のイニシャルコストと鋼製ゲートのイニシャルコストの比較を図-3 に示す。

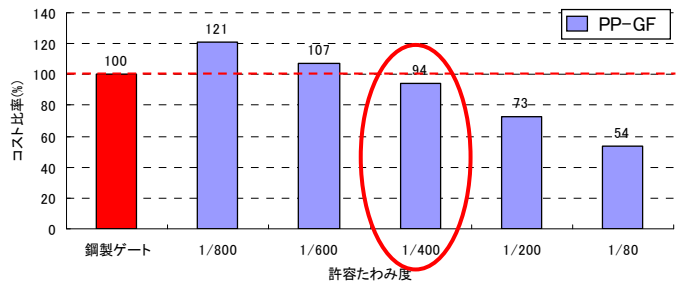


図-1 ガラス繊維強化ポリプロピレン(PP-GF)と鋼製ゲートのイニシャルコスト比較

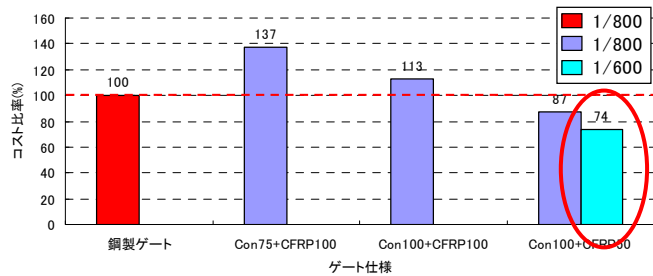


図-2 コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)と鋼製ゲートのイニシャルコスト比較

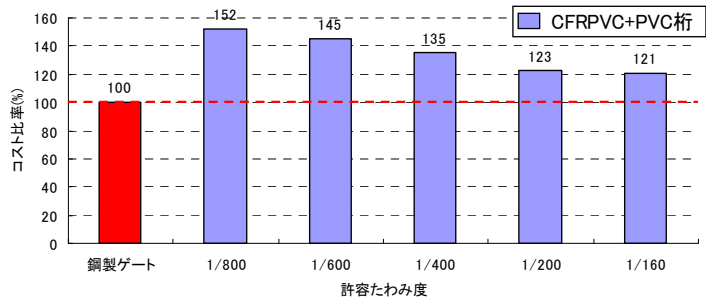


図-3 炭素繊維強化塩化ビニル樹脂+樹脂桁と鋼製ゲートのイニシャルコスト比較

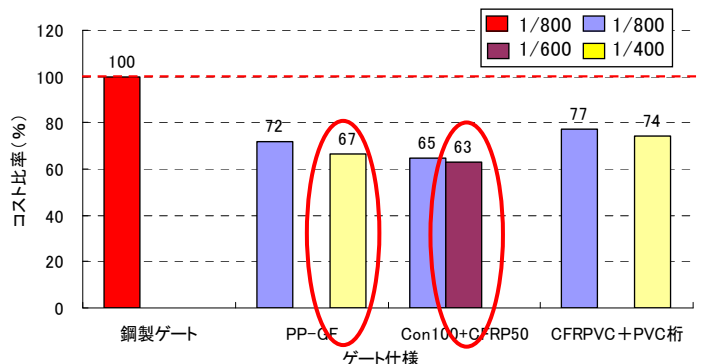


図-4 新材料ゲートと鋼製ゲートのライフサイクルコスト比較

比較結果より、許容たわみ度 1/800 では鋼製ゲートに比べ 52%(約 75 万円)のコストアップとなり、1/400 でも 35%(約 50 万円)のコストアップである。

炭素繊維強化塩化ビニル樹脂(CFRPVC)+PVC 桁複合パネルにおいては、扉体のフレームも PVC 樹脂で製作していることから全体としてコスト増となっており、イニシャルコストでの優位性を確保することは困難であると考えられる。

## 2) ライフサイクルコストの比較

新材料ゲートと鋼製ゲートのライフサイクルコストを比較し新材料ゲートの優位性を確認する。

ライフサイクルコストのうち、イニシャルコストは、扉体製作費の他に「NETIS 登録 No.KK-100112-A 従来技術」より、据付費 500,000 円/1 門を引用し加算した。

また、ランニングコストは、「NETIS 登録 No.CB-050025-V 試行実証評価」より、塗装費 2,535,000 円/40 年、水密ゴム取替費 3,380,000 円/40 年を引用した。

表-5 ライフサイクルコストの比較

	鋼製ゲート	新材料ゲート					
		PP-GF		CFRPVC+PVC桁		コンクリートパネル+CFRP幅50mm	
		1/800	1/400	1/800	1/400	1/800	1/600
イニシャルコスト 【据付費含む】(円/1門)	1,940,000	2,250,000	1,850,000	2,693,000	2,451,000	1,746,000	1,569,000
ランニングコスト (円/40年)	塗装費	2,535,000	—	—	—	—	—
	水密ゴム取替費	3,380,000	3,380,000	3,380,000	3,380,000	3,380,000	3,380,000
ライフサイクルコスト(円/40年)	7,855,000	5,630,000	5,230,000	6,073,000	5,831,000	5,126,000	4,949,000
コスト比率(%)	100	72	67	77	74	65	63

※ランニングコスト:NETIS 登録 No.CB-050025-V 試行実証評価引用

※据付費:NETIS 登録 No.KK-100112-A 従来技術との比較引用

比較結果より、ランニングコストは、塗装費用が不要になる新材料ゲートの各仕様すべてが許容たわみ度 1/800 において鋼製ゲートに比べ約 20~35%コスト低減が可能である。繊維強化ポリプロピレン(PP-GF)は鋼製ゲートよりも 28%(約 220 万円)/40 年、炭素繊維強化塩化ビニル樹脂(CFRPVC)+PVC 桁は 23%(約 180 万円)/40 年、コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は 35%(約 270 万円)/40 年のコストを低減できる。

新材料ゲートは、ランニングコストの塗装費用が不要。

ライフサイクルコストは、現状の許容たわみ度規定 1/800 でも鋼製ゲートに対して優位。

また、新材料ゲートの許容たわみ度が 1/800 から 1/400 に緩和されることで、さらにガラス繊維強化ポリプロピレン(PP-GF)は 5%(約 40 万円)/40 年、炭素繊維強化塩化ビニル樹脂(CFRPVC)+PVC 桁は 3%(約 24 万円)/40 年、コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)は 2%(約 18 万円)/40 年のコストを低減できる。

本研究の目的である新材料導入によるコスト縮減は、今後更新時期を迎える施設が増え、多くの更新費用が必要になると予想されるため、ライフサイクルコストだけでなく、その更新にかかるイニシャルコストでも低減できることが望ましい。

鋼製ゲートよりもイニシャルコスト及びライフサイクルコストで低コストが実現できる新材料ゲートは以下のようになる。

- 許容たわみ度 1/800(鋼製ゲートと同じ)の場合  
「コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)」  
(コンクリートパネル 100 mm、CFRP 幅:内水面側 100 mm、外水面側 50 mm)
- 許容たわみ度 1/400(コンクリートパネルは 1/600)まで緩和した場合  
「ガラス繊維強化ポリプロピレン(PP-GF)」  
「コンクリートパネル+炭素繊維強化プラスチック(CFRP)」  
(コンクリートパネル 100 mm、CFRP 幅:内水面側 50 mm、外水面側 50 mm)

- ・新材料ゲートの許容たわみ度を 1/800→1/400(但しコンクリートパネル+CFRP は 1/600)と緩和されれば、PP-GF はインシタル・ライフサイクルコスト共にコスト低減が可能で LCC で約 30%低減。
- ・CFRP+PVC 桁は、インシタルコストで高額であったが、LCC で約 20%コスト低減。
- ・コンクリートパネル+CFRP は 1/800 でもインシタル・ライフサイクルコスト共にコスト低減が可能で LCC で 35%コスト低減。



新材料ゲートのライフサイクルコストは、許容たわみ度を 1/800→1/400 に緩和することでインシタルコストも低減可能、ランニングコストの塗装費用が不要なことと合わせ、鋼製ゲートと比較してさらに優位となり競争力を期待できる。

## 6. ゲートの試作と性能評価試験の実施

コストの試算にもとづき新材料ゲートの試作をおこなった。

### 1) 水圧実験

水圧実験については、水圧実験装置および計測機器の状況を確認した後、繰り返し水圧载荷による計測を行った。その結果、各新材料ゲートは破壊に至らず十分安全であった。また、鋼製ゲートのたわみ度の規定 1/800 以内であった。



写真-1 水圧試験機

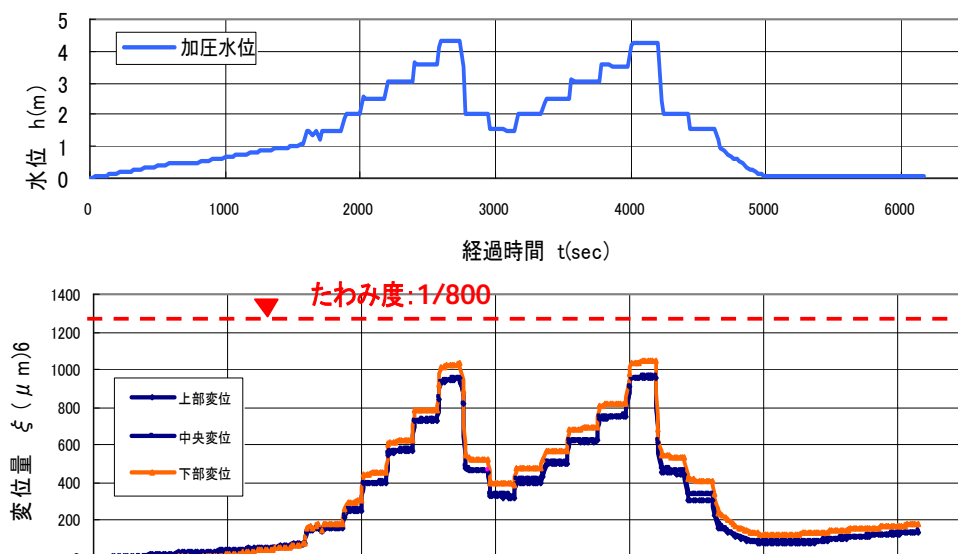


図-5 水圧試験結果(ガラス繊維強化ポリプロピレン)



## 2) 衝撃試験

各種新材料ゲートに流木が衝撃した場合を想定したエネルギーを与え、衝撃に対する耐久性を評価した。衝撃力は直径 20cm、長さ 5m の丸太が流速 2m/sec の条件でゲートに突き当たった場合を想定した。その結果、試作ゲートのすべてが健全な状態を保った。

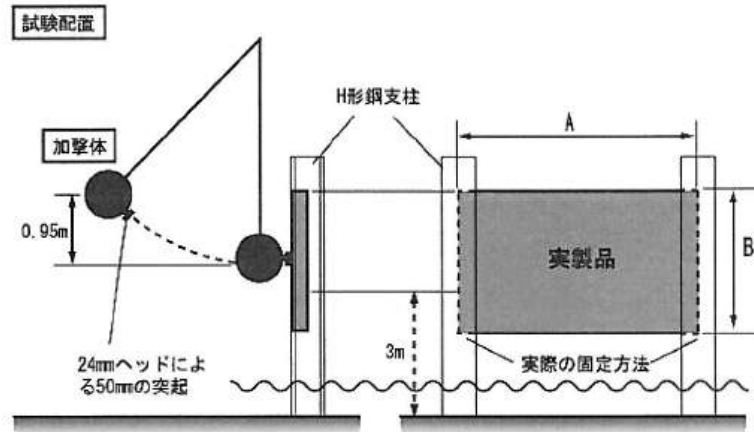


図-6 衝撃試験概略図



写真-2 衝撃試験の状況

## 3) 現地据付実験

試作ゲートを鋼製ゲートに変えて据付を行い、施工性の確認、摺動性の確認を行った。その結果、試作ゲートの全てが問題なく据付ができ、摺動性についても問題がないことを確認した。



写真-3 ラック棒取り付け状況(左より、PP-GF、コンクリートパネル+CFRP、CFRPVC+PVC 桁)

## 4) その他

これらの試験のほかに、材料の試験方法を抽出し個別に性能評価試験を実行した。

## 7. まとめ

本研究では、新材料(プラスチック)による樋門樋管用ゲートを試作し、水圧実験ならびに現地据付実験を行い、既設鋼製ゲートと交換据付を行い、実際にゲート操作を行いその摺動性、水密性を確認した。その結果、鋼製ゲートに代わるゲートとして機能できることを確認した。

コストについては、イニシャルコスト、ライフサイクルコストを試算した結果、新材料ゲートは、イニシャルコストは鋼製ゲートに比較して大きくなるものの、ランニングコストの塗装費が不要であることから、ライフサイクルコストで判断すると、現行のたわみ度の規定 1/800 でも新材料ゲートの方が優位である。

さらに、たわみ度の規定を1/800から1/400に緩和することが可能であれば、新材料ゲートのイニシャルコストも抑えることができ、鋼製ゲートに比較して優位性が向上する。

新材料ゲートの各種性能にあわせて、新材料ゲートの適用性指標を作成し、今後の性能規定化へ参考となる資料を作成した。(表-6)

表-6 新材料ゲートの適用性指標

設計の基本条件		新材料ゲートの適用指標となる性能・特性の項目	各性能確認の方法	適用性指標(案)
①	扉体が円滑かつ確実に作動すること	摺動性	現場据付試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>戸溝の幅に対して扉体の厚さに余裕があること(扉体厚さ 10~15cm)</li> <li>開閉装置とゲート本体の重量のバランスが良好であること。</li> <li>自重動作で閉塞できる重量(150kg以上)</li> </ul>
②	必要な水密性を有すること	水密性	材料特性試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>扉体本体は水を通さない材料で構成されていること</li> <li>樹脂材料は、ポリオレフィン系材料もしくは塩化ビニル系材料とする。</li> <li>扉体の設計(鋼製ゲートのたわみ規定準拠/1/800以内)</li> </ul>
	必要な耐久性を有すること	耐久性	材料特性試験 衝撃性試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>耐用年数: 50年</li> <li>化学的に安定した材料であること</li> <li>耐熱性・耐寒性に優れていること(-20~60℃で強度変化がないこと)</li> <li>耐火性に優れていること</li> <li>耐衝撃性に優れていること(流木が衝突した場合の安全性)</li> </ul>
③	予想される荷重に対して安全であること	強度特性	水圧試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>水圧载荷で破損しないこと。</li> <li>支承部における力の分担が良好であること</li> <li>適用水深の水圧を载荷して安全性を確認すること</li> <li>たわみ度が1/400~1/800以内であること</li> </ul>
④	操作及び点検・整備が容易かつ安全に行えること	維持管理に係る特性	現場据付試験	<ul style="list-style-type: none"> <li>点検が容易に可能であること</li> <li>補修が容易に行えること</li> </ul>

## ⑧今後の課題・展望

今後の課題として、試作ゲートを現地に長期間据え付けることで屋外における長期間の耐久性、増水時の安全性等を確認し、新材料の性能データの蓄積と改善をおこなうことで、鋼製ゲートにかわる新しいゲートの技術開発を進めていきたい。

本研究では、たわみ規定が1/800の鋼製ゲートとの性能を比較検討するために1/800の規定に準拠した新材料ゲートを試作して評価した。その結果新材料ゲートの安全性が確認された。

本研究の検討成果として提案した、『たわみ度の規定を1/400に緩和した新材料ゲート』を試作して、同様の性能確認試験を実施し、性能に問題がなく安全性が確認できれば、コスト面(LCC)で現行の鋼製ゲートと比較して競争力が期待でき、本研究の成果は、さらに実用化に近づくものと考えられる。