

「FRP 水門設計・施工指針（案）」 質問に対する回答書

2015 年 9 月 1 日

【1】

<質問>

- ・ 全閉・全開が基本となる FRP 水門扉としては、たわみ度の制限をもっと緩和できたのではないかな。

<回答>

- ・ たわみ度の制限については、委員会の設置当初から数多くの議論を行ってきたが、1/600 より更に下げることへの検討は行っていない。1/600 の根拠については、アルミニウム合金製水門設計製作指針案や、ダム・堰施設技術基準（案）におけるシェル構造ローラゲートの基準値を参考とした。全閉・全開が基本とは言え、中間開度での運用もありうることや、既往実績を越える寸法にも適用を広げていきたいことなども配慮し、極端な基準値緩和は適切ではないと判断した。

【2】

<質問>

- ・ FRP 水門扉の軽量性がメリットとのことであるが、自重降下式で重量が足りない場合の対応をどのように考えるのか。

<回答>

- ・ 現在までの施工実績上、小型ゲートにおいても自重不足による不都合が確認された事例はないが、今後不都合が生じる場合は、ウェートを付加することで対応する。

【3】

<質問>

- ・ FRP 水門扉は初期コストが高いと説明があったが、それは材料自体が高いのか、それとも加工や製作でのコストが高いのか。また、将来、量産化によるコスト低減効果は見込めないのか。

<回答>

- ・ FRP は、成形前の構成素材として鋼材の完成品より高価である上に、部材の成形にかかるコストが加算される。加工や組立にかかるコストは鋼製とほぼ同等であるが、軽量で製作作業性が良いことから、規模によっては FRP の方が鋼製より安価になるケースもある。その場合でも、部材のコスト比が緩和できるほどではない。特に人件費がかかるハンドレイアップ成形法は、積層の機械化をするなどの技術向上により今後の低コスト化を図りたい。
- ・ 発注量の増加に伴い材料コストは低減でき、生産効率の向上も期待できるため製品価格は安価になると予測できる。

【4】

<質問>

- ・ 層間のせん断試験について記載されていないが、考慮する必要はないか。

<回答>

- ・ FRP の層間せん断強度は、ガラス繊維などの強化材が積層されているため、一般に低く、破壊形態も層間破壊となる場合がある。FRP 水門扉を構成する主要部材として、プレートガーダやスキンプレートが挙げられるが、曲げモーメントを受ける部材として設計されており、層間せん断破壊は、現時点では考慮していないため、層間せん断強度の試験については掲載していない。今後、FRP 水門扉の終局挙動をより詳細に検討する必要があるが、層間せん断破壊が問題となる場合には、層間せん断強度に対する照査も必要になると考えられる。

【5】

<質問>

- ・ 成形段階における検査について記載する必要はないか。

<回答>

- ・ 積層時に発生する気泡が、どの程度混入すると性能に影響するのかなど解明し、それに応じた検査方法を見いだすことに努めたい。また、必要に応じて本指針への追記改訂の必要もある。

【6】

<質問>

- ・ 供用開始後の FRP 水門扉の強度が経年変化していないことを確認するには、付属資料（2）に記載されているように、扉体の一部を切り取って確認するしかないのか。供用期間中に「今現在の FRP の強度を知りたい」場合、材料試験片を扉体から切り出す以外の方法はあるか。

<回答>

- ・ 「今現在の FRP の強度を知りたい」という状況は、強度が疑われるような何らかの外観上の変状が認められる場合などが想定される。この場合、外観上の変状が、FRP 層の損傷によるものか、損傷であるならばその種類、原因、大きさ、部位などを適切に評価することで、強度低下にどの程度影響を与えるものか、ある程度判断可能と考えられる。
- ・ また、水圧がかかっている時のたわみの計測によって、扉体の力学性能の変化をある程度推定することも可能と考えられる。
- ・ 試験片採取によらない場合の強度計測は、強度に影響を与えるような変状の有無を、非破壊的検査によりある程度推定する方法も考えられる。超音波探傷、X 線探傷、非定常サーモグラフィなどが知られるが、研究段階のものも多い様である。

【7】

<質問>

- ・ 強度計算の安全率の設定が 4.0 と鋼橋などの鋼製のものに比べかなり大きくとられています
が、この安全率設定の理由は何か。紫外線劣化など経年劣化を見込んだものなのか。

<回答>

- ・ 安全率設定の根拠は、付属資料(6)に示している。
- ・ FRP に適切な表面保護層を施して水門に使用する場合には、劣化に対する抵抗性が十分に発揮されることが示されていることから、FRP 水門扉の安全率には、環境作用による経年劣化は含まれておらず、短期強度に対する安全率として設定している。
- ・ 各種構造物の安全率を調査した結果、FRP の安全率の鋼の安全率に対する比が約 2 であることから、鋼製水門扉の安全率 2.0 の 2 倍の 4.0 を採用している。ここで、鋼材では降伏点に対して安全率が設定されているが、FRP は降伏点を持たないことから破断強度に対して安全率が設定されている点に留意が必要である。仮に、鋼材の降伏比が 0.55～0.6 程度とすると、破断強度（引張強度）に対する裕度は 3.33～3.64 程度となり、FRP の 4.0 は 1～2 割大きい程度となる。
- ・ また、安全率 4.0 は、これまでに実績のある「FRP 構造設計便覧」に記載されている各種要因の部分安全率から計算される安全率と比較し、多少安全側となることも確認している。
- ・ さらに、FRP 水門扉はたわみ制限で主桁の断面や本数が決まっており、既往の設計では、最大発生応力度は許容応力度に対して十分に小さいことも確認している。クリープが懸念される領域では使用しないため、長期強度は規定していない。
- ・ 環境作用に対する材料特性値の低下については、指針(案)の 2.3 で扱っており、耐候性ゲルコート・トップコート等を表面保護層に適切に施している場合は、性能の経時変化に対する照査を省略することができるとしている。ただし、耐候性を有する表面保護層がない場合は、耐久性試験を実施し、強度などの経時変化を調べることにしている。なお、付属資料(2)に、劣化調査の実績から強度低下が認められていないことを例示している。

以上