

# 水力発電用FRPM製多節曲管の開発

## Development of Multi-Joint Pipes Made of FRPM for Hydroelectric Power Generation

大塚 聡\*

Satoshi Otsuka

近年、小水力発電設備を新設または再構築する動きが加速しており、施工実績が多数ある FRPM 管の採用が増加傾向にある。しかしながら、屈曲部については設計基準に適合した FRPM 製曲管が製品化されておらず、鋼管を使用するケースが多い。そこで、水力発電用 FRPM 製多節曲管を開発した。

水力発電用 FRPM 製多節曲管は水門鉄管技術基準に準拠して製作した。また、安全性の検証として内水圧試験、繰り返し試験および 1 時間内水圧保持試験を実施し、高圧管路においても安全に使用できることを確認した。

In recent years, a movement toward the new establishment or rebuilding of small hydroelectric generation facilities has been accelerating, and FRPM pipes, which have been extensively used in construction, have increasingly been adopted. However, regarding bends, steel tubes are often used since bent pipes made of FRPM that meet design standards are not being manufactured. Therefore we developed multi-joint pipes made of FRPM for hydroelectric power generation.

We produced multi-joint pipes made of FRPM for hydroelectric power generation according to the standards for technology for sluice gates and iron pipes. In addition, we carried out an inner hydraulic pressure test, a repeat test, and a one-hour water pressure maintenance test as safety tests and confirmed that these pipes could be used in high-pressure lines safely.

### 1 はじめに

当社化成産品事業部の主力製品である FRPM 管は軽量かつ高強度で施工性に優れ、水力発電分野で多くの実績を積み重ねてきた。しかし、既存の FRPM 製曲管(以下、同質曲管)は水力発電用管路の設計基準に適合していないことから、(社)水門鉄管協会発行の水門鉄管技術基準 -FRP (M) 水圧管編- に適合した水力発電用 FRPM 多節曲管 (以下、多節曲管) を開発した。

### 2 FRPM管の規格

FRPM 管は 1985 年に JIS A 5350「強化プラスチック複合管」として制定されている。また、1997 年には水力発電用として、上述の規格書が発行され、多くの採用実績に繋がっている。

また、多節曲管に使用する原管の構造は図 1 に示すとおりであり、水力発電用として耐摩耗性及び耐アルカリ性能等の特長を併せ持つ製品である。

### 3 水力発電用管路の設計基準

技術基準<sup>1)</sup>では曲管について次の 2 点が定められている。

- ① 曲率半径は管内径の 3 倍以上
- ② 各節ごとの角度の振りは 7° 以下

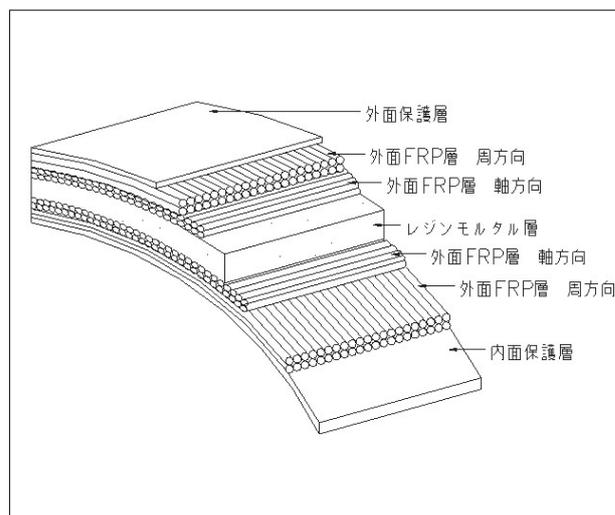


図1 FRPM管の断面構造

①については表 1 に示すように R/D の増加とともに損失係数は減少し、R/D が 3 以上になれば著しく小さくなることが判明している。このため曲管の曲率半径を管内径の 3 倍以上に規定している。

また、②については各節の振り角度が小さいほど滑らかな曲管に近づき、損失水頭は減少することから、施工性および経済性から妥当とされている 7° 以下の振り角度を規定している。

\*化成産品事業部 技術開発部 技術開発課 技術開発グループ

表1 曲率半径Rと管内径Dの関係

R/D	3未満	3以上
概要図		
損失係数	大	小

#### 4 多節曲管の仕様

多節曲管は作業性を考慮して7節までとし、振り角の最大を7°としたことからスムーズバンドに近い形状となる。また上述から角度の上限を49°に設定した。

さらに表2に示すように呼び径の範囲は製造上の都合から内圧1種ではφ400～2,000とし、内圧3種ではφ200～2,000とした。

表2 多節曲管の仕様

強さによる区分	設計内水圧 (MPa)	角度 (°)	呼び径の範囲
内圧1種	1.3	0～49	φ400～2,000
内圧3種	0.7		φ200～2,000

#### 5 多節曲管の内水圧試験

多節曲管は既存の同質曲管<sup>2)</sup>と同様にコンクリート製のスラストブロックを併用して使用することから、外圧強度の評価を省略した。ここでは水圧性能を検証するために内水圧試験を実施した。

供試管は、内圧1種仕様の最小口径であるφ400とし、その概要を表3に示す。

表3 供試管の仕様

呼び径	φ400
強さによる区分	内圧1種 (設計内水圧 1.30MPa)
角度	49° (7° × 7節)
管長 (mm)	L=2,000 (1,000 × 1,000)

なお、多節曲管は使用時にコンクリート製ブロックとの併用を原則とするが、本試験では製品自体の性能を評価するために図2に示す支持状態で実施した。

さらに、供試管のFRP積層外面と本管外面にひずみゲージを貼り付け、内水圧負荷時の円周方向発生歪み量を測定した。

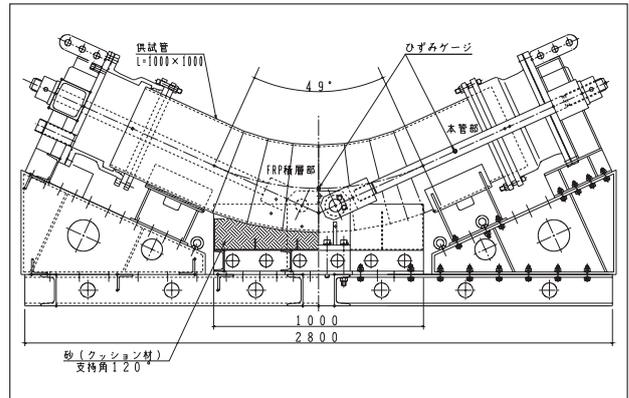


図2 内圧試験装置

試験内水圧は表4に示す値とし、3分間圧力を保持して漏水の有無を確認した。

表4 試験内水圧

管種	試験内水圧 (MPa)	備考
内圧1種	1.69	水門鉄管基準における試験内水圧 設計内水圧 1.30MPa × 1.3
	2.60	JIS A 5350における試験内水圧 設計内水圧 1.30MPa × 2.0

次に繰り返し内水圧試験を実施した。内水圧 1.30MPa を3分保持後に内水圧除荷を1サイクルとして10サイクル繰り返し、漏水の有無を確認した。なお、繰り返し回数については、内水圧による歪みの増加(クリープ)状況を確認して変化がないことから10回を上限とした。

併せて1時間内水圧保持試験を実施し、歪み上昇の有無を確認した。

試験の流れは図3に従い、全ての項目で漏水その他異常の有無を確認した。

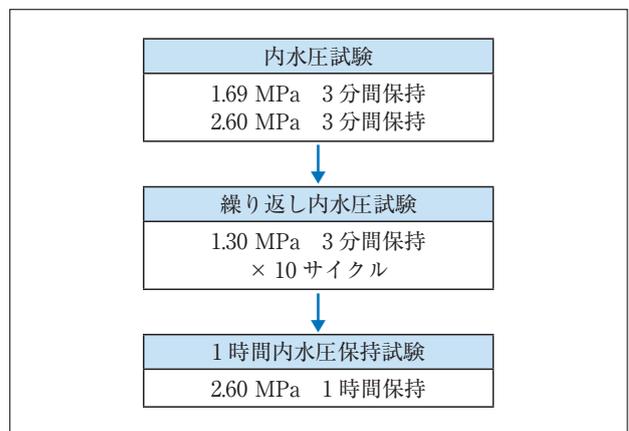


図3 試験の流れ

## 6 試験結果

試験結果を表5に示す。

表5 試験結果

試験の種類	内水圧 (MPa)	水圧保持時間	判定
内水圧試験	1.69	3分間	合格
	2.60	3分間	合格
繰り返し内水圧試験	1.30	3分間 × 10 サイクル	合格
1時間内水圧保持試験	2.60	1時間	合格

1時間保持試験における時間経過と円周方向歪みの関係を図4に示す。なお、試験中に管体の膨張による内水圧の減少が生じたため、試験開始10分および30分で再加圧を行った。

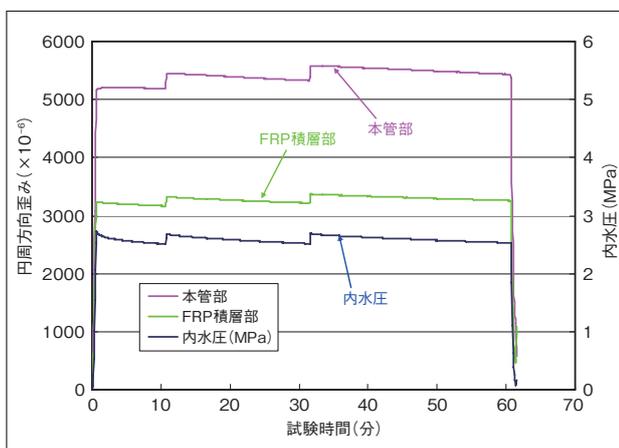


図4 1時間保持試験における円周方向歪み線図

図4から、本管外面の最大歪み量は  $5,584 \times 10^{-6}$ 、FRP積層外面の最大歪みは  $3,370 \times 10^{-6}$  であった。また、FRPM管(本管)においては試験内水圧負荷時の円周方向歪み量を  $6,000 \times 10^{-6}$  に設計しており、本試験結果から問題ないと判断できる。さらに、1時間保持状態における歪み量の増加はなく、安定した状態であることから問題ないと考えられる。



図5 内水圧試験状況

以上の結果から、多節曲管について1.3MPaの高压管路においても水圧性能を有していることを確認した。

## 7 おわりに

水力発電用管路の設計基準に適合し、かつ1.3MPaの高压管路に対応できる多節曲管を開発した。今後も水力発電分野におけるFRPM管の普及を目指して、製品開発に励む所存である。

## 参考文献：

- 1) 水門鉄管技術基準 - FRP(M) 水圧管編 - (社)水門鉄管協会
- 2) 強化プラスチック複合管製曲管の研究報告書 農林水産省農業工学研究所
- 3) 「FW 成形強化プラスチック複合管の長期性能試験」 井戸本靖史、宮崎徹、矢野博彦、中島賢二郎 水土の知 第75巻 第2号 121頁

## 執筆者：

大塚 聡

2007年入社

FRPM管の設計、FRP関連の開発に従事

