

# 高強度・超軽量FRP製複合ピット蓋の開発

Development of Ultra-lightweight Composite Pit Covers Made of FRP Which Exhibit High Mechanical Strength

福屋利保\*

Toshiyasu Fukuya

発電所・変電所のケーブルピット蓋、水処理場などで使用される覆蓋において、作業車輛等が通行する箇所は、強度上の理由から鋼製あるいはコンクリート二次製品となる。しかしながら重量面では搬入・開閉に重機を必要とし、作業時間、コスト面での課題が多かった。そこで、ガラス繊維とカーボン繊維を複合使用することで車輛通行を可能にし、かつ人力でも運搬ができる高強度・超軽量仕様のFRP製複合ピット蓋を開発したので本稿にて報告する。

When it comes to cable pit covers used in power plants and substations, and covers used in places like water treatment plants, it is necessary to use steel or concrete products in places over which vehicles pass, since they must be strong. However, there have been many problems in terms of cost and work-time because heavy covers need cranes to carry them in as well as for placing and removing them. Accordingly, by compounding glass fiber and carbon fiber to make covers, we have made it possible for vehicles to pass over these covers. We report in this text that we have developed ultra-lightweight FRP pit covers which exhibit high mechanical strength, and can be carried by hand as well.

## 1. はじめに

電力会社の発電所・変電所、また鉄道会社の発電所・変電所におけるケーブルピット蓋（以下、ピット蓋と称す）や水処理場の水路に敷設される覆蓋には、FRP 製品をはじめ鋼製、コンクリート二次製品、アルミニウムなどその用途に応じて、さまざまな資材が使用されている。しかし、工事用車輛が通行する箇所においては、強度上の問題から使用される製品は限定的となり、鋼製あるいはコンクリート二次製品が主流となる。通常、こうした高強度製品は重量も大きくなるため、搬入、敷設、開閉に重機が必要となり、作業時間およびコスト増の要因にもなる。特に緊急時における開閉には、時間的な問題も重なるため、市場環境的には、軽量で高強度しかも低コスト製品が望まれる。こうした状況の中、東日本旅客鉄道株式会社殿より T6 トラック荷重を考慮したピット蓋の共同開発依頼があり、2012 年度において開発および製品化を実施した。以下、その概要について報告する。

## 2. 従来品の位置づけ

従来、ピット蓋には前項で記述したとおり多くの材料が使用され、性能、コストにおいても一長一短である。当社でも FRP と樹脂モルタルを三層構造にて一体成型した FRPM 板（図1 参照）を早くより商品化しており、ピット蓋、覆蓋として多くの実績を有している（図2 参照）。樹脂製であるため腐食という問題は無いが、支持スパン 2000mm 未満、対応荷重も人荷重用となる。一方、他社製品についても同様の傾向が見受けられ、樹脂製ピット蓋は、人荷重用が一般的となっている。

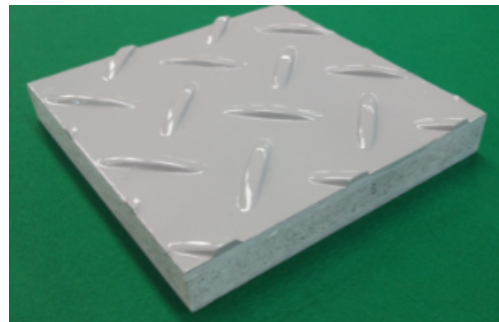


図1 FRPM板



図2 FRPM板の設置例

\* 化成産品事業部 技術開発部

### 3. 開発品の設計条件

#### 3.1 ケーブルピットの概要

ピット蓋が布設されるケーブルピットは、高電圧ケーブルを収容する施設である。従来 1000mm 程度のピット幅が多いものの、今回設計対象となったケーブルピットは、最大内幅 1500mm の大型ピットである（図3参照）。

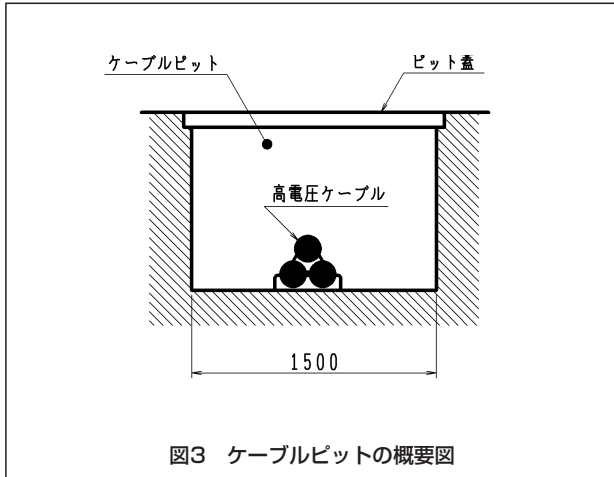


図3 ケーブルピットの概要図

#### 3.2 設計条件

ピット蓋の設計条件は、以下の要件を基に設定した（表1参照）。

- ① ケーブルピットの最大内幅寸法を考慮
- ② 既存鋼製品の高さを考慮
- ③ ピット蓋敷設数量の算出を容易化
- ④ 上載荷重は、T6トラック荷重を考慮
- ⑤ ピット蓋上を走行する際、運転者がたわみを感じない程度を考慮し決定した。

表1 設計条件

ピット蓋単体寸法	① 長さ (mm)	1500+ 掛かり代
	② 厚み (mm)	90
	③ 幅 (mm)	500
④ 最大負荷重 (T6 輪荷重) (kN)		24 <sup>(*)</sup>
⑤ 最大負荷重時の撓み率		1/200

(\*) 前後輪比 1 : 4 より算出

#### 3.3 成型方法の選定

ピット蓋の成型方法は、以下の項目を満足する必要性から引抜成型法を選択した（図4参照）。

- ・ピット幅の変化に対応できること  
(荷重条件と製品強度の範囲内で製品長が自由に設定できる)
- ・製品方向強度(軸方向強度)が高いこと
- ・量産ができること
- ・製品形状が安定していること

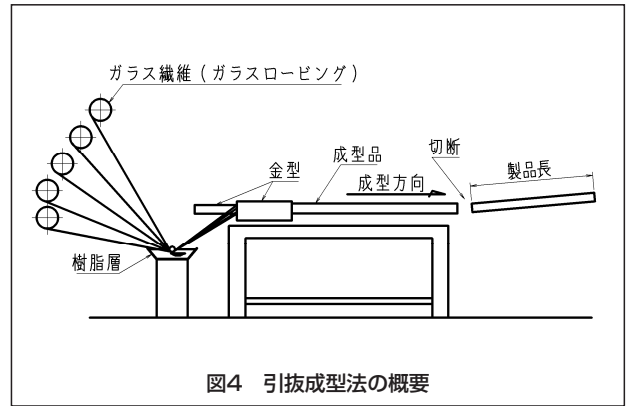


図4 引抜成型法の概要

### 4. 開発品の仕様

#### 4.1 断面形状と機械的性能

開発品の断面形状は、曲げ強度、重量、施工性を考慮し図5に示す中空構造とした。機械的性能を表2に示す。

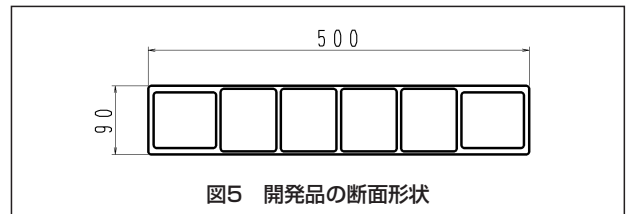


図5 開発品の断面形状

表2 開発品の機械的性能

許容曲げ応力	(MPa)	35
弾性係数	(GPa)	23
断面二次モーメント	(m <sup>4</sup> )	11,804 × 10 <sup>-9</sup>
断面係数	(m <sup>3</sup> )	2,622 × 10 <sup>-7</sup>
質量	(kg/m <sup>2</sup> )	34
参考 (鋼製質量)	(kg/m <sup>2</sup> )	172

#### 4.2 曲げ強度について

支持スパン 1500mm の中央部に 24kN の輪荷重が作用した場合のたわみ率 1/200 (7.5mm) を確保するため、剛性向上策としてピット蓋裏面(引張側面)にカーボンクロスを積層付加する複合仕様とした。この補強効果により弾性係数が約 20% 向上した(図6参照)。

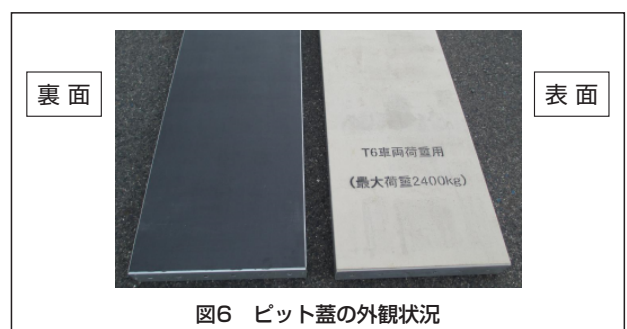


図6 ピット蓋の外観状況

4.3 滑り止め塗装と耐候性の評価

ピット蓋は、作業用車輛の通行に加え、作業員も常時歩行する。FRP は摩擦係数の低い材料であるためスリップの原因ともなる。この対策として表面に高耐候性の滑り止め塗装を施した。

以下、耐候性試験の試験条件を表3に、評価結果を表4および図7に示す。

表3 耐候性試験条件

耐候性試験器	UVテスター耐候性試験器 (サンシャインウェザーメータの10倍速)
試験時間	200時間
放射照度	750W/m <sup>2</sup>

表4 耐候性試験結果

強度保持率 (%)	100
色差・光沢	大きな変化なし

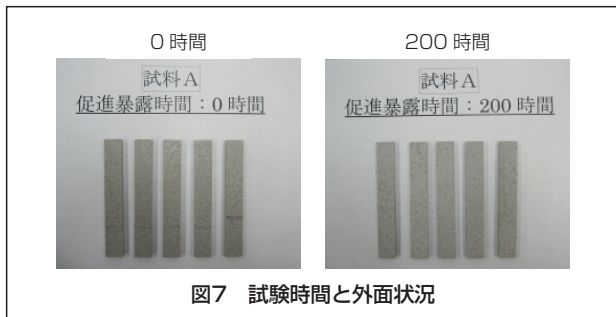


図7 試験時間と外面状況

5. 強度評価

5.1 曲げ試験

T6トラックの後輪荷重24kNに対する曲げ試験状況を図8に、曲げ試験結果を表5に示す。

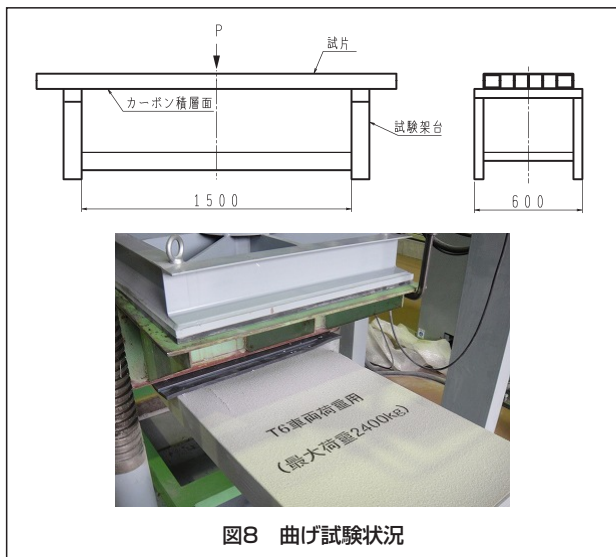


図8 曲げ試験状況

表5 曲げ試験結果

24kN 時のたわみ量 (mm)		破壊荷重 (kN)	
規格	測定値	規格	測定値
7.5 以下	6.0	96 以上	103

5.2 クリープ試験

30年使用相当の荷重回数を繰り返し荷重し、ピット蓋の異常を調べると共に曲げ強度の変化を調査した。クリープ試験状況を図9に、曲げ試験結果を表6に示す。尚、この試験には、専用のクリープ試験機を製作し実施した。

試験回数 = 5 回走行 / 日 × 25 日 × 12 ヶ月 × 30 年  
= 45,000 回

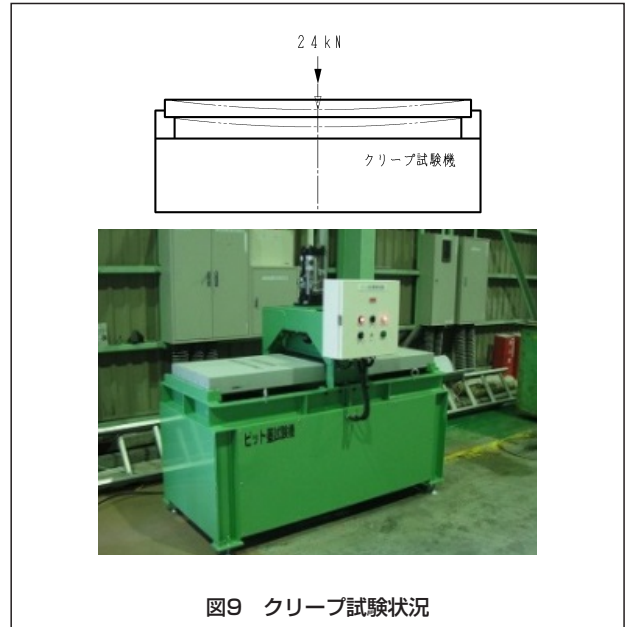


図9 クリープ試験状況

表6 クリープ試験後の曲げ試験結果

破壊荷重 (kN)	
規格	測定値
96 以上	102

5.3 実車輻載荷試験

1 輪当たり後輪荷重を 24kN に調整したトラックを使用し荷重試験を実施した。破損も無く、たわみ量も規定以内であることを確認した。

実車輻載荷試験状況を図10に、荷重試験時のたわみ量を表7に示す。



図10 実車輻載荷試験状況

表7 実車輻載荷試験時のたわみ量

たわみ量 (mm)	
規格	測定値
7.5 以下	5.5

## 6. 圧縮荷重の対応

ピット蓋は、支持スパン内における曲げ荷重のほか、ピットの掛かり代部においては図 11 に示す輪荷重による圧縮荷重が作用する。軽量化を目的とした中空断面であるため、繰り返し作用する圧縮荷重に対して端部補強を行う設計とした。

この補強材は、強度、コストを考慮し、当社製品である FRPM 板をピット蓋端部にはめ込む方法を採用した(図 12 参照)。

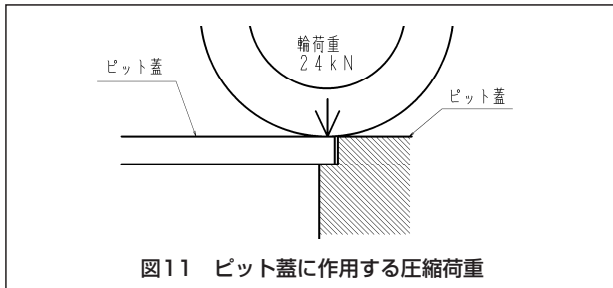


図 11 ピット蓋に作用する圧縮荷重

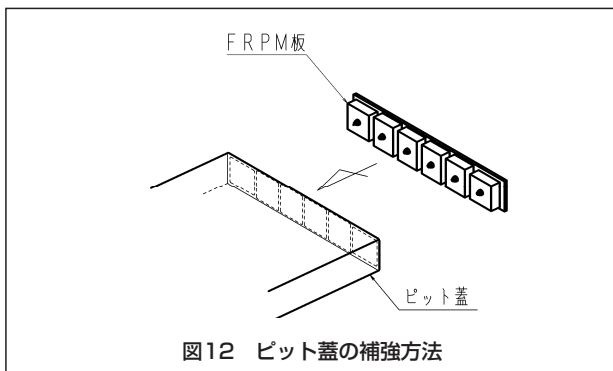


図 12 ピット蓋の補強方法

## 7. おわりに

従来、樹脂製ピット蓋は、人荷重用が基本であり、これに雪荷重などを別途検討することが一般的である。樹脂製の場合、鋼製と比して剛性が低いため、車輛通行可とする製品開発は困難とされてきた。今回、東日本旅客鉄道株式会社殿より本件の共同開発依頼があり、種々の検討および評価を実施し、目標とする製品開発を無事完了させることができた。コスト面においても従来の鋼製品よりも安価となり、2013 年度 7 月同社の変電所に初回納入を完了した(図 13 参照)。今後は、水処理施設、電力各社などへの PR も行うべく、使用される施設環境に見合った製品仕様の充実を進めるものとする。



図 13 ピット蓋の敷設状況

## 謝辞

本開発において、東日本旅客鉄道株式会社殿におかれましては多大なるご協力、貴重なご教授を賜りました。また早々の製品納入を行うこともできました。ここに記載させていただき感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) (社)日本道路協会 道路橋示方書・同解説

## 執筆者

### 福屋利保

Toshiyasu Fukuya

1983 年入社

FRP 関連の開発に従事

