

道路橋に添架された電力用ケーブル保護管耐震継手の開発

Development of an Earthquake-Proof Coupling for Powercable Protecting Pipe Attached to the Highway Bridge

福井 準* 竹田 誠**

Hitoshi Fukui, Makoto Takeda

電力会社では、大地震に備えた送配電施設の耐震性向上が喫緊の課題になっている。当社は、主力製品のひとつである道路橋添架用 FRP 製電力用ケーブル保護管を対象に、地震時における道路橋の複合的な変位に追従し、電力ケーブルを護るケーブル保護管耐震継手を考案した。現在、新設の道路橋添架管路への採用に向けて、机上検討を終え、口径 125mm の試作品を作製し、検証作業を進めている。

It has become emergent to improve the earthquake-proof capability of power facilities in order to protect them from great earthquake for electric power company. We devised an earthquake-proof coupling for power-cable protecting pipe (FRP-pipe), one of core products of our company. This coupling can follow complex displacement of the highway bridge induced by earthquake, so that it can defend the lifeline against the interception of power supply. At present, toward the adoption of the devised coupling in newly constructed pipelines attached to highway bridges, desk study has been completed, and a trial product with 125 mm in diameter is manufactured, by which the performance of devised coupling is being verified.

1. はじめに

国土交通省では、1995年の兵庫県南部地震など、過去の大規模地震による被災実態を踏まえて、道路橋の耐震補強を進めており、大規模地震時における救助、救援活動や緊急物資輸送のために必要な緊急輸送道路上で、県庁所在地間を結ぶ道路上の橋梁約 8000 橋について、2017 年度を目途に耐震補強を完了する計画である。

震災対策が施された道路橋は、地震時において上部工と下部工の間で大きな相対変位が発生するため、これに添架されている水道、電気、通信設備に大きな影響を及ぼすことになる。

当社では、このような状況を踏まえて、電力用ケーブル保護管耐震継手の検証を進めている。以下にその概要について報告する。

2. 電力用ケーブル保護管と道路橋の耐震基準

2.1 電力用ケーブル保護管

電力用ケーブル保護管は電力ケーブルまたは通信ケーブルなどを收容、保護することを目的に設置される。材質は FRP、FRPM、塩化ビニルが採用される。当社は、道路橋添架部に採用される FRP 管、土中埋設部に採用される FRPM 管を製品として保有している。

道路橋添架部に採用される電力用ケーブル保護管の口径は、 $\phi 100 \sim \phi 300$ まで規定されているが、汎用サイズとして $\phi 125 \sim \phi 150$ の採用が多い。電力用ケーブル保護管を道路橋に添架した例を図 1 に示す。

直管の単位長は 4 m ~ 6 m、継手部はソケット構造でゴム輪によりシールされ、離脱防止機能は付与されてい

ない。道路橋添架の場合は複数条まとめて設置され、道路橋に設置されたブラケットに、一定の間隔で支持される。

支点半付近には、図 2 に示す伸縮継手が設置されるが、主桁の温度変化に伴う微小な軸方向伸縮を緩和することが目的であり、十分な耐震性能を有しているとは言い難い。



図1 電力用ケーブル保護管設置例

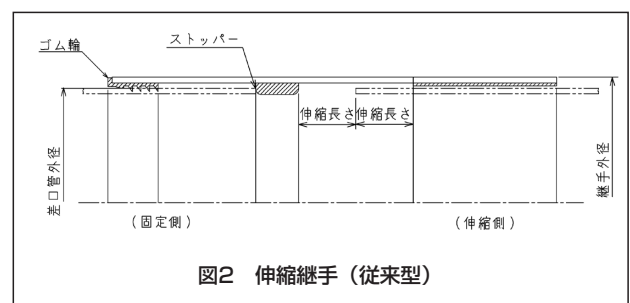


図2 伸縮継手(従来型)

2.2 道路橋の耐震基準

道路橋の耐震補強として一般的に適用される方針では、大規模地震に対して必ずしも常時の健全性を保つ必要はなく、通行に支障が無ければ、補修可能な範囲で最小限度の被害に留めることも許容されている。そのため

* 技術開発本部 材料技術開発部

** 産業建設資材事業本部 化成品事業部 技術開発部

に単なる構成部材の強度向上だけではなく、大きな変位を許容して、地震による外力を軽減させる方法が採られる。

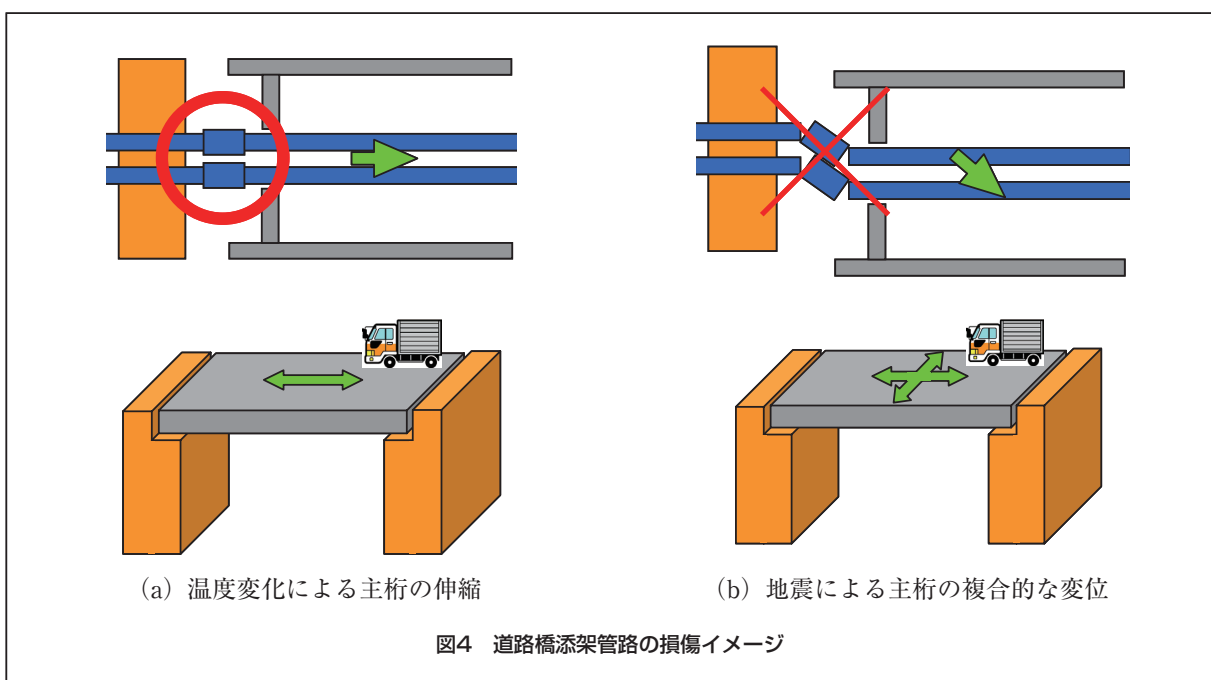
これらの結果として採用されたゴム支承、落橋防止装置により、地震時に想定される上部工と下部工の想定変位量は、軸方向、直角方向共に数十 cm にも達する。

これは、主桁の温度伸縮を、軸方向だけに考慮する従来許容されていた変位量とは全く異なるものである。

道路橋の耐震補強例を図3に示す。

2.3 地震時の問題点

橋梁上部工には、地震時において下部工（橋台、橋脚）との間で、軸方向、直角方向共に大きな相対変位が発生する。一般添架部は主桁に設置されたブラケットに支持されるため、これらの変位を考慮する必要は無いが、変位が集中する支点部は、管路の健全性を維持するために、橋台に固定された管と添架管に関して、軸方向、直角方向に想定される変位に対して追従できる機能を付与する必要がある。道路橋添架管路の損傷イメージを図4に示す。



3. 耐震継手の概要

3.1 構想

耐震継手は、地震時に管路の健全性を維持するために、支点部（橋台と桁端部ブラケットの間）に設置し、伸縮および偏心に追従する機構を有する構造とする。本継手は大規模地震時にのみ機能するものであるから、必要な時に性能を発揮できる状態を長期間維持する必要がある。また、伸縮、偏心の作動反力により一般管路に影響を与えない構造であることが望ましい。今回考案した耐震継手のイメージを図5に示す。

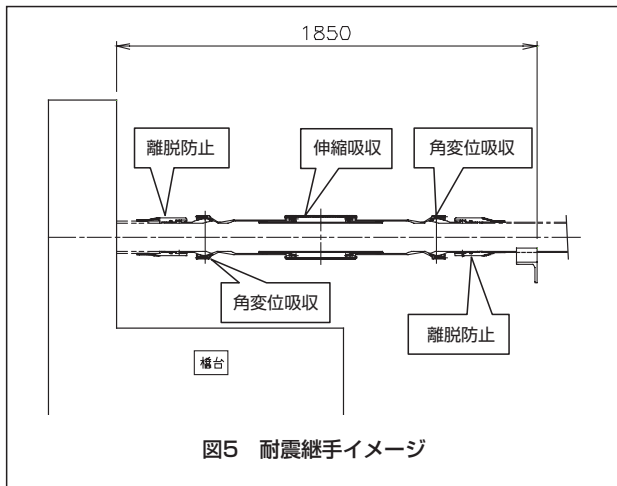


図5 耐震継手イメージ

3.2 要求性能

今回対象となる耐震継手に関する要求性能は以下のとおりである。

- 口径 : $\phi 125$
- 材質 : NFRP
(難燃性 防炎3級 JIS A 1322)
- 設置数 : 10条 (5列×2段)
- ケーブル種類 : 400 sq (占有率 85%)
- ケーブル重量 : 165 N/m (16.8 kg f / m)
- 水密性能 : 考慮しない
- 変形性能
 - 伸縮性能 : $\pm 214\text{mm}$
 - 偏心性能 : 163mm
- その他 : 電力用FRP管仕様に準拠

3.3 構成

以上の点を踏まえて考案した耐震継手の構成を図6に示す。本継手は、中央部の摺動部で伸縮に、2箇所の回転部により偏心に追従する構造である。本継手の変形イメージを図7に示す。これらの変位を確実に耐震継手に負担するよう、両端部に離脱防止継手を設置した。また、本構造では回転および伸縮に拘束が無いことより、通常時において管路が直線性を維持できないため、これを軽減させることと、経年に伴い摺動部に異物が附着して性能が損なわれることを考慮してゴム製の変位拘束カバーを設置することにした。

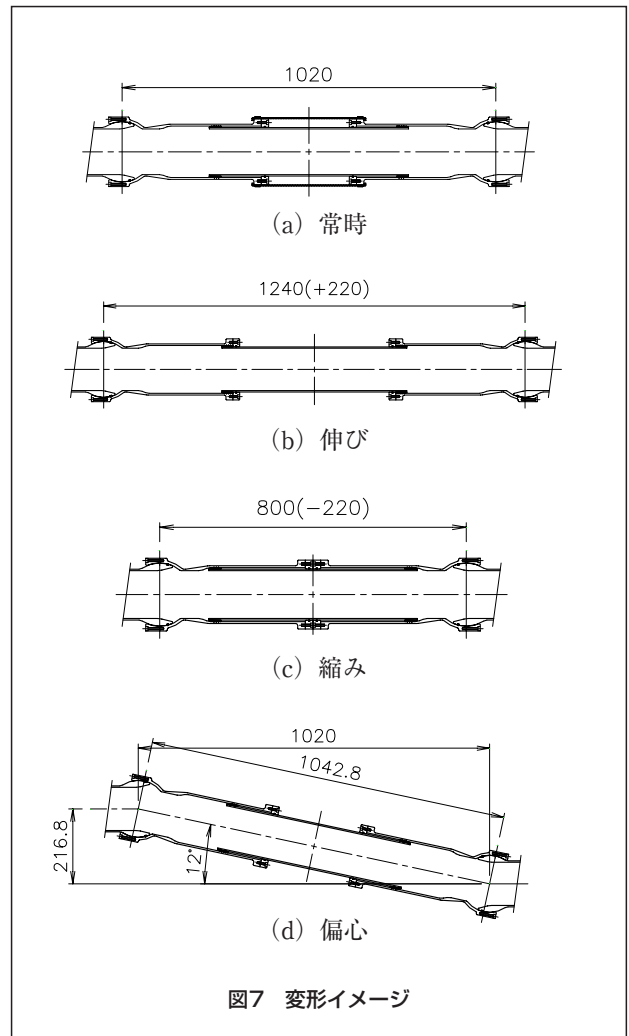


図7 変形イメージ

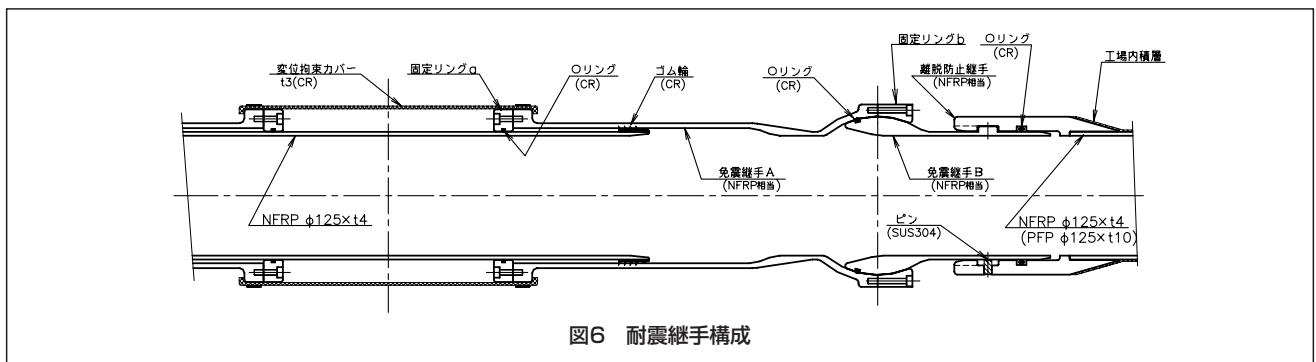


図6 耐震継手構成

3.4 構造

3.4.1 回転部

回転部の構造を図8に示す。本構造は、接合部を球面にすることにより回転を許容し、角変位を吸収するものである。許容される回転角は 12° （方向性なし）で、簡易な防水を考慮して、Oリングによりシールした。また、角変位の際に内部に突起が出てケーブルに損傷を与えないよう、内面形状を工夫した。

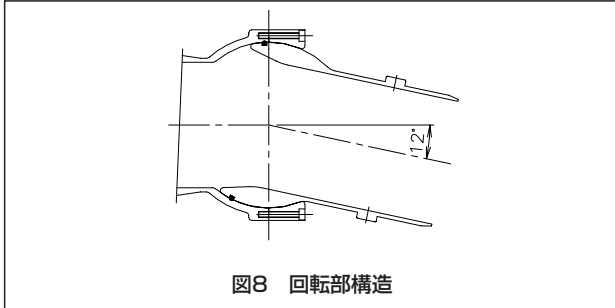


図8 回転部構造

3.4.2 摺動部

摺動部の構造を図9に示す。摺動部は、スライド可能な二重管で、摺動面がゴム輪で接する構造を採用した。ゴム輪は端部固定リングとの間で離脱防止の役割を兼ねるものとした。また、内管はφ125の汎用サイズの直管を加工した。これにより、特殊部品数の低減、ひいては、納期の短縮、コスト低減が図れた。

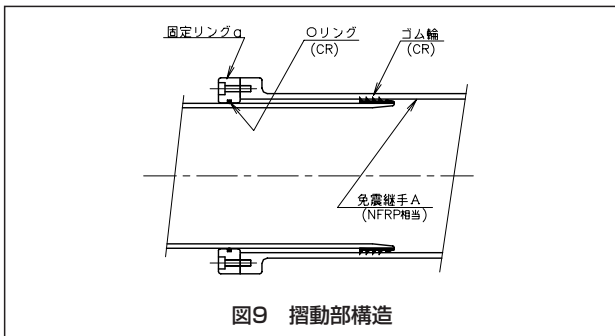


図9 摺動部構造

3.4.3 離脱防止継手

本継手は、一般添架部、および橋台コンクリート巻立部のFRP(M)管との接合部を離脱防止継手により、橋梁の上部工、下部工間で発生する相対変位に有効に追従できる構造とした。離脱防止継手構造を図10に示す。接合は、差口挿入の後、所定の位置で 45° 回転させることにより、離脱防止性能が発揮できる。また、設置後、円周4箇所にピンを挿入することにより、供用中に回転して抜け落ちないよう配慮した。

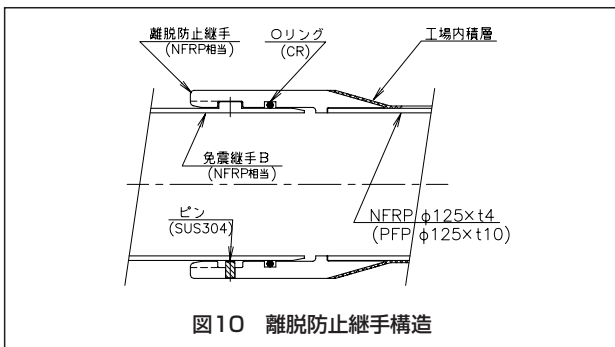


図10 離脱防止継手構造

3.4.4 変位拘束カバー

摺動部には、形状保持、異物付着による変形性能低下の防止を目的とし、変位拘束カバーを設置した。変位拘束カバーの構造を図11に示す。本カバーは常時においてゴムの弾性により自重、橋梁の振動による不要な変位を抑制し、地震に伴う大変位が発生した時は、カバーが破損して本来の変位追従性能を発揮する。

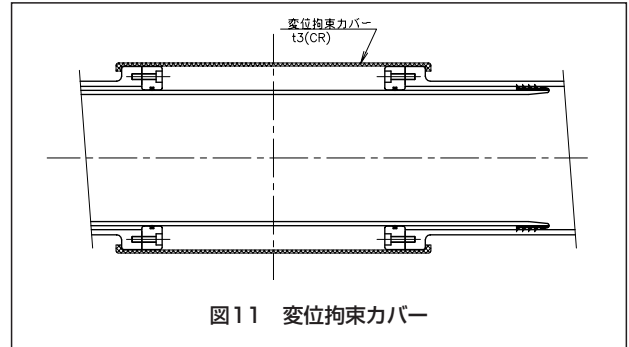


図11 変位拘束カバー

3.5 設置

本継手の設置要領を図12に示す。両端の離脱防止継手受け口を工場で直管に積層接合し、耐震継手を工場で組立てた後、現地で設置することにより、特別な作業が発生せず、簡単な工具で施工が可能である。

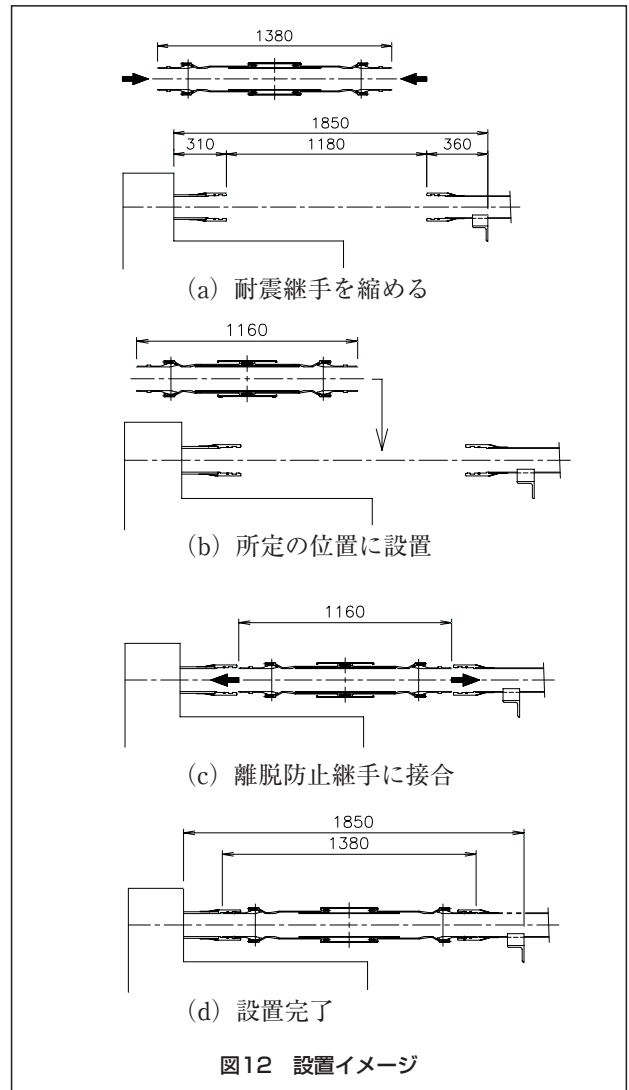


図12 設置イメージ

4. 材料選定

4.1 FRP 材料

FRP 部材の材料は、添架管一般部で採用されている NFRP（難燃性 防災3級）を採用した。

使用した樹脂および繊維の仕様は下記による。

樹脂：不飽和ポリエステル（難燃仕様）

繊維：ガラスマット（ECM - 450）

ガラスクロス（ER - 320）

4.2 鋼製部品

接合ボルト、ピンなどの鋼製部品は、長期の耐食性を考慮してステンレス鋼（SUS304）を採用した。

ボルト接合部は、ナットが河川に落下しないよう、本体に埋込む構造とした。

4.3 ゴム製品

変位拘束カバー、Oリング、ゴム輪など、ゴム製品の材質は、長期の耐久性および、接着作業など、補修時の施工性を考慮して、CR（クロロプレンゴム）を選定した。

5. 成型方法の選定

5.1 ハンドレイアップ成型

当面計画する製品については、納期、コスト、材料物性を勘案して、ハンドレイアップ成型で作成することにした。

ハンドレイアップ成型は、繊維に樹脂を含浸した硬化前の軟らかいシート状のFRPを、ハケやローラで型の上に積層させた後、加熱して硬化させ、成型品を得る方法である。

本成型法は以下の特徴を有する。

- ・多種少量生産向き
- ・技能依存性が高い
- ・設備の投資額が小さい
- ・軽微な変更に対応できる

継手に要求される強度を実現するため、必要に応じて強度面で有効なガラスクロスを配置することにした。

5.2 プレス成型（SMC法）

本継手部材の成型方法は、今後予想される耐震継手の需要の高まりを考慮すると、より効率の良い生産体制構築の観点より選定する必要がある。

製品形状と効率性に着目した場合、最も有力な成型方法としてプレス成型（SMC法）を挙げることができる。

本成型法は、樹脂に硬化剤、添加剤を混合し、チョップドストランドに含浸させ加熱、増粘させたシート（SMC）を金型にチャージして、さらに加圧加熱して硬化させ、成型品を得る方法である。

プレス成型は以下の特徴を有する。

- ・成型効率に優れ、大量生産に適する
- ・熟練を必要としない
- ・優れた表面品質が得られる
- ・金型など、設備の投資額が大きい
- ・変更は金型により制約を受ける

6. まとめ

本継手は、現在、机上検討、客先提案を終えて、製品の本型作製を含めた試作品作製の途上である。

お客様との打合せを進めながら、試作品の性能検証を行い、必要に応じて修正しながら、実製品を完成させる方向で1月中旬の製品完成、3月末の現地施工完了を目標に、現在、作業を進めている。

7. 今後の課題

耐震継手に関して今後検討すべき事項を以下に列挙する。

- ・プレス成型導入による効率的な生産体制の構築
- ・コンパクト化
- ・維持管理の簡素化

今後、引き続き検討を行うことにより、性能の向上を図る。

8. おわりに

電力用ケーブル保護管は、水道管路のように、地震による破損が直ちに機能停止に直結することがないため、耐震補強は昨今始まったばかりの状況である。

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に代表される大地震が頻発し、東海、東南海、南海地震の脅威が、さしせまった現実として我々の前に立ちはだかる現状において、震災対策は、より完成度を高めながら整備されるべきである。

今回の提案を発端として、耐震補強に未対応の他物件、あるいは、他業界のケーブル保護管路に対して、

- ・耐震補強の重要性
- ・耐震継手の地震に対する有効性

をお客様に理解いただき、本耐震継手が標準設備と位置づけられるように積極的な提案を継続的に実施する。

本製品がケーブル保護管路における耐震補強技術の一つとして、地震に強いライフライン構築の一助になれば幸いである。

参考文献

- 1) 国土交通省国土交通省 道路防災の取組み 地震災害対策, <http://www.mlit.go.jp/road/bosai/dourokuukan/index.html> (参照 2011_12_26)
- 2) 国土交通省 道路局 報道発表資料, 「緊急輸送道路の橋梁耐震補強マップ」の公表について, <http://www.mlit.go.jp/road/press/press06/20060302/s.pdf> (参照 2011_12_26)

執筆者

福井準

Hitoshi Fukui

1987年入社

FRP関連の技術開発に従事
技術士(建設部門)



竹田誠

Makoto Takeda

1999年入社

FRP関連の技術開発に従事

