

サウジアラビアにおける380kV長距離CVケーブル線路工事

株式会社ビスキャス	中村良晴・池田秀樹・光山安一・熊田佳範
藤倉エネシス株式会社	山田典夫・元田昌宏・小林毅
電力事業部	石川虎一*1・足立宇弘*2
送電線事業部	山田憲司*3
電力技術開発センター	新延洋
光デバイス事業推進室	藤井善之*4

Double Circuits with 380kV XLPE Insulated Power Cable in Kingdom of Saudi Arabia

Y. Nakamura, H. Ikeda, Y. Mitsuyama, Y. Kumada, N. Yamada, T. Ishikawa, T. Adachi, M. Motoda, T. Kobayashi, K. Yamada, H. Niinobe & Y. Fujii

サウジアラビアのジェッダ地区に380kV 2,500mm² 架橋ポリエチレン絶縁 (CV) ケーブルを採用した長距離地中送電線路が2001年5月に完成した。この線路は既設の架空送電線から新たに建設されるアルジャミア変電所までの、巨長約5km、2回線を地中ケーブルで結ぶプロジェクトで、サウジアラビアの電力会社 Saudi Electricity Company (WR) より当社がターンキーで受注した。以下に本プロジェクトについて報告する。

Underground power transmission line adopting 380kV cross-linked polyethylene (XLPE) insulated power cable has been completed in Jeddah of Kingdom of Saudi Arabia in May 2001. This project consists of double circuits with route length of about 5km connecting new Al-Jamia substation and the existing overhead line. Fujikura has been awarded this project from Saudi Electricity Company (WR) on a turnkey basis. This paper introduces the outline and features of this project.

1. ま え が き

サウジアラビアの電力会社 Saudi Electricity Company (WR) が、ジェッダ地区に新たに建設する380kV地中送電線路建設工事をターンキーで当社が受注し、2001年5月に完成した。

従来、このような高電圧地中送電線路では、油浸紙絶縁 (OF) ケーブルが使用される場合が多かった¹⁾。しかしここ数年、防災特性、送電効率および保守性に優れた架橋ポリエチレン絶縁 (CV) ケーブルの高品質化が進み、高電圧線路への採用が始まっている。今回のプロジェクトにおいても380kVの地中送電ケーブルとしてCVケーブルを採用した。これはサウジアラビアでは初めての380kV長距離CVケーブル線路となる。

本プロジェクトは建設開始から約半年間で完成というスピードが要求された難工事であったが、2001年5月に無

事竣工試験に合格し、完成を迎えることができた。本論文ではこのプロジェクトの概要について報告する。

2. 線 路 概 要

本プロジェクトはジェッダ近隣の電力需要増加に対応するため、新しく建設されるアルジャミア変電所と、既設380kV架空線路を地中送電線で結ぶもので、巨長約5kmの2回線で構成される。既設架空線路からアルジャミア変電所に形引き込みされるため、架空線路途中に新たに分岐鉄塔を建設し、気中終端接続部から地中送電線でアルジャミア変電所まで接続する。

ケーブルは380kV単心2,500mm²鉛被CVケーブルで、納入ケーブル長は合計約32km、ルートのほとんどは直接埋設布設で、一部、高速道路横断部をパイプ布設としている。通信用線路として、光ファイバケーブルやパイロットケーブルなどを平行して布設した。主な電力ケーブル用機器として、気中終端接続部7相、ガス中終端接続部7相、プレハブ式中間接続部50相を納入した。(数値は予備用機材を含む)

*1 富津製造部技術課主管部員

*2 富津製造部

*3 送電線エンジニアリング部

*4 光応用製品部

また、ケーブル表面に温度測定用光ファイバを布設し、アルジャミア変電所に設置した分布型温度センサにて、ケーブル全長にわたって温度監視を可能としている。

システム概要を表1に、サウジアラビアの地図を図1に示す。

3. ケーブルおよびシステム設計

3.1 ケーブル設計

本プロジェクトで採用した380kV CVケーブルの構造を表2および図2に示す。導体サイズは2,500mm²で、当社が独自に開発した酸化第二銅皮膜付き素線絶縁導体を採用し、表皮効果による交流抵抗の増加を低減して、大容量送電のニーズに対応している。架橋ポリエチレン絶縁の厚さは28mm、金属シースとして鉛被を用い、ピニル防食層の上に防食層電気試験のための導電層を設けている。

線路の信頼性および施工の効率化の観点から、出荷ドラム巻き付けケーブル長は長い方が望ましい。現地布設ルート状況および輸送上の制約を考慮して、最大ドラム巻き付け長さを630mとした。

3.2 システム設計

ケーブル布設方法は直接埋設方式とし、基底温度35℃、土壌熱抵抗200℃・cm/Wの条件にて送電容量設計を行った。温度上昇対策として、低熱抵抗のバックフィル材の使用および素線絶縁導体を採用することにより、導体サ

表1 システム概要

380kV underground cable system

公称電圧	380kV
最高電圧	420kV
BIL	1,425kV
送電容量	1,100MVA
周波数	60Hz
亘長	約5km
接地方式	クロスバンド方式
布設方式	直接埋設布設 (一部パイプ布設)
ケーブル種類	単心2,500mm ² 架橋ポリエチレン絶縁 ピニル防食鉛被ケーブル



図1 ジェッダ
Jeddah

イズ2,500mm²にて送電可能なことを確認した。

金属シースの接地方式は、ルート全体を9スパンに分割したクロスバンド方式を採用した。ジョイントはリンクボックスを用いて接地回路を形成しており、クロスバンド用リンクボックスにはギャップレス酸化亜鉛アレスタを使用して、防食層を保護している。クロスバンド用のリード線には同軸タイプを使用して、接続部とリンクボックス間のインピーダンス増加を抑えた。

また、平行して布設するパイロットケーブルなどへの誘導対策として、各ジョイントベイでケーブルに燃架を施した。

各回線ごとに3本のケーブルのうち中央に配置されるケーブル表面に、温度測定用光ファイバを布設し、アルジャミア変電所に設置した分布型温度測定装置(DTS: Distributed Temperature Sensor)にてルート全体にわたる長手方向の温度測定を可能にした。測定例を図3に示す。

4. 機器設計

機器の設計にあたっては、線路の重要性および380kVの高電圧・高電界であることを考慮して、高電圧CVケーブル用機器の最新技術を取り入れた。

表2 ケーブル構造
Construction of 380kV XLPE power cable

項目	数値	
導体	公称断面積	2,500mm ²
	外径	61.2mm
	構造	分割圧縮円形 (素線絶縁)
絶縁体厚さ		28mm
鉛被厚さ		4.2mm
防食層厚さ		5.0mm
ケーブル外径		約150mm
ケーブル重量		約56kg/m



図2 380kV CVケーブル
380kV XLPE power cable

現場作業性・工事期間の短縮・近年の実績等を考慮して、中間接続部には図4に示すプレハブ式接続部（以下PJ）を採用した。PJはあらかじめ工場内で十分な品質管理のもとに製造され、ユニット化された部品を現地で組立てるため、現場施工性に優れた信頼性の高い接続部である²⁾。

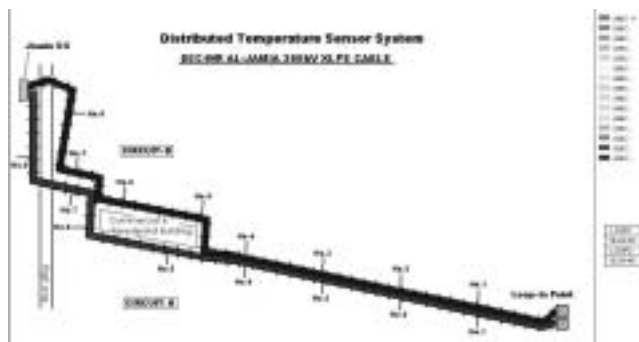
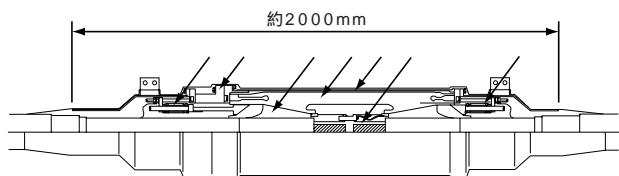


図3 温度測定例
Temperature monitoring system by DTS
(DTS: Distributed Temperature Sensor)



導体接続管 プレモールド絶縁体 プレモールド絶縁体圧縮装置
エポキシユニット 保護銅管 絶縁筒

図4 プレハブ式中間接続部
Prefabricated joint

表3 試験項目

Routine, special and type tests for 380kV XLPE cable

試 験	要求性能	
ルーチンテスト	構造試験	-
	部分放電試験	330kVにて10pC以下
	交流耐電圧試験	440kV × 60min
	防食層直流耐電圧試験	DC25kV × 1min
	直流導体抵抗試験	0.00746 /km(20)以下
	静電容量試験	0.23 μ F/km以下
タイプテスト	雷インパルス試験	± 1,425kV × 10回
	曲げ試験	直径5.5m以下 × 3往復
	部分放電試験 (常温)	330kVにて10pC以下
	誘電正接試験	10 × 10 ⁻⁴ 以下
	長期課通電試験	440kV × 20サイクル
	開閉インパルス試験	± 1,050kV × 10回
	雷インパルス試験	± 1,425kV × 10回
	部分放電試験 (高温)	330kVにて10pC以下
	交流耐電圧試験	440kV × 15min
	部分放電試験 (常温)	330kVにて10pC以下
	中間接続部防水試験	IEC62067
	材料試験	IEC62067

気中終端接続部は、高電圧ケーブル用として実績があるプレハブコンデンサ方式を採用して、碍管内外の電気ストレスの均一化をはかった。アルジャミア変電所内のGISに接続されるガス中終端接続箱には、性能面・施工面からエポキシベルマウス方式を採用した。

5. 工 場 試 験

ケーブルおよび各種機器は表3に示すルーチンテストおよびタイプテストを実施し、すべての試験に合格した。

6. 現 地 工 事

今回線路建設を行ったプロジェクトは、もともと郊外にある既設の架空送電線から、架空線で新設アルジャミア変電所に送受電させる予定であった。しかし、現地の諸事情により、急きょ、地中送電線へと変更になったもので、品質面も含め工期的にこれまでに例をみない短納期工事となった。さらにサウジアラビア特有の事務手続きなどにより、許認可や納入物品の通関に時間が必要など、工程管理が非常に難しかった。運転開始期日を守るべく、工事工程の後半は昼夜を問わず精力的に作業に集中した。

6. 1 土 木 ・ 布 設 工 事

既設架空送電線から引込むために、既設の鉄塔を除去し、新しく分岐鉄塔を建設した。図5に新設した分岐鉄塔を示す。地中送電線ルートの大半は、市街地の道路直下



図5 新設分岐鉄塔と気中終端接続部
New tee off tower and outdoor sealing ends

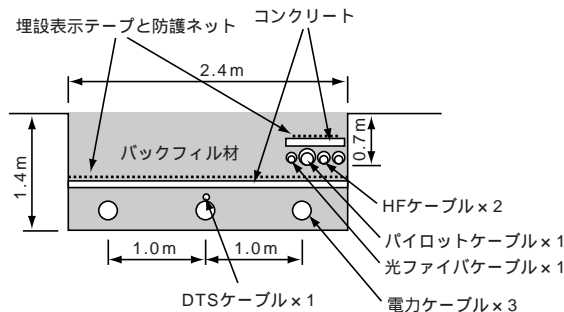


図6 直埋部のケーブル布設断面
Cable arrangement in direct burial trench

に直埋されるもので、図6に示すように事前掘削したトレンチにケーブルを布設し、通信ケーブルはあらかじめ管路を直接埋設しておき、埋め戻し後にその管路内に布設した。また、アルジャミア変電所付近には高速道路があり、これを横断するため図7に示すような断面で、約100mの押管工法によるパイプ布設を行った。図8に掘削状況を、図9に布設状況を示す。

6.2 接続工事

接続工事は、ジョイントに対して、日本国内で十分なトレーニングを実施した後、4班体制にて現地入りし、4か所で同時に接続作業を行う工程として短納期に対応した。接続作業で最も注意を払ったのは、灼熱乾燥下での

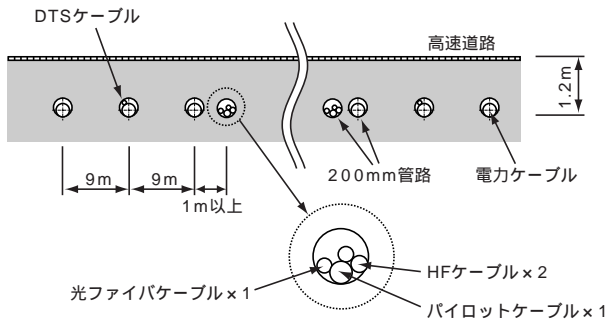


図7 道路横断部のケーブル布設断面
Cable arrangement in road crossing



図8 トレンチ掘削
Cable trench



図9 ケーブル布設状況
Cable laying work

防塵対策を含めたクリーン管理であった。図10にPJの組立状況を、図11に組立を終了したPJの状況を示す。通信ケーブルの接続は、電力ケーブルのジョイントベイの一つおきに接続され、約1か月で接続した。図12にその接続状況を示す。

6.3 現地試験

ケーブル布設およびすべての機器の組立終了後、電力ケーブル線路については、防食層耐電圧試験、各種電気定数測定試験、クロスボンド試験、交流耐電圧試験



図10 ジョイント接続作業
Joint assembling work



図11 ジョイント接続状況
Prefabricated joint in coffin box



図12 通信ケーブル接続状況
Straight through joint for pilot cable



図13 竣工試験状況
Commissioning test

(260kV × 1時間)を実施した。通信ケーブル類については、防食層耐電圧試験、光の接続ロス測定試験を実施、さらにルート全長の温度監視システムについても、動作確認試験を行った。以上の試験についてすべて満足しうる結

果を得た。図13に現地試験状況を示す。

7.むすび

サウジアラビア初の380kV長距離CVケーブル線路の建設工事ということで、設計・製造・試験・工事の各面において、客先の注目を集めたプロジェクトであったが、関係各位の協力により、2001年5月の現地試験をもって工事を完了することができた。本線路の完成がこの地域の電力安定供給の一翼をになうものとして期待される。

参考文献

- 1) 和田ほか：サウジアラビアにおける中東初の380kV長距離大容量地中線路の完成，藤倉電線技報，第65号，p41-47，1983
- 2) 新延ほか：345kV CVケーブルおよびプレハブジョイントの実用化研究，フジクラ技報，第90号，p27-33，1996