

# メタルケーブルの確認結果

---

1. 傷の考え方 .....	1
2. 車両走行試験結果	
(1)掘り起こしたケーブルにおける目立つ傷の数 ...	2
(2)比較的大きな傷の形状・大きさ・深さ .....	3
(3)外被片の引張り強さ・伸び .....	4
(4)屈曲時のアルミ亀裂有無 .....	5
3. 試験施工結果 .....	6
4. NTTの考察 .....	7
5. 参考資料 .....	8

平成27年5月15日

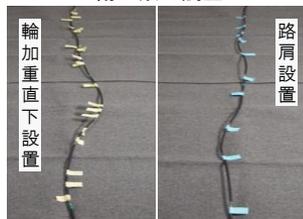
資料作成者：NTT

# 1. 傷の考え方

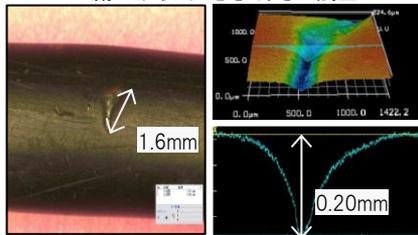
- 掘り起こしたケーブルの外被について、直接埋設・小径管収容におけるケーブル強度の低下、および埋設形態の違いによる傾向を評価するために、外観・材料特性・機械的特性について調査
- 直接埋設ケーブルの規格が存在せず、キズ程度・強度低下を判断する基準はないが、既存ケーブルの規格の流用や既知の故障事例との関連性をもとに判断基準を設定し定性的観点・定量的観点の両面から総合的に判断

評価サンプル	調査項目	調査内容	評価基準
・CCP-JFケーブル ・地下用屋外線  ※掘り起こしたケーブル類	外観調査 (傷調査)	①目視・触感による目立つ傷の数	評価基準なし(埋設深さ・埋設位置・方向による傾向を調査)
		②目立つ傷のうち大きい傷の形状・大きさ・深さ	①心線露出・座屈がないこと(工事規格) ②傷深さが外被厚さの25%未満 (ケーブル規格[材料特性]を援用)
	材料特性	①外被片の引張り強さ・伸び	①標準サンプルと比較して強さ・伸びともに75%以上であること (ケーブル規格[材料特性]を援用)
	機械的特性	①屈曲時のアルミ亀裂有無(CCP-JFケーブル)	①アルミシースに亀裂がないこと (ケーブル規格[機械的特性]を援用)

傷の数の調査



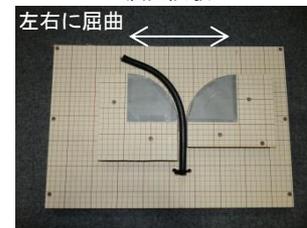
傷の形状・大きさ・深さの調査



引張り伸び試験



屈曲試験



# (1)掘り起こしたケーブルにおける目立つ傷の数

- ・1月掘り起こし分のケーブルについて外観・材料特性・機械的特性の調査を完了
- ・2月に実施した試験施工サンプルの外観調査を完了 ※結果は下段および次頁以降

## 《調査方法》

- ・ケーブル外被上のキズの数を目視・触感で調査

## 《評価基準》

なし(埋設深さ・埋設位置・方向による傾向を調査)

## 《調査結果・考察》

- ・小径管に入れたケーブルには傷は全く見られなかった。
- ・直接埋設したケーブルには大小多くの傷が見られた。
- ・輪加重直下に設置したケーブルのほうが路肩に設置したケーブルより目立った傷は多い傾向が見られる。
- ・ケーブルより屋外線の傷のほうが多い傾向が見られる。
- ・埋設深さが深いほど傷が少なくなる傾向が見られる。  
⇒輪荷重が路盤で分散されているためと想定
- ・一部のケーブルについて埋設時に砂を被せたが、砂を被せないものとの顕著な違いは見られなかった。

1mあたりの比較的大きな傷の数〔箇所/m〕

			直接埋設		
			下層路盤 上部 (25cm)	下層路盤 下部 (49cm)	下層路盤 直下 (55cm)
ケーブル	進行	輪直下	4.5	3.0	/
		路肩	4.0	1.5	
	横断	1.9	2.3		
地下用屋外線	進行	輪直下	9.0		3.5
		路肩	5.0		0.5
	横断	2.9	2.0		

 埋設時に砂を被せたサンプル

# (2) 外被傷形状・大きさ・深さ

## 《調査方法》

・比較的大きな傷を選び、形状・大きさ・深さを目視・デジタルマイクロスコープ・レーザ顕微鏡等で調査  
(直接埋設サンプルのみ調査)

## 《評価基準》

- ・心線露出・座屈がないこと
- ・外被傷の深さが外被厚(規格)の25%未満であること  
CCP-JFケーブル: 0.33mm未満  
地下用屋外線: 0.2mm未満

## 《調査結果・考察》

- ・CCP-JFケーブル・地下用屋外線のいずれについても基準外となったものや基準外に近いものが確認された。(特にCCP-JFケーブルの深さ25cm・横断サンプルについて基準外が多く確認された)
- ・深さの違い・砂の有無によらず基準外となるものが確認された

⇒基準外となる損傷リスクが埋設深さ・砂の有無によらず存在すると推定される

比較的大きな傷の形状・大きさ・深さ

		直接埋設												
		下層路盤上部(25cm)				下層路盤下部(49cm)				下層路盤下(55cm)				
		位置	形状	大きさ	深さ	位置	形状	大きさ	深さ	位置	形状	大きさ	深さ	
CCP-JFケーブル	進行	輪直下	28cm	へこみ	1.6mm	0.10mm	3cm	切削傷	3.0mm	0.22mm				
			42cm	擦り傷	3.0mm	0.03mm	41cm	へこみ	1.8mm	0.28mm				
			92cm	へこみ	2.7mm	0.27mm	138cm	擦り傷	3.6mm	0.12mm				
			124cm	えぐれ	2.0mm	0.23mm	162cm	えぐれ	1.2mm	0.10mm				
			172cm	へこみ	3.6mm	0.06mm								
	横断	路肩	49cm	へこみ	3.5mm	0.05mm	78cm	へこみ	9.2mm	0.05mm				
			164cm	擦り傷	2.8mm	0.07mm	91cm	擦り傷	5.5mm	0.15mm				
			183cm	えぐれ	1.2mm	0.06mm	160cm	くい込み	3.4mm	0.12mm				
			59cm	えぐれ	6.0mm	0.34mm	443cm	えぐれ	2.8mm	0.23mm				
			144cm	座屈	3.9mm	0.11mm	655cm	えぐれ	2.6mm	0.16mm				
地下用屋外線	進行	輪直下	687cm	座屈	2.7mm	0.16mm	672cm	えぐれ	5.0mm	0.07mm				
			793cm	座屈	8.6mm	0.02mm	686cm	切削傷	2.6mm	0.12mm				
			58cm	へこみ	1.6mm	0.10mm	11cm	擦り傷	6.5mm	0.16mm				
			90cm	へこみ	2.7mm	0.27mm	159cm	えぐれ	3.5mm	0.10mm				
			120cm	切削傷	2.0mm	0.23mm	177cm	擦り傷	5.5mm	0.04mm				
横断	路肩	28cm	へこみ	1.6mm	0.20mm	145cm	切削傷	1.6mm	0.20mm					
		50cm	へこみ	3.7mm	0.19mm									
		110cm	擦り傷	3.0mm	0.10mm									
		72cm	えぐれ	3.5mm	0.11mm	334cm	切削傷	2.9mm	0.13mm					
		318cm	えぐれ	2.7mm	0.12mm	628cm	切削傷	4.0mm	0.13mm					
418cm	えぐれ	4.1mm	0.04mm	627cm	切削傷	4.0mm	0.02mm							
683cm	切削傷	4.0mm	0.16mm											

(凡例) ■ 基準外 □ 埋設時に砂を被せたサンプル

傷の形状例	座屈(ざくつ)	切削傷	へこみ	えぐれ	擦り傷

# (3) 外被片の引張り強さ・伸び

## 《調査方法》

・掘り起こしたケーブルの外被から試験片を打ち抜き引張り試験機にて引っ張り強さ・伸びを測定（キズ箇所が伸び部となるよう打ち抜く）

・直接埋設サンプルについて調査することとし小径管収容ケーブル外被を標準サンプルとする

## 《評価基準》

・引張り強さ・伸びが標準サンプルの75%以上であること

## 《調査結果・考察》

・CCP-JFケーブル・地下用屋外線のいずれについても基準外となったものや基準外に近いものが、深さの違い・砂の有無によらず確認された。

⇒ 直接埋設による外被へのキズによって、断面積の低下を引き起こし、引っ張り強さが低下したと推定される。

⇒ 直接埋設による強度低下リスクが埋設深さ・砂有無によらず存在すると推定される

## 外被片の引張り強さ・伸び

			直接埋設								
			下層路盤上部 (25cm)			下層路盤下部 (49cm)			下層路盤下 (55cm)		
			位置	強度	伸び	位置	強度	伸び	位置	強度	伸び
CCP-JFケーブル	進行	輪直下	28cm	93%	101%	3cm	100%	96%			
			92cm	93%	94%	138cm	96%	93%			
			124cm	91%	93%	162cm	97%	102%			
	路肩	164cm	95%	114%	78cm	77%	82%				
		183cm	99%	110%	160cm	92%	92%				
		59cm	60%	60%	655cm	100%	108%				
横断	163cm	94%	100%	672cm	95%	107%					
	199cm	93%	95%	686cm	98%	109%					
	地下用屋外線	進行	輪直下	58cm	95%	96%					
90cm				93%	92%						
120cm				89%	94%						
路肩		28cm	96%	98%							
		50cm	92%	95%							
		110cm	94%	98%							
横断	72cm	79%	76%	334cm	72%	55%					
	148cm	92%	94%	628cm	94%	91%					
	318cm	89%	89%	670cm	96%	95%					

(凡例)  基準外

   埋設時に砂を被せたサンプル

# (4) 屈曲時のアルミ亀裂有無

## 《調査方法》

- 掘り起こしたCCP-JFケーブルから50cm程度のサンプルを切り出し既定の曲率半径(95mm)にて屈曲(屈曲箇所が傷箇所となるよう切り出す)
- 屈曲後に屈曲箇所のケーブル外被内部のアルミシースの状態を確認(実験は直接埋設サンプルについて実施)

## 《評価基準》

- アルミシースに亀裂がないこと

## 《調査結果・考察》

- 全てのケーブルについて亀裂は見られなかった。
- 座屈が見られた箇所についても屈曲試験を実施したが屈曲後のアルミシースに亀裂は見られなかった。(アルミシースに細かなシワが確認された)

⇒直接埋設したケーブルについて、機械的特性(アルミシースの屈曲耐力)への影響は確認できなかった。

屈曲時のアルミ亀裂有無

			直接埋設					
			下層路盤上部 (25cm)		下層路盤下部 (49cm)		下層路盤下 (55cm)	
CCP-JF ケーブル	進行	輪直下	位置	亀裂	位置	亀裂	/	
			9cm	なし	86cm	なし		
			42cm	なし				
	172cm	なし						
	路肩	49cm	なし	91cm	なし			
		187cm	なし					
横断	217cm	なし	150cm	なし				
	251cm	なし	199cm	なし				
	793cm	なし	493cm	なし				

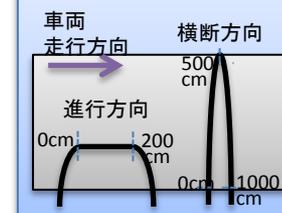
■ 基準外

□ 埋設時に砂を被せたサンプル

CCP-JF 座屈箇所のアルミシース写真



《傷位置の例》



# 3. 試験施工結果

## 《実験の概要》

- ・覆土・埋設深さの異なる埋設形態をとったケーブル・引込線について、外被損傷の有無・傾向を調査する。

## 《調査方法》

- ・掘り起こしたCCP-JFケーブル・地下用屋外線について、目視・触覚より目立つ傷を特定し、傷形状・大きさ・深さを調査（輪荷重試験と同様）

## 《評価基準》

- ・心線露出・座屈がないこと
- ・外被傷の深さが外被厚（規格）の25%未満であること  
CCP-JFケーブル：0.33mm未満  
地下用屋外線：0.2mm未満

## 《調査結果・考察》

- ・ CCP-JFケーブルの下層路盤の路盤材埋め戻し箇所では座屈が確認された。また、基準外に近いものが、深さの違いによらずに確認された。  
⇒路盤材で埋め戻したのものについては、埋め戻した時点から損傷している。  
⇒砂巻きしたものについては、大きな損傷は見受けられなかった。

試験施工サンプルにおける外被調査結果

ケーブル 覆土・埋設深さ		CCP-JFケーブル				地下用屋外線			
路盤材	上層路盤 (25cm)	位置	形状	大きさ	深さ	位置	形状	大きさ	深さ
		④-1	へこみ	4.0mm	0.12mm	④-1	擦り傷	2.1mm	0.07mm
		④-2	へこみ	3.7mm	0.31mm	④-2	擦り傷	1.8mm	0.11mm
		④-3	へこみ	0.9mm	0.10mm	④-3	擦り傷	2.8mm	0.13mm
		④-4	切削傷	4.4mm	0.10mm	④-4	へこみ	0.8mm	0.09mm
		④-5	切削傷	3.8mm	0.13mm	④-6	擦り傷	3.7mm	0.08mm
		④-8	切削傷	5.0mm	0.25mm	④-7	へこみ	1.2mm	0.13mm
		④-9	へこみ	8.0mm	0.13mm				
		④-10	へこみ	2.8mm	0.17mm				
		④-13	へこみ	5.5mm	0.15mm				
	下層路盤 (49cm)	位置	形状	大きさ	深さ	位置	形状	大きさ	深さ
		①-1	座屈	5.6mm	0.22mm	①-1	切削傷	3.4mm	0.14mm
		①-4	へこみ	5.9mm	0.16mm	①-5	へこみ	0.6mm	0.05mm
		①-9	へこみ	2.6mm	0.17mm	①-6	へこみ	1.3mm	0.07mm
						①-7	へこみ	1.5mm	0.05mm
砂	上層路盤 (25cm)	位置	形状	大きさ	深さ	傷無し			
		③-1	切削傷	5.4mm	0.03mm				
		③-2	切削傷	4.7mm	0.12mm				
		③-3	へこみ	2.0mm	0.06mm				
		③-4	へこみ	0.7mm	0.11mm				
	下層路盤 (49cm)	位置	形状	大きさ	深さ	傷無し			
		②-1	へこみ	3.2mm	0.05mm				
	路床 (55cm)	位置	形状	大きさ	深さ	位置	形状	大きさ	深さ
		①-1S	へこみ	3.5mm	0.01mm	①-1S	へこみ	0.7mm	0.05mm
						①-2S	擦り傷	0.1mm	0.08mm

(凡例) ■ 基準外

※「位置」はケーブル端より通番を付与し識別

## 4. NTTの考察

- ・掘り起こしサンプルについて外被損傷を調査した結果、ケーブル・引込線ともに埋設深さ・砂有無によらずケーブル強度に影響を与えられ屈曲や傷を確認した。
- ・引っ張り強さ・伸びを調査した結果、ケーブル・引込線ともに埋設深さ・砂有無によらず強度が低下したサンプルが存在した。
- ・屈曲特性について調査した結果、全てのサンプルにおいてアルミシースの亀裂は見られなかった。
- ・小径管に收容したケーブル・引込線については、傷が全くなく購入時と同等の状態であった。
- ・施工時には、砂によるケーブル保護の防護効果は見られた。
- ・試験施工サンプルについて外皮損傷を調査した結果、路盤材で埋設したサンプルについて、座屈や強度低下を引き起こす傷を確認した。

以上より、今回直接埋設に使用したサンプルについては、埋設深さ・砂有無によらず長期的な信頼性に影響を与えると想定される損傷や、強度低下等が確認されたことから、直接埋設方式でのメタルケーブル敷設については長期的な設備信頼性確保の観点から適用すべきでないと考ええる。

一方、小径管に收容したサンプルについては各種評価において特に問題等みられなかったことから適用して問題ないと考ええる。

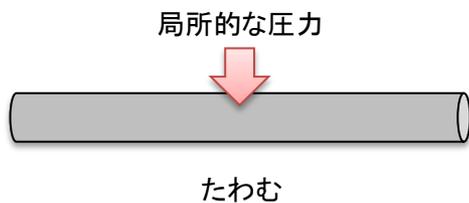
## 5. 参考資料：ケーブルの座屈に関する考察

「直接埋設・深さ25cm・横断方向」に設置したCCP-JFケーブルについて3か所の座屈が認められた。座屈箇所ではケーブル内部のアルミシースが折れ曲がった形で塑性変化しており、繰り返し応力で容易に疲労破壊を起こすケーブル寿命に対して致命的な影響を与える事象である。このことから、現行ケーブルについては直接埋設のような堅い砕石を通じて大きな荷重が局所的に直接印可される設置形態には耐えられないものと考えられる。前述の傷状態の評価結果から、深さによる影響の違いが想定しうるが、砕石に直接接触れる形態であることから座屈リスクについては残存していると考えられ、長期間ケーブル特性を維持する上では直接埋設は避けるべきであると考ええる。

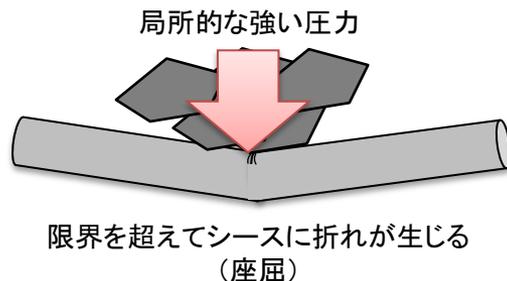
### 《座屈について》

メタル通信ケーブルはポリエチレン外被の内部にアルミシースが筒状に構成されているが、局所的に圧力が集中するとアルミシースが凹んで戻らない状態になる。座屈箇所は、ただちに故障につながるものではないが、局所的に強度が低下するため長期的な使用には外被破断等のリスクを伴う。

〔圧力が弱い場合〕



〔圧力が強い場合〕



CCP-JF 25cm横断 144cm箇所



CCP-JF 25cm横断 793cm箇所

