

第4回 無電柱化低コスト手法技術検討委員会

平成27年5月15日（金） 10:00～12:00

経済産業省別館302共用会議室

議 題

1. 試験①：路面及びケーブルの機能に影響を与えない埋設深さ確認試験における損傷等の確認結果

2. 低コスト手法導入にあたっての今後の技術的検討課題

3. その他
 - ・ 試験②「電線と通信線との離隔実験」に関する報告
 - ・ 試験③「直接埋設、小型ボックス活用埋設の施工性確認試験」に関する報告

ケーブルの損傷等の確認結果(車両走行試験)

- 1. 本日まで議論いただきたい事項 1
- 2. 試験①の概要 2
- 3. 今回確認した事項 3
- 4. ケーブルの損傷等についての表現の整理 4
- 5. 電力ケーブルへの影響 6
- 6. メタルケーブルへの影響 18
- 7. 同軸ケーブルへの影響 29
- 8. ケーブルの損傷について 35
- 9. まとめ 36

平成27年5月15日

1. 本日まで議論いただきたい事項

■第3回 資料-4 今後の方向性(案)より抜粋

【電力】

- ・ 掘り出した電力ケーブルについて、傷や変形等の詳細な分析と絶縁耐力試験等の電気的特性に関する試験を実施予定。
- ・ シースの傷や変形等による絶縁性能への影響の確認予定。
- ・ 上記試験等の結果を踏まえて、今回の実験で行った地下に埋設したケーブル等の評価と評価結果を踏まえた対応方策を検討予定。
- ・ 安全性やメンテナンス性について検討が必要。

→今回報告事項

【通信】

- ・ 埋設したケーブル全数について傷や変形等を確認予定。 →今回報告事項
- ・ メタルケーブル、同軸ケーブルについては、上記の確認等の結果を踏まえて、今回の実験で行った地下に埋設したケーブル等の評価と評価結果を踏まえた対応方策を検討予定。
- ・ 光ケーブルについては、安定した通信品質を確保するためケーブルを保護する等の対策を講じる方向で検討を進める。
- ・ 安全性やメンテナンス性について検討が必要。

2. 試験①の概要

試験場所	(独)土木研究所 舗装走行実験場(茨城県つくば市)
実施時期	平成26年11月18日～12月10日
試験内容	<ul style="list-style-type: none"> ・電力及び通信(光・メタル・同軸)ケーブル及び小型ボックスを様々な方法・深さで埋設 ・車両を走行させ、舗装とケーブル、小型ボックスへの影響を検証
延長等	<ul style="list-style-type: none"> ・電力ケーブル(61m) ・通信ケーブル(光ケーブル92m、メタル72m) ・通信ケーブル(同軸ケーブル523m) ・舗装(5,000m²) ・小型ボックス等(55m)
試験条件	<ul style="list-style-type: none"> ・舗装構成: CBR=3%のときのN₄交通(1日の大型車交通量が250台未満)を想定 ・載荷輪数: 10万輪相当(49kN換算) ※非幹線道路における舗装の一般的な設計期間の10年を想定



▼自動(無人)走行大型車両



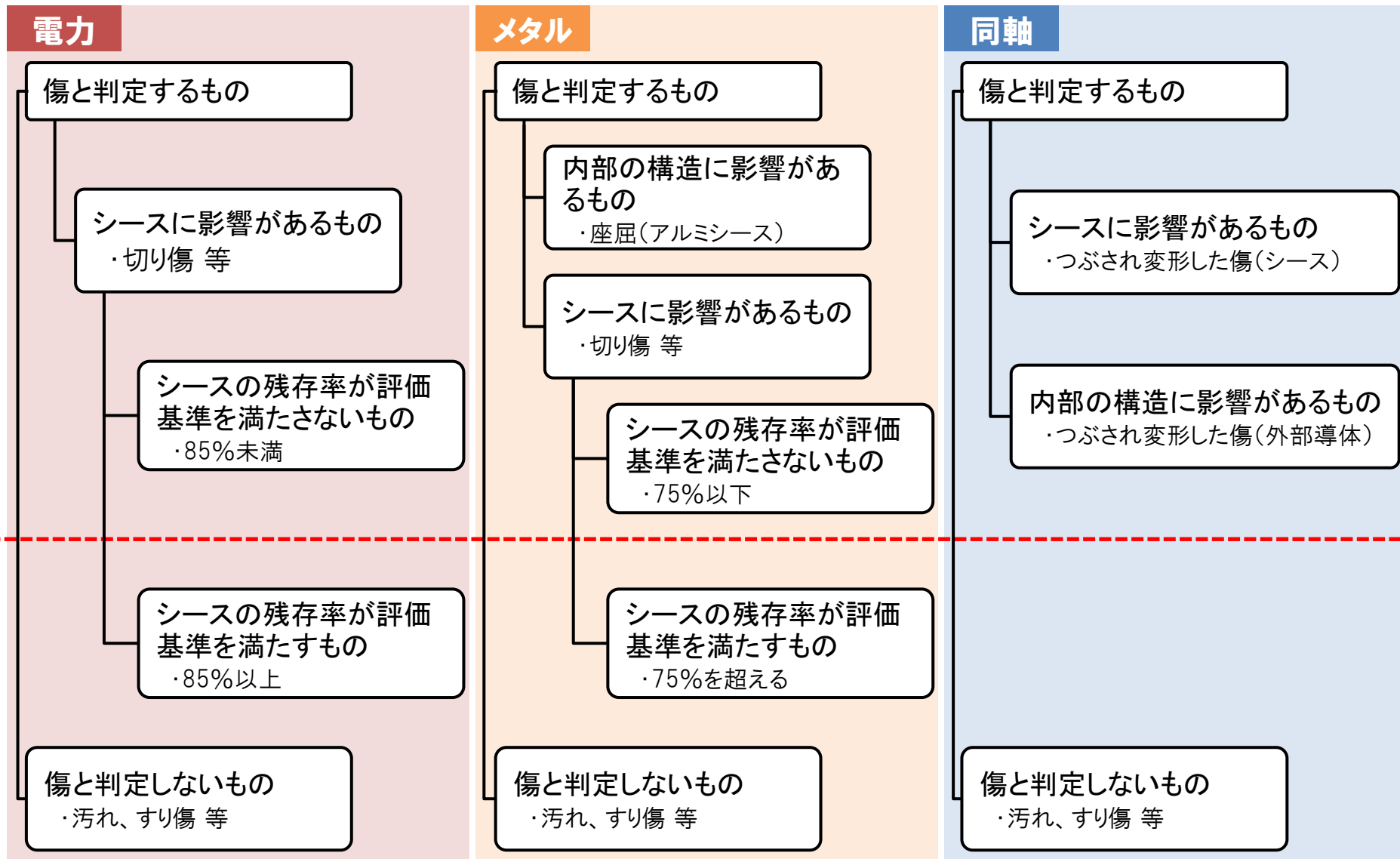
3. 今回確認した事項

試験項目

		電気/通信性能試験		材料特性/機械的特性試験		ケーブルの損傷等	
		前回確認事項	今回確認事項	前回確認事項	今回確認事項	前回確認事項	今回確認事項
電力ケーブル		<ul style="list-style-type: none"> 交流電圧絶縁耐力 絶縁抵抗 	<ul style="list-style-type: none"> 雷インパルス試験 導体抵抗測定 耐電圧試験(高圧破壊試験)※水中 	<ul style="list-style-type: none"> なみのり試験 	<ul style="list-style-type: none"> 材料特性(引張伸び) 	<ul style="list-style-type: none"> 損傷状況(個数計測) 	<ul style="list-style-type: none"> 外傷検査(顕微鏡検査、輪郭測定)
通信線	光ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 光損失 	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> (参考)損傷状況(外被の損傷) 	—
	メタルケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 絶縁抵抗 静電容量 伝送損失 漏話減衰量 	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 材料特性(引張伸び) 機械的特性(屈曲性) 	<ul style="list-style-type: none"> 損傷状況(外被の損傷) 	<ul style="list-style-type: none"> 損傷状況(外被の損傷)
	同軸ケーブル	<ul style="list-style-type: none"> 導体抵抗 絶縁抵抗 静電容量 特性インピーダンス 減衰量 反射減衰量 耐電圧 	—	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 損傷状況(外被・内部の損傷) 	<ul style="list-style-type: none"> 損傷状況(外被・内部の損傷)

4. ケーブルの損傷等についての表現の整理

- 電力については、シースについて評価
- 通信(メタル、同軸)については、シース及び通信性能に影響を与える内部の構造について評価



評価基準を満たさないもの
↑
↓
評価基準を満たすもの

※評価基準は本委員会用に検討

4. ケーブルの損傷等についての表現の整理

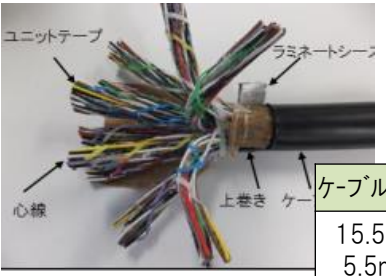
電力ケーブル



ケーブル外径
64mm
27mm

傷と判定しないもの		シースに影響があるもの	
汚れ 	すり傷 	切り傷 	貫通傷

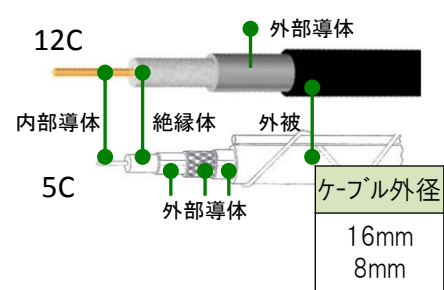
通信(メタルケーブル)



ケーブル外径
15.5mm
5.5mm

傷と判定しないもの	シースに影響があるもの	内部の構造に影響があるもの
すり傷 	切り傷 	座屈

通信(同軸ケーブル)



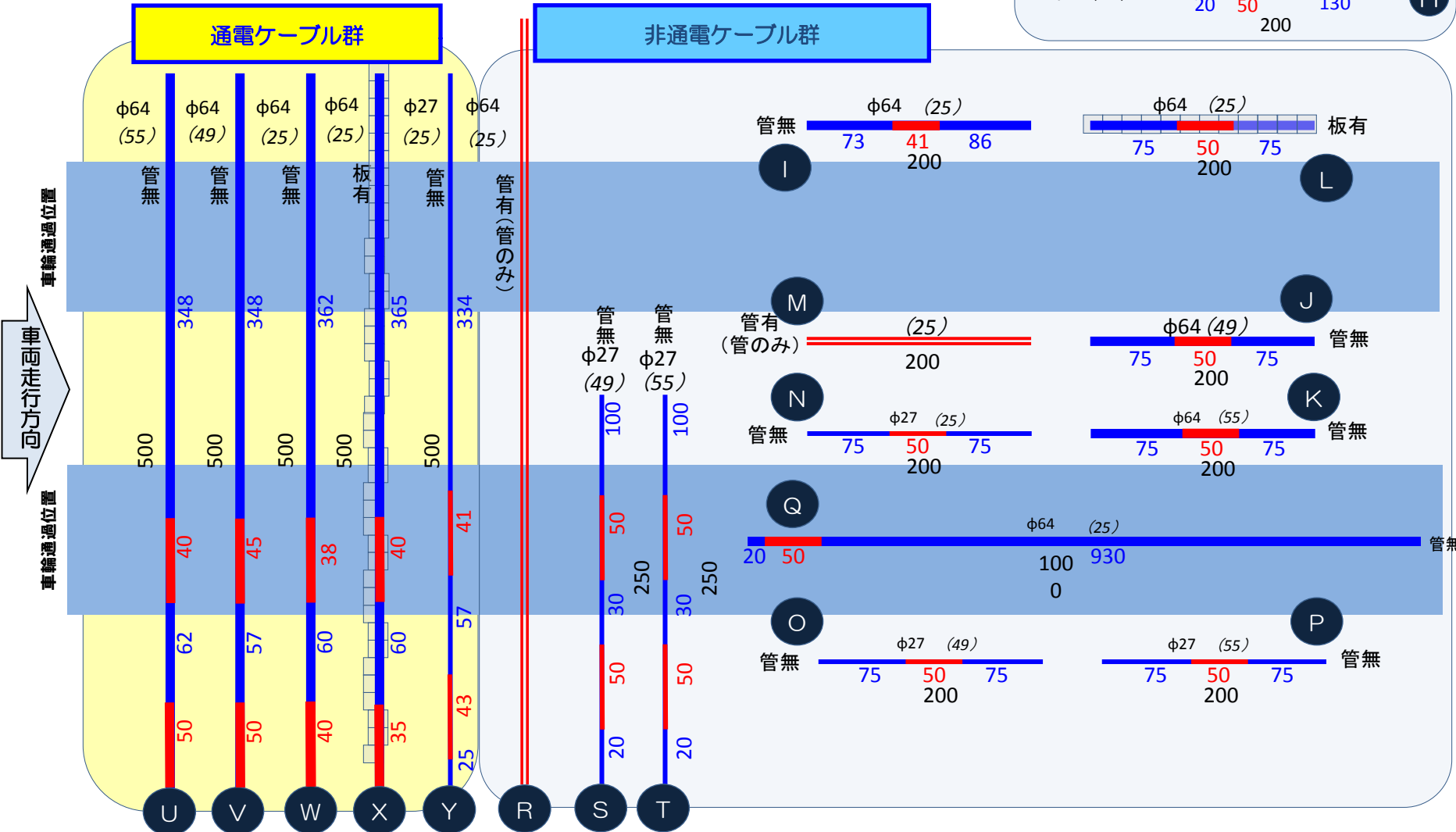
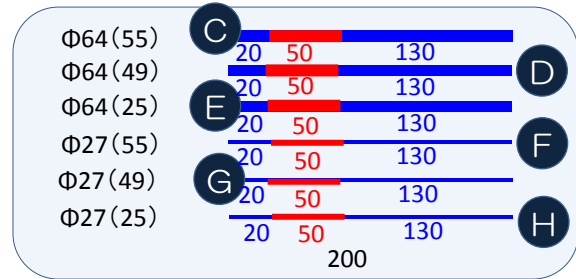
ケーブル外径
16mm
8mm

すり傷 	つぶされ変形した傷(シース) 	つぶされ変形した傷(外部導体)
----------------	---------------------------	----------------------------

※ここに示した傷は、各ケーブルの主なものであり、一例として示している。

5-1 電力ケーブルの配置図

— : 測定箇所 (単位: cm)



5-2 電気性能試験の内容(電力ケーブル)

試験項目	試験実施時期	要件	評価基準	備考
① 交流電圧絶縁耐力試験	(イ)埋設前 (ロ)耐荷重試験前 (ハ)耐荷重試験中 (ニ)耐荷重試験後 (ホ)掘り起し後の室内試験	試験電圧:3,000V(250mm ²) 2,000V(22mm ²) 試験時間:1分間	(イ)、(ホ) ・試験電圧に耐えること (ロ)~(ニ) ・漏れ電流値の著しい上昇がないこと	(イ)、(ホ) ・電技解釈 第9条第2項第四号イに準拠 ・JIS C 3612 (600V耐燃性ポリエチレン絶縁電線)に準拠 (ロ)~(ニ) ・傾向測定であり電技及びJISなどの基準はない
② 絶縁抵抗試験	(イ)埋設前 (ロ)耐荷重試験前 (ハ)耐荷重試験中 (ニ)耐荷重試験後 (ホ)掘り起し後の室内試験	試験電圧:直流1,000V 試験時間:1分間	(イ)、(ホ) ・CVQ250mm ² : 930MΩ・km以上 ・CVQ 22mm ² :1,267MΩ・km以上 (ロ)~(ニ) ・絶縁抵抗値の著しい低下がないこと	(イ)、(ホ) ・電技解釈 第9条第2項第四号ロに準拠 ・JIS C 3612 (600V耐燃性ポリエチレン絶縁電線)に準拠 (ロ)~(ニ) ・傾向測定であり電技及びJISなどの基準はない
③ 雷インパルス試験 (耐電圧スパーク試験)	(ホ)掘り起し後の室内試験	試験電圧:15,000V 電圧波形:1-50μs	・試験電圧に耐えること	・JIS C 3612 (600V耐燃性ポリエチレン絶縁電線)に準拠
④ 導体抵抗測定	(イ)埋設前 (ロ)耐荷重試験前 (ハ)耐荷重試験中 (ニ)耐荷重試験後	試験電圧:直流1,000V	・導体抵抗値の著しい上昇がないこと (参考) CVQ250mm ² :73.9mΩ/km以下 35m換算値:2.59mΩ(20℃) 35m換算値:3.31mΩ(90℃) CVQ 22mm ² :832mΩ/km以下 18m換算値:15.0mΩ(20℃) 18m換算値:19.2mΩ(90℃)	・傾向測定であり参考値はJIS C 3612 (600V耐燃性ポリエチレン絶縁電線)に準拠
⑤ 耐電圧試験(高電圧破壊試験) ※水中	(イ)埋設前 (ホ)掘り起し後の室内試験	破壊電圧を供給	規定なし	・傾向測定であり電技及びJISなどの基準はない

前回確認事項

今回確認事項

電気性能試験

5-3 電気性能試験の結果(電力ケーブル)

CVQ250mm²

・ 今回の試験条件下において実施した電気性能試験は評価基準を満たしていた

↓今回確認事項

埋設位置	走行方向に対する向き	埋設深さ	供試体NO	① 交流電圧	② 絶縁抵抗	③ 雷インパルス	④ 導体抵抗	⑤ 耐電圧
試走路外 (埋設作業の検証)		55cm(碎石)	C	○	○	○		
		49cm(碎石)	D	○	○	○		
		25cm(碎石)	E	○	○	○		
試走路内	横断方向 (通電)	55cm(砂)	U				○	
		49cm(砂)	V				○	
		25cm(碎石)	W	○	○	○	○	
	防護板有	25cm(碎石)	X				○	
	進行方向 (車輪通過位置) (非通電)	25cm(碎石)	Q	○	○	○		破壊していない

※○:評価基準を満たしている

【参考資料1-1】P1参照

5-3 電気性能試験の結果(電力ケーブル)

■CVQ22mm²

・今回の試験条件下において実施した電気性能試験は評価基準を満たしていた

↓今回確認事項

埋設位置	走行方向に対する向き	埋設深さ	供試体NO	① 交流電圧	② 絶縁抵抗	③ 雷インパルス	④ 導体抵抗	⑤ 耐電圧
試走路外 (埋設作業の検証)		55cm(碎石)	F	○	○	○		
		49cm(碎石)	G	○	○	○		
		25cm(碎石)	H	○	○	○		
試走路内	横断方向 (通電)	25cm(碎石)	Y		○	○	○	破壊していない

※○:評価基準を満たしている

5-4 材料特性試験に関する試験の内容(電力ケーブル)

	試験項目	試験実施時期	要件	評価基準	備考
材料特性／機械的特性試験	⑥引張伸び試験	(ホ)掘り起し後の室内試験	絶縁体 引張速度 50～200mm/分 外装(シース) 引張速度 200～500mm/分	絶縁体 引張強さ 10MPa以上 伸び 200%以上 外装(シース) 引張り強さ 10MPa以上 伸び 120%以上	<ul style="list-style-type: none"> 電技解釈 第9条第2項第二号イ、同項第三号イに準拠 JIS C 3612 (600V耐燃性ポリエチレン絶縁電線)に準拠
	⑦なみのり試験	(イ)埋設前 (ホ)掘り起し後の室内試験	波乗り現象によるケーブル埋設位置のずれを測定	移動量10cm以下(ケーブル長10mあたり)	<ul style="list-style-type: none"> 技術マニュアル(案)解説のキャブシステムより基本地震時ひずみ1/100を採用 今回はケーブル長10mの場合、10cmの移動が許容範囲

今回確認事項

前回確認事項

5-5 材料特性試験に関する試験の結果(電力ケーブル)

■CVQ250mm²

- ・「傷と判定しないもの」を対象に実施した材料特性試験は評価基準を満たしていた


 今回確認事項

埋設位置	走行方向に対する向き		埋設深さ	供試体NO	⑥ 引張伸び	⑦ なみのり
試走路外 (埋設作業の検証)			55cm(砕石)	C		
			49cm(砕石)	D		
			25cm(砕石)	E	○	
試走路内	進行方向 (非通電)	車輪外	55cm(砂)	K	○	
			49cm(砂)	J		
			25cm(砕石)	I	○	
	横断方向 (通電)		55cm(砂)	U		
			49cm(砂)	V		
			25cm(砕石)	W	○	
	進行方向 (非通電)	防護板有	25cm(砕石)	X		
防護板有/車輪外		25cm(砕石)	L			
	車輪通過位置	25cm(砕石)	Q		○	

【参考資料1-1】P1参照

※○:評価基準を満たしている

5-5 材料特性試験に関する試験の結果(電力ケーブル)

■CVQ22mm²

・「傷と判定しないもの」を対象に実施した材料特性試験は評価基準を満たしていた

↓今回確認事項

埋設位置	走行方向に対する向き		埋設深さ	供試体NO	⑥ 引張伸び	⑦ なみのり
比較用(出荷時)				B	○	
試走路外 (埋設作業の検証)			55cm(碎石)	F		
			49cm(碎石)	G		
			25cm(碎石)	H	○	
試走路内	進行方向 (非通電)	車輪外	55cm(砂)	P	○	
			49cm(砂)	O		
			25cm(碎石)	N	○	
	横断方向 (非通電)	49cm(砂)	T	○		
		25cm(碎石)	S			
	横断方向 (通電)	25cm(碎石)	Y	○		

【参考資料1-1】P1参照

※○:評価基準を満たしている

5-6 ケーブルの損傷等に関する試験の内容(電力ケーブル)

	試験項目	試験実施時期	要件	評価基準	備考
ケーブル損傷等に関する試験	⑧外傷検査 (シースに影響があるもの)	(イ)埋設前 (ホ)掘り起し後の室内試験	<ul style="list-style-type: none"> ・スコープ等により、傷の大きさ(長さ、幅、深さ)、表面の平滑度、色を調査 ・顕微鏡によるシース厚の測定 	<ul style="list-style-type: none"> ■傷の深さ <ul style="list-style-type: none"> － 残存シース厚:標準値の85%以上 	<ul style="list-style-type: none"> ・シースの傷は次の電技に準拠 外装厚さ: 電技解釈第9条第2項第二号ロ、同項第三号ロ <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>「電気設備の技術基準の解釈」 第9条第2項 三 外装は、次に適合するものであること。</p> <p>ロ 厚さは、別表第8に規定する値(略)を標準値とし、その平均値が標準値の90%以上、その<u>最小値</u>が標準値の85%以上であること。</p> </div>

今回確認事項

5-7 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(電力ケーブル)

CVQ250mm²

- ・ 2箇所以外の全ての試験パターンでシース残存率が評価基準を満たさなかった
- ・ 通電ケーブルは、非通電ケーブルと比べ傷が深い

埋設位置	走行方向に対する向き	埋設深さ		供試体NO	⑧	シースに影響があるもの (残存シース厚/残存率)	「×」の写真は次頁
					○		
試走路内	進行方向 (非通電)	55cm(砂)	車輪外	K	○		
		49cm(砂)	車輪外	J	×	(1.112mm/61.8%)	写真1
		25cm(碎石)	車輪外	I	×	(1.086mm/60.3%)	写真2
	横断方向 (通電)	55cm(砂)	車輪通過位置	U	×	(0.791mm/43.9%)	写真3
		49cm(砂)	車輪外	V	×	(0.590mm/32.8%)	写真4
			車輪通過位置		×	(0.353mm/19.6%)	写真5
		25cm(碎石)	車輪通過位置	W	×	(0.061mm/3.4%)	写真6
	防護板有	25cm(碎石)	車輪外	X	○		
			車輪通過位置		×	(0.0mm/0.0%)	写真7
	進行方向 (非通電)	25cm(碎石)	車輪通過位置	Q	×	(1.268mm/70.4%)	写真8

※○:評価基準を満たしている

※×:評価基準を満たしていない(シース厚1.8mmの85%未満)

↑ 今回確認事項

【参考資料1-1】P5.19参照

5-7 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(電力ケーブル)

写真1

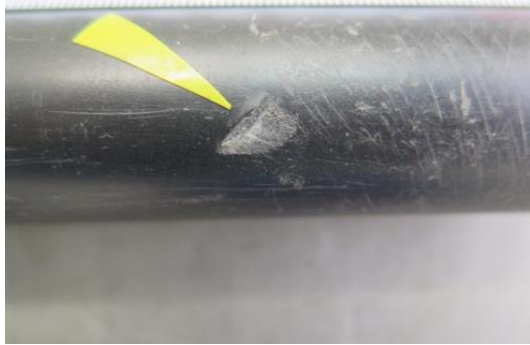


写真4

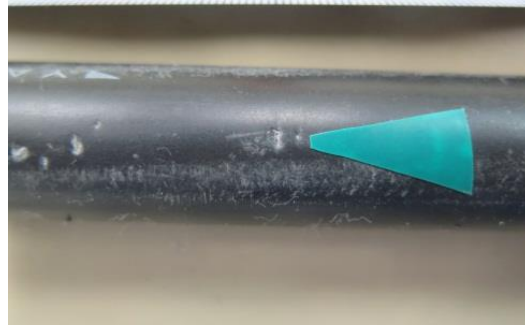


写真7



写真2



写真5



写真8



写真3



写真6



5-7 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(電力ケーブル)

CVQ22mm²

- ・全ての試験パターンでシース残存率が評価基準を満たさなかった
- ・横断方向、車両通過位置の非通電49cm(砂)ではシース貫通破壊に至った

埋設位置	走行方向に対する向き	埋設深さ		供試体NO	⑧ シースに影響があるもの (残存シース厚/残存率)	「×」の写真は次頁
試走路内	進行方向 (非通電)	55cm(砂)	車輪外	P	× (0.116mm/7.7%)	写真9
		49cm(砂)	車輪外	O	× (1.267mm/84.5%)	写真10
		25cm(碎石)	車輪外	N	× (1.166mm/77.7%)	写真11
	横断方向 (非通電)	49cm(砂)	車輪通過位置	S	× (0.000mm/0.0%, 貫通)	写真12
	横断方向 (通電)	25cm(碎石)	車輪外	Y	× (0.991mm/66.1%)	写真13

※×:評価基準を満たしていない(シース厚1.5mmの85%未満)

↑ 今回確認事項

【参考資料1-1】P5.19参照

5-7 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(電力ケーブル)

写真9



写真11

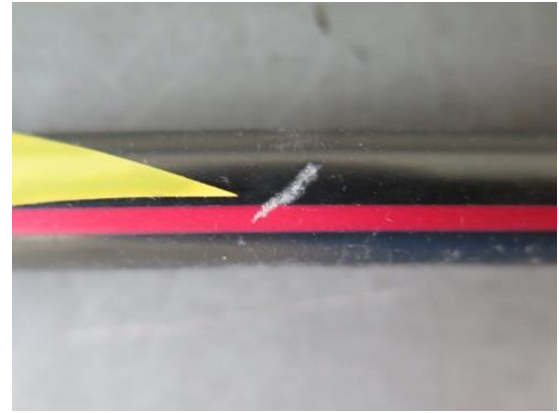


写真12

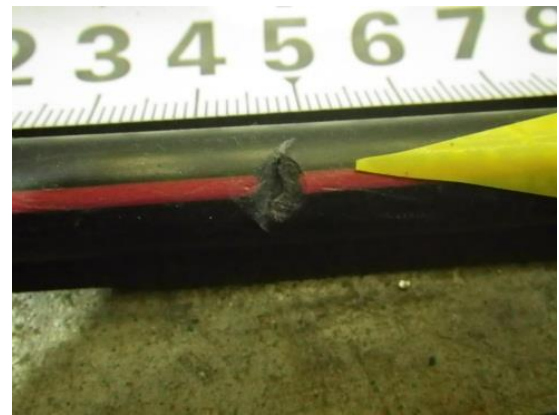


写真10

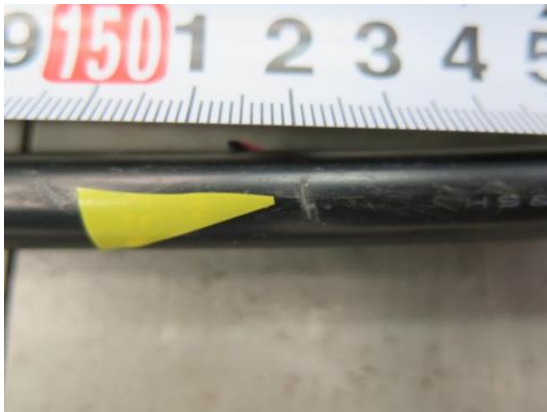


写真13

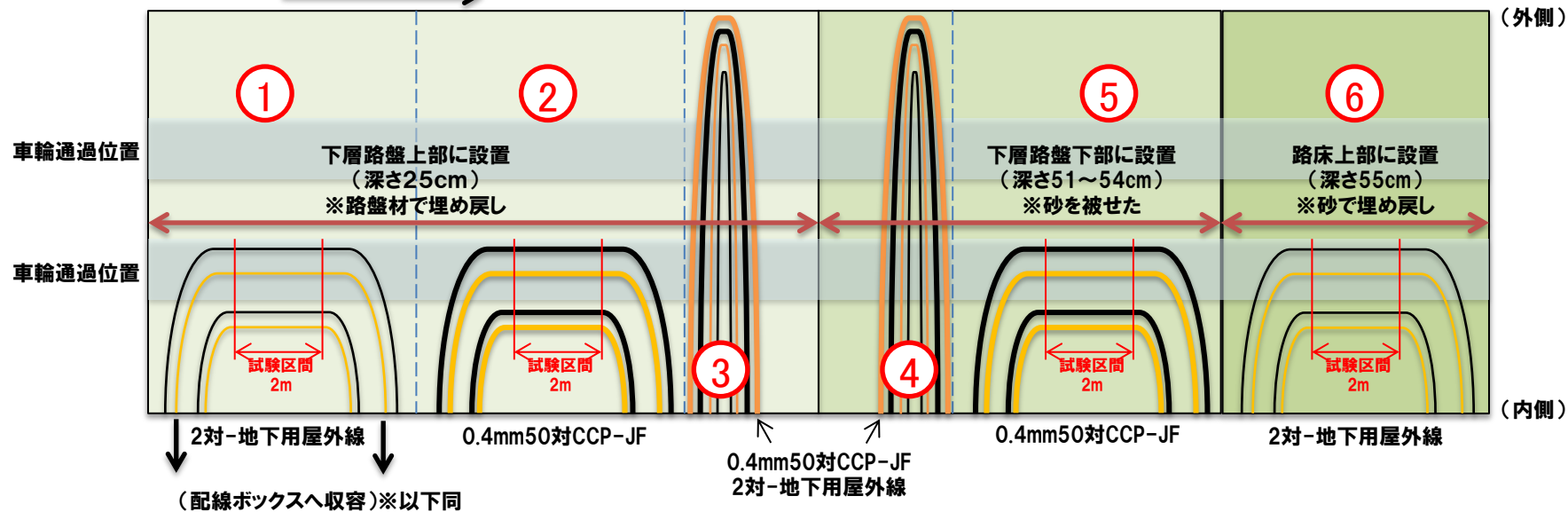


6-1 メタルケーブルの配置図

凡例: ——— ケーブルのみ ——— 防護管(PF-S管(一重管)φ28、φ14)

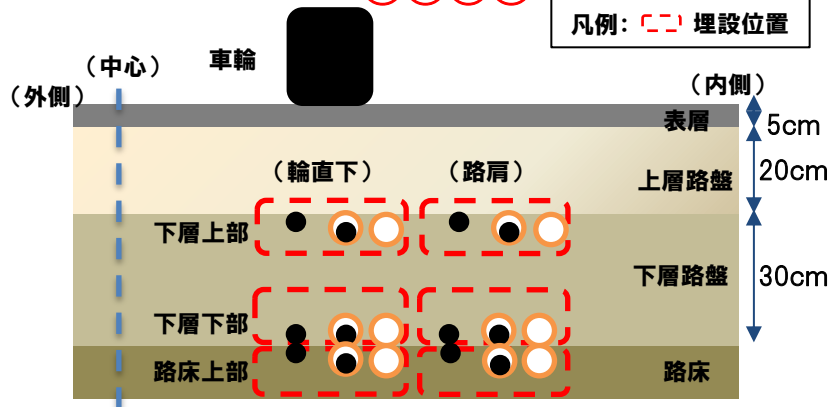
《平面図》

車両進行方向 →

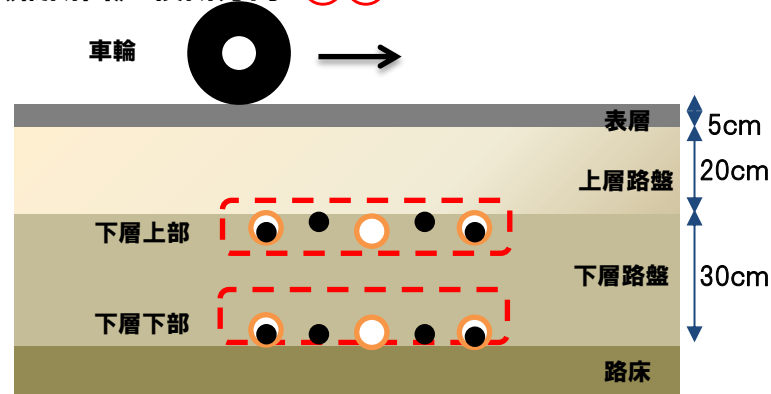


※足出し区間(試験区間から配線ボックスに伸びる区間)は小径管で保護

《縦断図》 進行方向 ①②⑤⑥



《縦断図》 横断方向 ③④



6-2 材料特性/機械的特性試験の内容(メタルケーブル)

材料特性／機械的特性試験

試験項目	評価基準
<p>材料特性(引張伸び) ・外被片の引張り強さ・伸び</p>	<p>・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</p> <p>NTT規格(材料特性)を準用</p> <p>[メタリック物品規格] <材料特性・耐老化性> 試験片を環境条件下に一定時間放置した後の引張り強さ・伸びは放置前のサンプルの75%以上であること。 ※樹脂材料については高温や紫外線に関する環境条件を適用</p>
<p>機械的特性(屈曲性) ・屈曲時のアルミ亀裂有無 (CCP-JFケーブルのみ)</p>	<p>・アルミシースに亀裂がないこと</p> <p>NTT規格(機械的特性)を準用</p> <p>[ケーブル類規格]<機械的特性・屈曲性> 完成品に対して規定の曲げ半径・回数で往復曲げを加えたときにアルミテープに亀裂を生じないこと。</p>

6-3 材料特性／機械的特性試験の結果(メタルケーブル)

■ 0.4mm50対CCP-JF(15.5mm)

- ・横断方向に埋設した一部のケーブルでは、碎石によると考えられる切り傷が原因で引張伸びが評価基準を満たさなくなると推測される。

			材料特性(引張伸び)	機械的特性(屈曲性)
25cm (碎石)	進行方向	車輪通過位置	○	○
		車輪外	○	○
	横断方向		× (強さ:60%/伸び:60%)	○
49cm (砂)	進行方向	車輪通過位置	○	○
		車輪外	○	○
	横断方向		○	○

「×」の写真は次頁

写真14

↑ 今回確認事項

【参考資料1-2】P4~5参照

※○:評価基準を満たしている

×:評価基準を満たしていない(強さ・伸びともに75%未満)

6-3 材料特性／機械的特性試験の結果(メタルケーブル)

写真14



6-3 材料特性／機械的特性試験の結果(メタルケーブル)

■2対-地下用屋外線(5.5mm)

- 横断方向に埋設した一部のケーブルでは、埋戻し砂を超えてケーブルに達した砕石が要因のシースへの影響が原因で、引張伸びが評価基準を満たさなくなったと推測される

「×」の写真は次頁


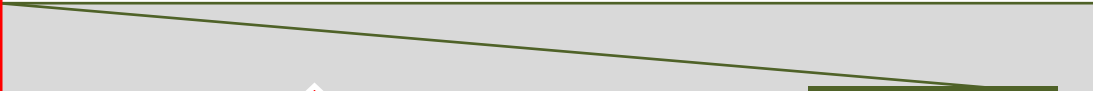
			材料特性(引張伸び)
25cm (砕石)	進行方向	車輪通過位置	○
		車輪外	○
	横断方向		○
49cm (砂)	進行方向	車輪通過位置	
		車輪外	
	横断方向		× (強さ:72%/伸び:55%)
55cm (砂)	進行方向	車輪通過位置	○
		車輪外	○
	横断方向		

写真15

↑ 今回確認事項

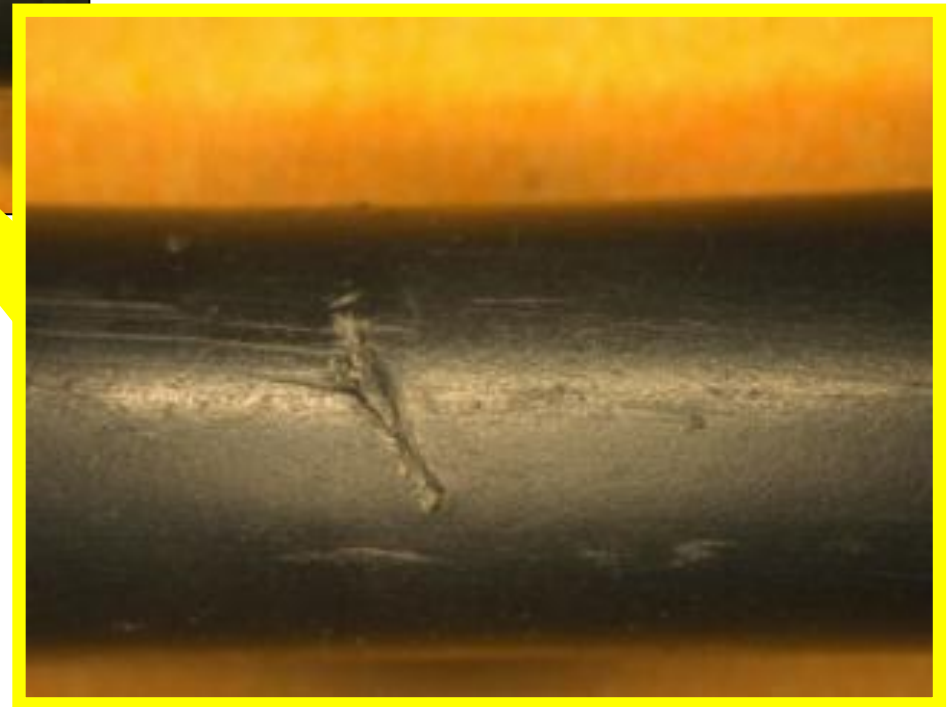
【参考資料1-2】P4~5参照

※○:評価基準を満たしている

※×:評価基準を満たしていない(強さ・伸びともに75%未満)

6-3 材料特性／機械的特性試験の結果(メタルケーブル)

写真15



6-4 ケーブルの損傷等に関する試験の内容(メタルケーブル)

ケーブル損傷等に関する試験

試験項目	評価基準
損傷状況 (シースに影響があるもの)	<ul style="list-style-type: none"> ・傷深さが外被厚さの25%未満 <p>NTT規格(材料特性)を準用</p> <p>[メタリック物品規格] <材料特性・耐老化性> 試験片を環境条件下に一定時間放置した後の引張り強さ・伸びは放置前のサンプルの75%以上であること。 ※樹脂材料については高温や紫外線に関する環境条件を適用 ※「引張り強さ＝引張試験時の最大張力/試験片の断面積」より傷深さが25%以上となった場合に引張り強さが25%以上低下すると推定</p>
損傷状況 (内部の構造に影響があるもの)	<ul style="list-style-type: none"> ・心線露出・座屈がないこと <p>[NTT規格(工事)]<地下ケーブル工事> <施工時に遵守すべき事項></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ケーブルの取り扱いは慎重に行い変形・損傷を与えぬよう注意を払うこと。 ・ケーブル外被が座屈しないように施工すること。 <p>[NTT規格(保守)]<地下ケーブル点検項目></p> <ul style="list-style-type: none"> ・ケーブル外被に損傷や座屈がないこと

6-5 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(メタルケーブル)

■0.4mm50対CCP-JF(15.5mm)

- ・横断方向に埋設した一部のケーブルでは、碎石によると考えられるシースへの影響が原因とされる評価基準を満たさない損傷(座屈)がみられた

「×」の写真は次頁

			シースに影響があるもの (シース残存率)	内部の構造に影響があるもの
25cm (碎石)	進行方向	車輪通過位置	○	○
		車輪外	○	○
	横断方向		× (74%) <small>写真16</small>	× (座屈) <small>写真17</small>
49cm (砂)	進行方向	車輪通過位置	○	○
		車輪外	○	○
	横断方向		○	○

【参考資料1-2】P3参照

↑ 今回確認事項

※○:評価基準を満たしている

※×:評価基準を満たしていない(シース:シース厚1.32mmの75%以下、内部構造:心線露出・座屈)

6-5 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(メタルケーブル)

写真16

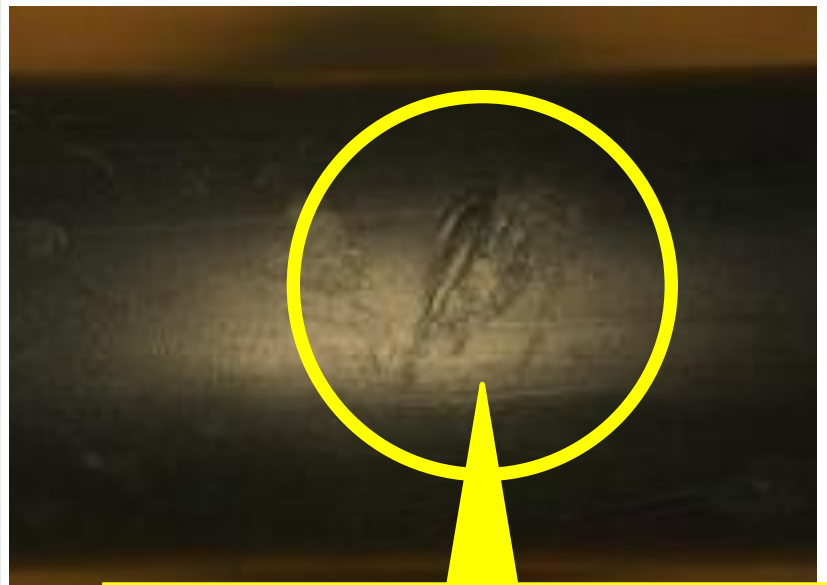
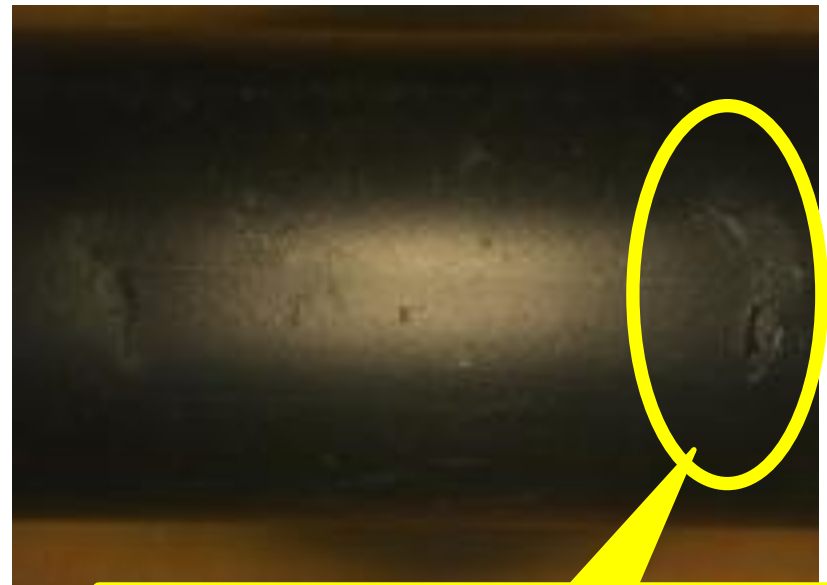


写真17



6-5 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(メタルケーブル)

■2対-地下用屋外線(5.5mm)

・座屈等、内部の構造に影響があるような損傷はみられなかった

			シースに影響があるもの (シース残存率)	内部の構造に影響があるもの
25cm (碎石)	進行方向	車輪通過位置	× (66%) 写真18	○
		車輪外	× (75%) 写真19	○
	横断方向		○	○
49cm (砂)	横断方向		○	○
55cm (砂)	進行方向	車輪通過位置	○	○
		車輪外	× (75%) 写真20	○

「×」の写真は次頁

【参考資料1-2】P3参照

↑ 今回確認事項

※○:評価基準を満たしている

×:評価基準を満たしていない(シース:シース厚0.8mmの75%以下、内部構造:心線露出・座屈)

6-5 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(メタルケーブル)

写真18

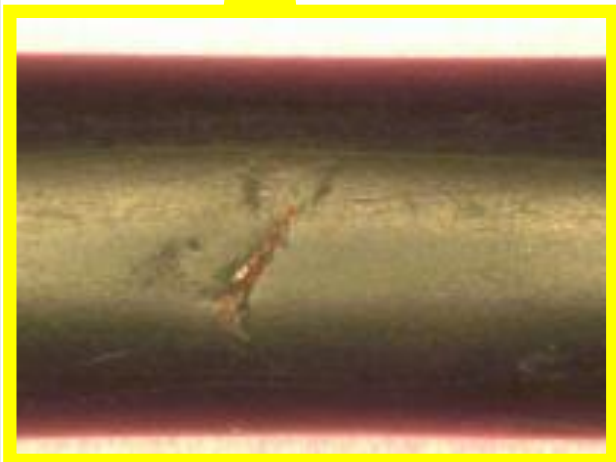
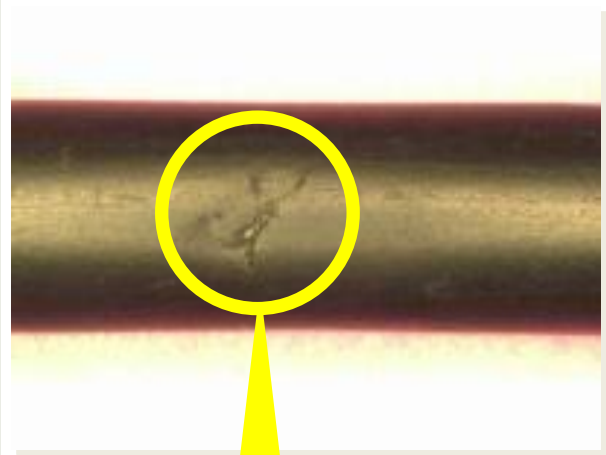


写真19

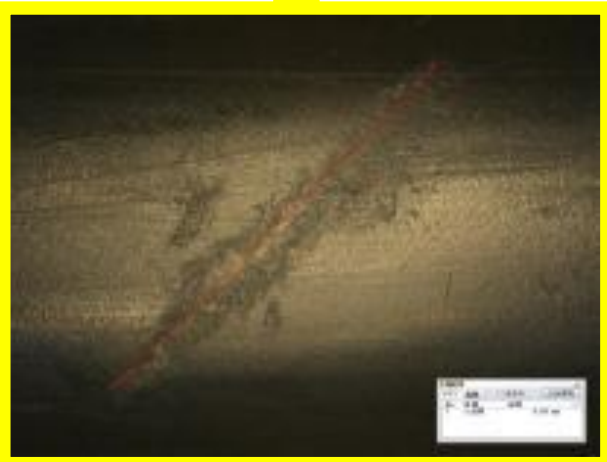
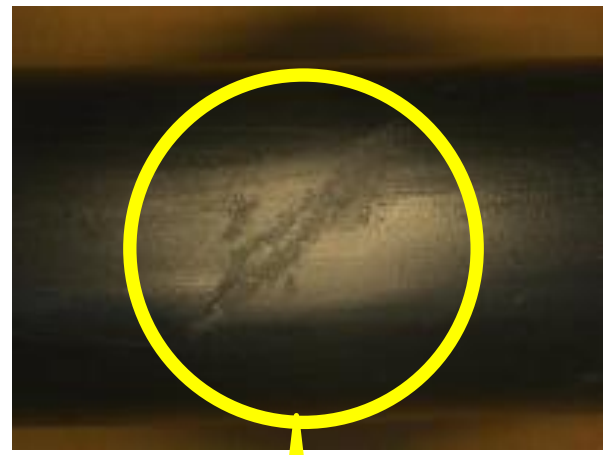
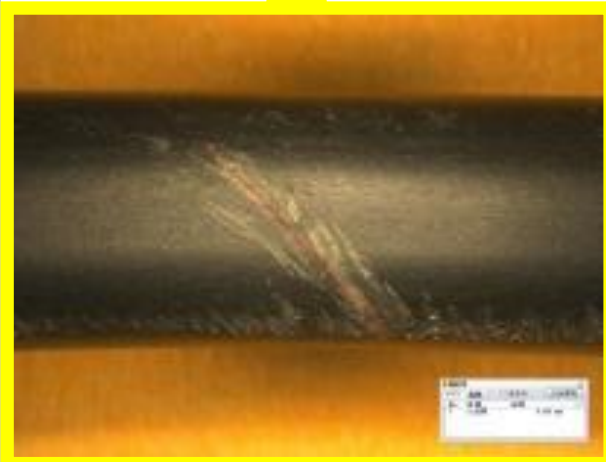
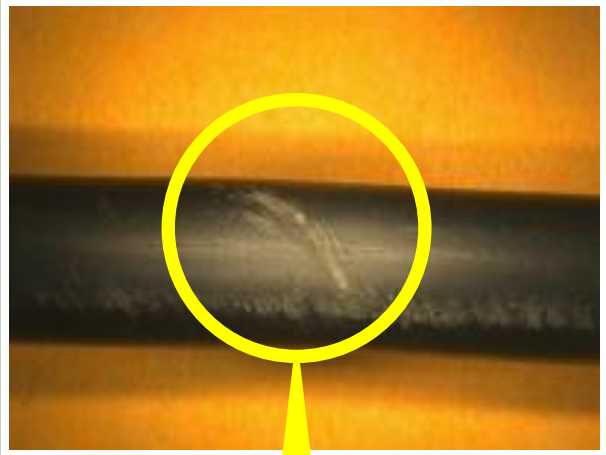
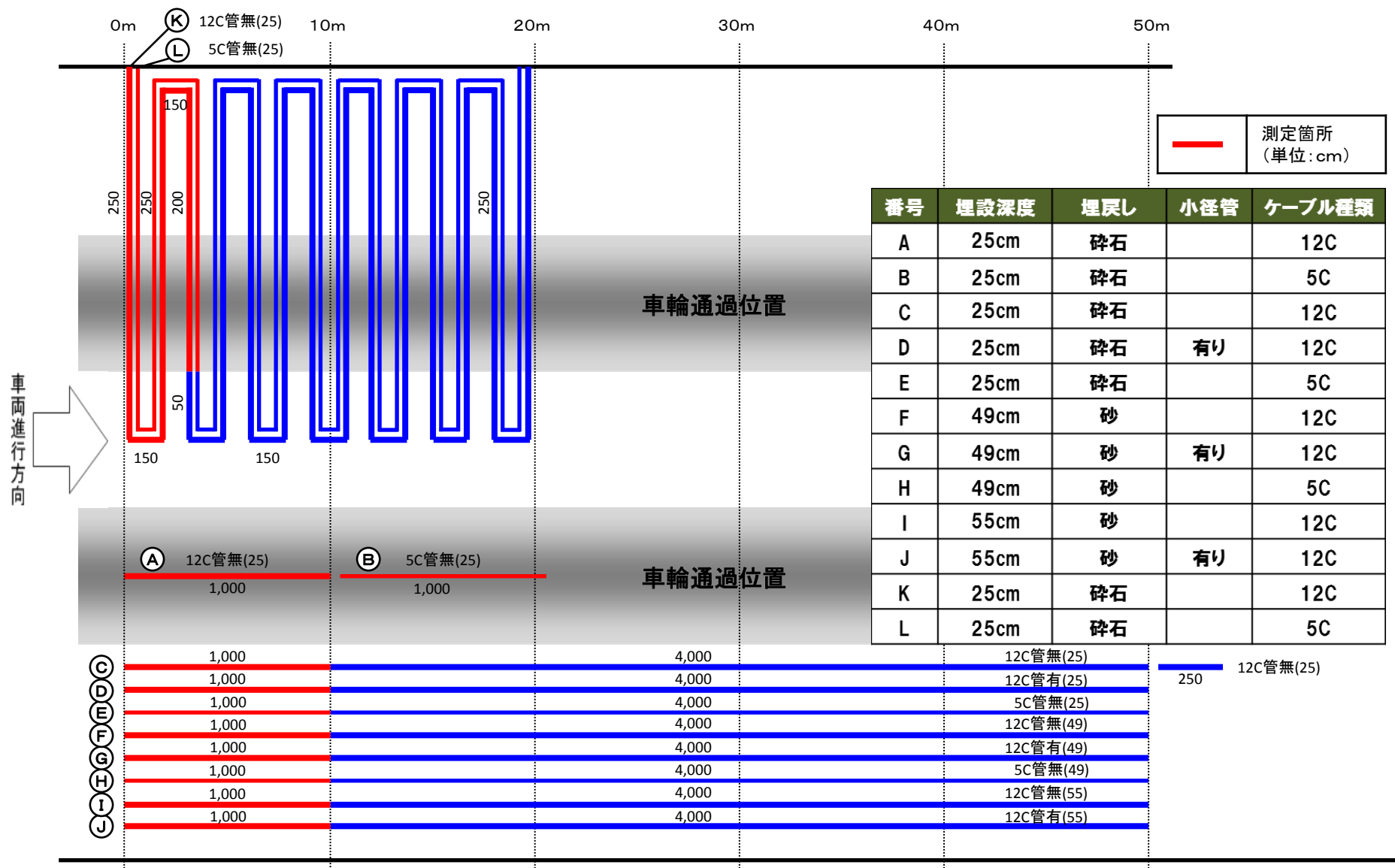


写真20



7-1 同軸ケーブルの配置図



7-2 ケーブルの損傷等に関する試験の内容(同軸ケーブル)

ケーブル損傷等に関する試験

試験項目	評価基準
損傷状況 (シースに影響があるもの)	<ul style="list-style-type: none"> ・シースにつぶされ変形した傷・貫通した傷がないこと <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 傷により防水機能など基本性能に影響し、構造体の腐食などに繋がる可能性が生じるため </div>
損傷状況 (内部の構造に影響があるもの)	<ul style="list-style-type: none"> ・外部導体につぶされ変形した傷・貫通した傷がないこと <div style="border: 1px dashed black; padding: 5px; margin-top: 10px;"> 傷による電気特性の低下や、長期的には破断などに繋がる可能性が生じるため </div>

↑ 今回確認事項

7-3 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(同軸ケーブル)

■12C

- ・ 砂で埋設したケーブルには、傷は発生していない
- ・ 碎石に埋設したケーブルでは、シース及び内部の構造に影響のある損傷を確認

番号	埋設深度	方向		シースに影響があるもの	内部の構造に影響があるもの
		進行方向	車輪通過位置	車輪外	車輪外
A	25cm (碎石)		進行方向	車輪通過位置	× (つぶされ変形した傷) <small>写真21</small>
C		車輪外		× (つぶされ変形した傷) <small>写真22</small>	× (つぶされ変形した傷) <small>写真22</small>
F	49cm (砂)	進行方向	車輪外	○	○
I	55cm (砂)		車輪外	○	○
K	25cm (碎石)	横断方向		× (つぶされ変形した傷) <small>写真23</small>	× (つぶされ変形した傷) <small>写真23</small>

「×」の写真は次頁

写真21

写真21

写真22

写真22

写真23

写真23

【参考資料1-3】P5参照

↑ 今回確認事項

※○: 評価基準を満たしている

※×: 評価基準を満たしていない(つぶされ変形した傷・貫通傷)

7-3 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(同軸ケーブル)

写真21

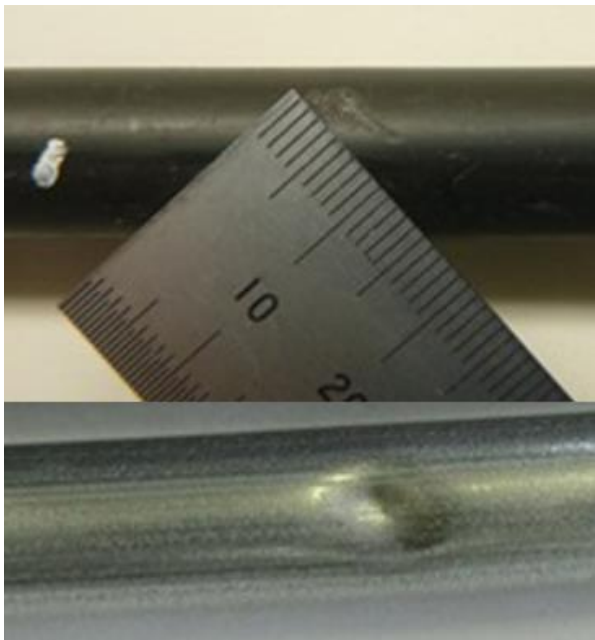


写真22

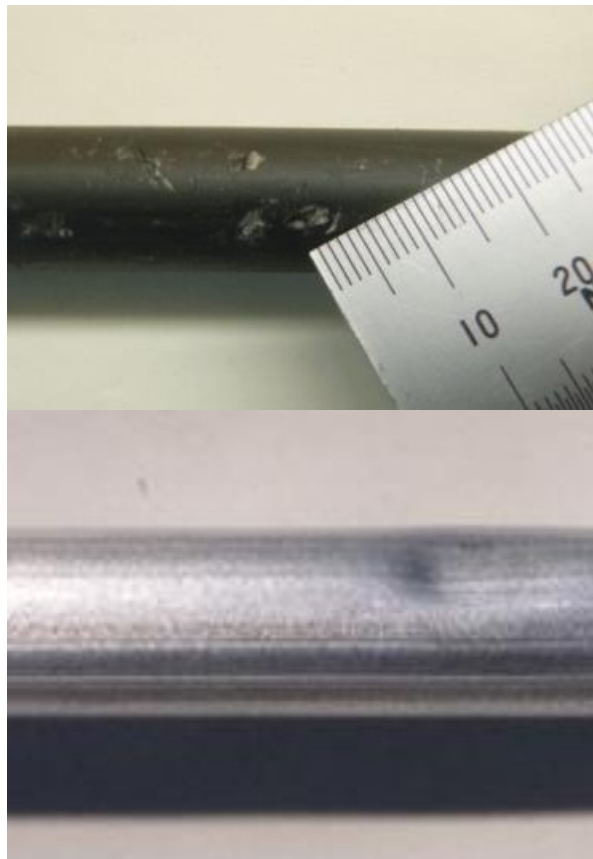


写真23



7-3 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(同軸ケーブル)

5C

- ・ 砂で埋設したケーブルには、傷は発生していない
- ・ 碎石に埋設したケーブルでは、シース及び内部の構造に影響のある損傷を確認

番号	埋設深度	方向		シースに影響があるもの	内部の構造に影響があるもの
B	25cm (碎石)	進行方向	車両通過位置	× (つぶされ変形した傷) <small>写真24</small>	
E			車輪外	× (つぶされ変形した傷) <small>写真25</small>	
H	49cm (砂)		○		
L	25cm (碎石)	横断方向	× (つぶされ変形した傷) <small>写真26</small>		

【参考資料1-3】P5参照

※○:評価基準を満たしている

※×:評価基準を満たしていない(つぶされ変形した傷・貫通傷)

7-3 ケーブルの損傷等に関する試験の結果(同軸ケーブル)

写真24



写真26

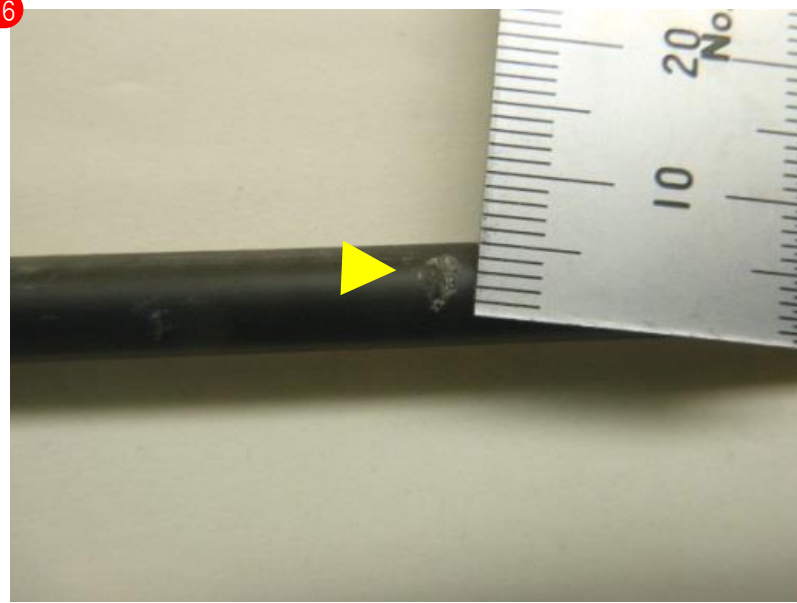
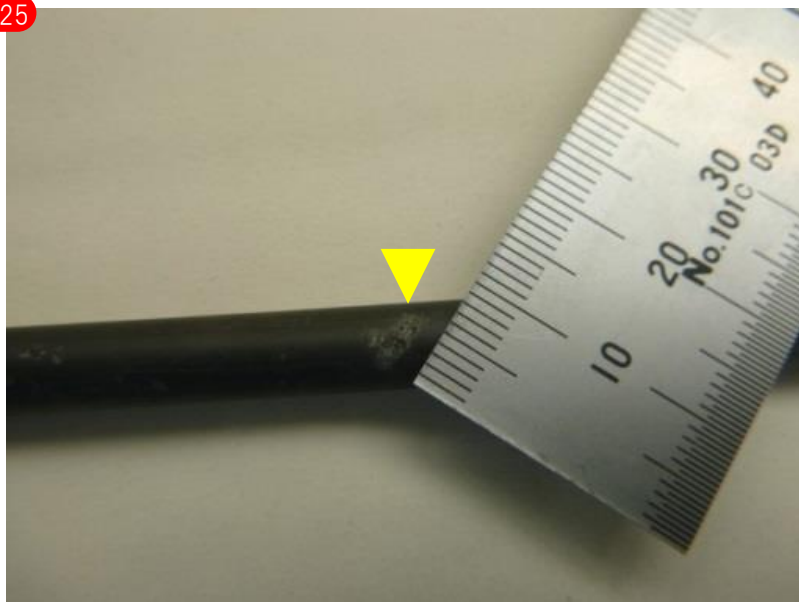


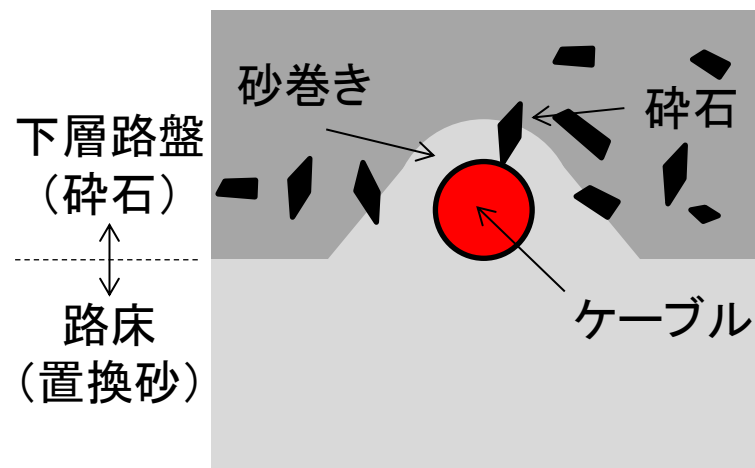
写真25



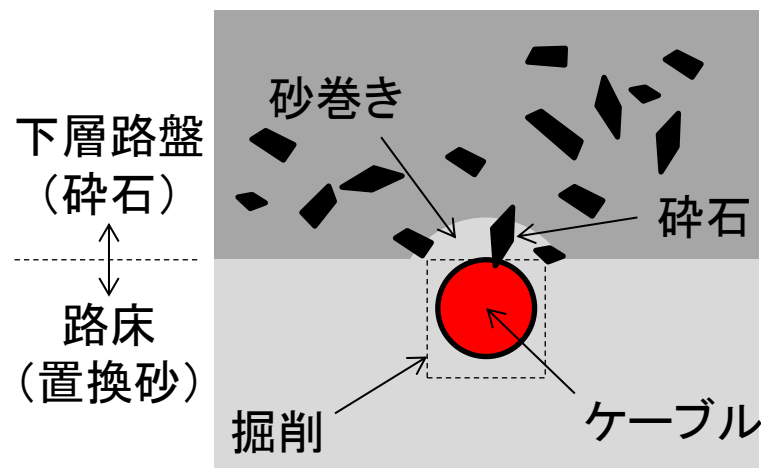
8. ケーブルの損傷について

- ・ 砂巻きしたケーブルにおける損傷は、碎石（最大粒径40mm）が砂巻きを超えて影響したものと想定される

■ 49cm(砂)における損傷のイメージ



■ 55cm(砂)における損傷のイメージ



■ 現場での施工の様子

- ・ 手作業でケーブルに砂をかぶせたため、砂の厚さについて施工上管理されていない。



9. まとめ

【電力】

- ・ 多数のケーブルで評価基準を満たさない損傷が確認されたが、砕石によるものと想定される。
- ・ 通電ケーブルは、非通電ケーブルと比べて傷が深い。
- ・ 埋設したケーブルについて、本委員会で設定した試験条件における電気性能、及び「傷と判定しないもの」を対象に実施した材料特性は、評価基準を満たしていた。

➡ 資料1-2で追加検証

【メタル】

- ・ 一部のケーブルで、評価基準を満たさない材料特性と損傷が確認されたが、砕石によるものと想定される。

➡ 資料1-2で追加検証

【同軸】

- ・ 砕石に埋設したケーブルでは、シース及び内部の構造に影響のある傷を確認した。
- ・ シースの傷の大きさ・深さ等と、内部構造体の傷の大きさ・深さ等は必ずしも一致しない事例もあり、外見だけでの評価は出来ない。
- ・ 砂で埋設したケーブルには、傷は発生していなかった。

➡ 資料1-2で追加検証

ケーブルの損傷等の確認結果(施工試験)

- 1. 試験概要 1
- 2. 電力ケーブルについての確認結果 3
- 3. メタルケーブルについての確認結果 5
- 4. 同軸ケーブルについての確認結果 8
- 5. まとめ 12

平成27年5月15日

1. 試験概要

■目的

- ・ 砂の厚さを管理した上で舗装内にケーブルを埋設する際の、施工の影響によるケーブルの損傷について、試験施工を行い評価する。
(資料1-1では施工及び車両走行の影響によるケーブルの影響について評価)

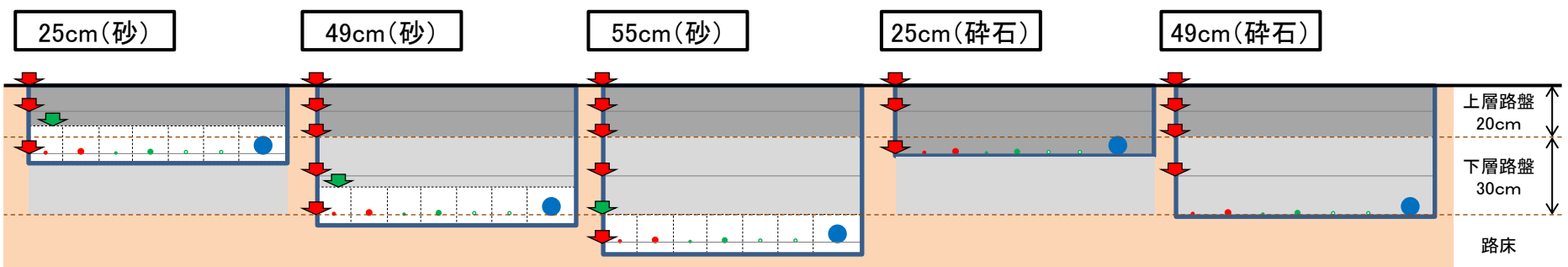
■試験条件

1)埋設方法	<ul style="list-style-type: none">・ 既設道路への施工を想定し、舗装体を構築後、溝掘りを行い、ケーブルを埋設。・ 舗装体は、上層路盤、下層路盤を施工。(ランマーまたは振動プレートコンパクターにて締固め。)
2)ケーブル周辺の埋設材料	<ul style="list-style-type: none">・ 砂及び碎石(路盤材)による埋設について検証。<ul style="list-style-type: none">➢ 下層路盤 : 砂と碎石(路盤材)で上面及び下面に埋設➢ 路床 : 砂のみで上面に埋設・ 砂の厚さは、試験の対象で最も太い電力ケーブル(CVQ250mm²、外径64mm)において、碎石による影響がないと考えられる砂の厚さとして150mmとした。
3)ケーブル入線方法	<ul style="list-style-type: none">・ 一つの溝に、複数のケーブルを並べて敷設。
4)ケーブル延長	<ul style="list-style-type: none">・ 約3m

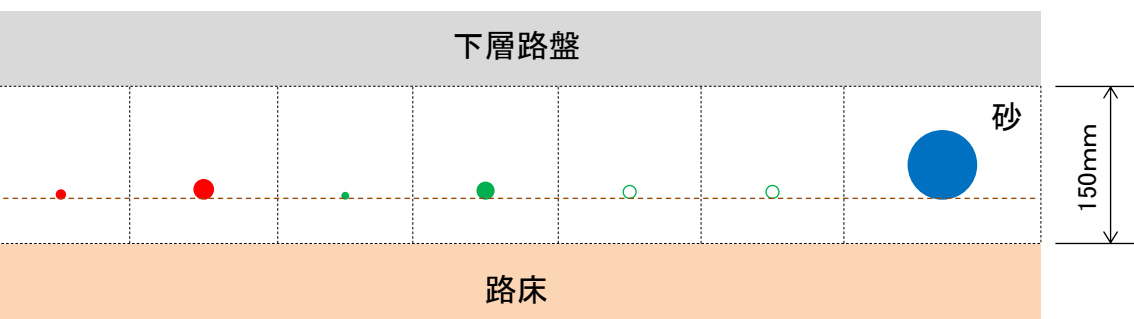
1. 試験概要

■ 施工断面

- ・ 深さと材料(砂/碎石)を変えてケーブルを埋設
- ・ 転圧はランマーまたは振動プレートコンパクターにて転圧



埋設のイメージ(砂)



施工の様子
ケーブル敷設【碎石】



転圧状況【プレート】



凡例

●	電力ケーブル (CVQ250mm ²)	●	同軸ケーブル (12C (16mm))
○	光ケーブル (40SM-WB-N (12mm))	●	同軸ケーブル (5C (8mm))
○	光ケーブル (1SM-IF-DROP-VC (2.5 × 5.3mm))	➡	転圧 (振動プレートコンパクター)
●	メタルケーブル (0.4mm50対CCP-JF (15.5mm))	➡	転圧 (ランマー)
○	メタルケーブル (2対-地下屋外線 (5.5mm))	□	掘削位置

2. 電力ケーブルについての試験結果

■CVQ250mm²

- ・ 砂で埋設したケーブルには、施工の影響による損傷は確認されなかった
- ・ 碎石で埋設したケーブルは、施工の影響による損傷が確認された

埋設深さ	埋設材料	シースに影響があるもの (残存シース厚/残存率)	「×」の写真は次頁
25cm	砂	○	
49cm	砂	○	
55cm	砂	○	
25cm	碎石	○	
49cm	碎石	× (1.485mm/82.5%)	写真1

※○:評価基準を満たしている

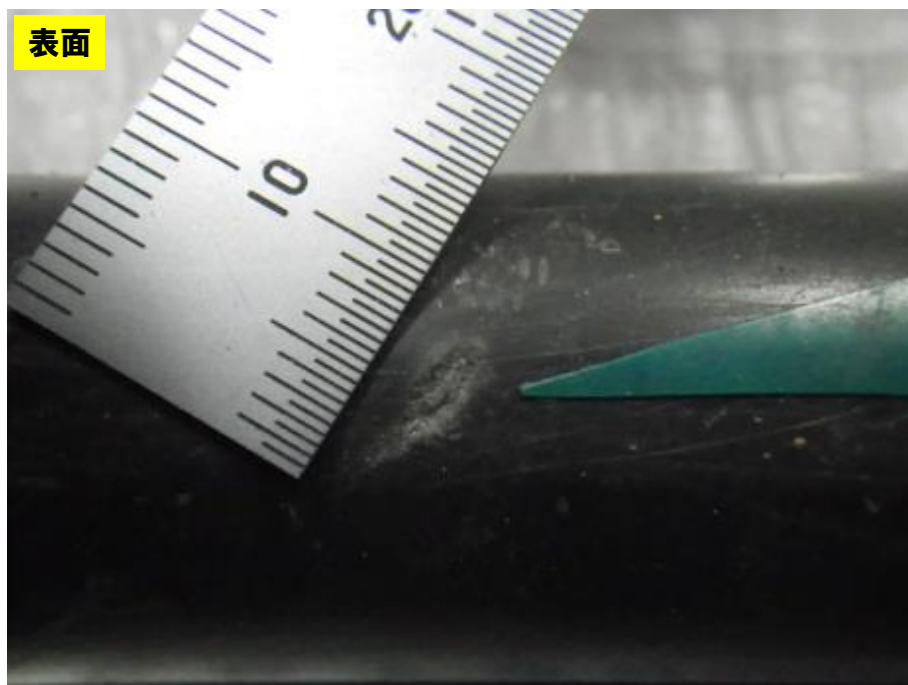
×:評価基準を満たしていない(シース厚1.8mmの85%未満)

なお評価基準は本委員会用に検討

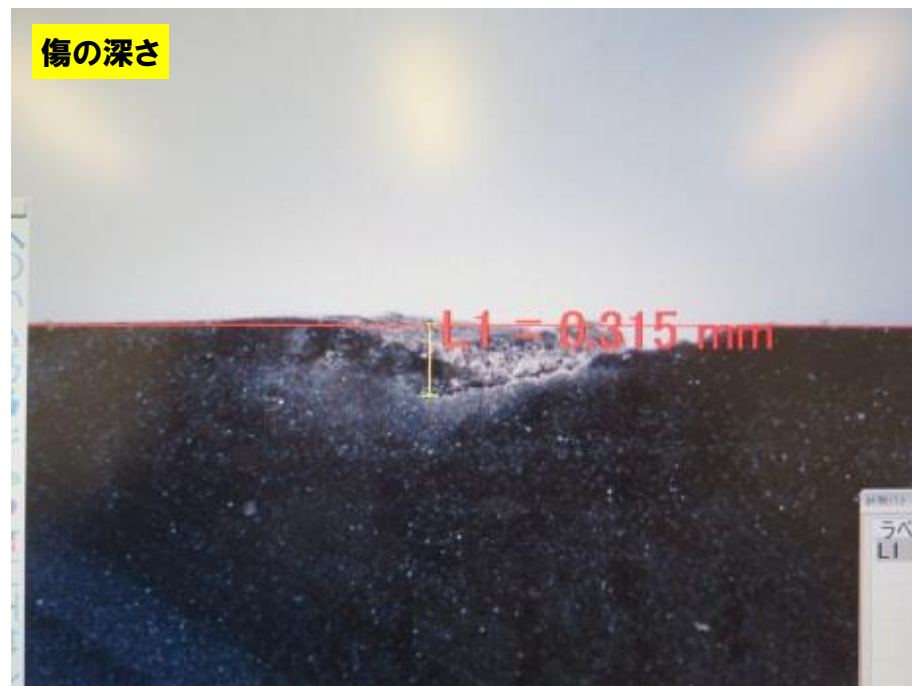
[参考資料1-1]P18参照

2. 電力ケーブルについての試験結果

写真1



傷の深さ



3. メタルケーブルについての試験結果

■ 0.4mm50対CCP-JF(15.5mm)

- ・ 砂で埋設したケーブルには、施工の影響による損傷は確認されなかった
- ・ 碎石で埋設したケーブルは、施工の影響による損傷が確認された

埋設深さ	埋設材料	シースに影響があるもの	内部の構造に影響があるもの
25cm	砂	○	○
49cm	砂	○	○
55cm	砂	○	○
25cm	碎石	○	○
49cm	碎石	○	× (座屈)

「×」の写真は次頁

写真2

【参考資料1-2】P6参照

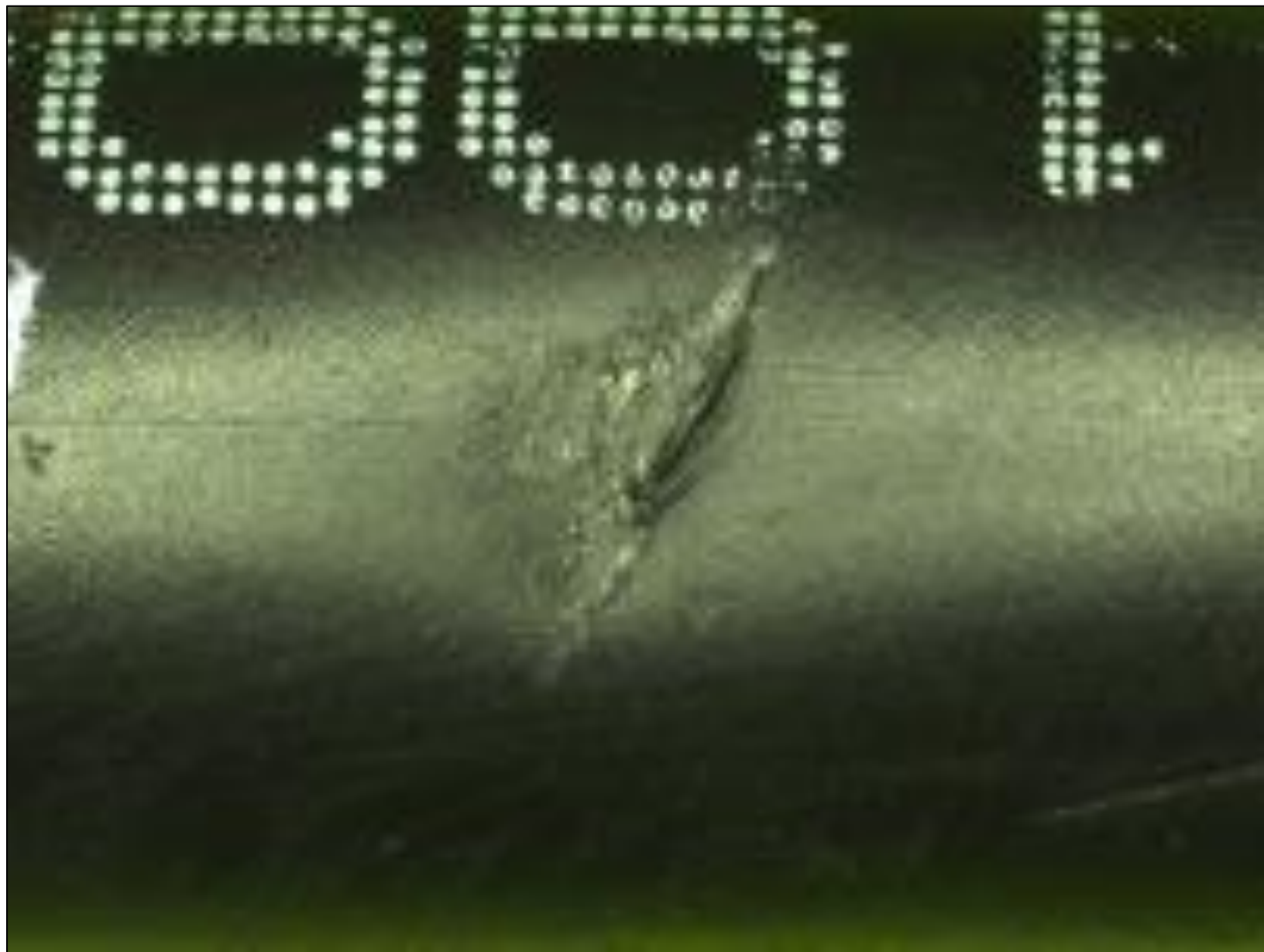
※○:評価基準を満たしている

×:評価基準を満たしていない(シース:シース厚1.32mmの75%以下、内部構造:心線露出・座屈)

なお評価基準は本委員会用に検討

3. メタルケーブルについての試験結果

写真2



3. メタルケーブルについての試験結果

■2対-地下用屋外線(5.5mm)

・ 砂、碎石で埋設したケーブルともに、施工の影響による損傷は確認されなかった

埋設深さ	埋設材料	シースに影響があるもの	内部の構造に影響があるもの
25cm	砂	○	○
49cm	砂	○	○
55cm	砂	○	○
25cm	碎石	○	○
49cm	碎石	○	○

※○:評価基準を満たしている
なお評価基準は本委員会用に検討

4. 同軸ケーブルについての試験結果

■12C

- ・ 砂で埋設したケーブルには、施工の影響による損傷は確認されなかった
- ・ 碎石で埋め戻したケーブルは、施工の影響による構造体の変形を伴う損傷が確認された

埋設深さ	埋設材料	シースに影響があるもの	内部の構造に影響があるもの
25cm	砂	○	○
49cm	砂	○	○
55cm	砂	○	○
25cm	碎石	× (つぶされ変形した傷)	× (つぶされ変形した傷)
49cm	碎石	× (つぶされ変形した傷)	× (つぶされ変形した傷)

「×」の写真は次頁

写真3

写真3

写真4

写真4

【参考資料1-3】P14参照

※○:評価基準を満たしている
 ×:評価基準を満たしていない(つぶされ変形した傷・貫通傷)
 なお評価基準は本委員会用に検討

4. 同軸ケーブルについての試験結果

写真3

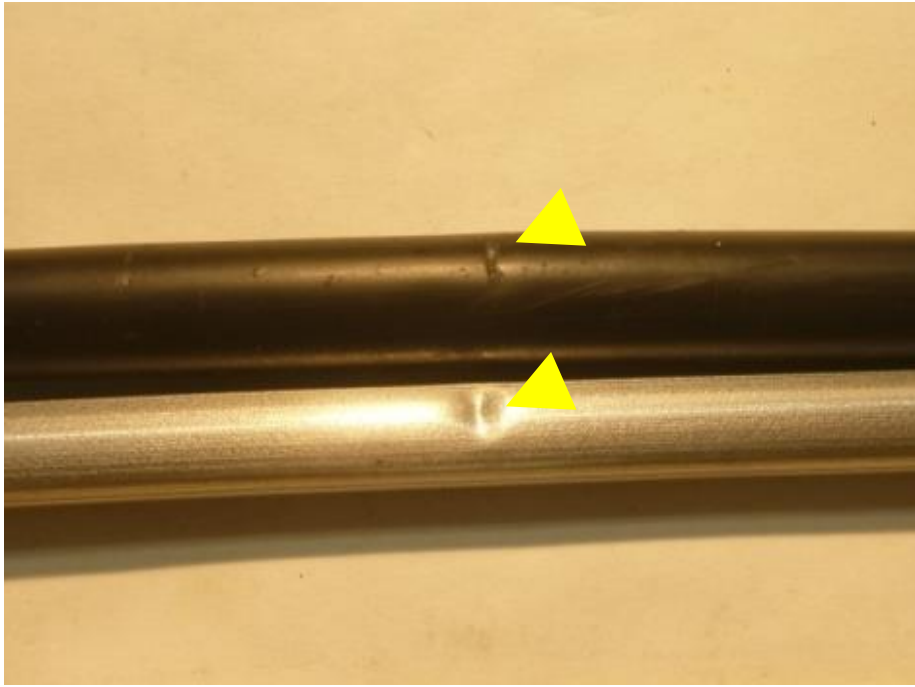
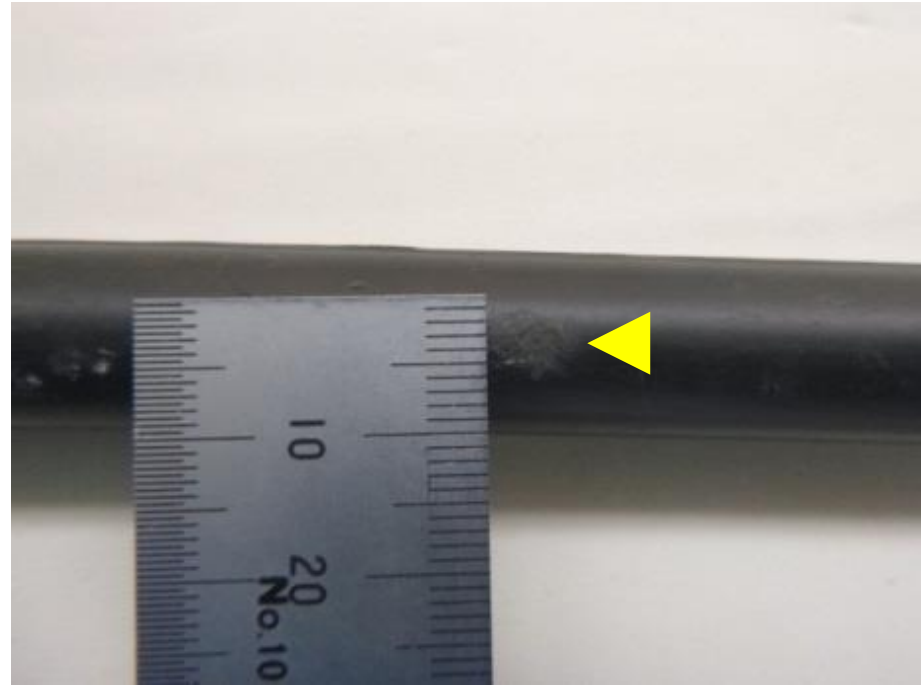


写真4



4. 同軸ケーブルについての試験結果

5C

- ・ 砂で埋設したケーブルには、施工の影響による損傷は確認されなかった
- ・ 碎石で埋設したケーブルは、施工の影響による損傷が確認された

埋設深さ	埋設材料	シースに影響があるもの 「×」の写真は次頁	内部の構造に影響があるもの
25cm	砂	○	(この領域は斜線が入っています)
49cm	砂	○	
55cm	砂	○	
25cm	碎石	× (つぶされ変形した傷) 写真5	
49cm	碎石	× (つぶされ変形した傷) 写真6	

[参考資料1-3]P14参照

※○: 評価基準を満たしている
 ×: 評価基準を満たしていない(つぶされ変形した傷・貫通傷)
 なお評価基準は本委員会用に検討

4. 同軸ケーブルについての試験結果

写真5

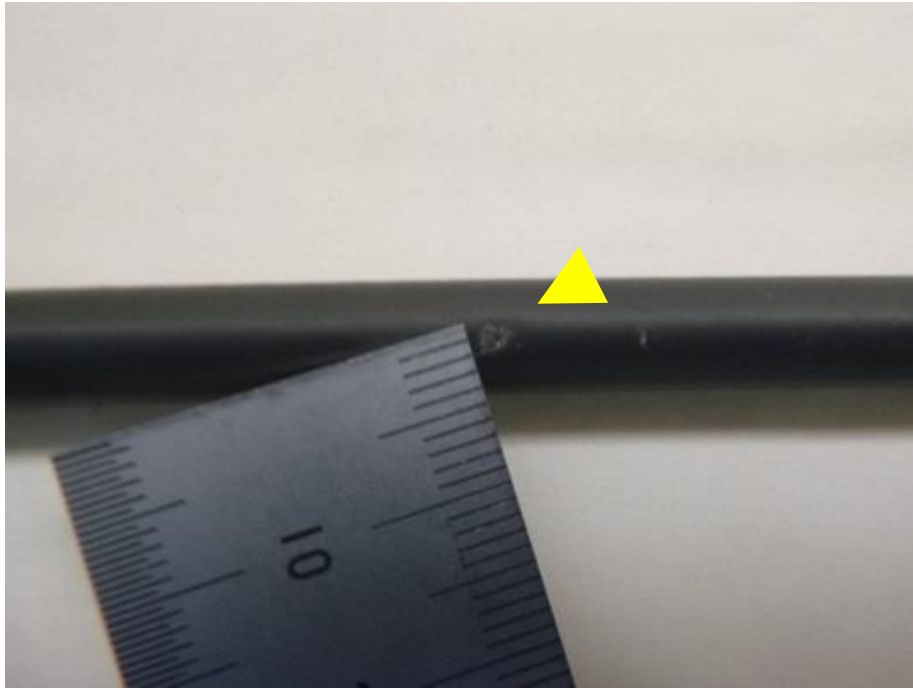
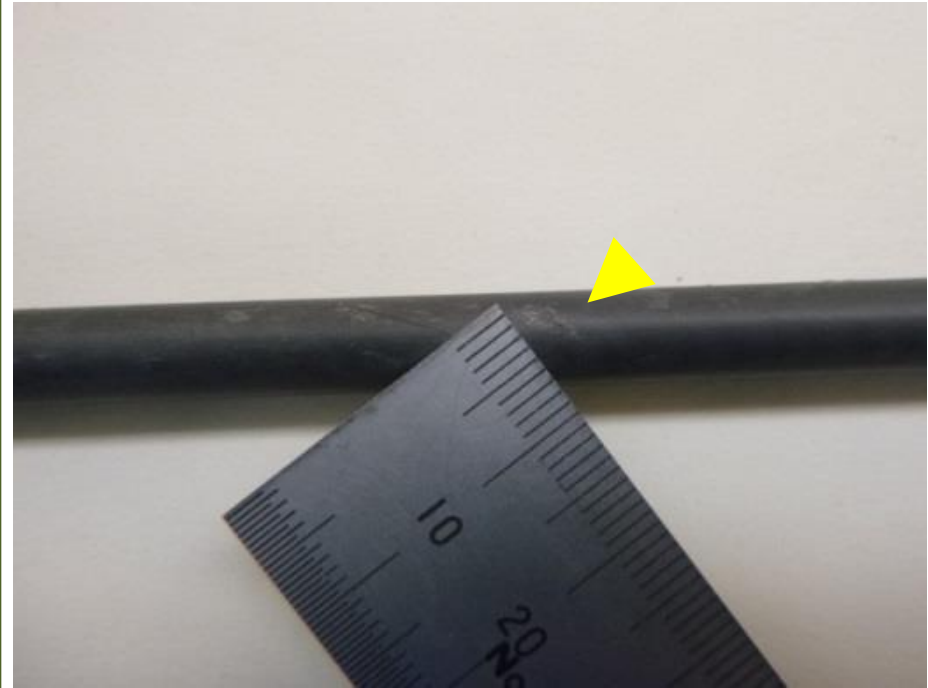


写真6



5. まとめ

【ケーブル(電力、メタル、同軸)の損傷】

- 砂の厚さを管理した上で砂層に埋設したケーブルは、施工の影響による損傷は確認されなかった。
- 碎石で埋設したケーブルは、施工の影響による損傷が確認された。
- 以上より、砂の厚さを十分に確保して埋設することで、施工によるケーブルの損傷が起きないことが確認された。

項目		検討課題(案)
①ケーブルの埋設	ケーブル	○ケーブル損傷防止策の検討
	舗装	○ケーブル損傷を防ぐ砂巻きをした舗装体の検討
②小型ボックス		○車両の荷重が加わる箇所における蓋の損傷対策
③浅層埋設にあたっての安全対策		○安全対策の検討 (検討項目例) ・埋設位置のルール化 ・埋設シート ・埋設物件の色 ・図面、データベースの整理 ・路面からの検知(探査機、識別チップ等) ・標識、路面標示等による対象路線の明示 等
④メンテナンス		○埋設物に配慮した舗装のメンテナンス 等

※ケーブルや管を現行基準より浅くの埋設した際の舗装や管への影響については第3回委員会(H27.2.18)にて確認済み

※ケーブルや管の舗装への埋設深さに関する基準緩和について、国土交通省にて別途検討中

<参考>ケーブルの保護を検討するにあたっての一例

埋設用のケーブル



- ① 導体
- ② 絶縁体
- ③ 遮蔽
- ④ シース

埋設が可能なケーブル（英国の例）

保護材料による巻立



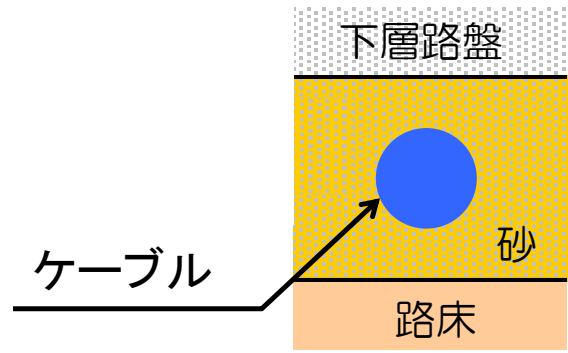
保護繊維（ジオテキスタイル）で保護されたケーブル（仏国の例）

管路による保護



保護管によるケーブルの保護の例

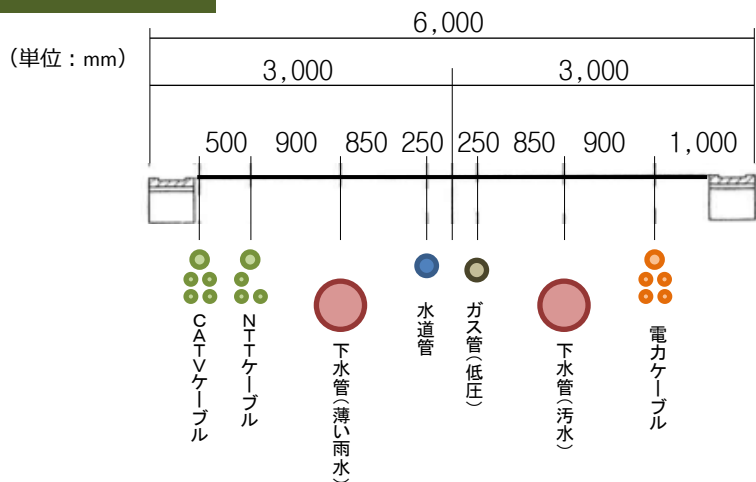
砂による埋戻



砂による埋戻のイメージ

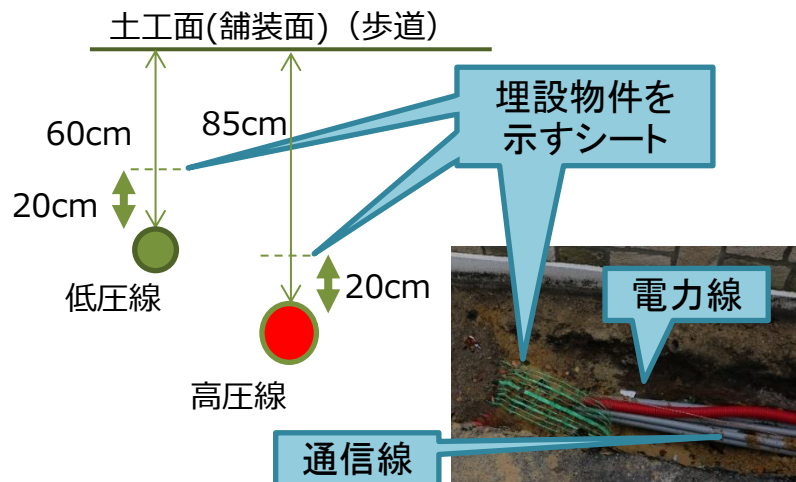
<参考> 安全対策を検討するにあたっての一例

埋設位置



埋設物件の平面配置をルール化 (ガーデンシティ湖南の例)

埋設シート



電力線の埋設深さの基準と埋設シート (仏国の例)

路面からの検知



ICタグにより路面から埋設物を探査する機器の例 (英国の例)

図面、データベース



埋設物件の位置を記録したDB図面の例 (仏国の例)

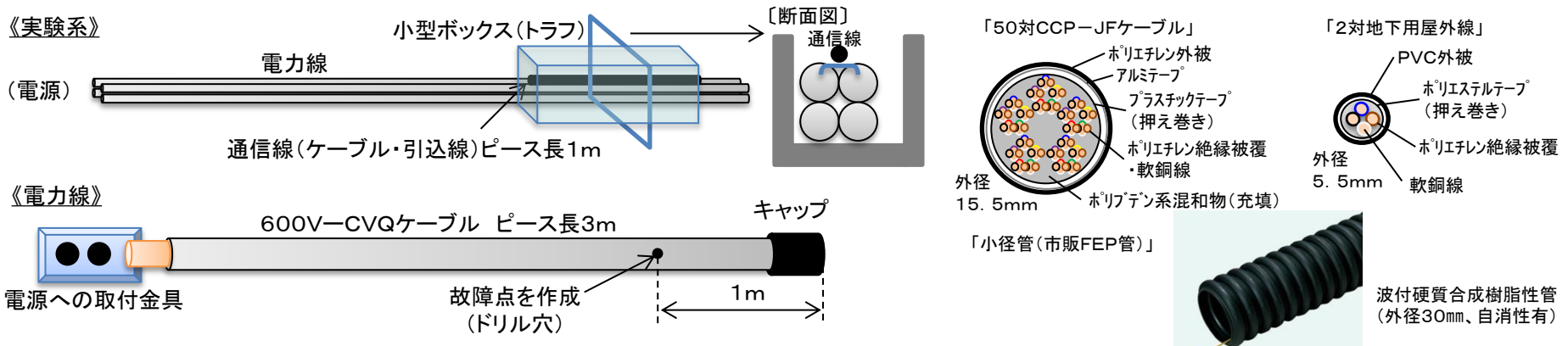
試験②の経過について

アーク放電試験の概要	1
------------------	---

平成27年5月15日

アーク放電試験の概要

No.	項目	内容	補足
1	目的	通信ケーブルと低電圧電力ケーブルが近接(0cm~)した時に、電力ケーブルで発生したアーク放電が通信ケーブルへ与える影響について評価	
2	前提条件	・電力ケーブル:通常負荷状態(3相平衡200V)【600V_CVQケーブル】 離隔距離:0cm~ (通信ケーブルと電力線が接触している状態)	
3	実施場所	一般財団法人電力中央研究所	
4	実施期間	2015年4月23日 (1日間)	
5	対象ケーブル	①0.4mm-50対CCP-JFケーブル ②2P地下用屋外線	・適用頻度が大きいものを選択
6	評価パターン	以下の組み合わせパターンで実施	
	(1)評価サンプル	①ケーブル・屋外線(ケーブル外被に直接当てる) ②小径管+ケーブル(ケーブルを入れた小径管に当てる)	
	(2)離隔距離	(a)0cm (b)10cm	(b)は(1)①のパターンを実施
	(3)ケーブル長	1m	アークはケーブル中間に当てる
	(4)電氣的条件	交流単相200V 34kA	
7	評価項目	アーク放電後の通信ケーブルについて以下の項目で評価	とりまとめ中
	(1)外観調査	実験場ならびに実験室で外被の溶融有無等を確認	
	(2)材料特性	アーク箇所(外被)の引張り・伸び評価(強度低下有無を確認)	
	(3)電氣的特性	アーク後のサンプルについて絶縁・容量等の電氣的特性への影響を確認	



今後、試験で使用したケーブルの外観、材料特性、電氣的特性を評価し結果のとりまとめを行う。

試験③の実施について

- 1. 試験③の概要 1
- 2. 試験項目 2

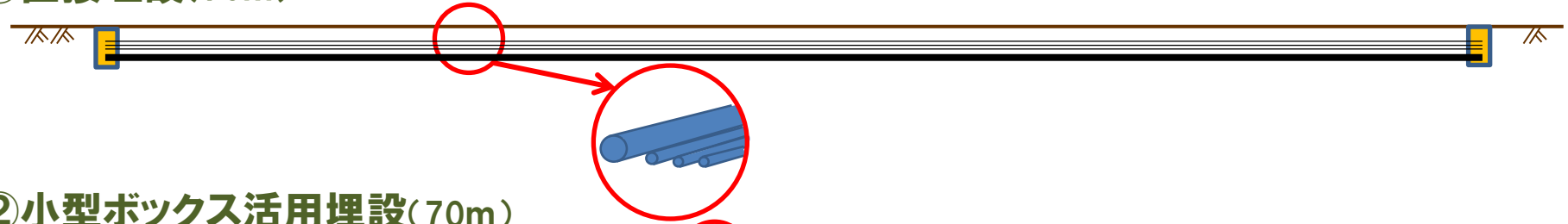
平成27年5月15日

1. 試験③の概要

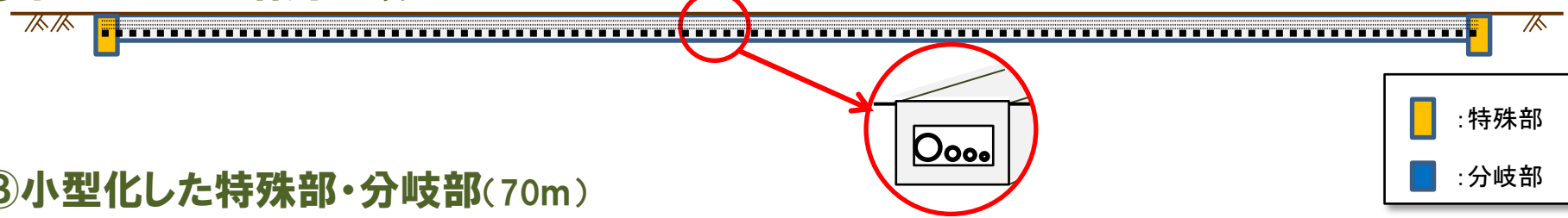
・（電力線と通信線の離隔が0cmで可能であることを前提として、）直接埋設、小型ボックス活用埋設の施工性を確認。

試験目的	直接埋設、小型ボックス活用埋設を現地で施工することにより、施工上の課題や配慮事項を確認
試験場所	一般国道49号阿賀野バイパス(水原バイパス)地内道路建設現場(新潟県阿賀野市)
実施時期	平成27年6月
試験内容	<ul style="list-style-type: none">・ 小型化された通常部や特殊部、分岐部を施工し施工性を確認・ 電力、通信ケーブルを敷設し、ケーブルの施工性を確認

①直接埋設(70m)

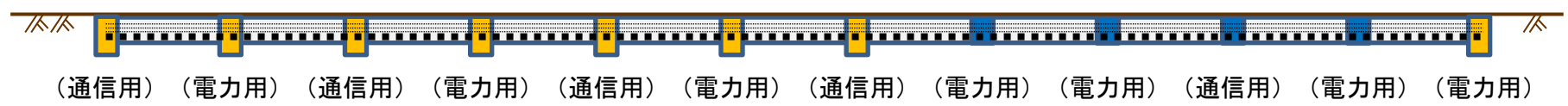


②小型ボックス活用埋設(70m)



■ : 特殊部
■ : 分岐部

③小型化した特殊部・分岐部(70m)



2. 試験項目(案)



Cライン

Bライン

Aライン

③小型化した特殊部・分岐部(Cライン)

- ・特殊部における施工上の課題や配慮事項を確認するため、特殊部、分岐部及び小型ボックスにおけるケーブルを敷設する。
- 【確認事項】
- ・特殊部、分岐部へ電力および通信ケーブルの収容が可能か
 - ・特殊部、分岐部での作業が可能か、他事業者への影響はどうか
 - ・引込分岐(電力)の作業性はどうか
 - ・作業員の人数はどの程度必要か
 - ・使用機材は適切か
 - ・電力用特殊部において、電力線(高圧)と通信線の離隔を確保できるか 等

②小型ボックス活用埋設(Bライン)

- ・小型ボックス活用埋設における施工上の課題や配慮事項を確認するため、小型ボックスを敷設した上で、各社(電力・NTT・CATV)のケーブルを敷設する。
- ・ケーブル敷設に際しては、①蓋を開けた状態で敷設するケース(電力、通信)、②蓋を閉めた状態で敷設するケース(通信)を実施する。
- 【確認事項】
- ・ケーブルの敷設時間(作業準備から敷設完了までの時間)
 - ・ケーブルがボックス内に収まるか
 - ・作業スペースはどの程度必要か
 - ・他のケーブルが敷設された状態で通線器具を使用した通信ケーブルの敷設が可能か
 - ・通信ケーブルの引込線(引込分岐)の作業性はどうか
 - ・電力、通信それぞれのケーブル張替時の作業性と他事業者への影響はどうか
 - ・ケーブル敷設時の損傷状況はどうか
 - ・作業員の人数はどの程度必要か
 - ・使用機材は適切か 等

①直接埋設(Aライン)

- ・直接埋設における施工上の課題や配慮事項を確認するため、直接埋設用の溝を掘削し、各社(電力・NTT・CATV)がケーブルを敷設した上で埋戻しを行う。
- 【確認事項】
- ・ケーブルの埋設時間(道路掘削から埋戻しまでの時間を測定。作業帯設置の時間も含む)
 - ・ケーブルが掘削幅内で収まるか
 - ・作業スペースはどの程度必要か
 - ・ケーブル掘起しの際の作業性はどうか
 - ・埋設、再掘削時のケーブル損傷状況はどうか
 - ・作業員の人数はどの程度必要か
 - ・使用機材は適切か 等



電力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	2
(1) 車両走行試験における外傷検査対象部位図	3
(2) 車両走行試験における外傷検査結果	4
(3) 絶縁体の確認	6
(4) ふくらみ傷の確認	7
3. 試験施工結果	10
4. 関電工の考察	13
5. 参考資料	14

平成27年5月15日

1. 傷の考え方

○シースの傷については以下のように分類し評価をする

通常発生する傷・汚れ	<p>○汚れ 表面上、傷のように見えるが、手による触診で引っかかりが無いもの</p> <p>○擦り傷(傷と判定しない) 手による触診で引っかかりがあるが、布などでふき取ると汚れが取れるもの (通常のケーブル敷設時に発生する傷で、ケーブル製造上見込まれており、電気特性上影響がない) 参考:実測定の結果、およそ5mm未満の傷が相当</p>
通常発生しない傷	<p>○切り傷・貫通傷 手による触診で引っかかりがあり、布などでふき取っても汚れが残るもの</p> <p>○ふくらみ傷 表面上に傷の深さはないが、ふくらみが生じており、内部構造に影響与える可能性がある傷</p>



2. 車両走行試験結果

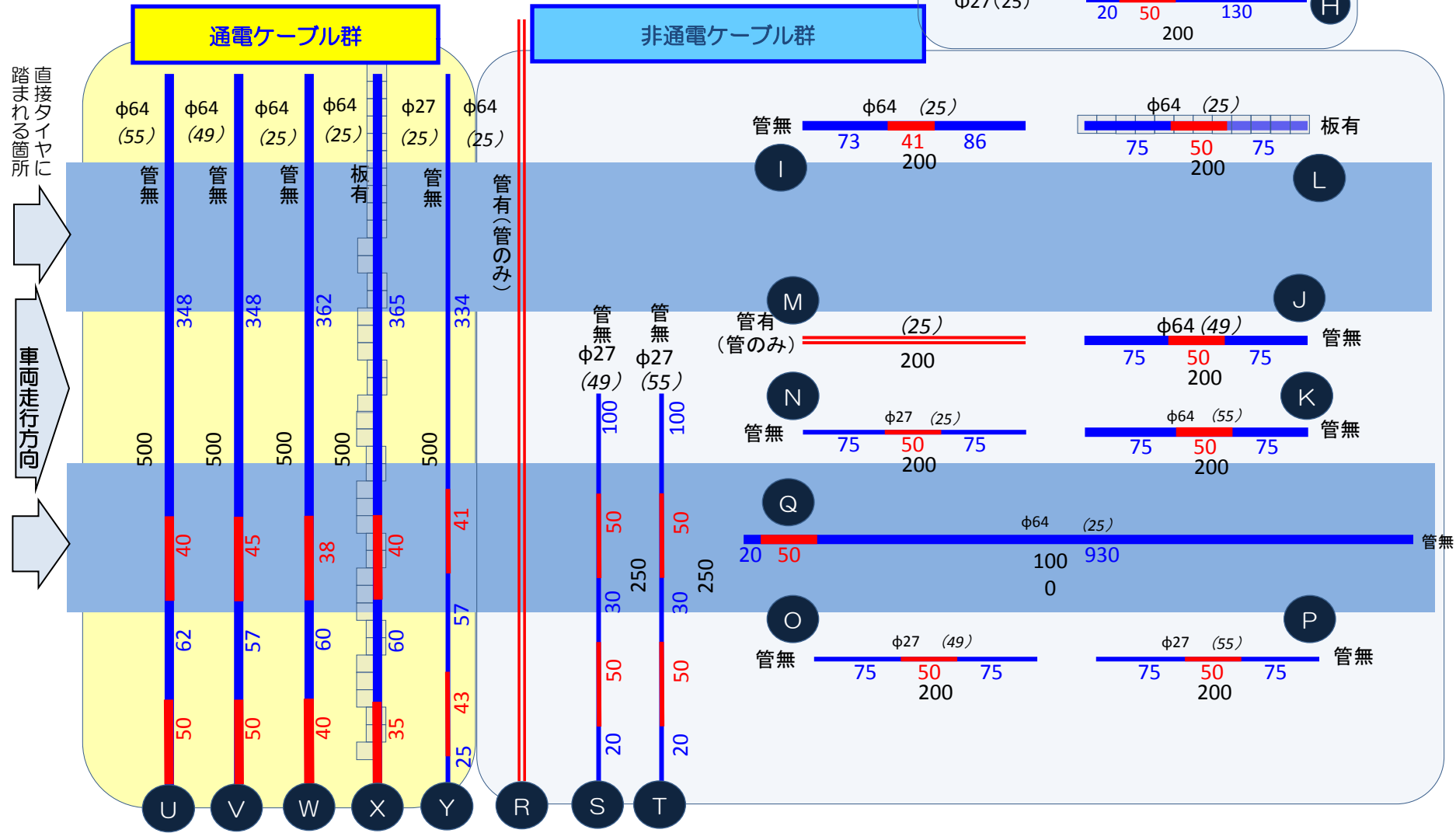
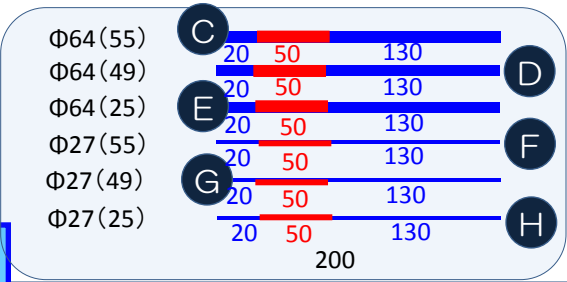
○電気性能試験は全て適合

○外傷試験において、シースの貫通及びシース厚不足で不適合

対象物	試験項目	基準値	結果	判定
CVQ ケーブル	①交流電圧絶縁耐力試験	試験電圧に耐えること 漏れ電流値の著しい上昇がないこと	絶縁破壊なし 漏れ電流値の著しい上昇なし	適合
	②絶縁抵抗試験	CVQ250mm ² : 930MΩ・km以上 CVQ 22mm ² : 1267MΩ・km以上	CVQ250mm ² : 1120~9990MΩ・km CVQ 22mm ² : 1770~8550MΩ・km	適合
	③雷インパルス試験	試験電圧に耐えること	絶縁破壊なし	適合
	④導体抵抗測定	導体抵抗値の著しい上昇がないこと	導体抵抗値の著しい上昇なし	適合
	⑤耐電圧試験 (高電圧破壊試験)	規定なし	破壊電圧値の著しい低下なし CVQ250mm ² : 58.8kV~82.5kV CVQ 22mm ² : 44.9kV~66.1kV	適合
	⑥絶縁体及びシースの引張試験及び伸び試験	絶縁体 引張強さ: 10MPa以上 伸び: 200%以上 シース 引張強さ: 10MPa以上 伸び: 120%以上	(絶縁体) 引張強さ: 14.0~24.2MPa 伸び: 217~676% (シース) 引張強さ: 15.6~18.7MPa 伸び: 214~322%	適合
	⑦なみのり試験	移動量10cm以下(ケーブル長10mあたり)	移動量 CVQ250mm ² : 4.0mm < 100mm	適合
管材	⑧外傷検査 (目視、触手)	規定なし	クラック等の破損なし	適合
CVQ ケーブル	⑧外傷検査 (目視、触手)	規定なし	シース貫通傷あり	不適合
	⑨外傷検査 (デジタルスコープ、レーザー スコープ、輪郭測定、非破壊検査)	(ケーブル強度) ケーブルは車両その他の重量物の圧力に耐えること (傷の深さ) 必要厚さを満たしていること 絶縁体厚さ: 標準値の80%以上 シース厚さ: 標準値の85%以上	(ケーブル強度) シースの貫通及び必要厚さを不足より、ケーブルの強度は輪荷重に耐えられず (シースの厚さ) CVQ250mm ² : 0.1~1.6mm > 1.5mm CVQ 22mm ² : 貫通~1.4mm > 1.3mm	不適合

(1) 車両走行試験における外傷検査対象部位図

— : 測定箇所 (単位: cm)



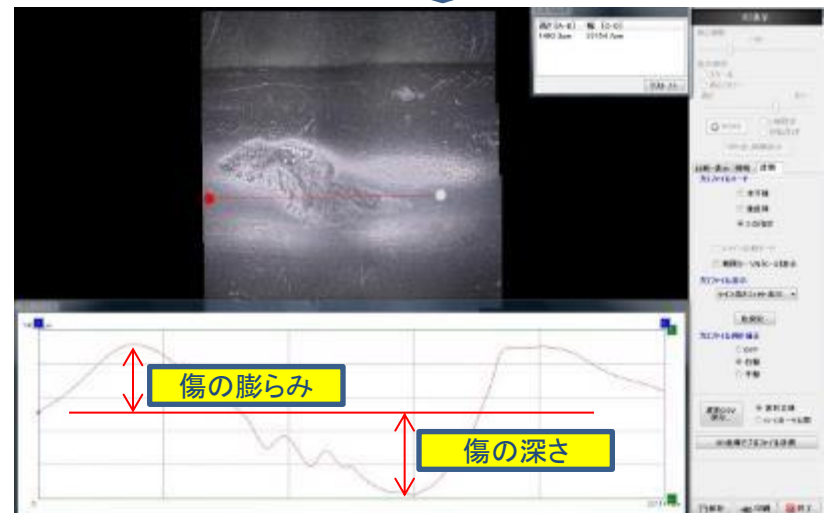
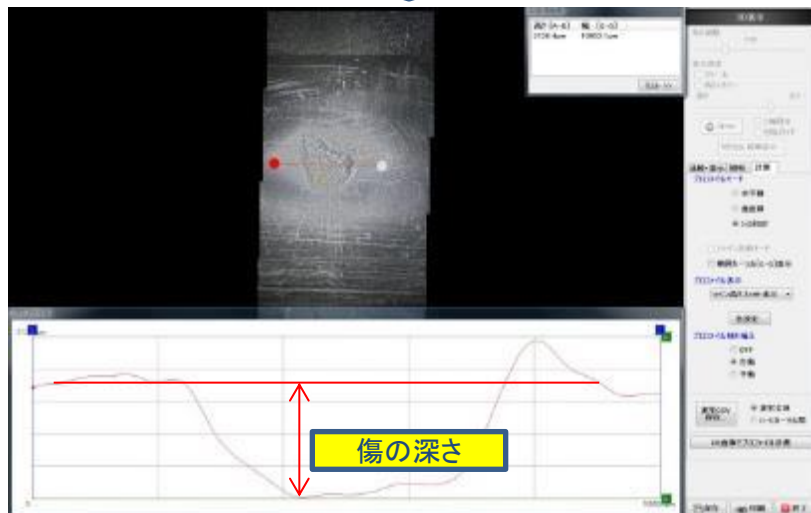
直接タイヤに
接触する箇所

可動走行車

(2) 車両走行試験における外傷検査結果

傷の深さ測定方法

○デジタルマイクロスコープを用いて傷の深さを測定



(2) 車両走行試験における外傷検査結果

○ほぼ全てのケーブルの残存シース厚が規定外であった。

ただし、一部の埋設深さ55cmのケーブルについては規定内であった。

○管は亀裂などもなく、規定内であった。

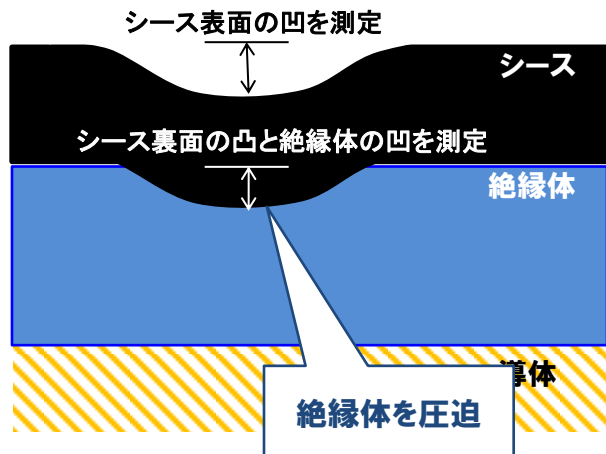
試験目的	走行方向に対する配置	条件		供試体	⑧⑨外傷検査					
		ケーブル種	埋設深さ		試験前	試験後		基準	評価	
					傷の有無	傷の有無	残存シース厚			
輪荷重による影響	並行配置	CVQ250	55cm(砂)	K	傷無	傷有	1.541mm	○○ 残存シース厚 標準シース厚 厚さ(1 C C . V V 8 Q Q m 2 m 2 5) 2 0 の : : 8 1 1 5 . . % 2 5 以 8 3 上 m m m m	規定内○	
			49cm(砂)	J	傷無	傷有	1.112mm			規定外×
			25cm	I	傷無	傷有	1.086mm			規定外×
		CVQ22	55cm(砂)	P	傷無	傷有	0.116mm			規定外×
			49cm(砂)	O	傷無	傷有	1.267mm			規定外×
			25cm	N	傷無	傷有	1.166mm			規定外×
	垂直配置	CVQ22	49cm(砂)	S	傷無	貫通	0mm			規定外×
通電と輪荷重による影響	垂直配置	CVQ250	55cm(砂)	U	傷無	傷有	0.791mm			規定外×
			49cm(砂)	V	傷無	傷有	0.353mm			規定外×
			25cm	W	傷無	傷有	0.061mm			規定外×
		CVQ22	25cm	Y	傷無	傷有	0.991mm	規定外×		
防護板による輪荷重及び掘削作業の影響軽減調査	通電・垂直配置	CVQ250	25cm	X	傷無	傷有	0.304mm	規定外×		
車両通行による変位(波乗り現象)を調査	並行配置	CVQ250	25cm	Q	傷無	傷有	1.268mm	規定外×		
25cmに埋設した管が受ける影響	垂直配置	SVP130	25cm	R	傷無	外径寸法 管厚 引張	147.6mm 8.7~9.0mm 53.1MPa	規定内○		

※埋設深さ欄の(砂)は埋設時にケーブル周りに砂による保護を行ったもの

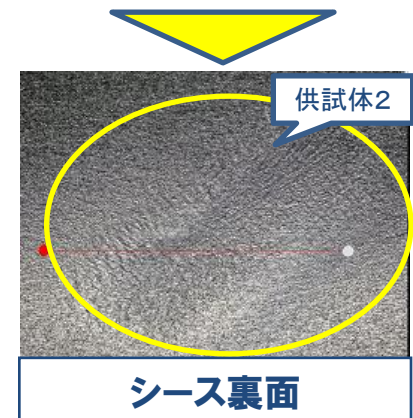
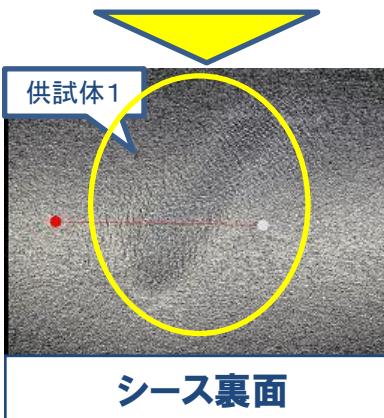
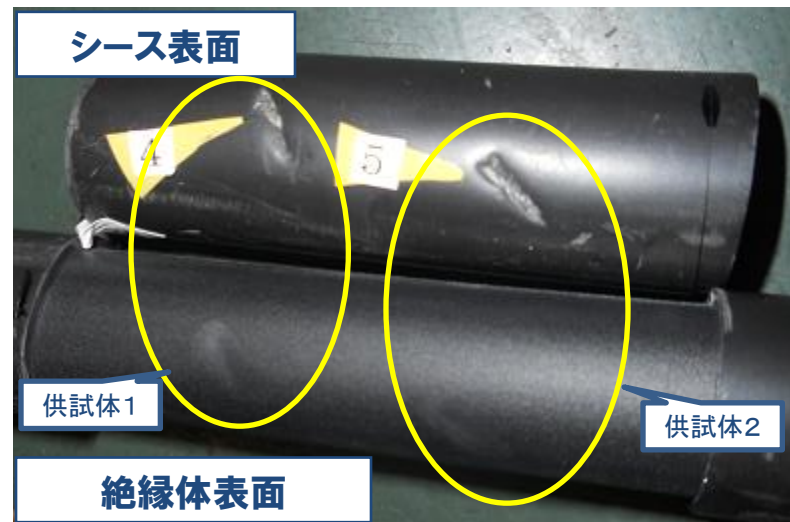
(3)絶縁体の確認

○3か所の供試体を解体後、デジタルマイクロスコープを用い、シース表面、シース裏面、絶縁体表面の凹凸を測定した結果、絶縁体の表面に凹が確認され圧迫されていることを確認した。
 外傷はシースのみでなく、絶縁体にも影響が及んでいることが確認された。

発生している現象のイメージ



供試体1・2(W車輪内)



単位:mm

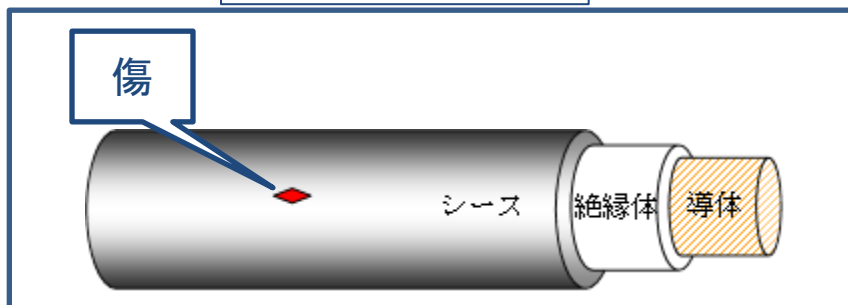
	供試体1	供試体2
シース表面凹	0.5811	0.4199
シース裏面凸	0.1624	0.1424
絶縁体表面凹	0.1797	0.1183

(4)ふくらみ傷の確認

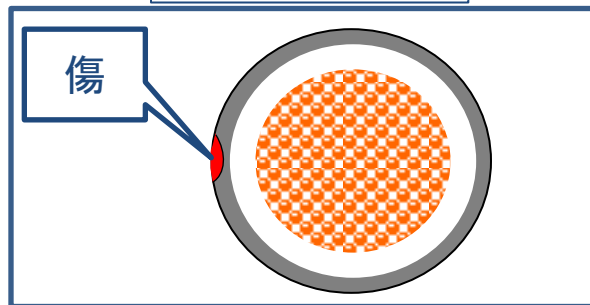
(1)非破壊検査方法

- ケーブルを解体せずX線による撮影を実施し、内部の状態を確認
- 一つの傷を3方向より撮影し、傷の深さや、傷付近の空隙を確認

ケーブル傷の状態



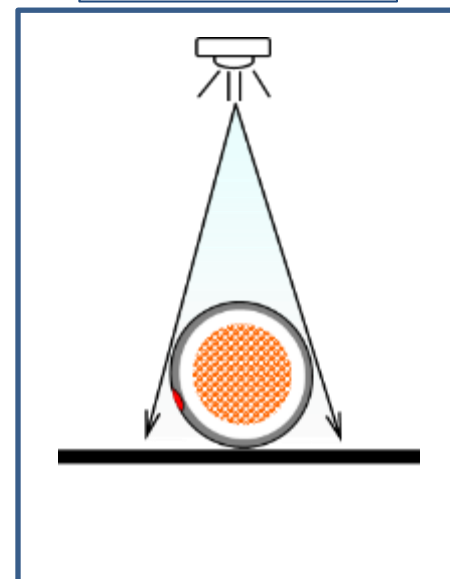
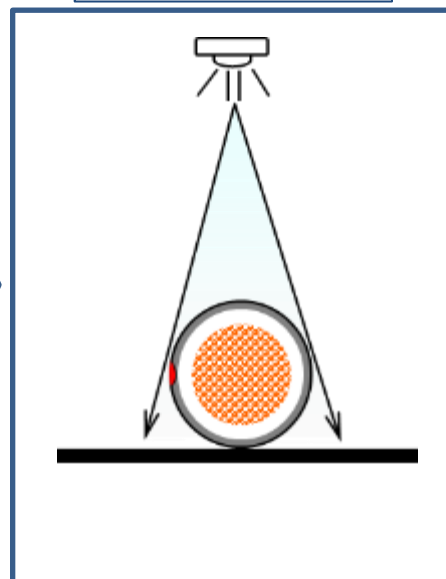
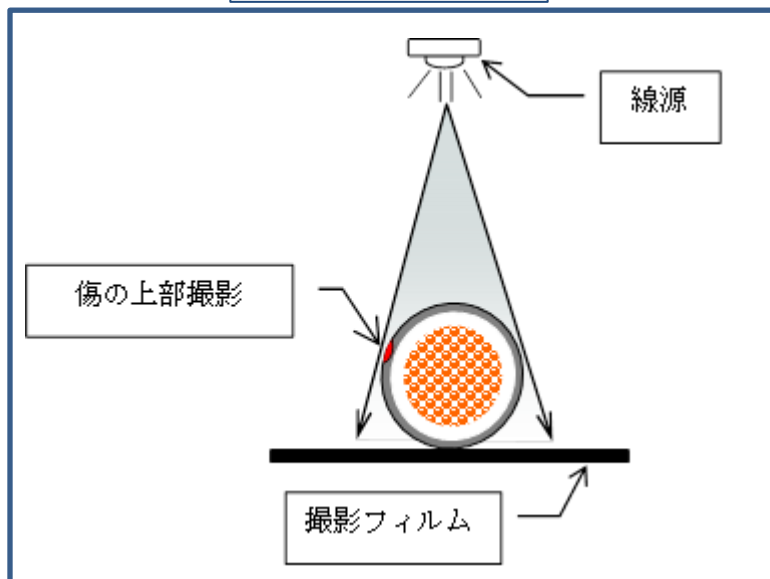
ケーブル断面



撮影位置①

撮影位置②

撮影位置③



(4)ふくらみ傷の確認(つづき)

(2)非破壊検査結果

○空隙の有無や内部の状態は非破壊検査では確認できず

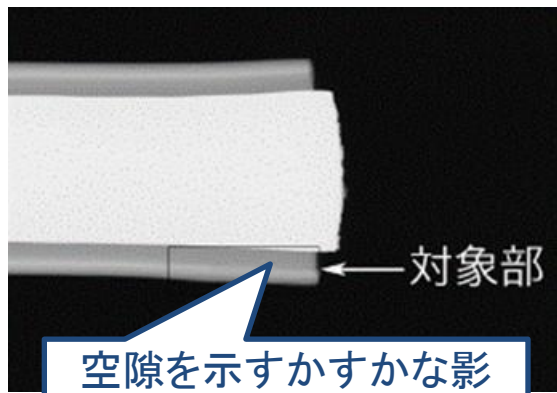
サンプルケーブル

空隙を意図的に作成

ピンを差込んだ空隙



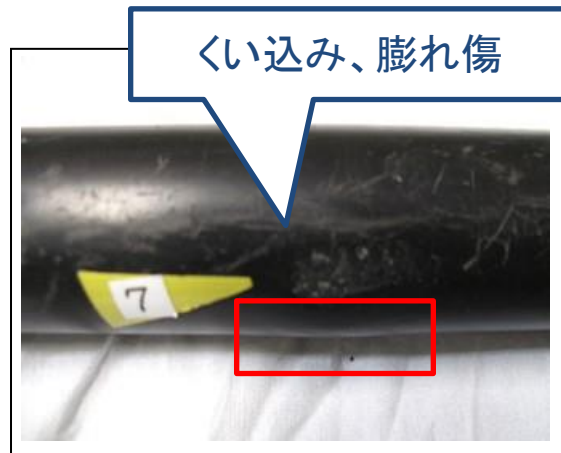
X線撮影での映像



空隙を示すかすかな影が見えるが、断定できず

走行試験実施ケーブル(w)

くい込み、膨れ傷



拡大



絶縁体

シース

境目に影がないので、空隙はないと推定されるが断定まではできず

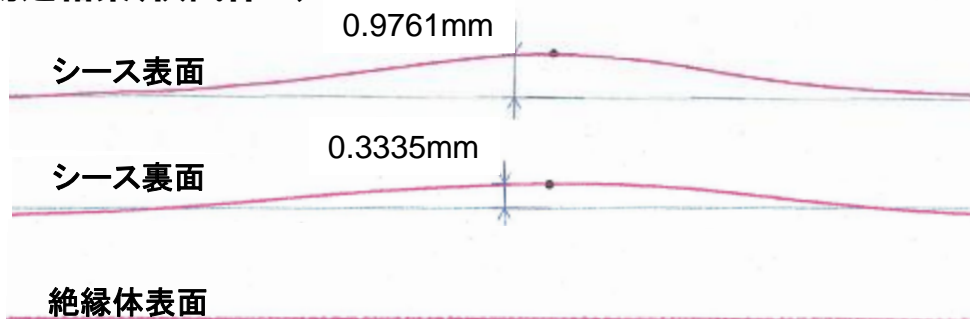
(4)ふくらみ傷の確認(つづき)

(3)輪郭測定結果

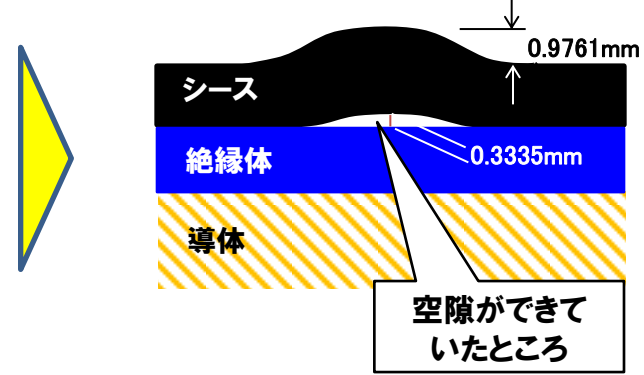
○供試体を解体し輪郭測定器を用い凹凸を測定した結果、空隙が出来ていたことが分かった。



測定結果(供試体2)



発生している現象のイメージ



単位:mm

	供試体1	供試体2	供試体3
シース表面	0.1452	0.9761	0.4883
シース裏面	0.2492	0.3335	0.2230
絶縁体表面	0	0	0

差分が空隙

輪郭測定器



測定状況

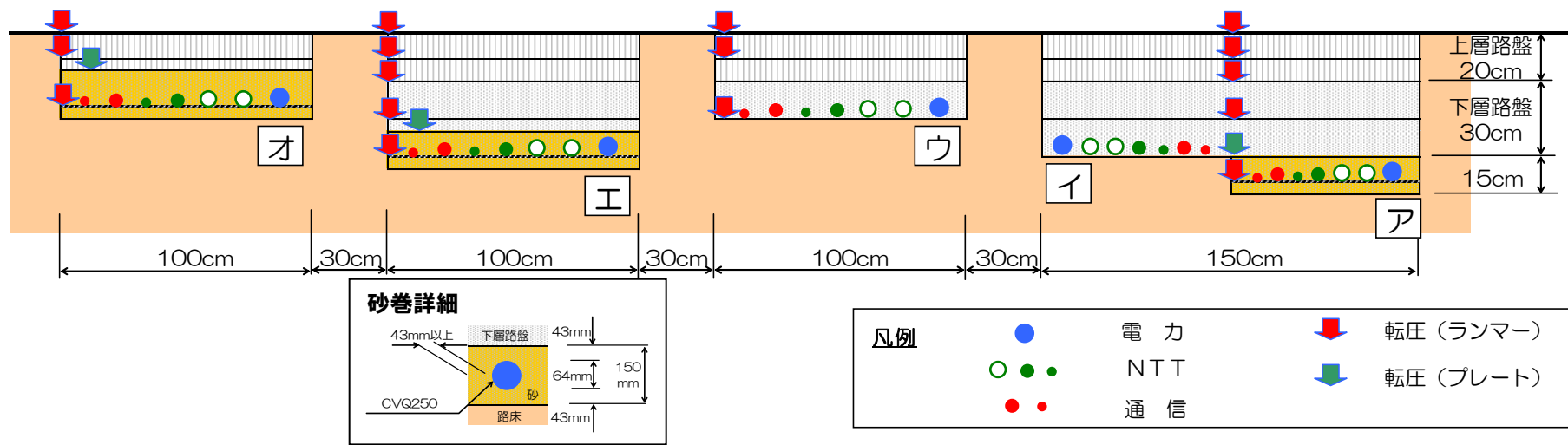


3. 試験施工結果

(1) 施工方法

ケーブルを敷設した後、転圧作業を行なったのみでケーブルを掘り起こし、施工によるケーブルの損傷状況を確認する。

施工断面図



ケーブル敷設【砂巻】



ケーブル敷設【碎石】



転圧状況【プレート】

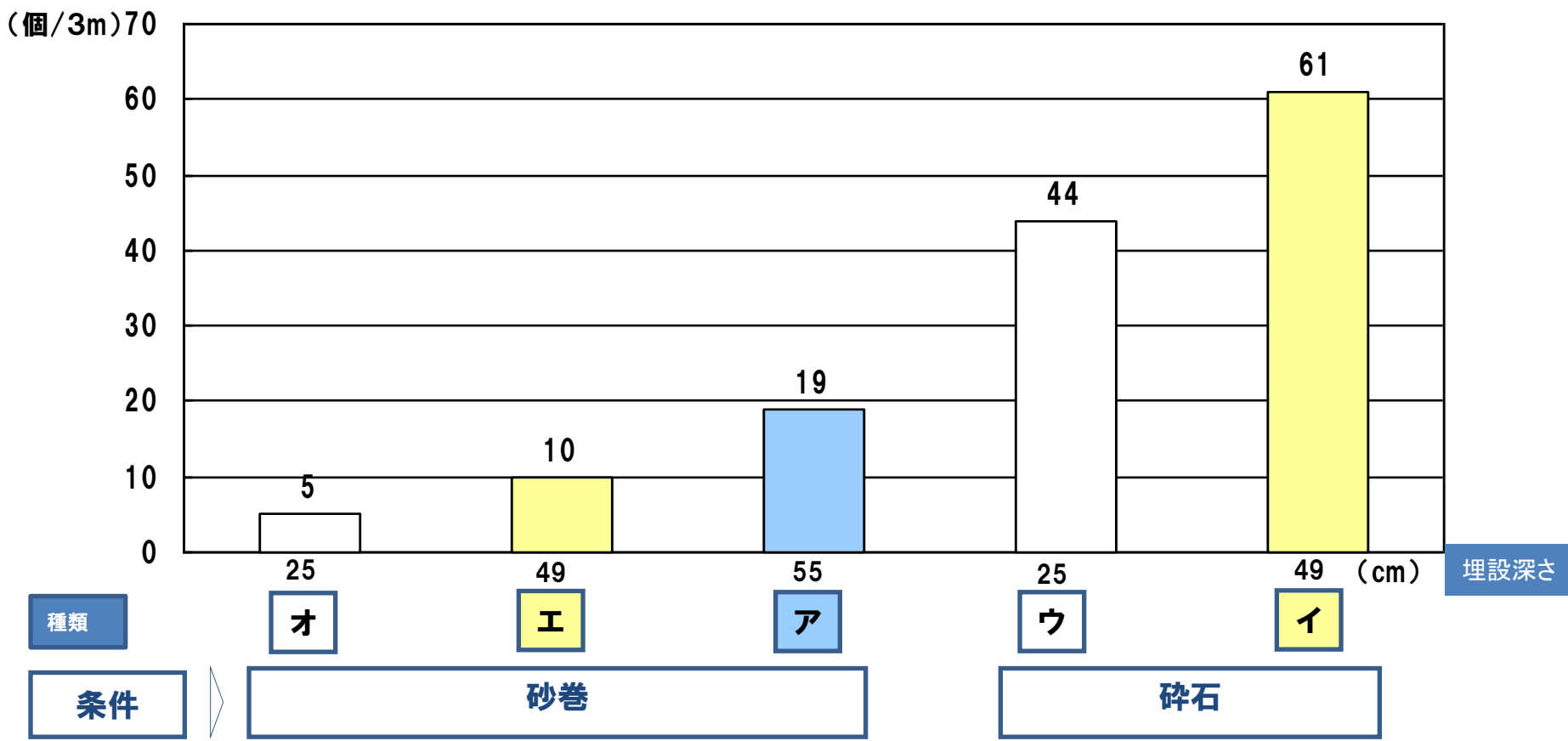


転圧状況【ランマー】

3. 試験施工結果(つづき)

(2)傷(幅5mm以上)の個数

- ケーブル回りの埋戻しは、砂巻より碎石の方が傷が発生しやすい。
- 埋設深さは深いほうが、転圧回数が多くなるので傷が発生しやすい。
※走行試験結果との相違は、最終地ならしにおける重機類未使用等によるものと思われる。
※砂巻の傷についてはすり傷程度であった。

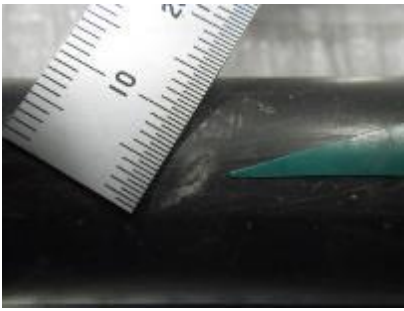
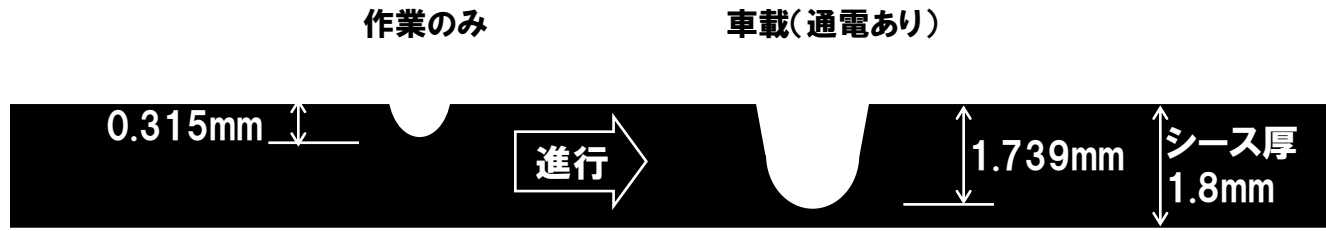


3. 試験施工結果(つづき)

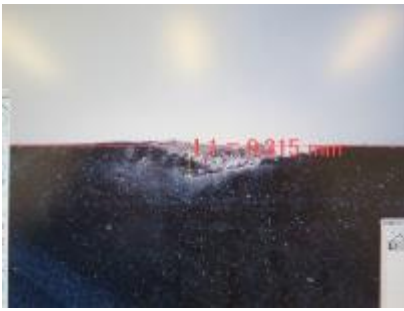
(3) 走行試験との比較

○施工のみと走行試験との比較から、車両通過等(通電あり)により、傷の深さは進行していくことが明らかになった。

	作業のみ イ	車載(通電あり) W	考 察
傷の個数(個/m)	14.7	11.3	あまり差異がない
傷の最大深さ(mm)	0.315	1.739	明らかに差が出ている



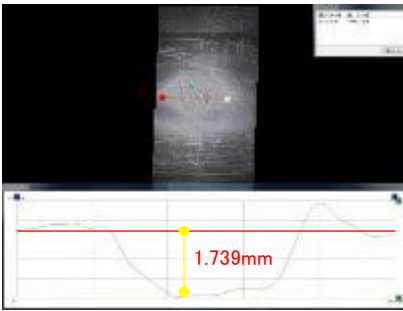
表面観察【イ】



傷の深さ【イ】



表面観察【W】



傷の深さ【W】

4. 関電工の考察

〔考察〕

(1) 走行試験におけるCVQケーブルへの影響

全てのCVQケーブルのシースに多くの傷が確認された。このうち、シースの貫通が1カ所、必要なシースの厚さ不足が複数箇所確認された。また、絶縁体に圧迫の痕跡があり、絶縁体に直接的に影響を与えていることが確認できた。これらは、碎石がシースに大きく食い込んだことにより生じたものであった。

(2) CVQケーブルシースの強度不足

シースの貫通、減肉によるシース厚さ不足に至ったことから、現行舗装に布設するにはシースの強度に課題があるものと考えられる。

(3) CVQケーブルシースの変形

シースの傷には膨らみを伴うものが数カ所確認された。非破壊検査(X線透過検査)では、絶縁体とシース間の空隙の有無は明確に確認できなかったが、ケーブル解体後の輪郭測定により、空隙があったことがわかった。

(4) CVQケーブルの経年的影響

本試験終了時における電気性能試験は異常はなかったが、長期使用による影響はわからない。

(5) 防護板の有効性

今回の試験では、防護板の有無により傷の数に有意な差は見られなかったため、防護板の有効性は判断できない。

(6) SVP管の有効性

SVP管に亀裂などの有害な損傷はなく、道路構造にも影響を与えなかったため、管材の浅層埋設は有効な方策と考えられる。

(7) ケーブル保護材としての砂の有効性(碎石と比較)

碎石に比べ、砂の場合は傷の数が少なく、傷も浅いことから保護材として効果があると考えられる。

(8) 埋設作業による影響(試験施工)と車両走行・通電による影響

埋設作業断面では深い位置に埋設されたケーブルほど、傷の数が多いが、車両走行・通電が行われると浅い位置の方が傷が多くなる。また、傷の深さ原因となっている碎石の除去ができないため、年々進行していくものと考えられる。

5. 参考資料 試験結果詳細

試験実施時期

(イ)埋設前 (ロ)耐荷重試験前 (ハ)耐荷重試験中 (ニ)耐荷重試験後 (ホ)掘り起し後の室内試験

対象物	試験項目	試験実施時期	要件	基準値	結果	判定
CVQケーブル (250、22mm ²)	①交流電圧絶縁耐力試験	(イ)～(ホ)	試験電圧:3,000V(250mm ²)、2,000V(22mm ²) 試験時間:1分間	(イ)、(ホ) 試験電圧に耐えること (ロ)～(ニ) 漏れ電流値の著しい上昇がないこと	(イ)、(ホ) 絶縁破壊なし (ロ)～(ニ) 漏れ電流値の著しい上昇なし	適合
	②絶縁抵抗試験	(イ)～(ホ)	試験電圧:直流1,000V 試験時間:1分間	(イ)、(ホ) CVQ250mm ² :930MΩ・km以上 CVQ 22mm ² :1267MΩ・km以上 (ロ)～(ニ) 絶縁抵抗値の著しい低下がないこと	(イ)、(ホ) 絶縁抵抗値は規定値内 CVQ250mm ² :1120～9990MΩ・km CVQ 22mm ² :1770～8550MΩ・km (ロ)～(ニ) 絶縁抵抗値の著しい低下なし	適合
	③雷インパルス試験 (耐電圧スパーク試験)	(ホ)	試験電圧:15000V、電圧波形:1～50μ s	試験電圧に耐えること	絶縁破壊なし	適合
	④導体抵抗測定	(イ)～(ニ)	試験電圧:直流1000V	導体抵抗値の著しい上昇がないこと (参考) CVQ250mm ² :73.9mΩ/km以下 35m換算値:2.59mΩ(20℃)、35m換算値:3.31mΩ(90℃) CVQ 22mm ² :832mΩ/km以下 18m換算値:15.0mΩ(20℃)、18m換算値:19.2mΩ(90℃)	(ロ～ニ) 導体抵抗値の著しい上昇なし (参考)CVQ250mm ² :4.2～7.5mΩ、CVQ 22mm ² :48.3～54.4mΩ (イ)CVQ250mm ² :2.99～3.29mΩ、CVQ 22mm ² :15.2～15.2mΩ	適合
	⑤耐電圧試験 (高電圧破壊試験)	(イ)、(ホ)	破壊電圧を供給	規定なし	破壊電圧値の著しい低下なし CVQ250mm ² :58.8kV～82.5kV CVQ 22mm ² :44.9kV～66.1kV	適合
	⑥絶縁体及び外装(シース)の引張試験及び伸び試験	(ホ)	絶縁体 引張速度 50～200mm/分 外装(シース) 引張速度 200～500mm/分	絶縁体 引張強さ:10MPa以上、伸び:200%以上 シース 引張強さ:10MPa以上、伸び:120%以上	絶縁体の引張強さ及び伸びは規定値内 引張強さ:14.0～24.2MPa、伸び:217～676% シースの引張強さ及び伸びは規定値内 引張強さ:15.6～18.7MPa、伸び:214～322%	適合
	⑦なみのり試験	(イ)、(ホ)	なみのり現象によるケーブル埋設位置のずれを測定	移動量10cm以下(ケーブル長10mあたり)	移動量 CVQ250mm ² :4.0mm<100mm	適合
管材(SVP130)	⑧外傷検査(目視、触手)	(イ)、(ホ)	・手にひっかる傷の個数及び長さを測定	規定なし	輪荷重の圧力に耐えクラック等の破損なし	適合
CVQケーブル (250、22mm ²)	⑧外傷検査(目視、触手)	(イ)、(ホ)	・手にひっかる傷の個数及び長さを測定	規定なし	シース貫通傷あり。変形ひずみについては参考データ (変形) CVQ250mm ² :0～0.15mm、CVQ 22mm ² :0～0.10mm (ひずみ率) CVQ250mm ² :0～0.54%、CVQ 22mm ² :0～0.92%	不適合
	⑨外傷検査 (目視、触手、デジタルスコープ、レーザースコープ、輪郭測定、非破壊検査)	(イ)、(ホ)	・目視、触手による傷の数。 ・スコープ等により、傷の大きさ(長さ、幅、深さ)、表面の平滑度、色を調査。 ・顕微鏡によるシース厚の測定。 ・シース裏面の傷の有無。 ・絶縁体の傷の有無。	(ケーブル強度) 直接埋設式のケーブルは車両その他の重量物の圧力に耐えること (傷の深さ) 必要厚さを満たしていること 絶縁体厚さ:標準値の80%以上 シース厚さ:標準値の85%以上	傷の深さの程度がシースを貫通させたもの、又は必要厚さを下回ったものが確認されたことから、ケーブルの強度は輪荷重に耐えられるものではなかった。 (シースの厚さ) CVQ250mm ² :0～1.6mm>1.5mm、CVQ 22mm ² :0～1.4mm>1.3mm ※0mmはシースを貫通させた傷	不適合

5. 参考資料 車両走行試験時のケーブル外傷検査(個数計測)結果

(1) 傷の個数と最大傷の大きさ

①CVQ250mm²

条件			NO	種類	埋設 深さ	4相の平均 個数 (個/10cm)	最大傷 (mm)		
非 走 行	非 通 電		E	Q250	25cm	46			
			D	Q250	49cm	40			
			C	Q250	55cm	27			
非 通 電	走 行 路 に 平 行 設 置	車輪外	I	Q250	25cm	24	9 7 14 4		
		車輪外	J	Q250	49cm	10	8 12 9 15		
		車輪外	K	Q250	55cm	7	10 16 5 8		
		車輪外	L	Q250 (板有り)	25cm	35	14 7 10 5		
		車輪内	Q	Q250	25cm	66			
	走 行	通 電	走 行 路 に 垂 直 設 置	車輪外	W	Q250	25cm	63	(黒相) 16 (赤相) 10 (白相) 10 (緑相) 5
				車輪内				65	
			車輪外	X	Q250 (板有り)	25cm	45	(黒相) 20 (赤相) 30 (白相) 12 (緑相) 9	
			車輪内				47		
			車輪外	V	Q250	49cm	40	(黒相) 6 (赤相) 7 (白相) 3 (緑相) 3	
車輪内	31								
車輪外	U	Q250	55cm	28	(黒相) 10 (赤相) 4 (白相) 10 (緑相) 10				
車輪内				42					

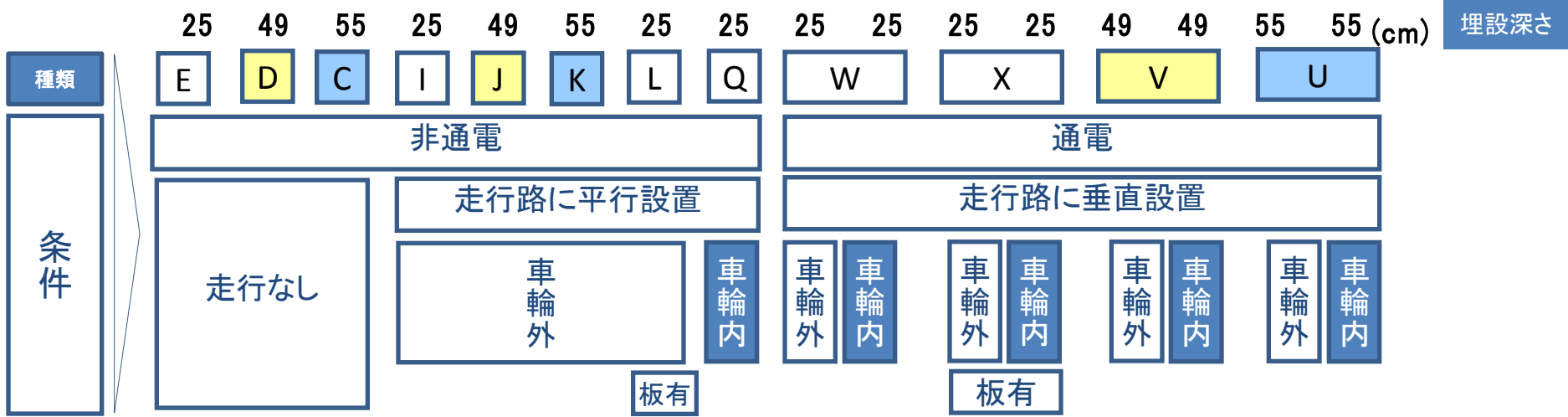
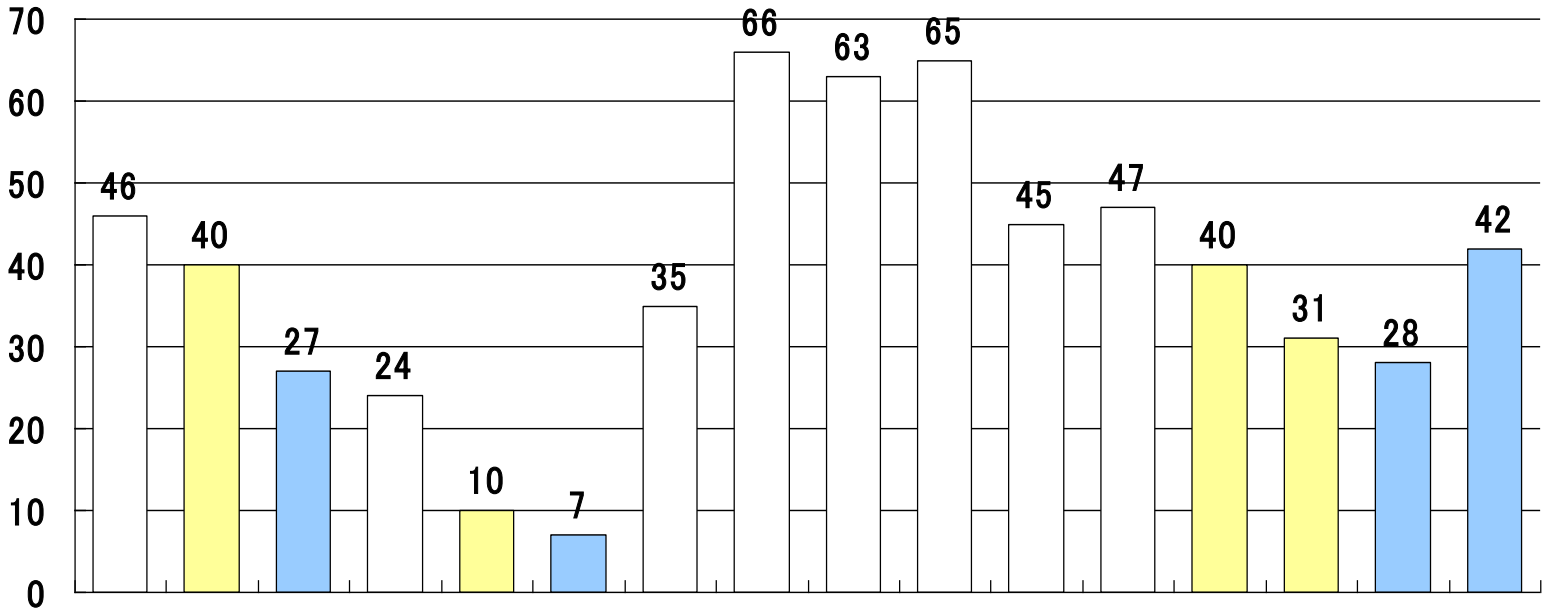
②CVQ22mm²

条件			NO	種類	埋設 深さ	4相の平均 個数 (個/10cm)	最大傷 (mm)	
非 走 行	非 通 電		H	Q22	25cm	10		
			G	Q22	49cm	9		
			F	Q22	55cm	6		
走 行	非 通 電	走 行 路 に 平 行 設 置	車輪外	N	Q22	25cm	8	5 6 5 2.5
			車輪外	O	Q22	49cm	1	2 6 5 2
			車輪外	P	Q22	55cm	2	3 4 6 7
	通 電	走 行 路 に 垂 直 設 置	車輪外	Y	Q22	25cm	23	(黒相) 6 (赤相) 5 (白相) 7 (緑相) 8
			車輪内				27	
	非 通 電	走 行 路 に 垂 直 設 置	車輪外	S	Q22	49cm	3	(黒相) 4 (赤相) 9 (白相) 13 (緑相) 7
			車輪内				3	
			車輪外	T	Q22	55cm	3	(黒相) 2 (赤相) 3 (白相) 2.5 (緑相) 4
	車輪内	4						

5. 参考資料 車両走行試験時のケーブル外傷検査(個数計測)結果 (つづき)

(2) 傷数の比較(CVQ250mm²)

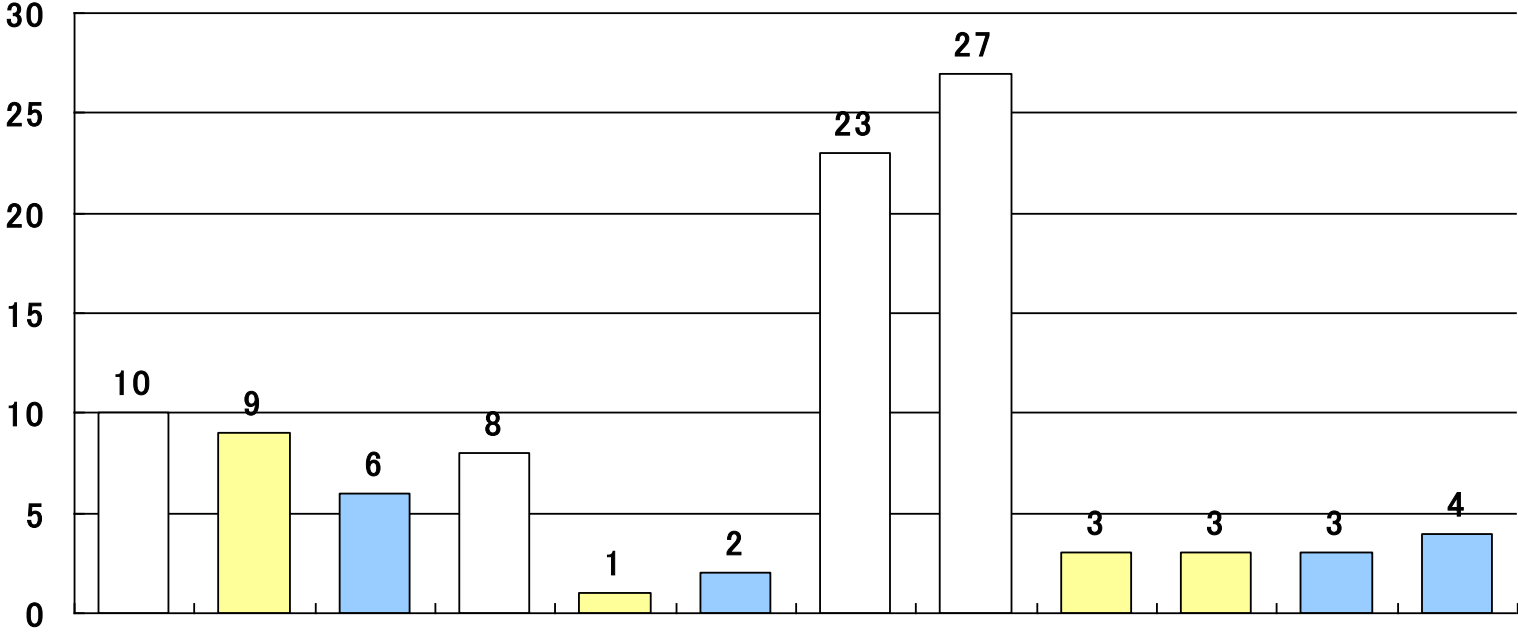
(個/10cm)



5. 参考資料 車両走行試験時のケーブル外傷検査(個数計測)結果 (つづき)

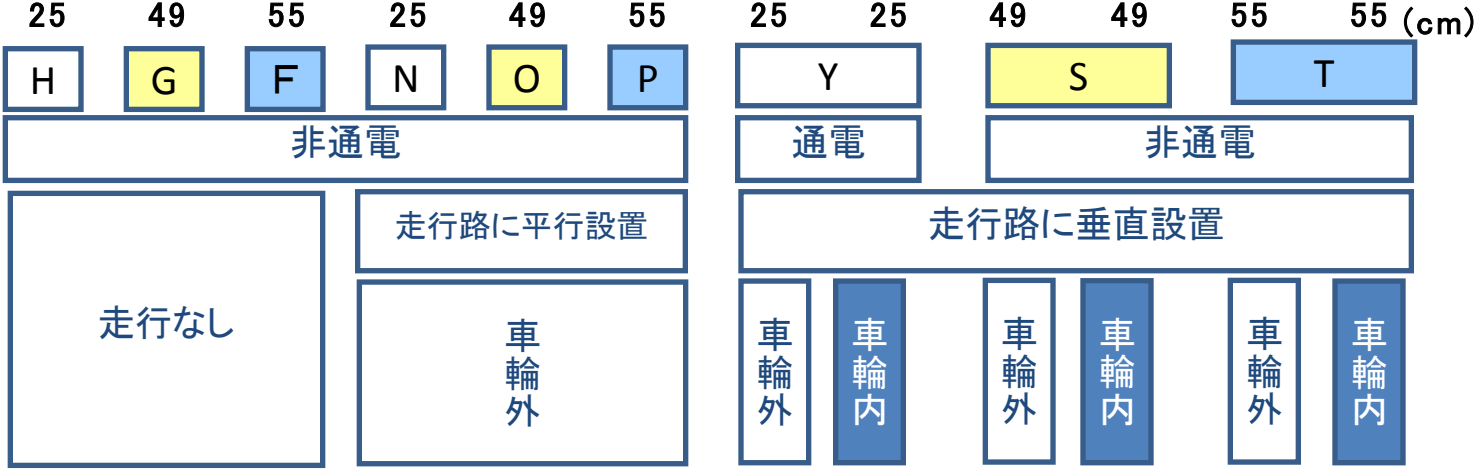
(3) 傷数の比較(CVQ22mm²)

(個/10cm)



種類

条件



埋設深さ

5. 参考資料 試験施工結果の詳細

条件	NO	種類	埋設深さ (cm)	個数 (個/3m)	最大長さ	残存シース厚
砂	オ	CVQ250	25	5	9mm	
砂	エ	CVQ250	49	10	10mm	
砂	ア	CVQ250	55	19	11mm	
碎石	ウ	CVQ250	25	44	13mm	1.675mm
碎石	イ	CVQ250	49	61	12mm	1.485mm

※砂巻の傷についてはすり傷程度であったため傷の深さは測定しなかった。

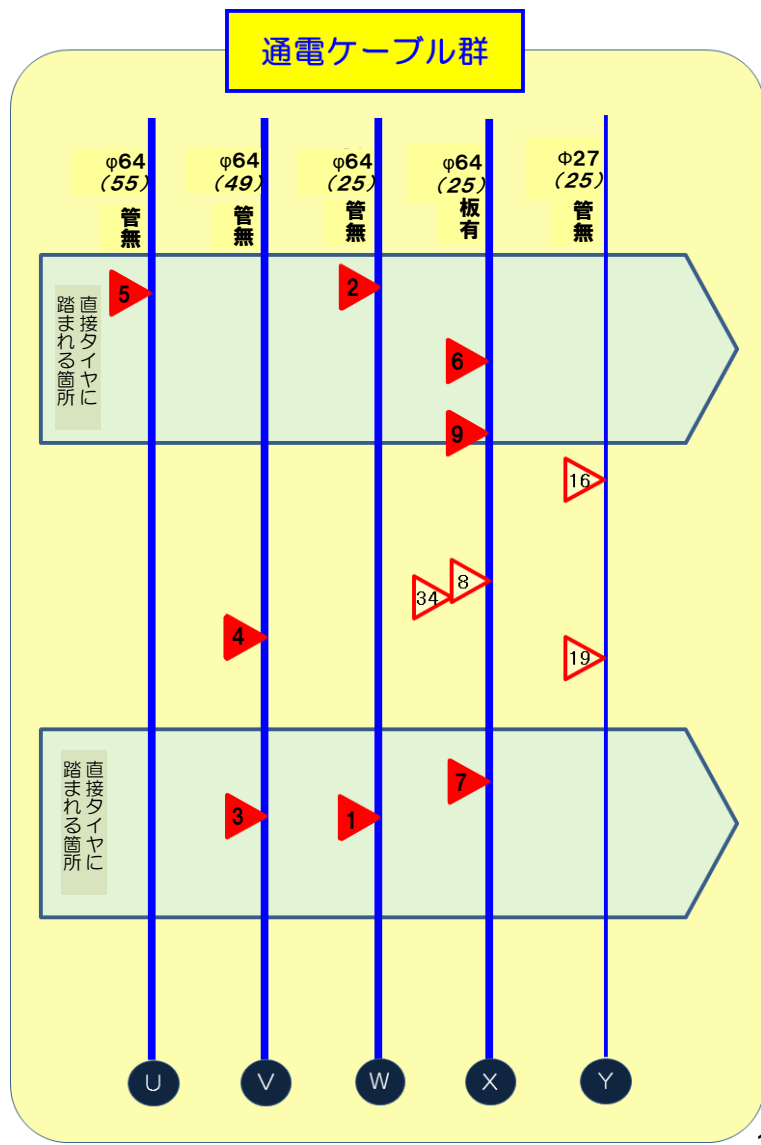
5. 参考資料【参考】進行性傷の発生箇所

○試験データ(進行性傷を抜粋)

試料No	ケーブル	線心識別	起点からの距離 (cm)	長さ(mm)	幅(mm)	深さ(mm)
1	W	黒相	371	7.1	5.8	1.739
2	W	白相	92	5.4	4.7	0.844
3	V	黒相	372	3.2	2.2	1.447
4	V	緑相	293	2.7	2.1	1.210
5	U	白相	93	10.4	6.5	1.009
6	X	赤相	129	23.6	4.5	1.941
7	X	赤相	334	17.8	4.7	1.496
8	X	緑相	245	5.7	3.8	0.353
9	X	白相	171	7.7	3.2	1.384
16	Y	青相	217	4.3	3.2	0.509
19	Y	緑相	303	7.2	2.6	0.373
34	X	赤相	260	2.8	1.6	0.332

○発生箇所位置図

▶ 傷の深さが0.8mm以上のもの



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

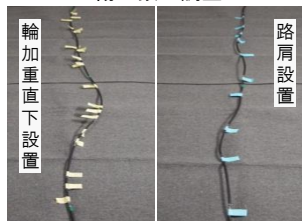
資料作成者：NTT

1. 傷の考え方

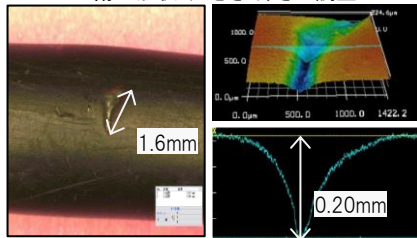
- 掘り起こしたケーブルの外被について、直接埋設・小径管収容におけるケーブル強度の低下、および埋設形態の違いによる傾向を評価するために、外観・材料特性・機械的特性について調査
- 直接埋設ケーブルの規格が存在せず、キズ程度・強度低下を判断する基準はないが、既存ケーブルの規格の流用や既知の故障事例との関連性をもとに判断基準を設定し定性的観点・定量的観点の両面から総合的に判断

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



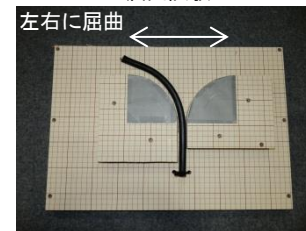
傷の形状・大きさ・深さの調査



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 C P I J F	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				
	路肩	172cm	なし					
		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				

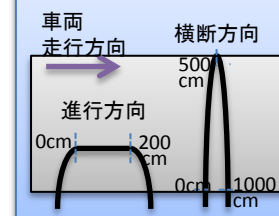
■ 基準外

□ 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。

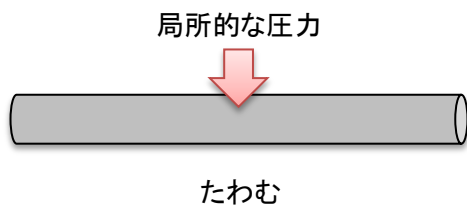
5. 参考資料：ケーブルの座屈に関する考察

「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られる。

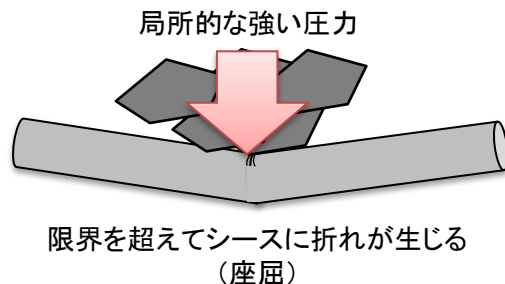
《座屈について》

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



同軸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)試験方法	3
(2)試験結果	5
(3)車両走行時 ケーブルの損傷等に関するまとめ ...	12
3. 試験施工結果	
(1)試験方法	13
(2)試験結果	14
(3)施工時 ケーブルの損傷等に関するまとめ	20
4. ケーブルの損傷に対する同軸メーカーの見解	21
5. 日本ケーブルテレビ連盟の考察	22

平成27年5月15日

資料作成者：日本ケーブルテレビ連盟

1. 傷の考え方

1. シース（外被）の傷

シース（外被）の傷については、以下の3パターンについて分類し評価する。

① 擦り傷

架空線の敷設及び工事使用時においても、通常発生する傷。

電気特性への影響を無視できるため、傷として判定しない（除外する）。

② つぶされ変形した傷

架空線での使用時には、通常発生しない傷。

内部（外部導体）が変形している恐れが大きく、構造上問題があるため傷と判定する。

（現状、JIS規格も含め、傷を定義する基準は無く、架空線使用時において、目視で傷が確認されたケーブルについては、張り替え等によるメンテナンスを実施している。）

③ シース（外被）を貫通した傷

架空線での使用時には、通常発生しない傷。

内部（外部導体）の変形の有無に関係なく、外部導体が直接外部環境の影響を受ける等、構造上に問題があり、傷として判定する。



1. 傷の考え方

2. 内部（外部導体）の傷

内部（外部導体）の傷については、以下の2つに分類し評価する。

④ つぶされ変形した傷

架空線での使用時には、**通常発生しない傷**。

内部（外部導体）が変形し、特性インピーダンス、減衰量、反射量等の電気特性へ影響を及ぼすため、傷として判定する。

⑤ 内部（外部導体）を貫通した傷

架空線での使用時には、**通常発生しない傷**。

構造上に問題があり、傷として判定する。



④ つぶされ変形した傷

(1) 試験方法

1. 試験方法

車両走行試験場の先行掘り起し、全線掘り起しで直接埋設、防護管を使用した同軸ケーブルならびに試験施工場で直接埋設した同軸ケーブルについて、目視による傷（手にひっかかる傷）を形状毎、個数計測をする。

2. 被試験ケーブル

(1) 先行掘り起し（車両走行試験場）

先行埋設したケーブル10mについて測定する。

(2) 全線掘り起し（車両走行試験場）

埋設区間のケーブル全長50mの内、進行方向については、図1の①側から10m、横断方向については②側から10mについて測定する。

(3) 試験施工

試験施工で埋設したケーブル3mについて測定する。

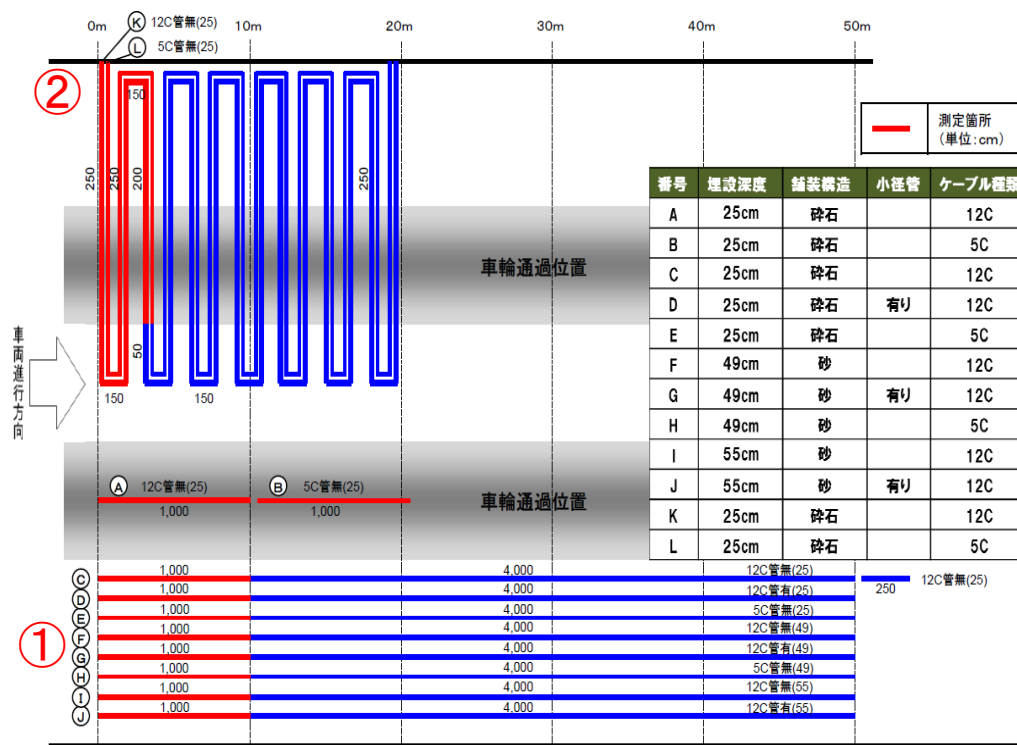


図1

(1) 試験方法

3. 車両走行試験のケーブル配置とケーブル番号

(1) 先行掘り起しケーブル

- 12C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号A
- 5C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号B

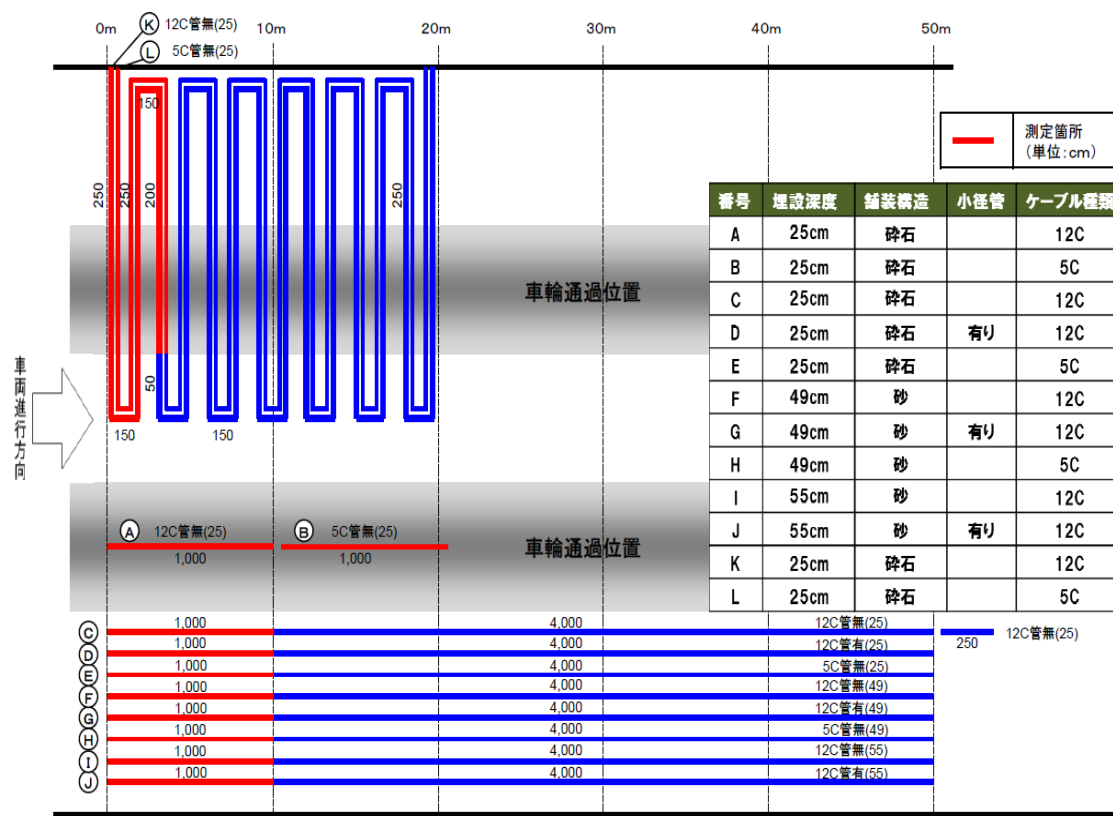
(2) 全線掘り起しケーブル

【進行方向】

- 12C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号C
- 12C・深度25cm・防護管あり：ケーブル番号D
- 5C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号E
- 12C・深度49cm・防護管なし：ケーブル番号F
- 12C・深度49cm・防護管あり：ケーブル番号G
- 5C・深度49cm・防護管なし：ケーブル番号H
- 12C・深度55cm・防護管なし：ケーブル番号I
- 12C・深度55cm・防護管あり：ケーブル番号J

【横断方向】

- 12C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号K
- 5C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号L



(2) 試験結果

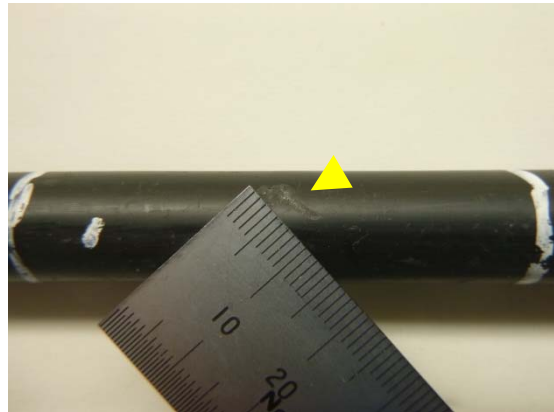
4. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況一覧

ケーブル番号	ケーブル種別	埋設深度	防護管の有無	砂防護層の有無	シース（外被）の傷				内部（外部導体）の傷			
					つぶされ変形した傷		貫通した傷		つぶされ変形した傷		貫通した傷	
					傷の数 (10m)	換算値 (10m)	傷の数 (10m)	換算値 (10m)	傷の数 (10m)	換算値 (10m)	傷の数 (10m)	換算値 (10m)
A 先行・輪直下	12C	25cm	無	無	24	24	0	0	15	15	0	0
B 先行・輪直下	5C	25cm	無	無	22	22	0	0	編組構造の為、計測不可			
C 全線・進行	12C	25cm	無	無	20	20	0	0	11	11	0	0
D 全線・進行	12C	25cm	有	無	0	0	0	0	0	0	0	0
E 全線・進行	5C	25cm	無	無	23	23	0	0	編組構造の為、計測不可			
F 全線・進行	12C	49cm	無	有	0	0	0	0	0	0	0	0
G 全線・進行	12C	49cm	有	有	0	0	0	0	0	0	0	0
H 全線・進行	5C	49cm	無	有	0	0	0	0	編組構造の為、計測不可			
I 全線・進行	12C	55cm	無	有	0	0	0	0	0	0	0	0
J 全線・進行	12C	55cm	有	有	0	0	0	0	0	0	0	0
K 全線・横断	12C	25cm	無	無	18	18	0	0	13	13	0	0
L 全線・横断	5C	25cm	無	無	13	13	0	0	編組構造の為、計測不可			

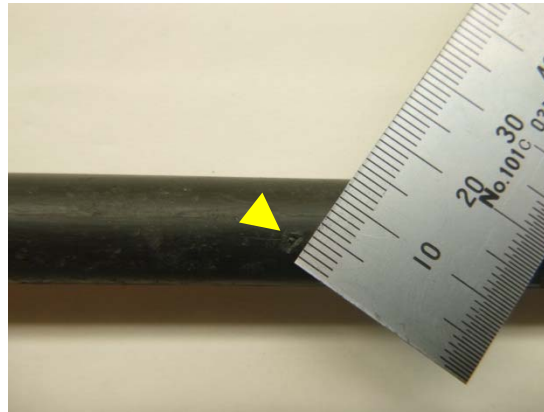
(2)試験結果

5. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況

《12C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号A》



【損傷】傷の大きさ（長さ）10mm

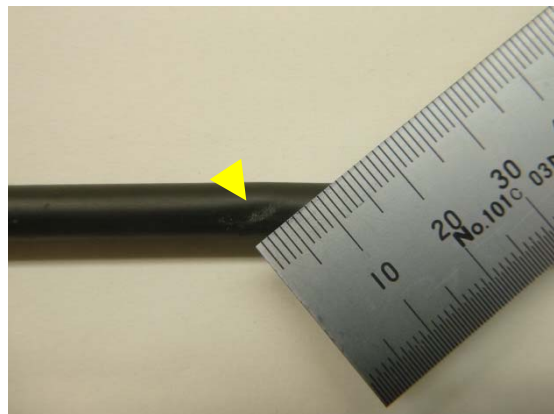


【損傷】傷の大きさ（長さ）3mm



【損傷】外部導体(内部構造)の変形

《5C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号B》



【損傷】傷の大きさ（長さ）4mm



【損傷】傷の大きさ（長さ）5mm



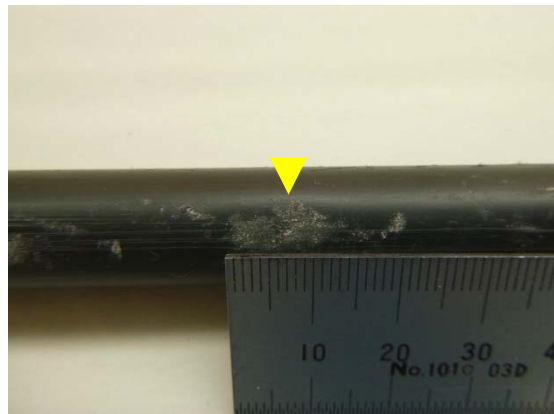
- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ①アスファルト混合物
- ②粒調碎石(M-30)
- ③クラッシュラン(C40)
- ④路床(土)

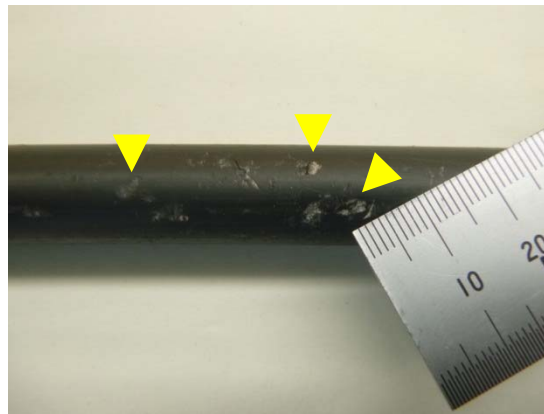
(2)試験結果

5. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況

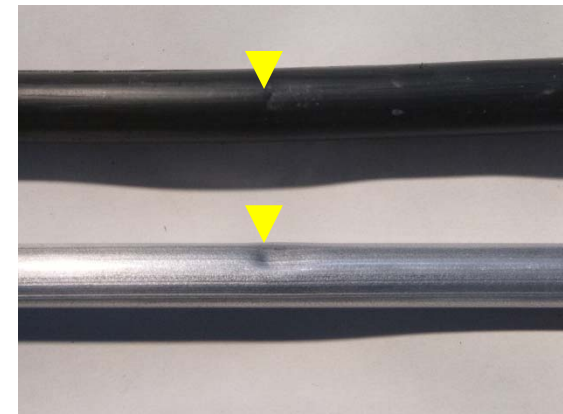
《12C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号C》



【損傷】 傷の大きさ（長さ）13mm



【損傷】 2～3mmの圧迫痕多数



【損傷】 外部導体（内部構造）の変形

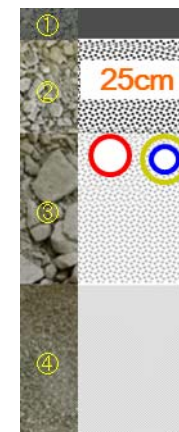
《12C・深度25cm・防護管あり：ケーブル番号D》



【検証外】 大きな傷無し



【検証外】 擦り傷



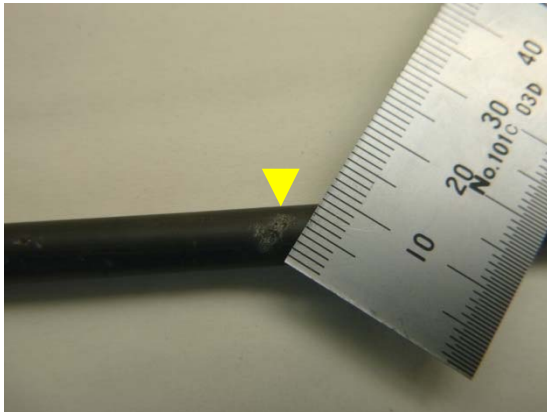
- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

(2) 試験結果

5. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況

《 5C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号E 》



【損傷】 傷の大きさ（長さ）5 mm



【損傷】 傷の大きさ（長さ）3 mm

《12C・深度49cm・防護管なし：ケーブル番号F 》



【検証外】 大きな傷無し

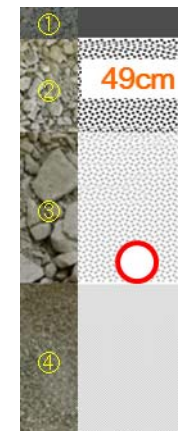


【検証外】 擦り傷



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)



(2) 試験結果

5. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況

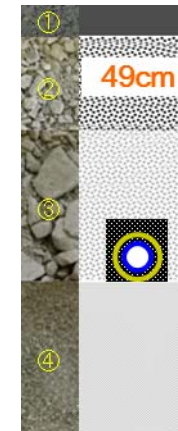
《12C・深度49cm・防護管あり：ケーブル番号G》



【検証外】傷無し



【検証外】傷無し



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層
- ① アスファルト混合物
- ② 粒調砕石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

《5C・深度49cm・防護管なし：ケーブル番号H》



【検証外】支障無い程度の小傷有り



【検証外】小傷箇所の拡大



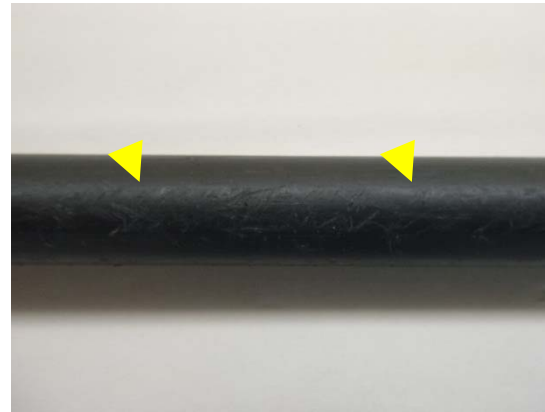
(2) 試験結果

5. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況

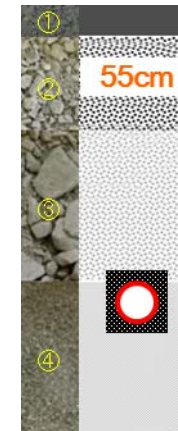
《12C・深度55cm・防護管なし：ケーブル番号I》



【検証外】大きな傷無し



【検証外】擦り傷



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調砕石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

《12C・深度55cm・防護管あり：ケーブル番号J》



【検証外】傷無し



【検証外】傷無し



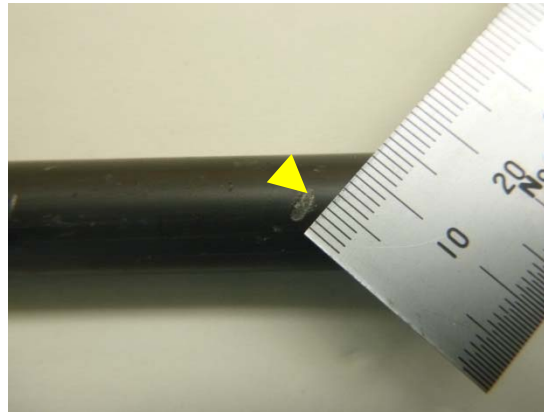
(2) 試験結果

5. 車両走行試験場のケーブルの損傷状況

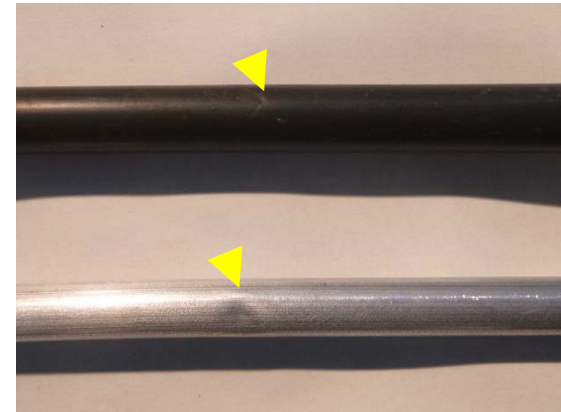
《12C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号K》



【損傷】 傷の大きさ（長さ）7 mm

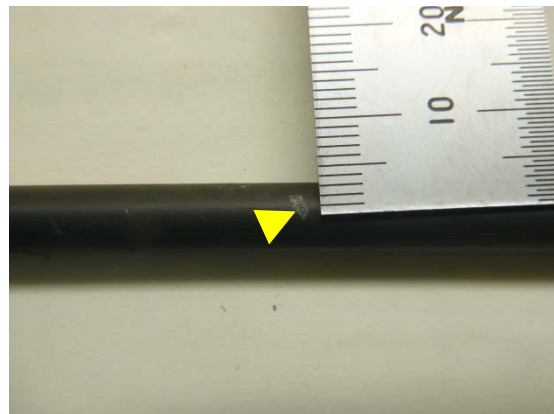


【損傷】 傷の大きさ（長さ）4 mm



【損傷】 外部導体 (内部構造) の変形

《 5C・深度25cm・防護管なし：ケーブル番号L》



【損傷】 傷の大きさ（長さ）3 mm



【損傷】 傷の大きさ（長さ）4 mm



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層
- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

(3) 車両走行時 ケーブルの損傷等に関するまとめ

車両走行時に関するケーブルの損傷等の確認結果

1. 路盤内に直接埋設されたケーブルについては、シース(外被)のみならず、内部(外部導体)への傷が認められた。

該当ケーブル番号: A B C E K L

⇒ ケーブルテレビのサービス品質維持上(継続性を含め)において適用できない。

2. 防護管を使用した埋設については、路盤材内においてもケーブルの損傷は認められない。

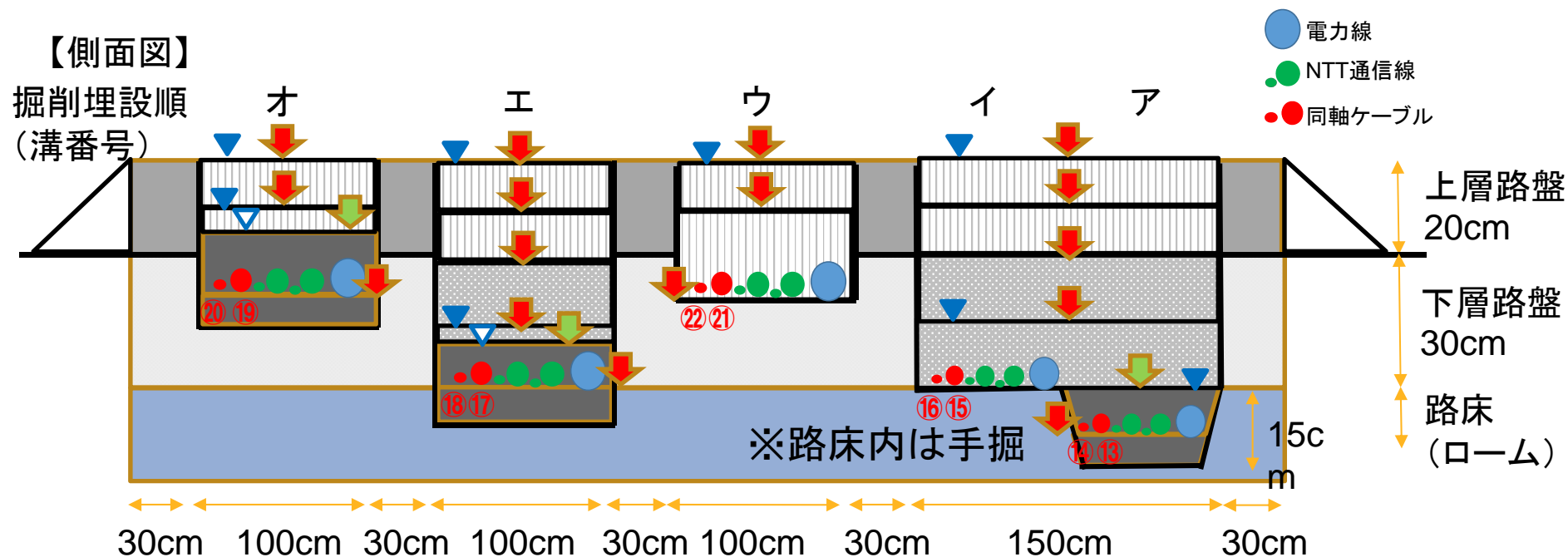
該当ケーブル番号: D G J

⇒ 運用面等の課題を解決できれば、防護管を使用した埋設は、適用可能な手法といえる。

(1) 試験方法

1. 試験施工のケーブル配置とケーブル番号

- 12C・溝番号 オ・深度25cm：ケーブル番号 S (砂防護層有)
- 5C・溝番号 オ・深度25cm：ケーブル番号 T (砂防護層有)
- 12C・溝番号 エ・深度49cm：ケーブル番号 Q (砂防護層有)
- 5C・溝番号 エ・深度49cm：ケーブル番号 R (砂防護層有)
- 12C・溝番号 ア・深度55cm：ケーブル番号 M
- 5C・溝番号 ア・深度55cm：ケーブル番号 N
- 12C・溝番号 ウ・深度25cm：ケーブル番号 U
- 5C・溝番号 ウ・深度25cm：ケーブル番号 V
- 12C・溝番号 イ・深度49cm：ケーブル番号 O
- 5C・溝番号 イ・深度49cm：ケーブル番号 P



(2) 試験結果

2. 試験施工のケーブルの損傷状況一覧

ケーブル番号	溝番号	ケーブル種別	埋設深度	砂防護層の有無	シース（外被）の傷				内部（外部導体）の傷			
					つぶされ変形した傷		貫通した傷		つぶされ変形した傷		貫通した傷	
					傷の数 (3m)	換算値 (10m)	傷の数 (3m)	換算値 (10m)	傷の数 (3m)	換算値 (10m)	傷の数 (3m)	換算値 (10m)
S 上層路盤下	オ	12C	25cm	有	0	0	0	0	0	0	0	0
T 上層路盤下	オ	5C	25cm	有	0	0	0	0	編組構造の為、計測不可			
Q 上層路盤下	エ	12C	49cm	有	0	0	0	0	0	0	0	0
R 上層路盤下	エ	5C	49cm	有	0	0	0	0	編組構造の為、計測不可			
M 路床内	ア	12C	55cm	有	0	0	0	0	0	0	0	0
N 路床内	ア	5C	55cm	有	0	0	0	0	編組構造の為、計測不可			
U 上層路盤下	ウ	12C	25cm	無	12	40	0	0	4	13	0	0
V 上層路盤下	ウ	5C	25cm	無	11	36	0	0	編組構造の為、計測不可			
O 路床上	イ	12C	49cm	無	13	43	0	0	5	16	0	0
P 路床上	イ	5C	49cm	無	7	23	0	0	編組構造の為、計測不可			

※試験施工における埋設方式は、全て直接埋設

(2) 試験結果

3. 試験施工のケーブルの損傷状況

《12C・溝番号 オ・深度25cm：ケーブル番号 S（砂防護層有）》



【検証外】 擦り傷



【検証外】 擦り傷



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

《5C・溝番号 オ・深度25cm：ケーブル番号 T（砂防護層有）》



【検証外】 擦り傷



【検証外】 擦り傷



(2) 試験結果

3. 試験施工のケーブルの損傷状況

《12C・溝番号 エ・深度49cm：ケーブル番号 Q（砂防護層有）》



【検証外】 擦り傷



【検証外】 擦り傷



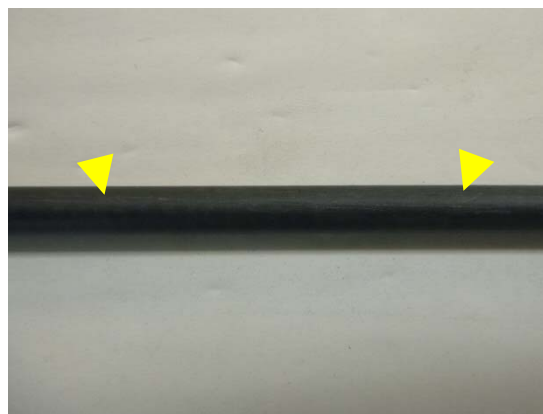
- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

《5C・溝番号 エ・深度49cm：ケーブル番号 R（砂防護層有）》



【検証外】 支障無い程度の小傷有り



【検証外】 擦り傷



(2) 試験結果

3. 試験施工のケーブルの損傷状況

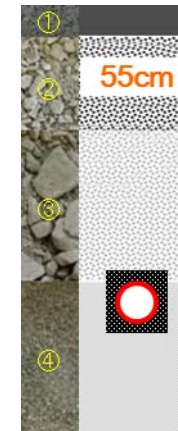
《12C・溝番号 ア・深度55cm：ケーブル番号 M》



【検証外】大きな傷無し



【検証外】擦り傷



○ 12C管無 ○ 5C管無
● 12C管有 ■ 砂防護層

① アスファルト混合物
② 粒調碎石(M-30)
③ クラッシュラン(C40)
④ 路床(土)

《5C・溝番号 ア・深度55cm：ケーブル番号 N》



【検証外】大きな傷無し



【検証外】擦り傷



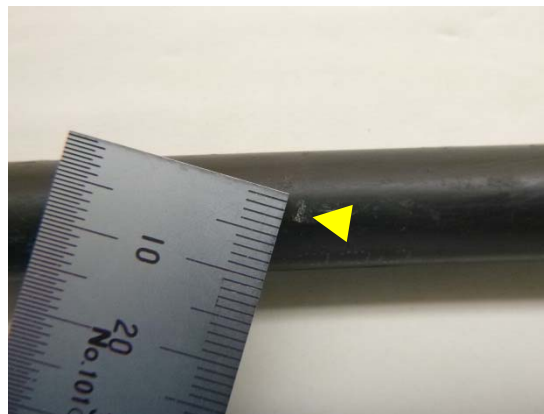
(2) 試験結果

3. 試験施工のケーブルの損傷状況

《12C・溝番号 ウ・深度25cm：ケーブル番号 U》



【損傷】 傷の大きさ（長さ）6mm



【損傷】 傷の大きさ（長さ）3mm

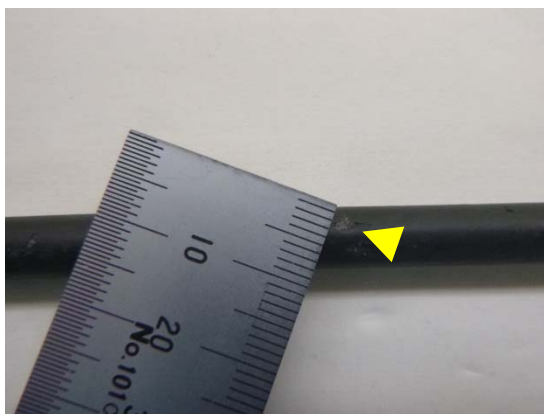


【損傷】 外部導体 (内部構造) の変形

《 5C・溝番号 ウ・深度25cm：ケーブル番号 V》



【損傷】 傷の大きさ（長さ）3mm



【損傷】 傷の大きさ（長さ）3mm



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防護層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

(2) 試験結果

3. 試験施工のケーブルの損傷状況

《12C・溝番号 イ・深度49cm：ケーブル番号 O》



【損傷】傷の大きさ（長さ）5mm

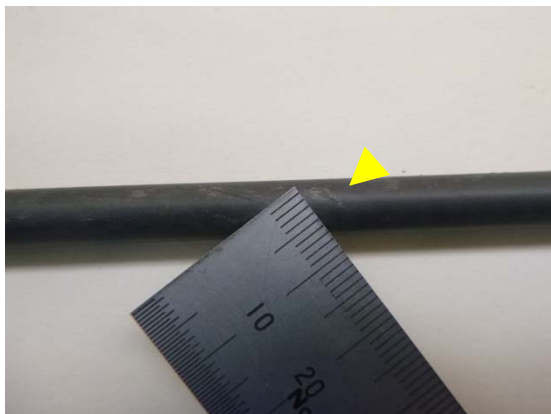


【損傷】傷の大きさ（長さ）5mm

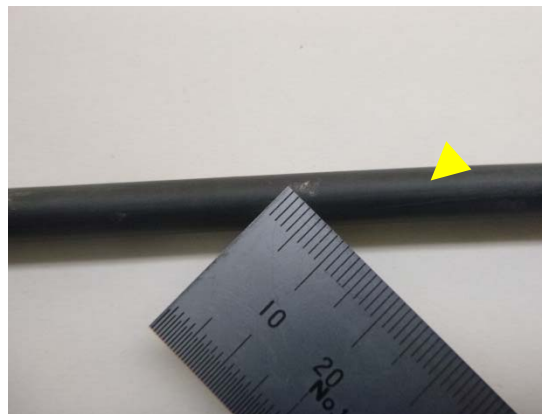


【損傷】外部導体(内部構造)の変形

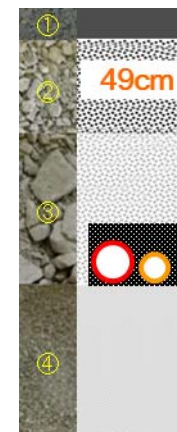
《5C・溝番号 イ・深度49cm：ケーブル番号 P》



【損傷】傷の大きさ（長さ）5mm



【損傷】傷の大きさ（長さ）3mm



- 12C管無 ○ 5C管無
- 12C管有 ■ 砂防塵層

- ① アスファルト混合物
- ② 粒調碎石(M-30)
- ③ クラッシュラン(C40)
- ④ 路床(土)

(3) 施工時 ケーブルの損傷等に関するまとめ

施工時に関するケーブルの損傷等の確認結果

1. 路盤内に直接埋設されたケーブルについては、シース(外被)のみならず、内部(外部導体)への傷が認められた。

該当ケーブル番号: U V O P

⇒ ケーブルテレビのサービス品質維持上(継続性を含め)において適用できない。

2. 試験施工において、ケーブルを砂で防護し埋設したケーブルには、傷は発生していなかった。ただしケーブルを覆う砂の厚さ、転圧の方法や回数等、道路施工時の状況により保護性能が大きく異なる。

該当ケーブル番号: S T Q R M N

⇒ 舗装施工基準策定を視野に更なるパターンの検討等を実施し、運用面等の課題を解決しなければ適用できない。

4. ケーブルの損傷に対する同軸メーカーの見解

項目	評価視点	見 解
総合評価	品質面	結論: 品質を保証できない 説明: 直接埋設により、シース及び外部導体の変形・損傷が生じており、埋設後は品質を保証できない
	性能面	結論: 安定した性能を維持出来るとは言えない 説明: 埋設により生じた傷は、シース上の擦り傷のみでなく、外部導体の変形にまでおよんでいるため、ケーブルの耐久性や伝送特性に重大な影響を与える可能性がある
	継続使用	結論: 不可能 説明: 外部導体の変形は、耐久性や特性インピーダンス等電気特性の低下が生じ、サービスの提供に支障が出る可能性が生じる
シース (外被)	品質面	結論: 品質を保証できない 説明: 碎石によるシースの変形や損傷が発生しており、埋設後は品質を保証できない
	性能面	結論: 安定した性能を維持出来るとは言えない 説明: 傷がシースを貫通した場合、外部導体が損傷する可能性がある。傷部分からの浸水により、接続された増幅器等にも影響を与える可能性が生じる
	継続使用	結論: 不可能 説明: 傷部分に、温度伸縮や振動時の応力が集中し進行する事により、外部導体(内部構造)が損傷する可能性がある
外部導体 (内部構造)	品質面	結論: 品質を保証できない 説明: 外部導体に変形・損傷が発生しており、埋設後は品質を保証できない
	性能面	結論: 安定した性能を維持出来るとは言えない 説明: 外部導体の変形・損傷は、反射減衰量上昇等の電気特性低下の原因となりうる
	継続使用	結論: 不可能 説明: 外部導体の変形・損傷が進行すると電気特性の低下が進む。また、温度変化や振動に伴う伸縮により金属疲労が進行し、変形・損傷部が破断に至る可能性がある

5. 日本ケーブルテレビ連盟の考察

車両走行時・施工時に関するケーブルの損傷等の確認結果

1. 路盤内(碎石)への直接埋設は、ケーブルのシース(外被)及び内部(外部導体)への損傷を与え、長期的に安定したサービス品質が維持出来ないため、適用出来ない。
 - ・ケーブル外被の損傷は、防水機能低下など基本性能に影響する可能性が生じる。
 - ・ケーブル内部構造の損傷は、電気特性の低下や長期的には破断などに繋がる可能性が生じる。
 - ・同軸メーカーの所見からも品質面・性能面の担保は得られない、
 - ・重要インフラとして長期信頼性にも疑義が生じる。
2. ケーブル防護策として、保護管の使用は有効な対応策として検証された。
 - ・路盤内(碎石)へ直接埋設された保護管は、転圧や車両走行による碎石の影響を受けても内部のケーブルに影響が無い事から、長期安定した使用が見込まれる。
 - ・他事業者を含め新規需要及び設備更新時の影響を受け難く、将来的なメンテナンス性も見込まれる。
 - ・既存製品を活用する事で新たな商品開発の必要性が無く、施工方法の変化にも早期に寄与するが出来る。
3. 砂によるケーブル保護は、一定の条件下での有効な対応策として検証された。
 - ・砂で防護した直接埋設では、ケーブルを覆う砂の厚さを一定以上確保する事で、防護効果が見られた
 - ・舗装構築後、車両走行による振動や雨水等による砂の流動を抑止する道路施工が確立されれば、対応策の一つとして検討される。