

ケーブルの損傷状況等 (中間報告)

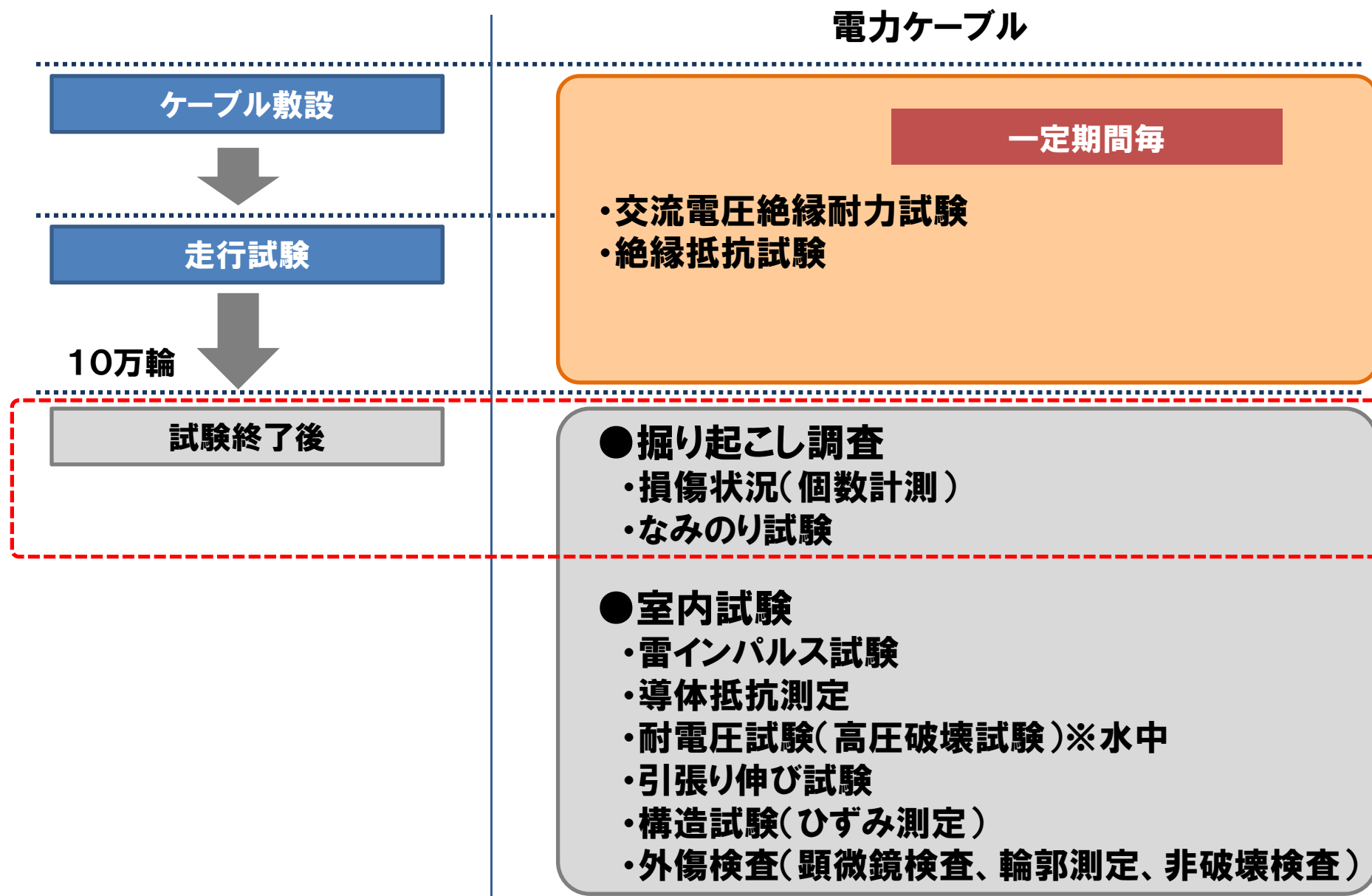
1. 電力ケーブルへの影響	1
2. 通信線(光ケーブル)への影響	16
3. 通信線(メタルケーブル)への影響	22
4. 通信線(同軸ケーブル)への影響	29

平成27年2月18日

1. 電力ケーブルへの影響

(1)試験項目	2
(2)試験ケーブルの配置	4
(3)試験結果(一覧)	5
(4)ケーブル損傷状況(個数計測)結果	6

(1)試験項目



(1) 試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値	備考
600V CVQケーブル (250mm ² 、22mm ²) ○ケーブルのみ: 路面から25cm(路盤材)、 49cm(砂)、55cm(砂) ○防護板敷設: 路面から25cm(路盤材) ○防護管※あり: 路面から25cm(路盤材)	損傷状況(個 数計測)	・ 目視による傷 (手にひっか かる傷)の個 数及び長さを 計測	なし	なし
	傷の有無	・ 目視による傷 の有無 ・ 顕微鏡等 によるシース厚 の測定	「電気設備の技術基準の 解釈」第9条 ・ 構造:外装で保護した電気 導体であること。 ・ 絶縁体厚さ:80%以上 ・ 外装(シース)厚さ:85%以上	外装(シース)を貫通する 損傷が発生した場合、内 部に水分が入り、絶縁層 の保護ができなくなり、 ケーブル構造をなさなくな るため、使用は不可。
	なみのり試験	・ 試験前後で 測定	技術マニュアル(案)解説 キャブシステムより 基本地震時ひずみ 1/100を採用 例)ケーブル長10mの場合、 10cm移動することを前提に 設計。	今回の試験の場合、10m 敷設するので、10cmは 移動する前提でケーブル 敷設をしないといけない。 よって、移動量が10cm以 下であれば無問題と判定 できる。

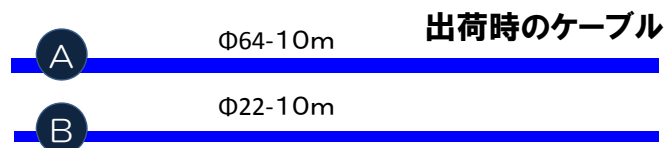
※ 防護管:SVP管130

(2) 試験ケーブルの配置

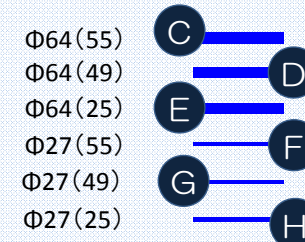
【凡例】

- ケーブル
- 防護板
- 防護管
- () 埋設深さ
- 単位：cm
- 土圧計
- 温度計
- 水分計
- A～Y
供試品NO

① 比較用ケーブル性能調査 (非埋設及び非通電)



② 埋設作業による 影響調査 (非通電)



③ 車両通過による影響調査

ケーブル拡大図

破壊試験
対象箇所

引張試験
対象箇所

損傷状況
対象箇所

通電ケーブル群

$\Phi 64(55)$ 管無

$\Phi 64(49)$ 管無

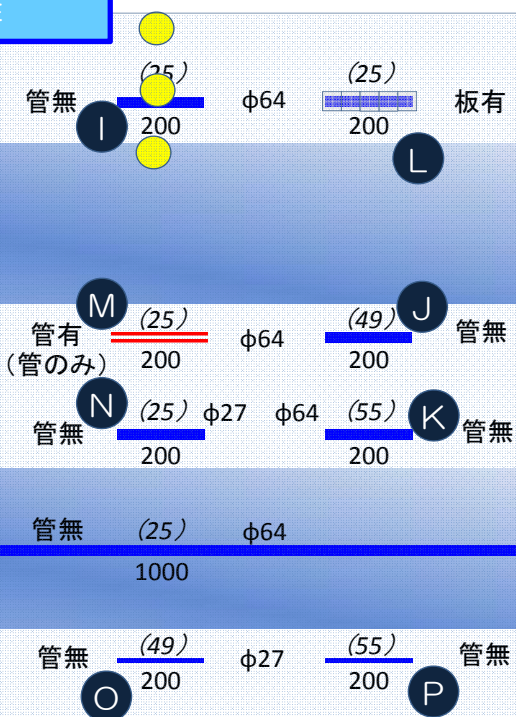
$\Phi 64(25)$ 管無

$\Phi 64(25)$ 板有

$\Phi 27(25)$ 管無

$\Phi 64(25)$ 管有(管のみ)

非通電ケーブル群

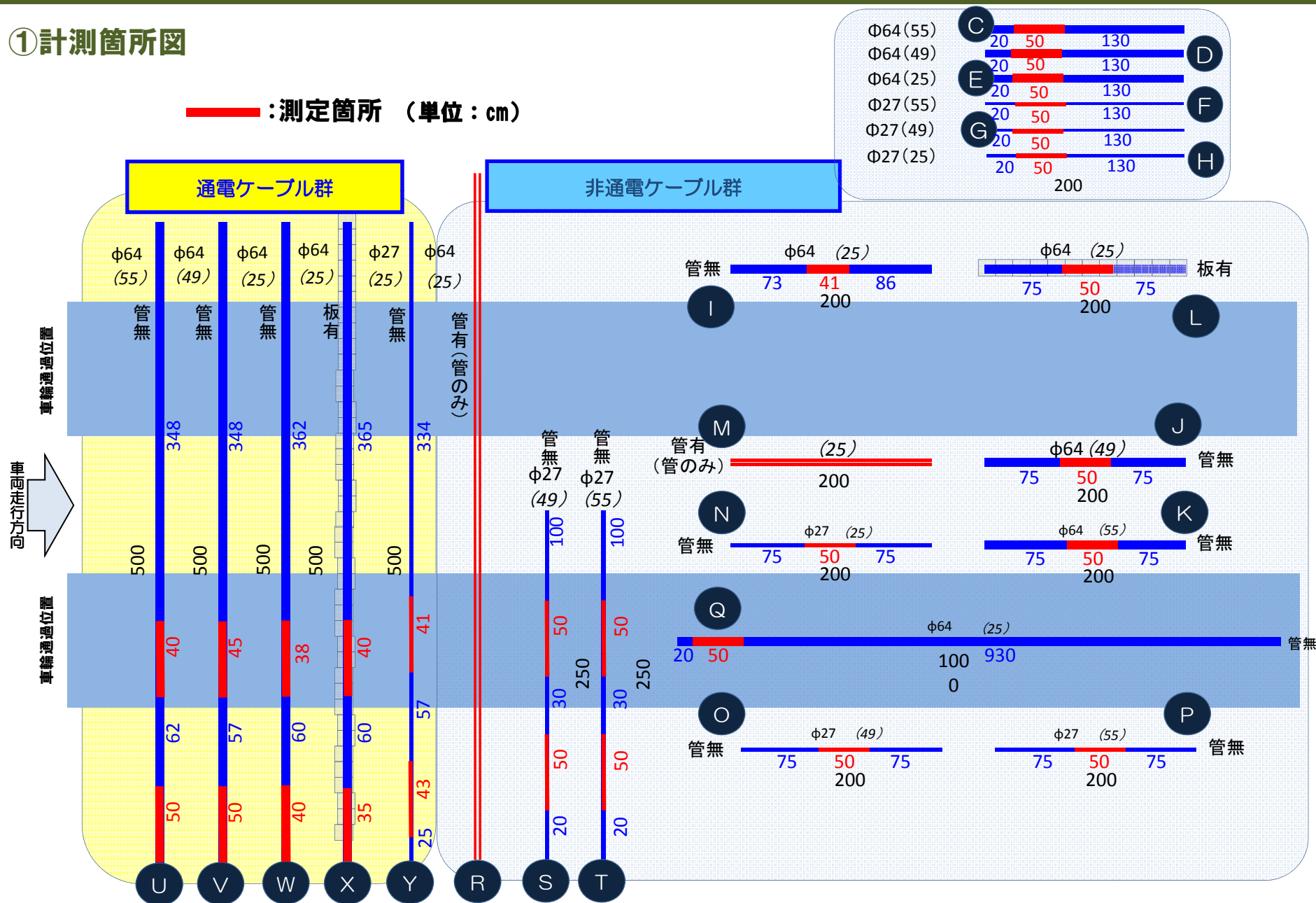


(3) 試験結果(一覧)

試験目的	走行方向に 対する向き	条 件		供試品NO	損傷状況	なみのり試験		
		ケーブル種	埋設深さ					
比較用ケーブル		CVQ250mm ²		A	傷 無			
		CVQ22mm ²		B	傷 無			
埋設作業による影響		CVQ250mm ²	55cm	C	傷 有			
			49cm	D	傷 有			
			25cm	E	傷 有			
		CVQ22mm ²	55cm	F	傷 有			
			49cm	G	傷 有			
			25cm	H	傷 有			
		輪荷重による影響	進行方向	CVQ250mm ²	55cm(砂)	K	傷 有	
					49cm(砂)	J	傷 有	
25cm	I				傷 有			
CVQ22mm ²	55cm(砂)			P	傷 有			
	49cm(砂)			O	傷 有			
	25cm			N	傷 有			
横断方向	CVQ22mm ²		49cm(砂)	T	傷 有			
			25cm	S	傷 有			
通電・輪荷重 による影響	横断方向	CVQ250mm ²	55cm(砂)	U	傷 有			
			49cm(砂)	V	傷 有			
			25cm	W	傷 有			
		CVQ22mm ²	25cm	Y	傷 有			
防護板の 効力調査	進行方向(非通電)	CVQ250mm ²	25cm	L	傷 有			
	横断方向(通電)	CVQ250mm ²	25cm	X	傷 有			
車両通行によるズレ (波乗り現象)を調査	進行方向	CVQ250mm ²	25cm	Q	傷 有	規格内○ (4mm移動)		
埋設管が受ける影響 (深さ25cm)	進行方向	防護管(SVP130)	25cm	M	傷 無			
	横断方向	防護管(SVP130)	25cm	R	傷 無			
防護板の耐久確認	進行方向	防護板	13.4cm	L	防護板は 傷 無			
	横断方向	防護板	13.4cm	X	防護板は 傷 無			

(4)ケーブル損傷状況(個数計測)結果

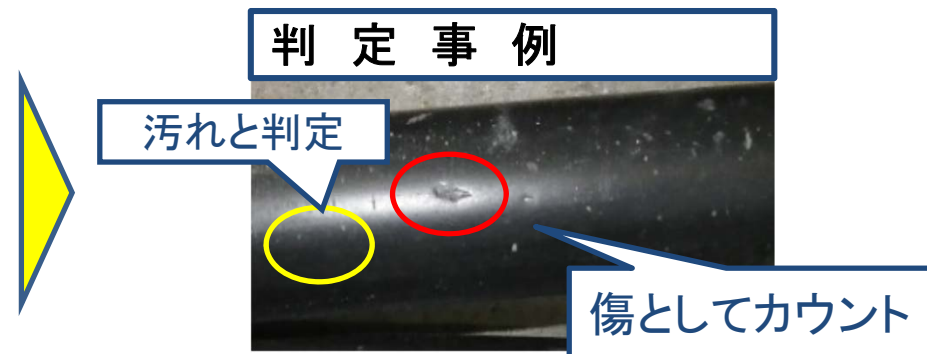
①計測箇所図



(4) ケーブル損傷状況(個数計測)結果

② 傷の定義と測定方法

- 手による触診で引っかかりとなるものについて、大小に係らず計測。
- 各相ごとに表面の個数をカウント。



③ 今回確認された傷の代表例とケーブル外観



切創のような傷



つぶされ変形した傷



シースを貫通した傷



▲ 比較的深い傷箇所

ケーブルW(φ64, 管無, 25cm)

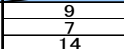
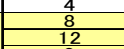
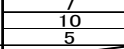


ケーブルX(φ64, 板有, 25cm)

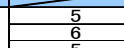
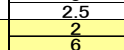
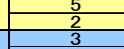
(4)ケーブル損傷状況(個数計測)結果

④傷の個数と傷の最大長さ

■CVQ250mm²

条 件				NO	種類	埋設 深さ	4相の平均 個数 (個/10cm)	最大傷 長さ (mm)
非 走 行	非 通 電			E	Q250	25cm	46	
				D	Q250	49cm	40	
				C	Q250	55cm	27	
走 行	非 通 電	進行方向	車輪外	I	Q250	25cm	24	
			車輪通過位置	J	Q250	49cm	10	
			車輪外	K	Q250	55cm	7	
			車輪外	L	Q250 (板有り)	25cm	35	
			車輪通過位置	Q	Q250	25cm	66	
			車輪外	W	Q250	25cm	63	(黒相) 16
			車輪通過位置				65	(赤相) 10
			車輪外	X	Q250 (板有り)	25cm	45	(白相) 10
			車輪通過位置				47	(緑相) 5
			車輪外	V	Q250	49cm	40	(黒相) 20
			車輪通過位置				31	(赤相) 30
	通 電	横断方向	車輪外	U	Q250	55cm	28	(白相) 12
			車輪通過位置				42	(緑相) 9

■CVQ22mm²

条 件				NO	種類	埋設 深さ	4相の平均 個数 (個/10cm)	最大傷 長さ (mm)
非 走 行	非 通 電			H	Q22	25cm	10	
				G	Q22	49cm	9	
				F	Q22	55cm	6	
走 行	非 通 電	進行方向	車輪外	N	Q22	25cm	8	
			車輪外	O	Q22	49cm	1	
			車輪外	P	Q22	55cm	2	
		横断方向	車輪外	Y	Q22	25cm	23	(黒相) 6
			車輪通過位置				27	(赤相) 5 (白相) 7 (緑相) 8
		横断方向	車輪外	S	Q22	49cm	3	(黒相) 4 (赤相) 9 (白相) 13 (緑相) 7
	車輪通過位置		3					
	非 通 電		車輪外	T	Q22	55cm	3	(黒相) 2 (赤相) 3 (白相) 2.5 (緑相) 4
			車輪通過位置				4	

□25cm(碎石) ■49cm(砂) ■55cm(砂)

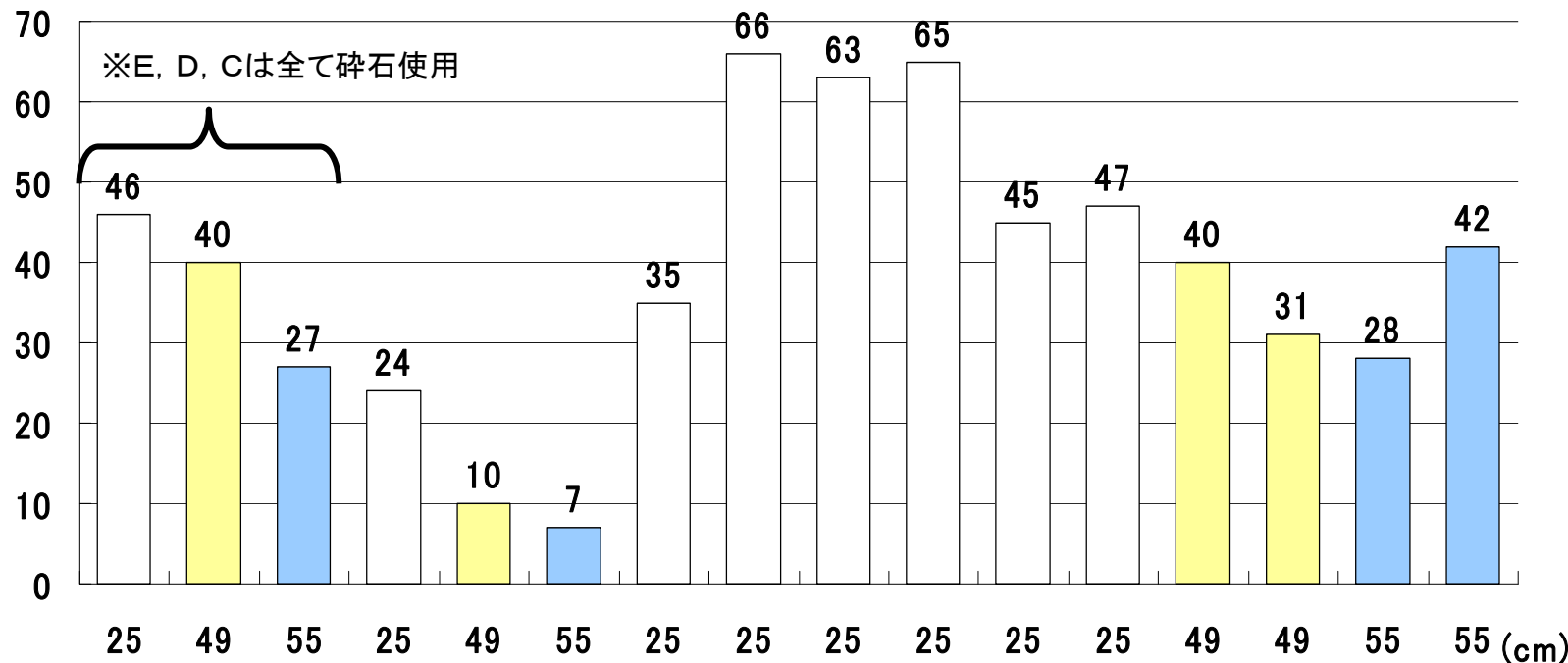
(4) ケーブル損傷状況(個数計測)結果

⑤ 傷数の比較(CVQ250mm²)

(個/10cm)

□25cm(碎石) ■49cm(砂) ■55cm(砂)

※E, D, Cは全て碎石使用



埋設深さ

NO

条件

走行なし

非通電

進行方向

車輪外

車輪通過位置

板有

通電

横断方向

車輪外

車輪通過位置

板有

車輪外

車輪通過位置

車輪外

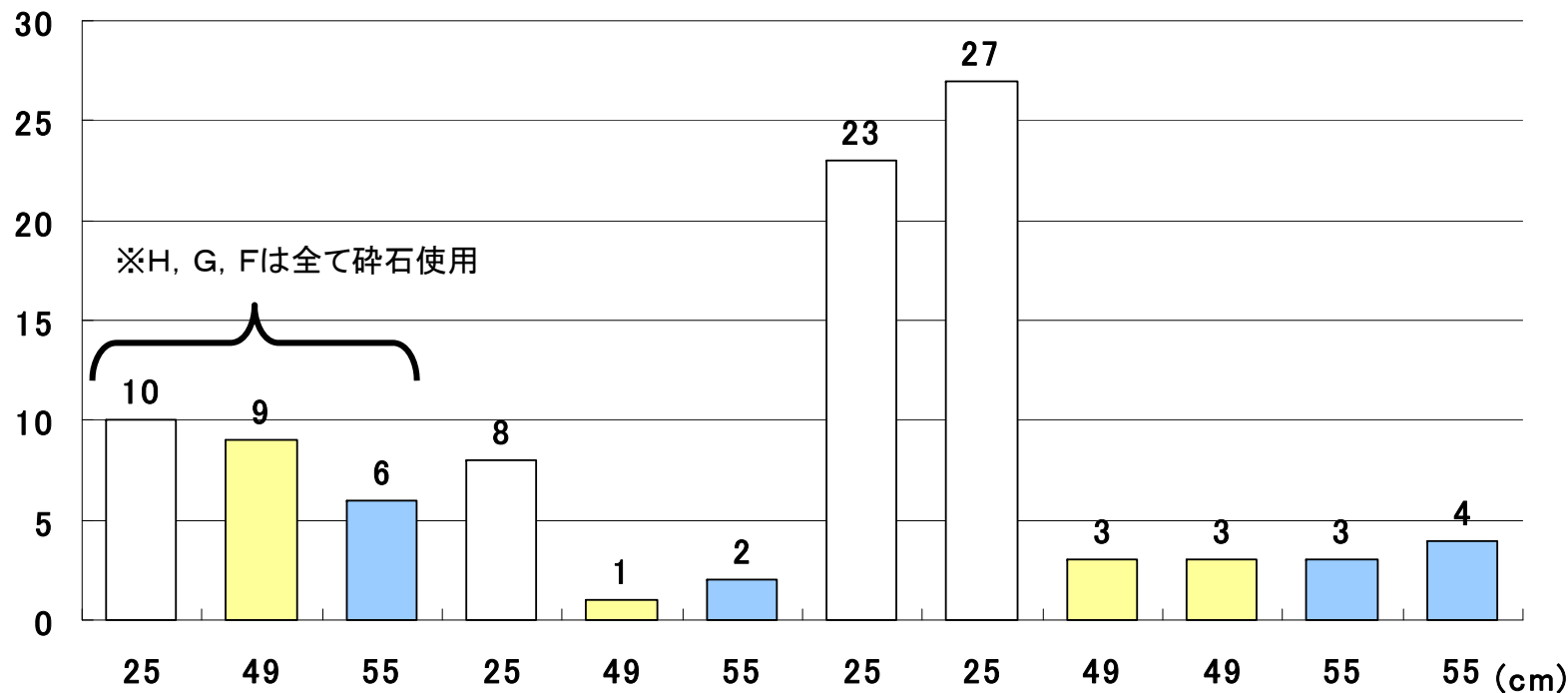
車輪通過位置

(4) ケーブル損傷状況(個数計測)結果

⑥ 傷数の比較(CVQ22mm²)

(個/10cm)

□25cm(碎石) ■49cm(砂) ■55cm(砂)



埋設深さ

NO

条件

非通电

通电

非通电

進行方向

横断方向

走行なし

車輪外

車輪外

車輪通過位置

車輪外

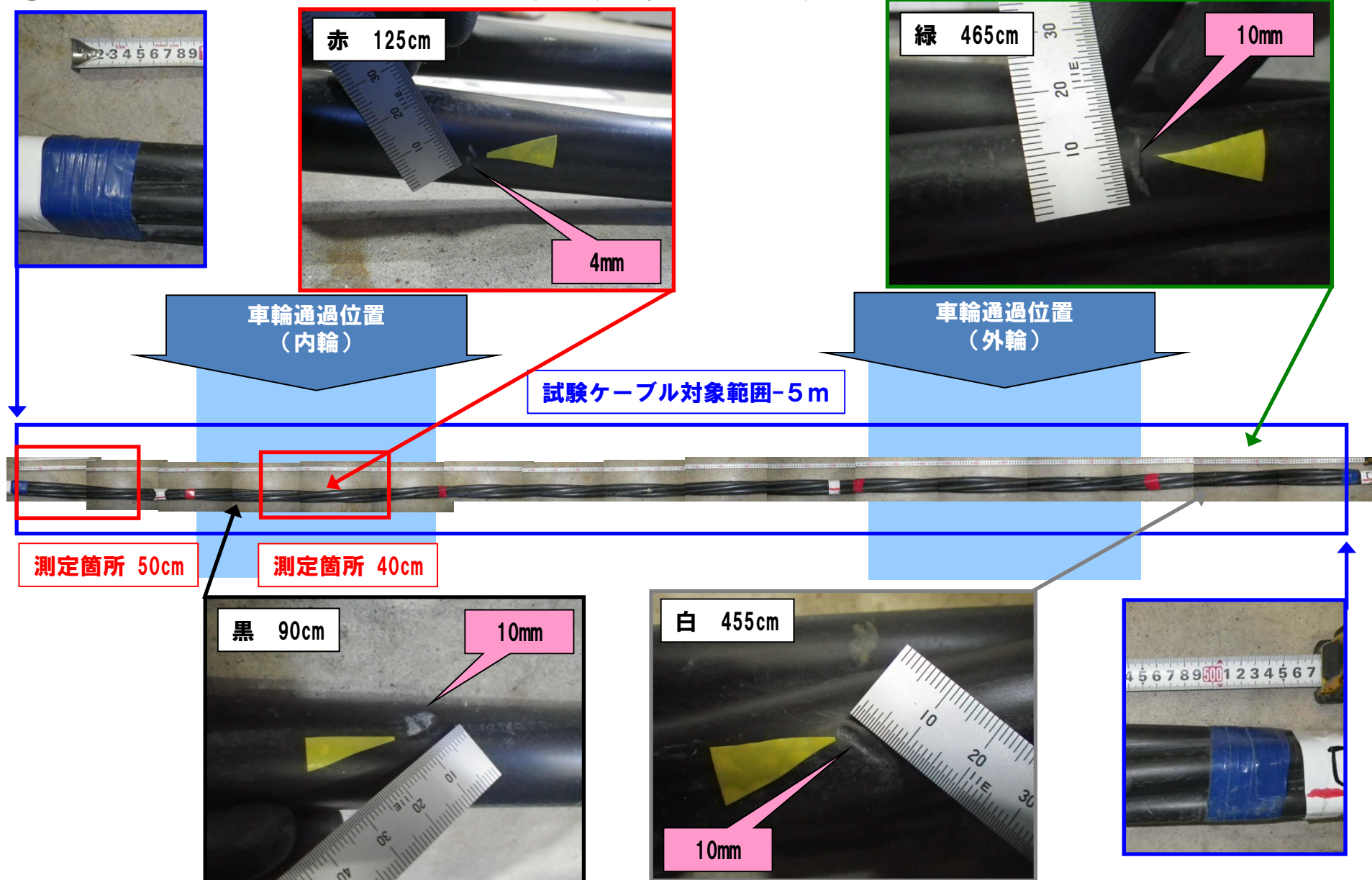
車輪通過位置

車輪外

車輪通過位置

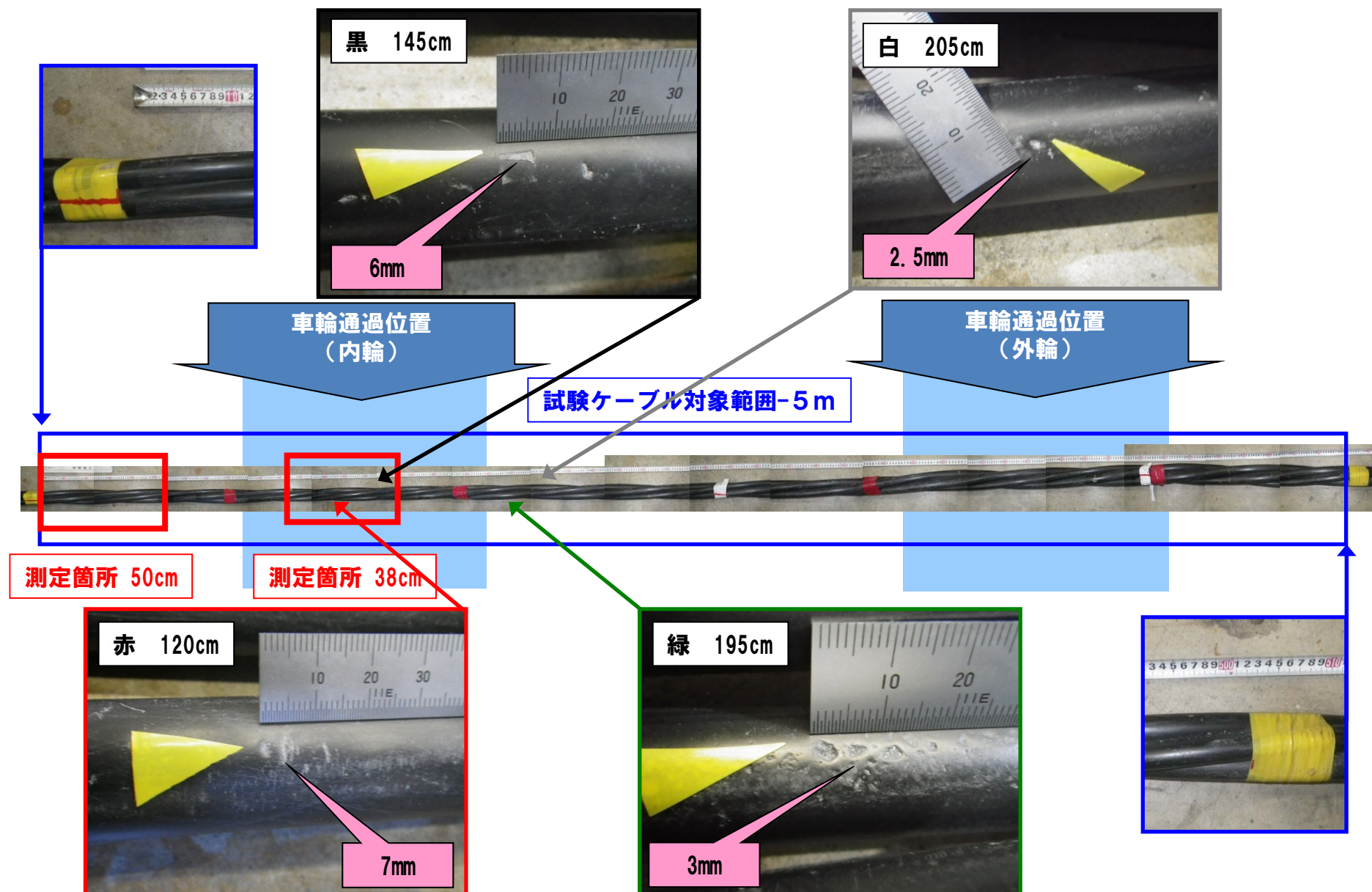
(参考)ケーブルの損傷状況

○試験ケーブルU CVQ250mm²-5m 管無(埋設深さ55cm)



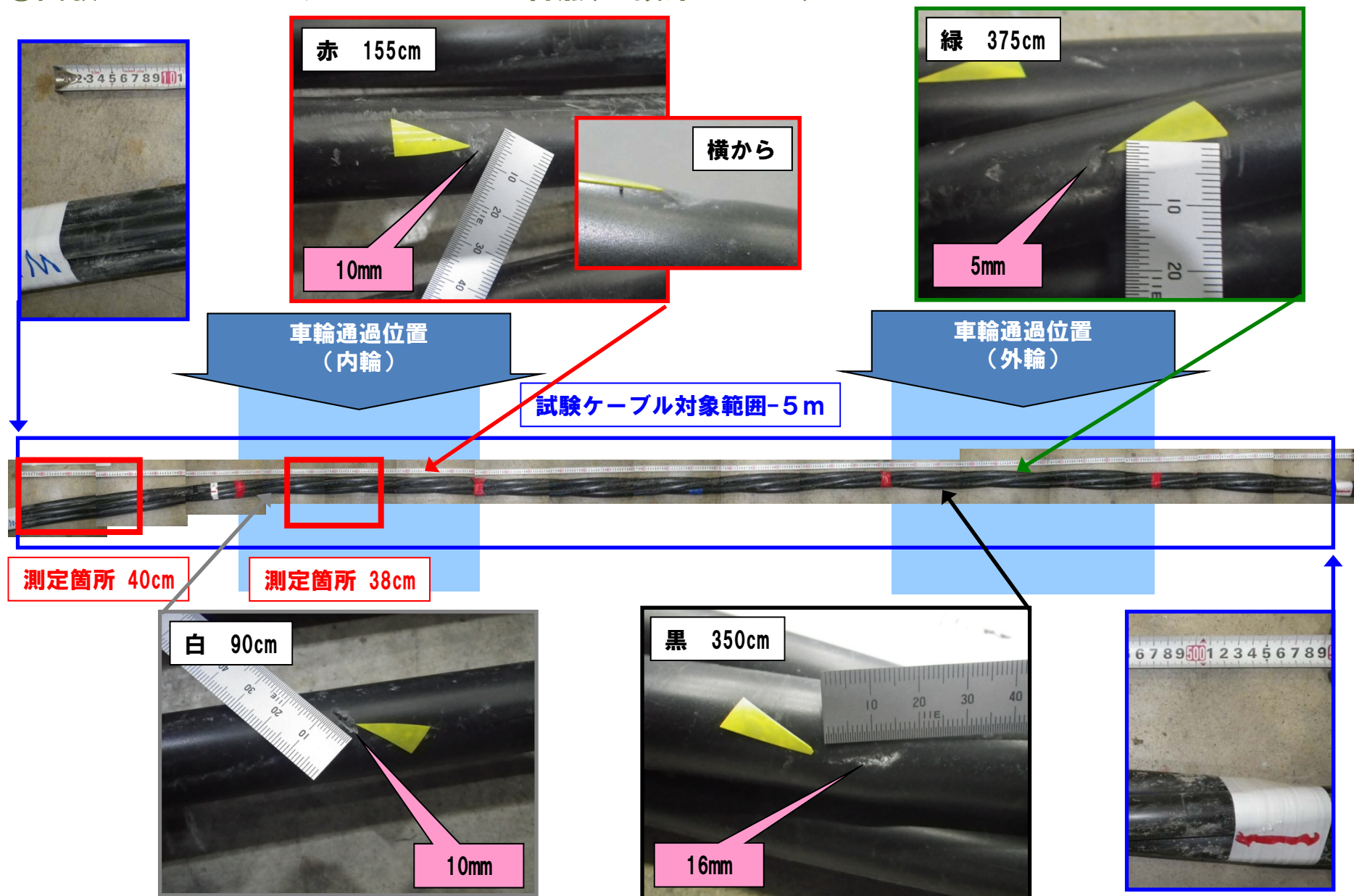
(参考)ケーブルの損傷状況

○試験ケーブルV CVQ250mm²-5m 管無(埋設深さ49cm)



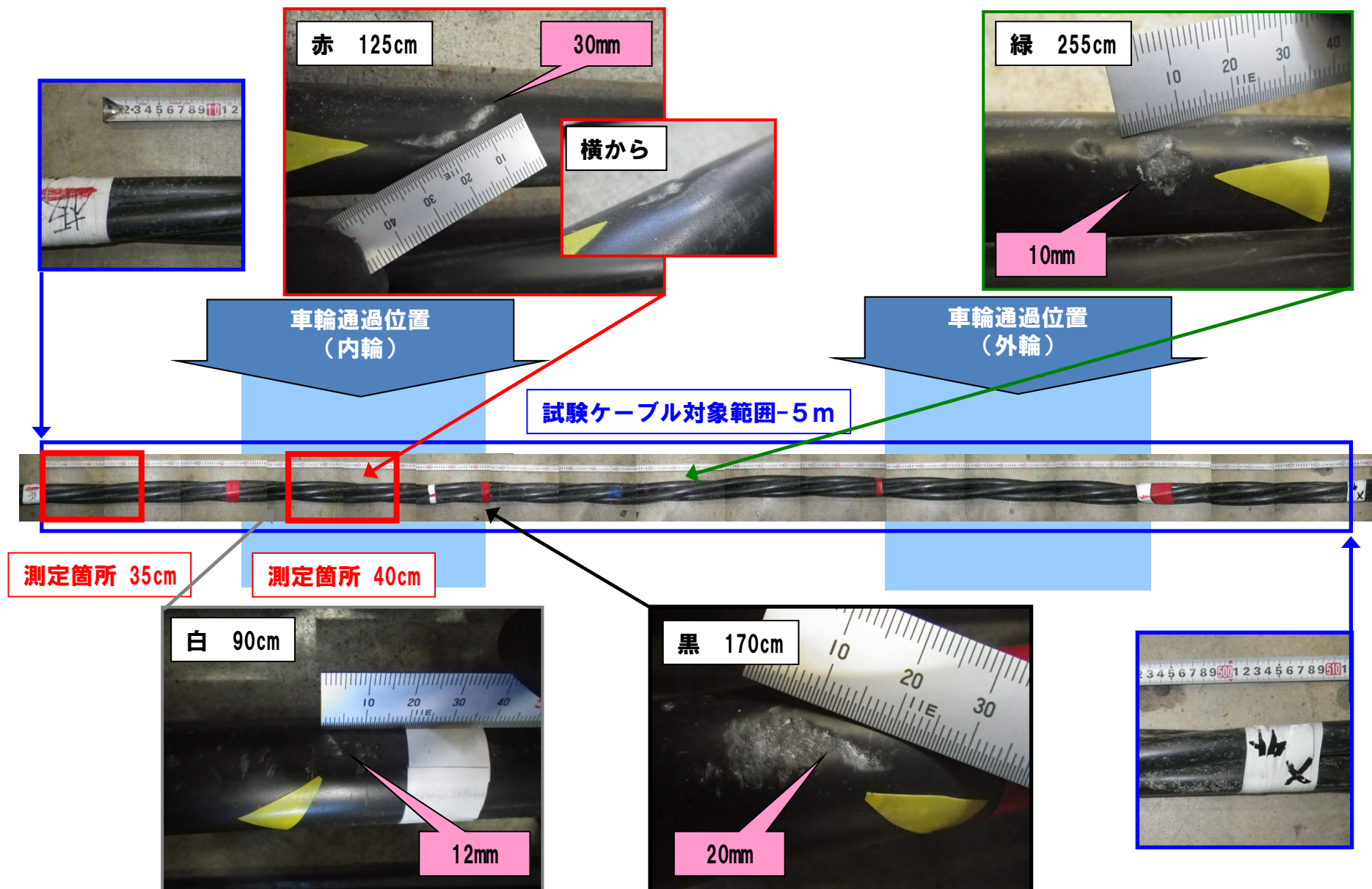
(参考)ケーブルの損傷状況

○試験ケーブルW CVQ250mm²-5m 管無(埋設深さ25cm)



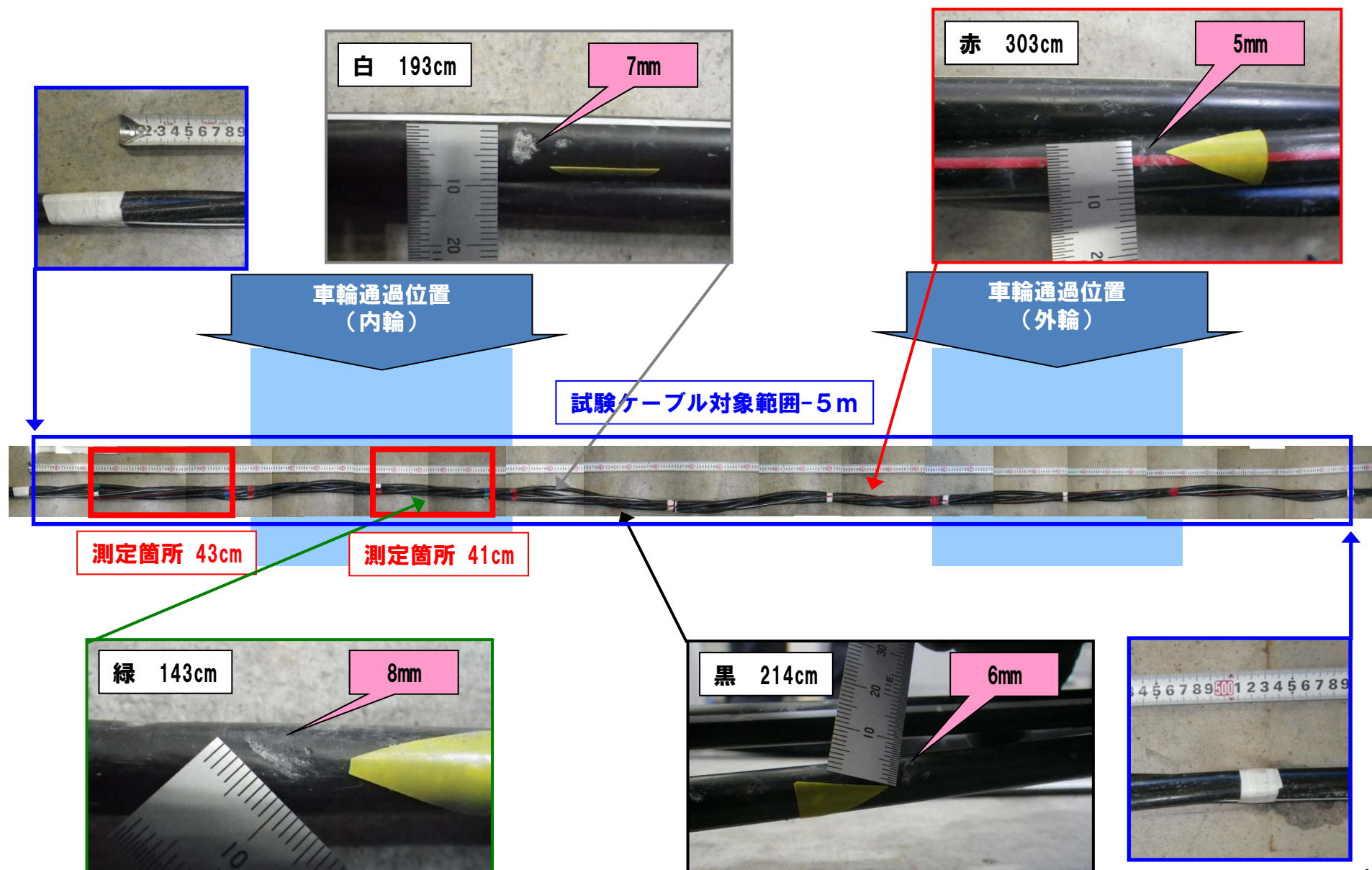
(参考)ケーブルの損傷状況

○試験ケーブルX CVQ250mm²-5m 管無 防護板有(埋設深さ25cm)



(参考)ケーブルの損傷状況

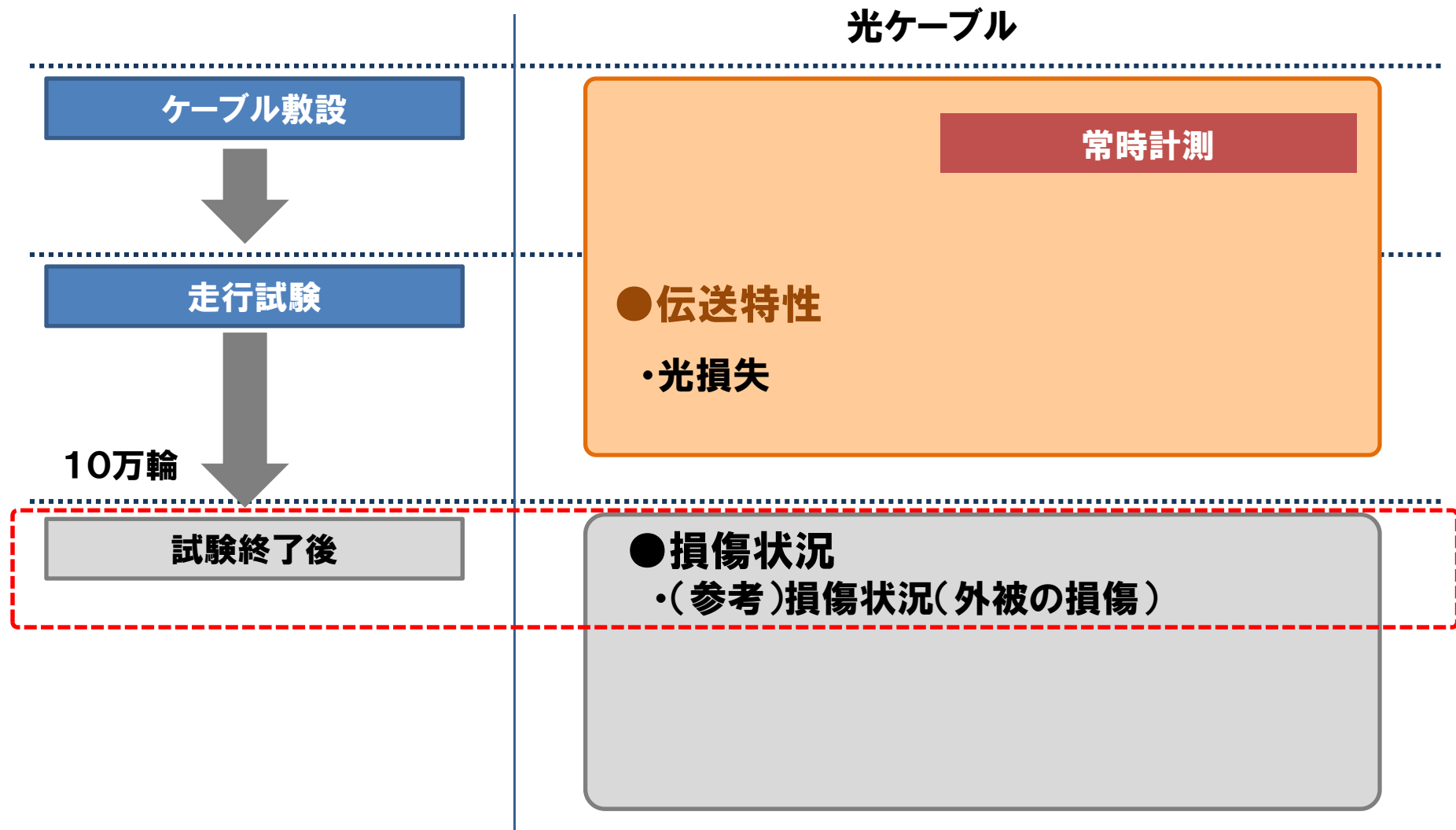
○試験ケーブルY CVQ22mm²-5m 管無(埋設深さ 25cm)



2. 通信線(光ケーブル)への影響

(1)試験項目	17
(2)試験ケーブルの配置	19
(3)試験結果	20

(2)試験項目



(1)試験項目

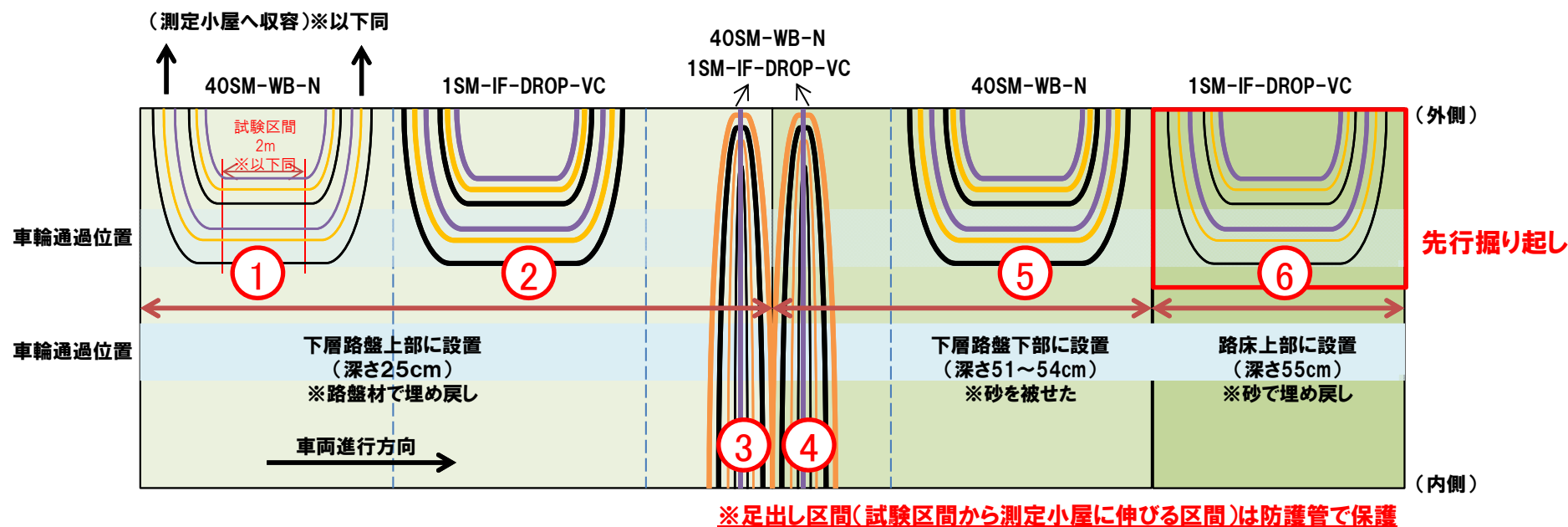
試験対象	試験項目	要件	基準値
40SM-WB-N(12mm) 1SM-IF-DROP-VC (2.0×5.3mm) ○ケーブルのみ (先行掘り起し箇所): 路面から55cm 車輪走行位置 長さ2m ○防護管※1あり: (先行掘り起し箇所): 路面から55cm 車輪走行位置 長さ2m	損傷状況(外被の損傷)	・デジタルマイクロスコブによる外傷長の計測(手に引っかかる程度の傷の長さ測定)	・目視による傷の有無

※1 防護管:PF-S管(一重管)(φ28、φ14)

(2)試験ケーブルの配置

《平面図》

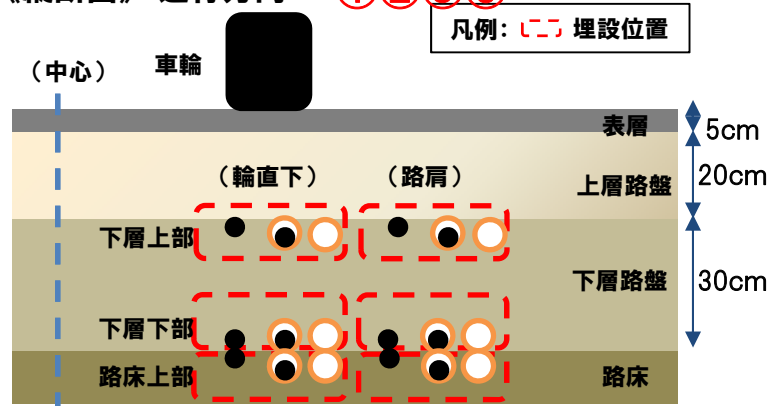
凡例: — ケーブルのみ — 防護管(PF-S管(一重管)φ28、φ14) — 空き管(PV管φ26)



《縦断図》 進行方向

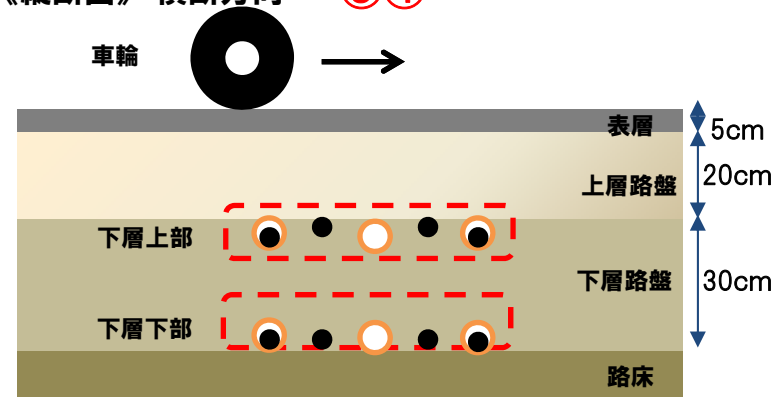
①②⑤⑥

凡例: - - - 埋設位置



《縦断図》 横断方向

③④



(3)試験結果

評価パターン				損傷状況 (防護管なし※)
40SM-WB-N	25cm	進行方向	車輪通過位置	確認中
			車輪外	確認中
		横断方向		確認中
	49cm	進行方向	車輪通過位置	確認中
			車輪外	確認中
		横断方向		確認中
	55cm	進行方向	車輪通過位置	
			車輪外	
		横断方向		
1SM-IF-DROP-VC	25cm	進行方向	車輪通過位置	確認中
			車輪外	確認中
		横断方向		確認中
	49cm	進行方向	車輪通過位置	
			車輪外	
		横断方向		確認中
	55cm	進行方向	車輪通過位置	実施
			車輪外	実施
		横断方向		

■ 先行掘り起し箇所の傷の状況(参考)

	傷の大きさ
箇所1	1.06mm
箇所2	1.02mm
箇所3	1.03mm
箇所4	0.85mm
箇所5	1.09mm
箇所6	1.01mm
箇所7	4.55mm
箇所8	6.32mm


 先行掘り起し箇所

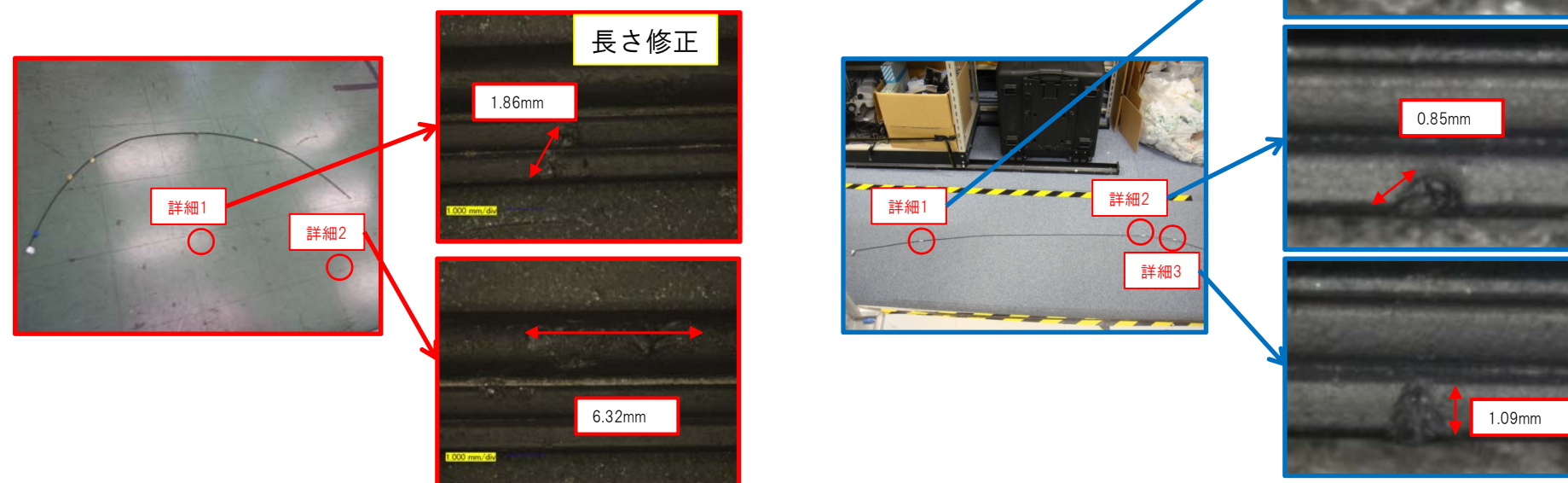
※防護管あり箇所は、目視による外傷が見つけれないため、マイクロ스코プ検査は未実施

(参考)先行掘り起し箇所の状況

○試験ケーブル: 1SM-IF-DROP-VC(2.0×5.3mm)

・埋設深さ55cm

・砂で埋戻し



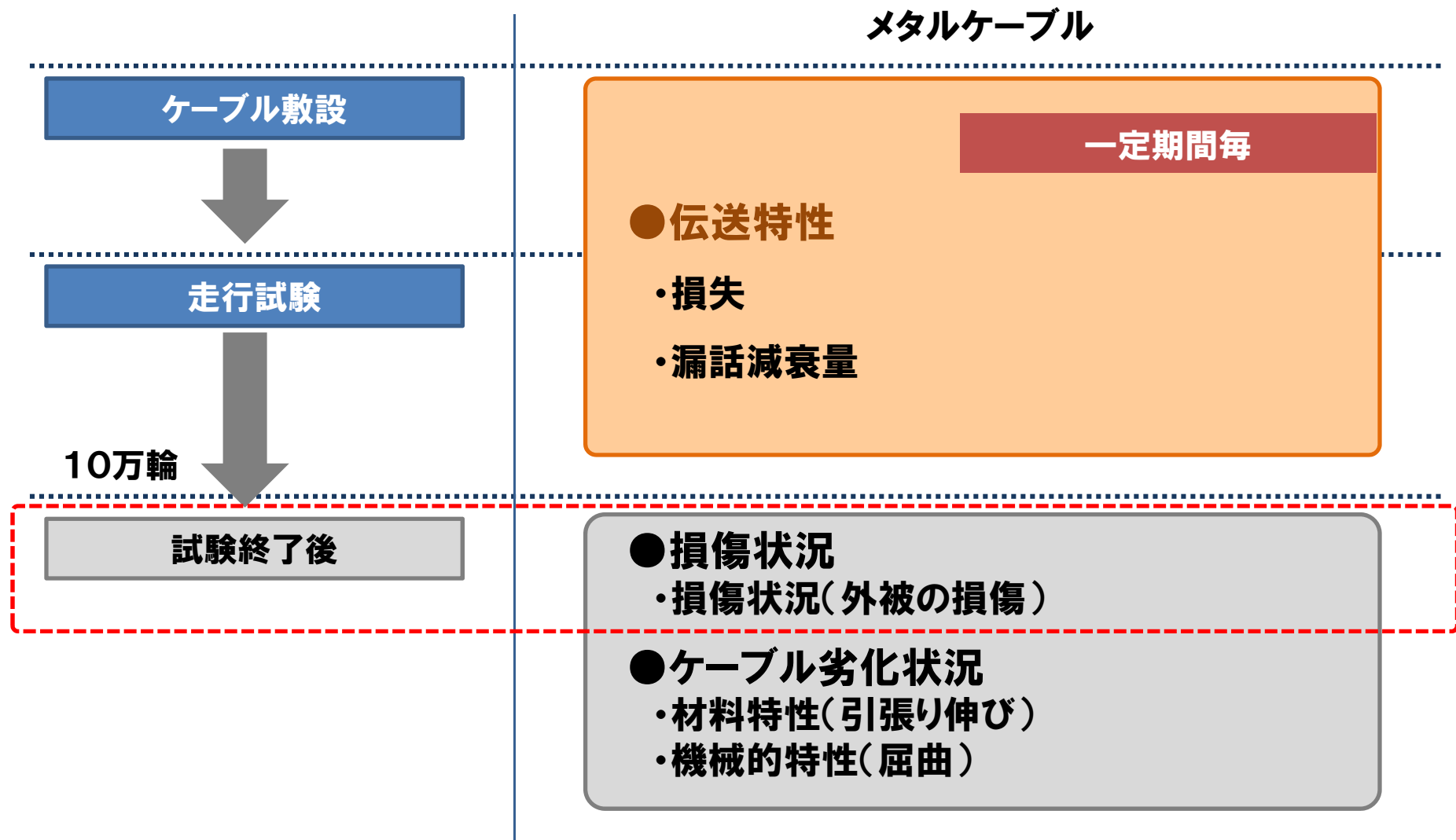
保護管により、ケーブルへの直接的な損傷を防げた例



3. 通信線(メタルケーブル)への影響

(1)試験項目	23
(2)試験ケーブルの配置	25
(3)試験結果	26

(1)試験項目

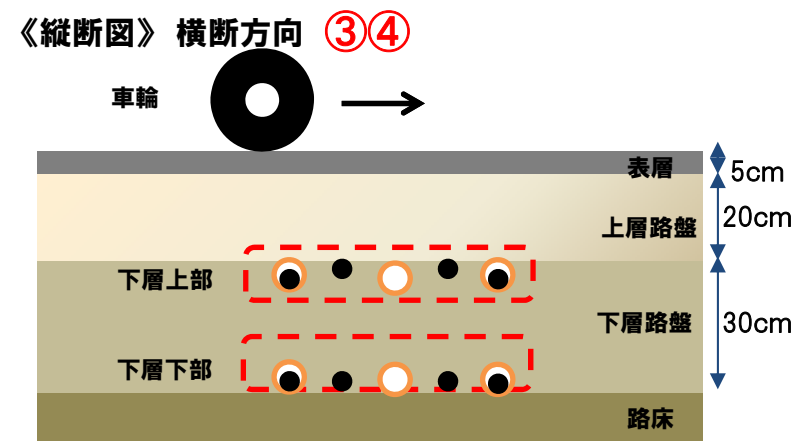
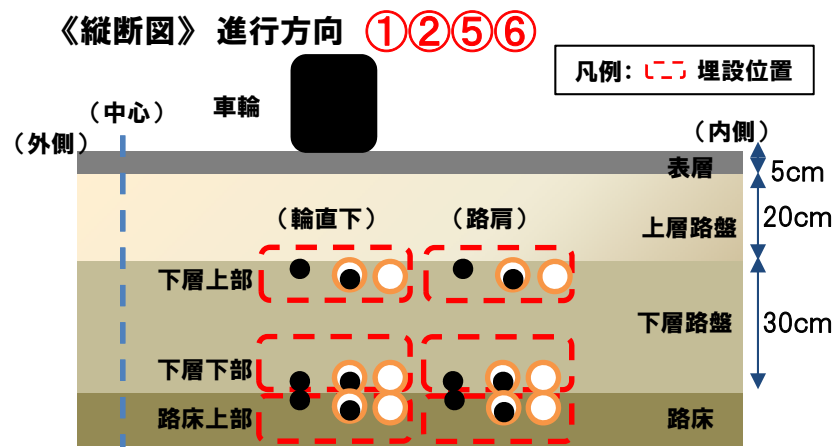
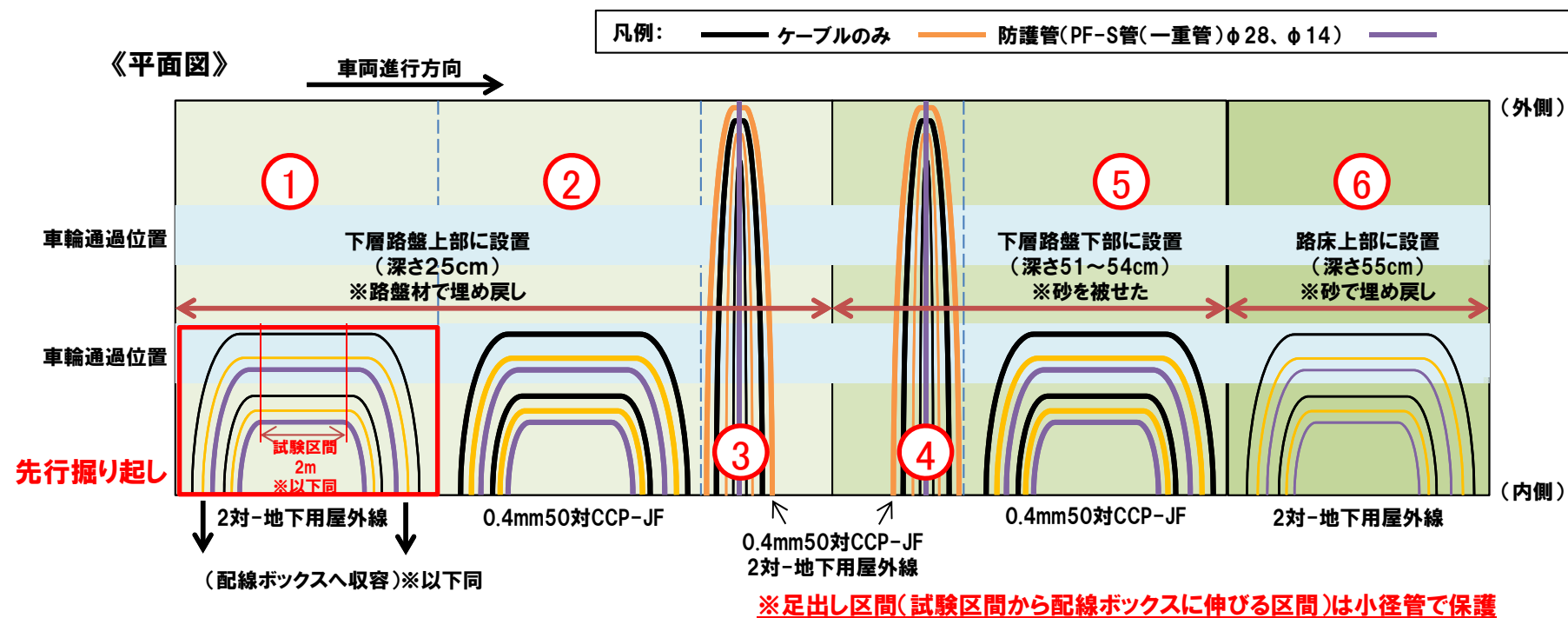


(1)試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値
0.4mm50対CCP-JF (15.5mm) 2対-地下用屋外線 (5.5mm) ○ケーブルのみ (先行掘り起し箇所): 路面から25cm 車輪走行位置 長さ2m ○防護管※1あり (先行掘り起し箇所): 路面から25cm 車輪走行位置 長さ2m	損傷状況(外被の損傷)	・デジタルマイクロスコープによる外傷長の計測(手に引っかかる程度の傷の長さ測定)	・目視による傷の有無

※1 防護管:PF-S管(一重管)(φ28、φ14)

(2)試験ケーブルの配置



(3)試験結果

評価パターン				損傷状況 (防護管なし※)
0.4mm50対CCP-JF	25cm	進行方向	車輪通過位置	確認中
			車輪外	確認中
		横断方向		確認中
	49cm	進行方向	車輪通過位置	確認中
			車輪外	確認中
		横断方向		確認中
	55cm	進行方向	車輪通過位置	
			車輪外	
		横断方向		
2対-地下用屋外線	25cm	進行方向	車輪通過位置	実施
			車輪外	実施
		横断方向		確認中
	49cm	進行方向	車輪通過位置	
			車輪外	
		横断方向		
	55cm	進行方向	車輪通過位置	確認中
			車輪外	確認中
		横断方向		

先行掘り起し箇所

■先行掘り起し箇所の傷の状況

	傷の数
車輪通過位置	18箇所
車輪外	10箇所

■サンプルの傷状況 ※傷は最大でも4mm弱
(車輪通過位置)

位置	形状	大きさ
6cm	ざらつき	1.5mm
58cm	くぼみ	1.6mm
62cm	ざらつき	3.0mm
90cm	くぼみ・傷	2.7mm
120cm	傷	2.0mm
168cm	くぼみ	3.6mm
190cm	くぼみ	2.2mm

(車輪外)

位置	形状	大きさ
28cm	くぼみ	1.6mm
40cm	ざらつき	3.7mm
50cm	盛り上り	3.7mm
110cm	傷	3.0mm
140cm	ざらつき	4.3mm

※防護管あり箇所は、目視による外傷が見つけれないため、マイクロ스코プ検査は未実施

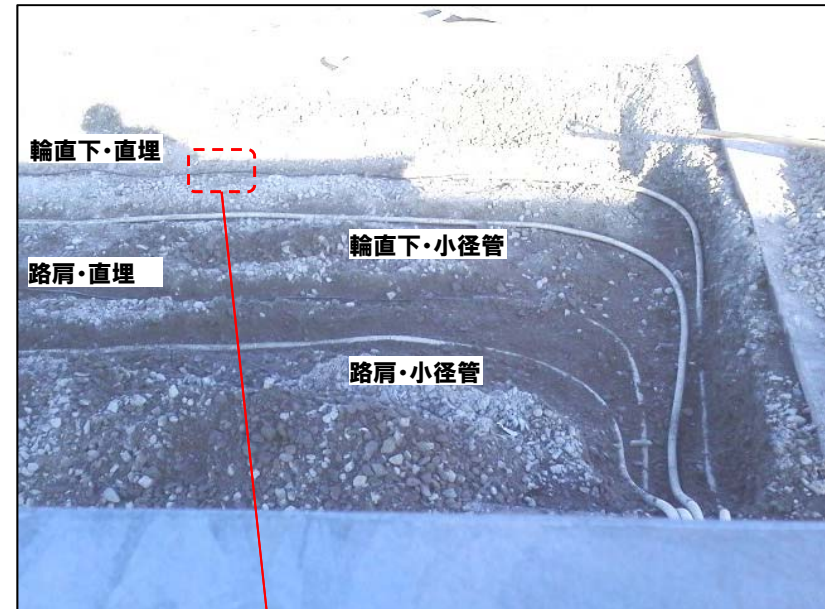
(参考)先行掘り起し箇所の状況

《掘削作業の状況》



ケーブル埋設箇所の掘削については、ケーブル埋設の5cm
近傍まで重機で掘削しケーブルの掘り起こしは手堀で実施

《掘り起し後のケーブル》 地下用屋外線・25cm・進行方向



「深さ25cm・輪直下・直埋」の屋外線について大きな傷を確認
(心線露出無し) ※詳細を分析中

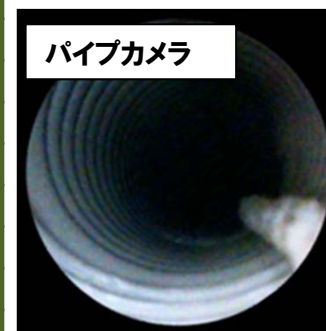
(参考)通信管(PF-S管)の通過性検証結果

■試験内容

試験対象	試験項目	要件	基準値
通信管(PF-S管) (φ28、φ14) ○路面から25cm、49cm、55cm	通過試験	・走行前、3万輪時、6.5万輪時、走行試験終了後(10万輪時)に実施	・供試球の通過を確認

■試験結果

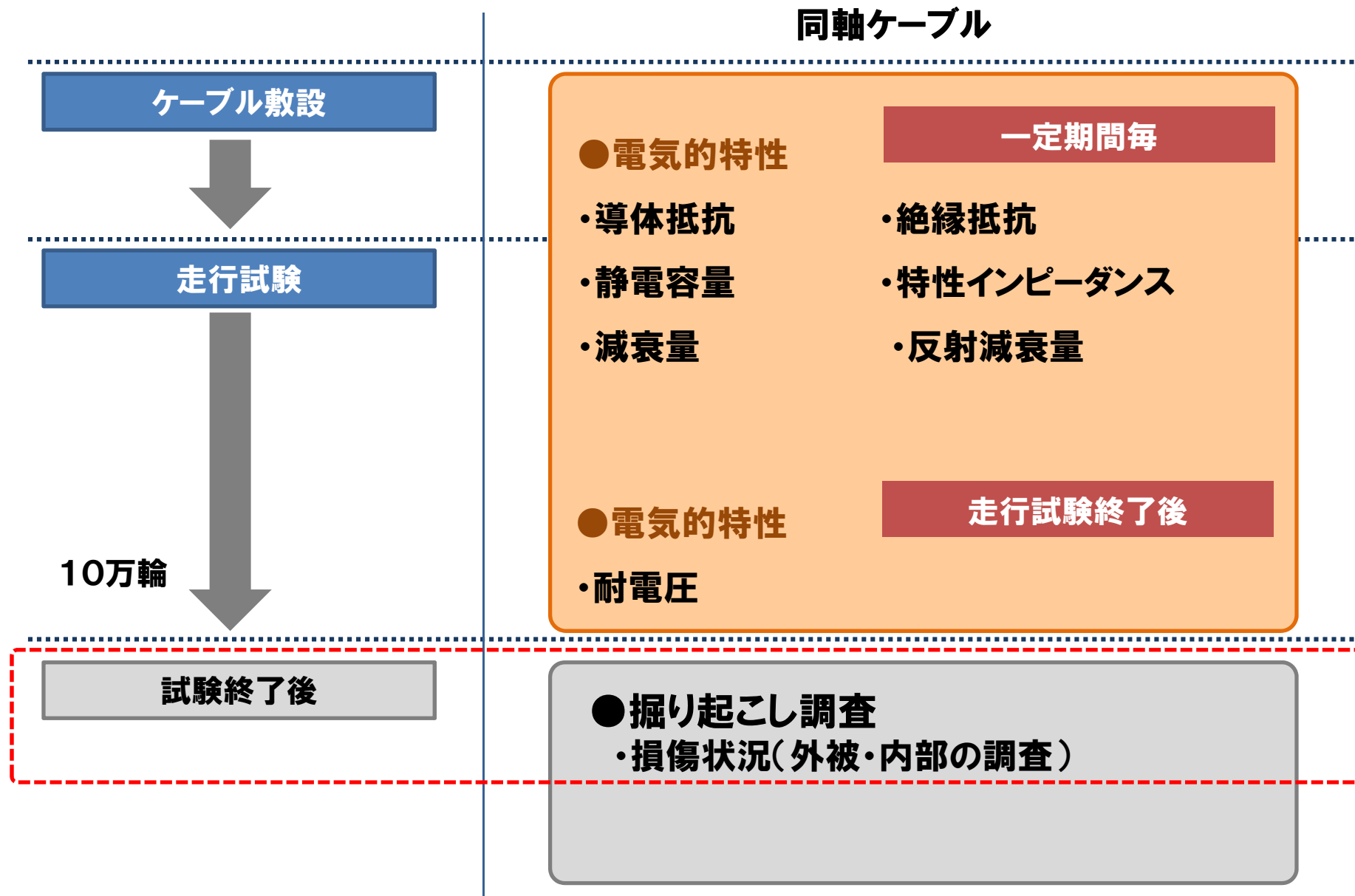
評価パターン			試験結果
PF-S管 (φ14)	25cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	○通過を確認
	49cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	H=55ゾーンで代用
		横断方向	○通過を確認
	55cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	H=49ゾーンで代用
PF-S管 (φ28)	25cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	○通過を確認
	49cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	○通過を確認
	55cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	H=49ゾーンで代用
		横断方向	H=49ゾーンで代用
[参考] (PV管 φ25)	25cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	○通過を確認
	49cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	○通過を確認
	55cm	進行方向(車輪通過位置/車輪外)	○通過を確認
		横断方向	H=49ゾーンで代用



4. 通信線(同軸ケーブル)への影響

(1)試験項目	30
(2)試験ケーブルの配置	32
(3)試験結果	33

(1)試験項目

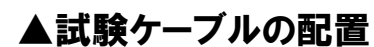


(1)試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値
12C(16mm) 5C(8mm) ○ケーブルのみ (先行掘り起し箇所): 路面から25cm 車輪走行位置 長さ10m ○防護管※1あり (先行掘り起し箇所): 路面から25cm 車輪走行位置 長さ10m	損傷状況	・輪直下25cmの深さに進行方向に埋設した2種類のケーブル(それぞれ10m)について、目視及び触診により外傷を確認 ・外被への大きな損傷に絞り確認	・目視及び触診による傷の有無 ・外部導体の損傷の有無

※1 防護管:波付硬質ポリエチレン管(φ30)

- ## 先行掘り起し



(3)試験結果

- ・ 走行試験路に埋設したケーブルの一部を掘り起し、先行して確認を行った。
- ・ 確認の結果、外被及び内部構造となる外部導体に、損傷・変形が確認された。

■12C

No.	始点からの 距離 (cm)	外部状態	シース径 (標準:15.3mm)	内部状態	外部導体径 (標準:12.7mm)
1	220	上下面に損傷有り	14.2 (-7.2%)	アルミパイプ に損傷有り	12.5 (-1.6%)
2	440	下面に損傷有り	14.7 (-3.9%)	アルミパイプ に損傷有り	12.2 (-3.9%)
3	640	下面に損傷有り	14.9 (-2.6%)	アルミパイプ に損傷有り	12.1 (-4.7%)

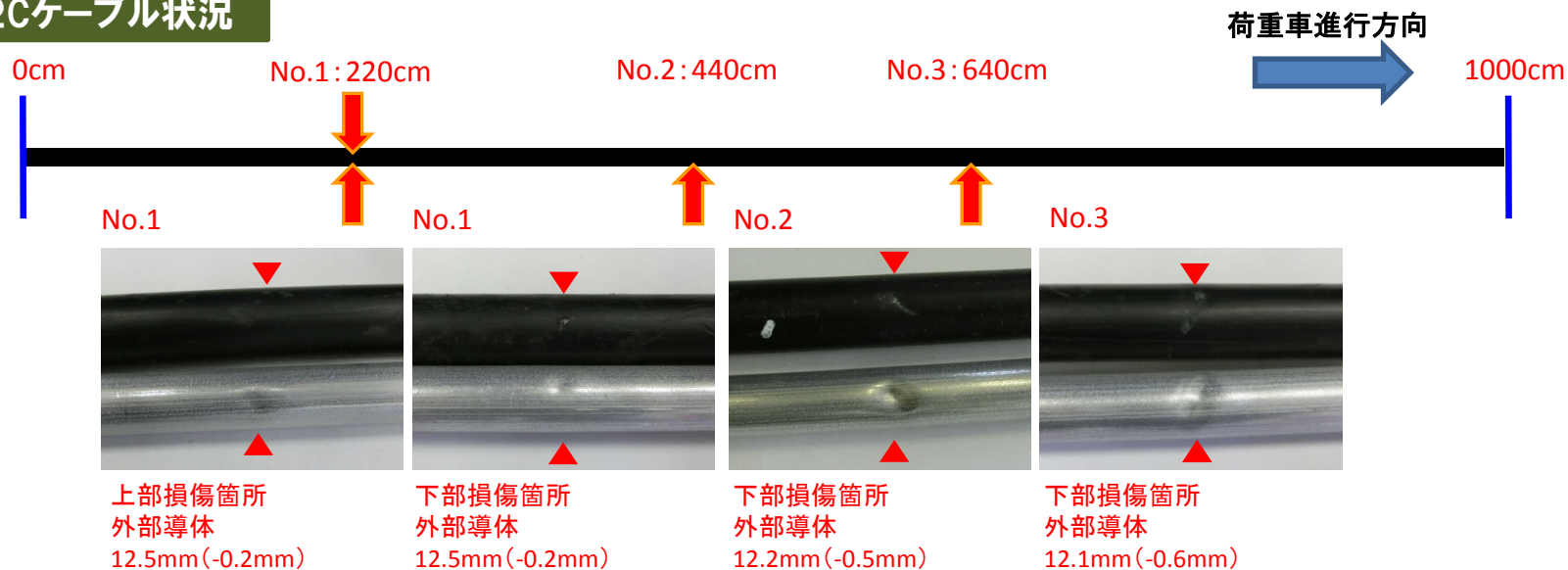
■5C

No.	始点からの 距離 (cm)	外部状態	シース径 (標準:7.7mm)
4	183	上下面に損傷有り	7.2 (-6.5%)
5	375	下面に損傷有り	7.3 (-5.2%)
6	676	下面に損傷有り	7.3 (-5.2%)
7	824	下面に損傷有り	7.6 (-1.3%)

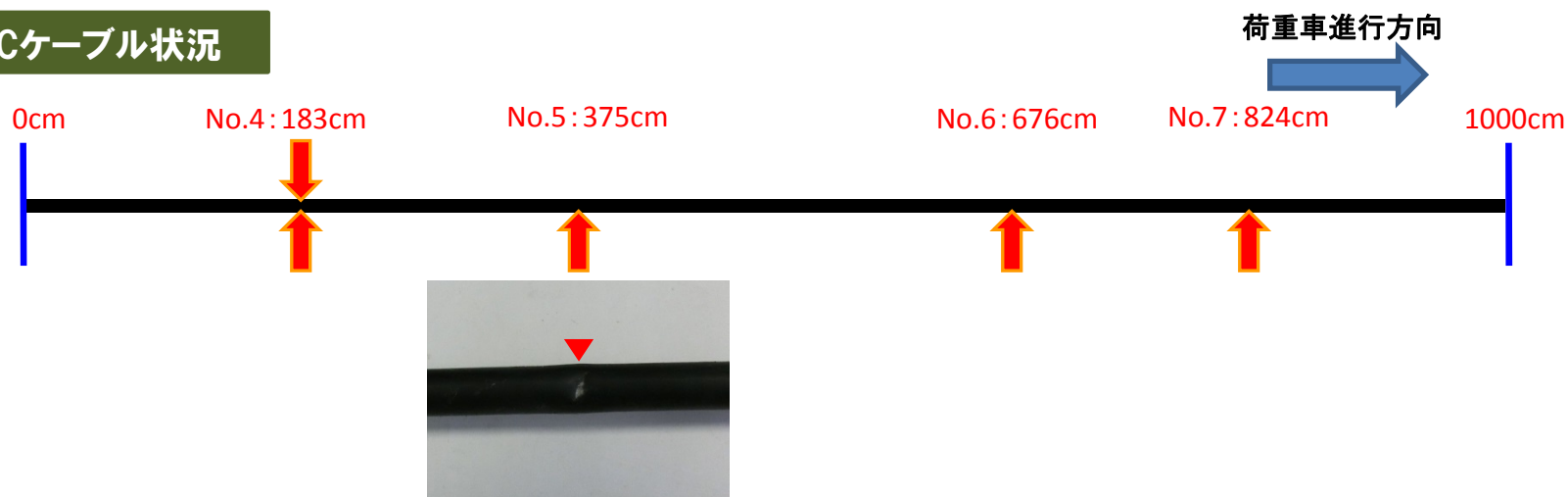
- ・ 検証は、外被に対する大きな損傷に絞リ実施した
- ・ ケーブル全般に渡り、細かい傷が散見された
- ・ No.3の事例では、外被と内部構造の損傷が反比例しているが、外被のポリエチレンの反発力が働いたためと推定される

(参考)先行掘り起し箇所の状況

12Cケーブル状況



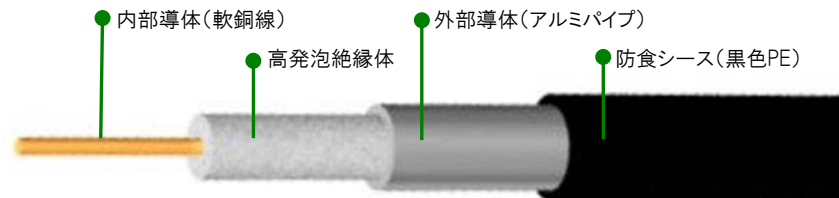
5Cケーブル状況



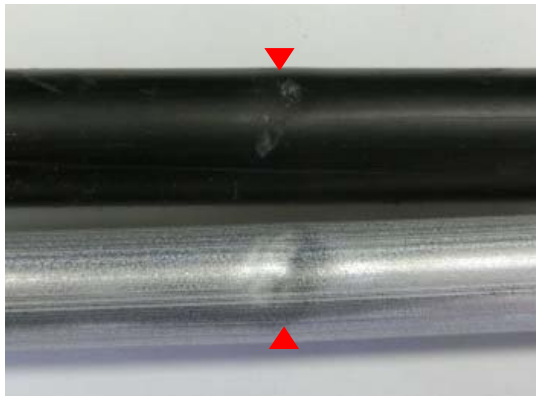
(参考)外部導体に損傷のあるケーブルの経年劣化

- 外部導体に損傷のあるケーブルを経年的に使用する事により、温度変化に伴う伸縮がアルミの金属疲労に繋がり、最も深刻な事例では損傷箇所にてケーブルの破断などを引き起こす可能性が生じる。

<12Cパイプケーブル構造>



<実証試験のサンプル>



<経年劣化の例>



※ケーブルの損傷状況、損傷後の外圧の状況等により、促進劣化の進行度合いは異なる。

※損傷による外部導体の変形が進行する事により、ケーブル破断まで至らない事例でも通信性能に支障を来す可能性が生じる。