

# 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

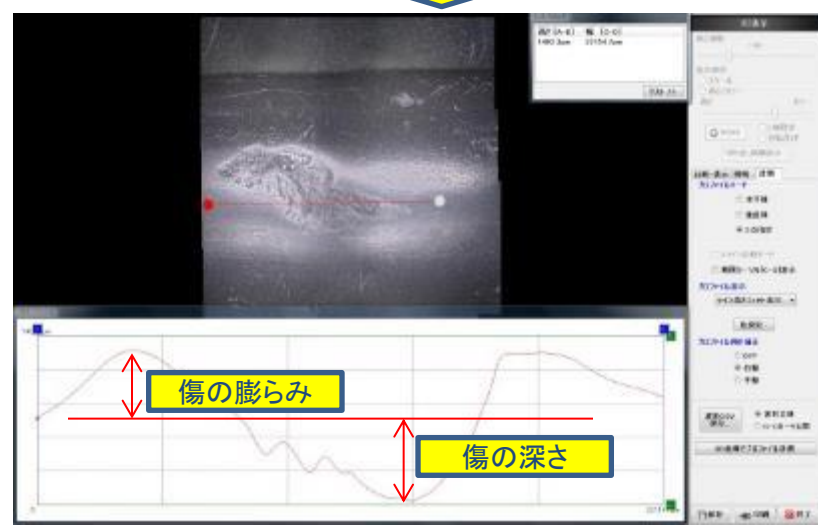
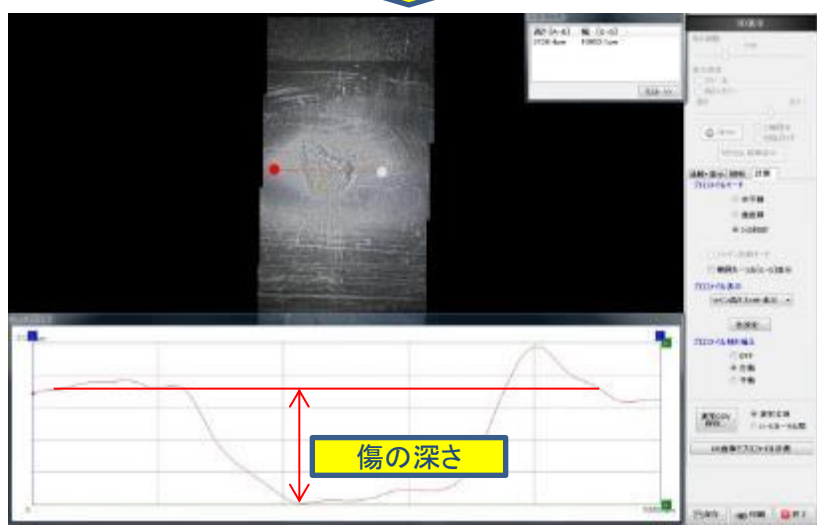
対象物	試験項目	基準値	結果	判定
CVQ ケーブル	①交流電圧絶縁耐力試験	試験電圧に耐えること 漏れ電流値の著しい上昇がないこと	絶縁破壊なし 漏れ電流値の著しい上昇なし	適合
	②絶縁抵抗試験	CVQ250mm <sup>2</sup> : 930MΩ・km以上 CVQ 22mm <sup>2</sup> : 1267MΩ・km以上	CVQ250mm <sup>2</sup> : 1120~9990MΩ・km CVQ 22mm <sup>2</sup> : 1770~8550MΩ・km	適合
	③雷インパルス試験	試験電圧に耐えること	絶縁破壊なし	適合
	④導体抵抗測定	導体抵抗値の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 <sup>2</sup> : 58.8kV~82.5kV CVQ 22mm <sup>2</sup> : 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 <sup>2</sup> : 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 <sup>2</sup> : 0.1~1.6mm > 1.5mm CVQ 22mm <sup>2</sup> : 貫通~1.4mm > 1.3mm	不適合



# (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○		

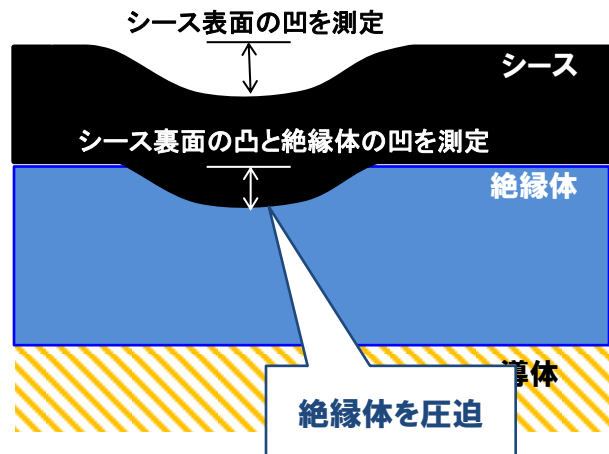
※埋設深さ欄の(砂)は埋設時にケーブル周りに砂による保護を行ったもの



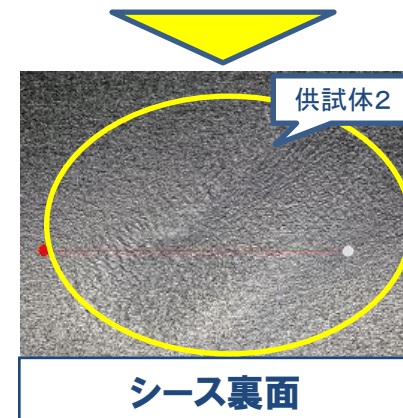
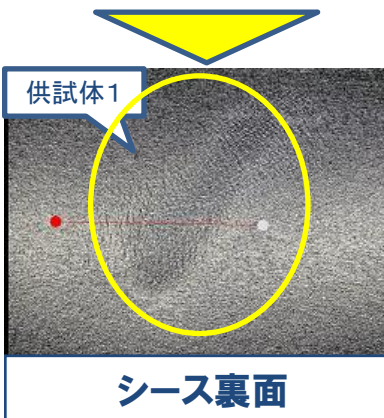
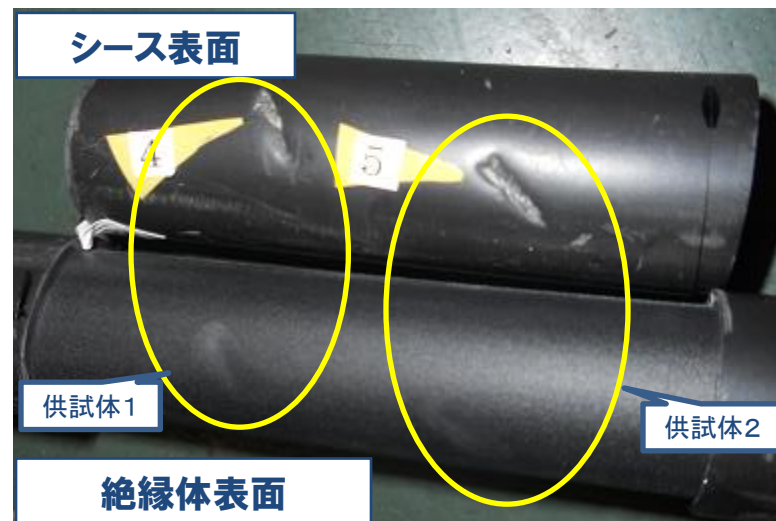
# (3)絶縁体の確認

○3か所の供試体を解体後、デジタルマイクロスコブを用い、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

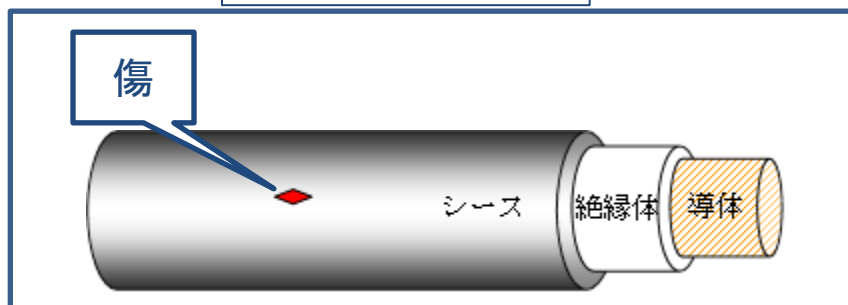
	供試体1	供試体2
シース表面凹	0.5811	0.4199
シース裏面凸	0.1624	0.1424
絶縁体表面凹	0.1797	0.1183

# (4)ふくらみ傷の確認

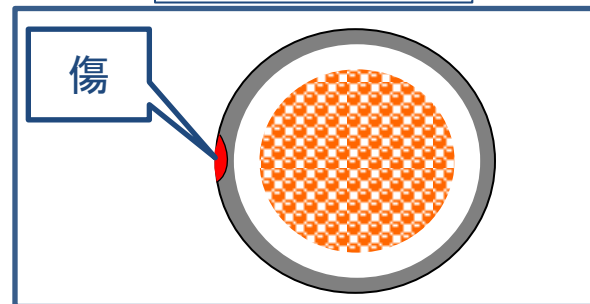
## (1)非破壊検査方法

- 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



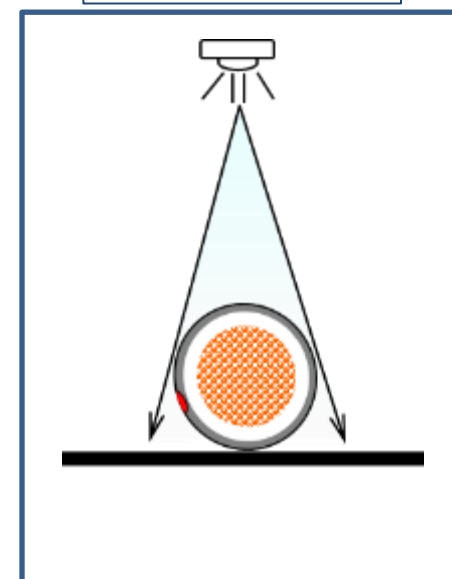
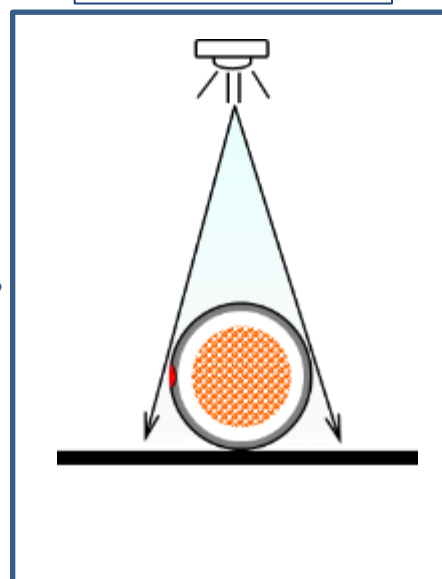
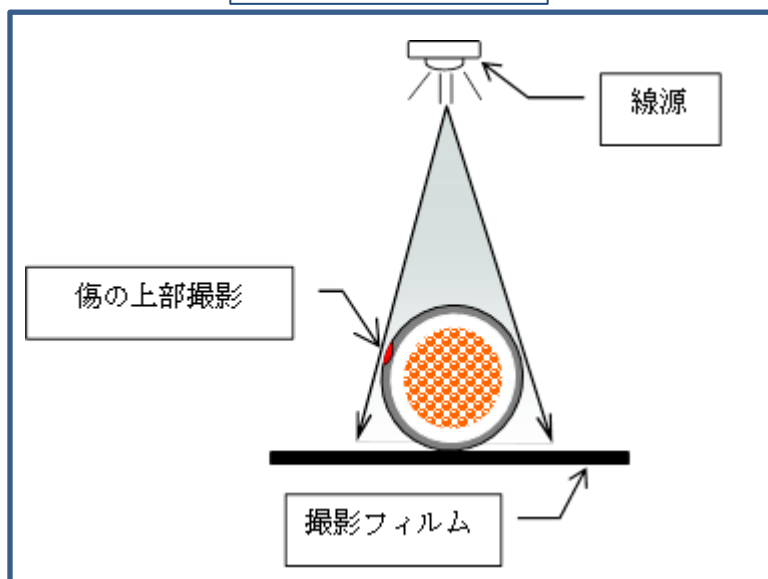
ケーブル断面



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

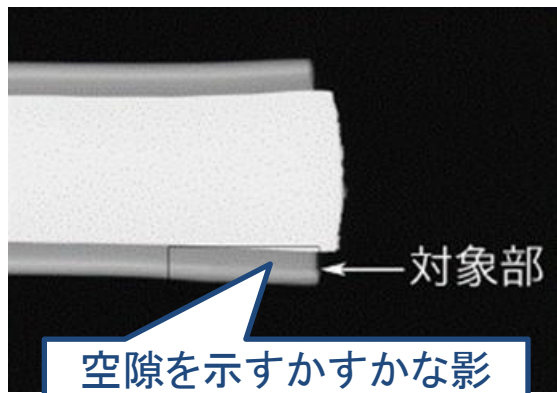
サンプルケーブル

空隙を意図的に作成

ピンを差込んだ空隙



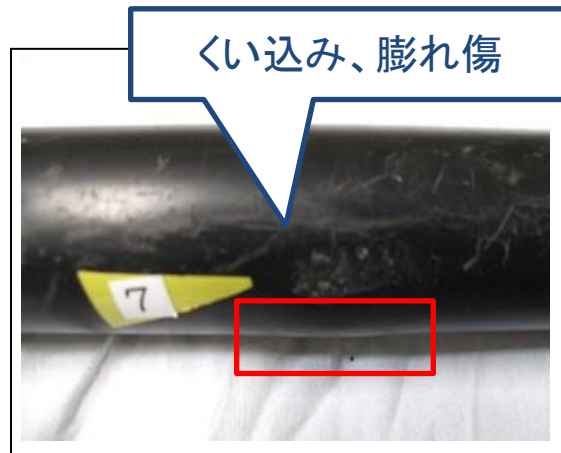
X線撮影での映像



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

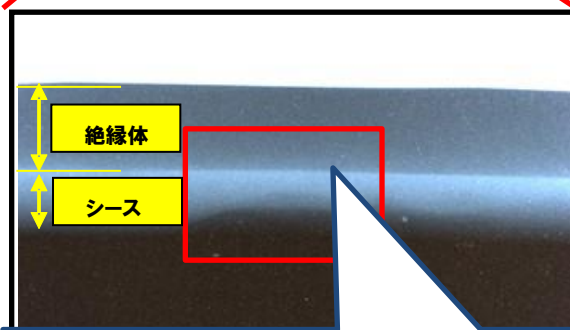


拡大



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

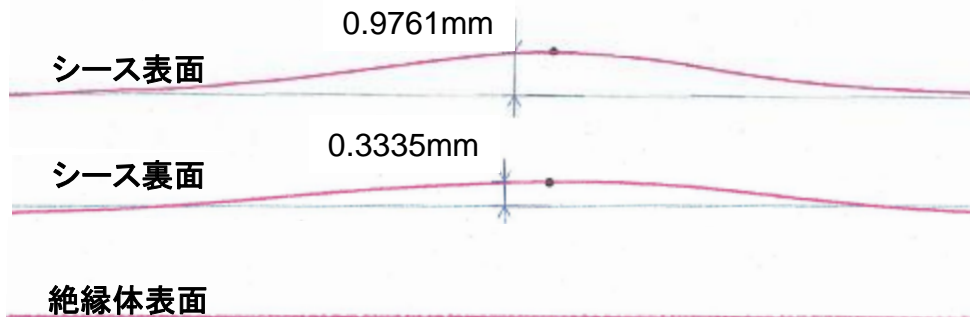
# (4)ふくらみ傷の確認(つづき)

## (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)

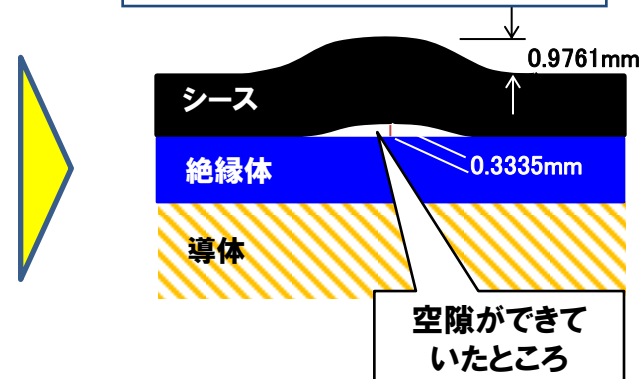


単位:mm

	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

### 発生している現象のイメージ



### 輪郭測定器



### 測定状況

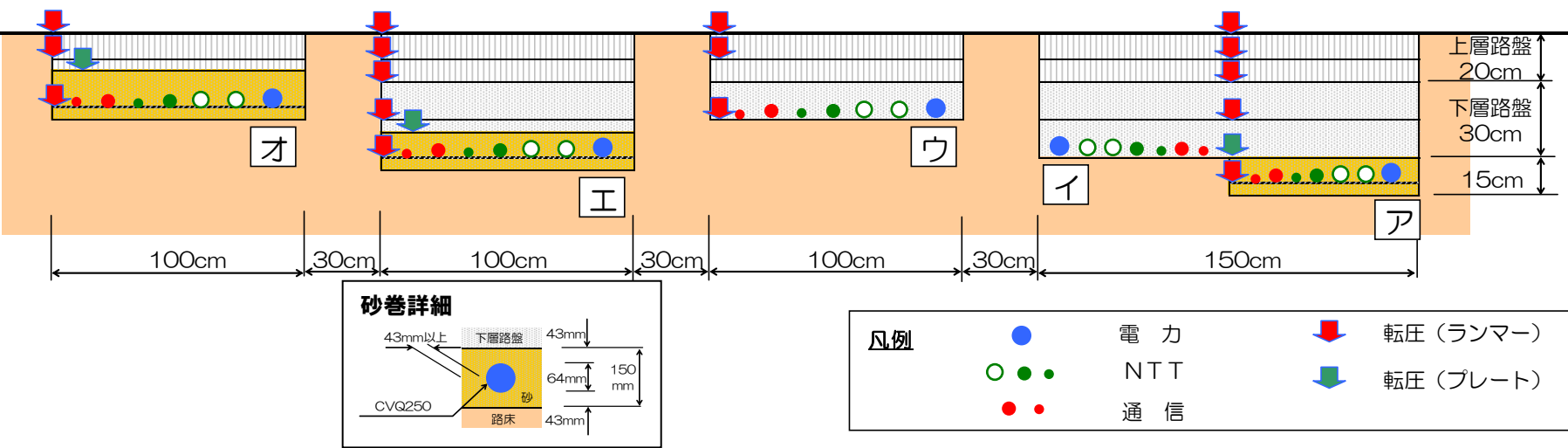


# 3. 試験施工結果

## (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】

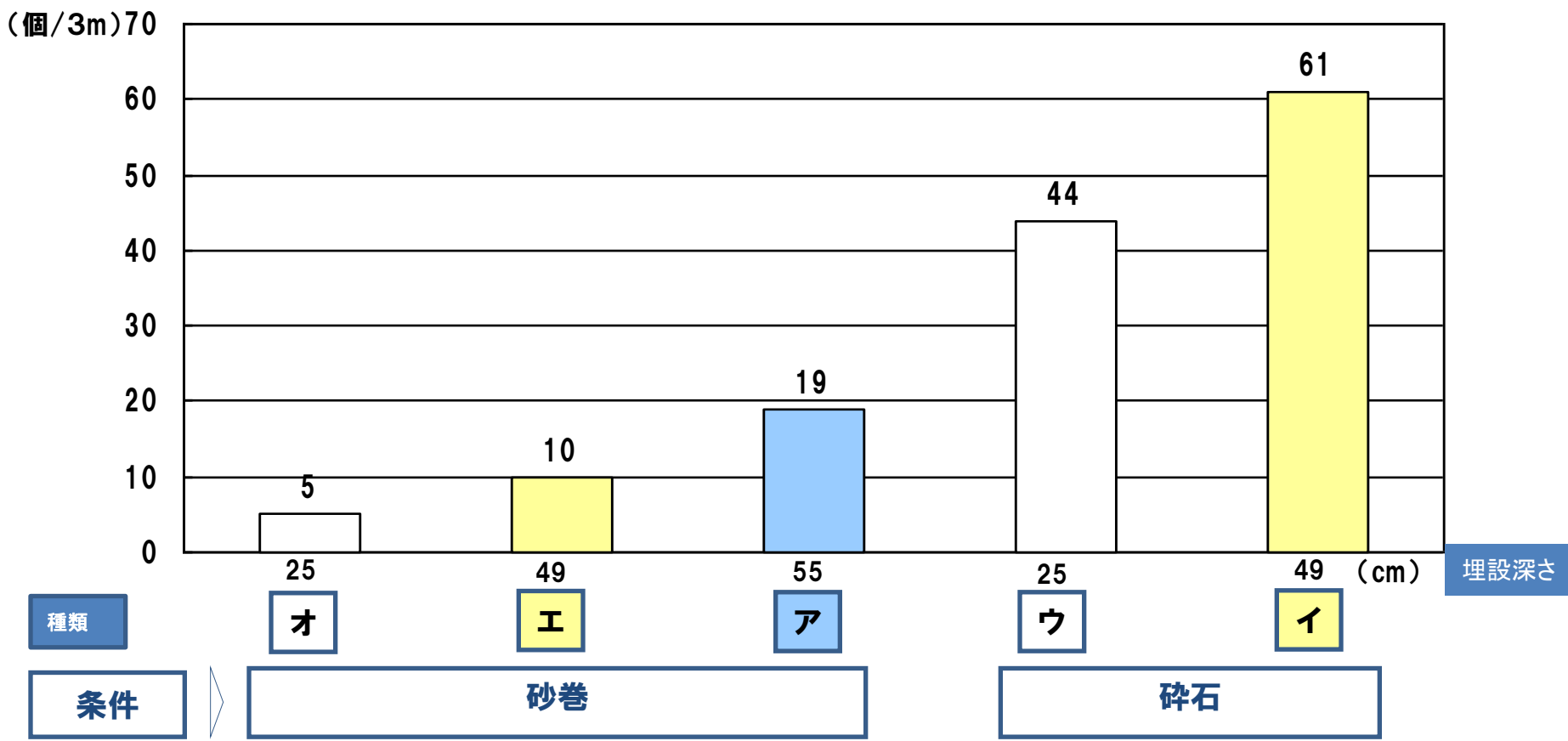


転圧状況【ランマー】

# 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。

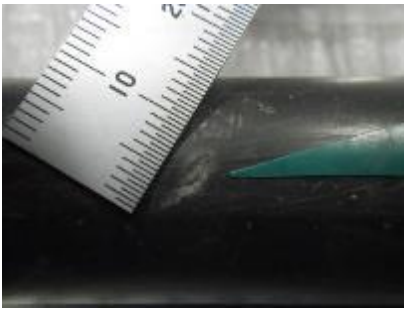
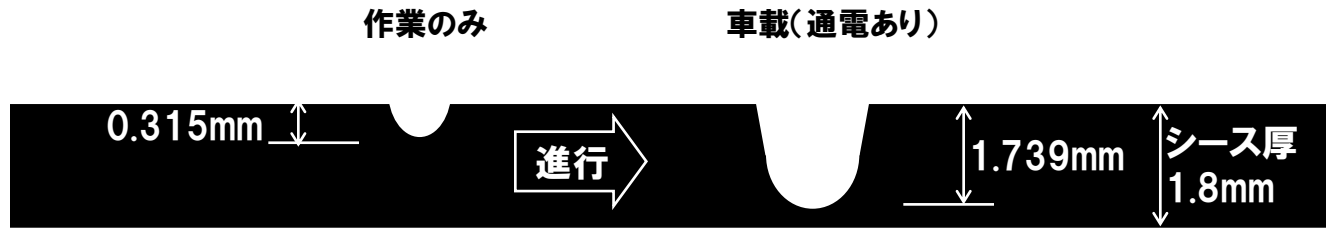


# 3. 試験施工結果(つづき)

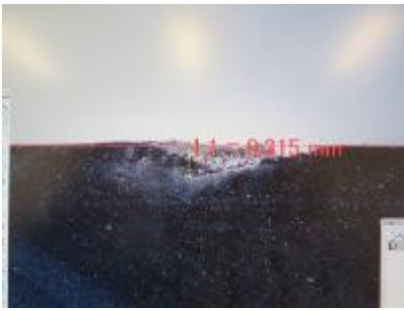
## (3) 走行試験との比較

○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



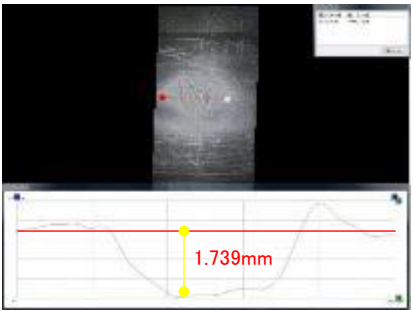
表面観察【イ】



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 <sup>2</sup> )	①交流電圧絶縁耐力試験	(イ)～(ホ)	試験電圧:3,000V(250mm <sup>2</sup> )、2,000V(22mm <sup>2</sup> ) 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 <sup>2</sup> :930MΩ・km以上 CVQ 22mm <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> :1120～9990MΩ・km CVQ 22mm <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> :73.9mΩ/km以下 35m換算値:2.59mΩ(20℃)、35m換算値:3.31mΩ(90℃) CVQ 22mm <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> :4.2～7.5mΩ、CVQ 22mm <sup>2</sup> :48.3～54.4mΩ (イ)CVQ250mm <sup>2</sup> :2.99～3.29mΩ、CVQ 22mm <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> :58.8kV～82.5kV CVQ 22mm <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> :0～0.15mm、CVQ 22mm <sup>2</sup> :0～0.10mm (ひずみ率) CVQ250mm <sup>2</sup> :0～0.54%、CVQ 22mm <sup>2</sup> :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 <sup>2</sup> :0～1.6mm>1.5mm、CVQ 22mm <sup>2</sup> :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

### ①CVQ250mm<sup>2</sup>

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
車輪内	V	Q250	49cm	31					
車輪外	U	Q250	55cm	28	(黒相) 10 (赤相) 4 (白相) 10 (緑相) 10				
				車輪内	42				

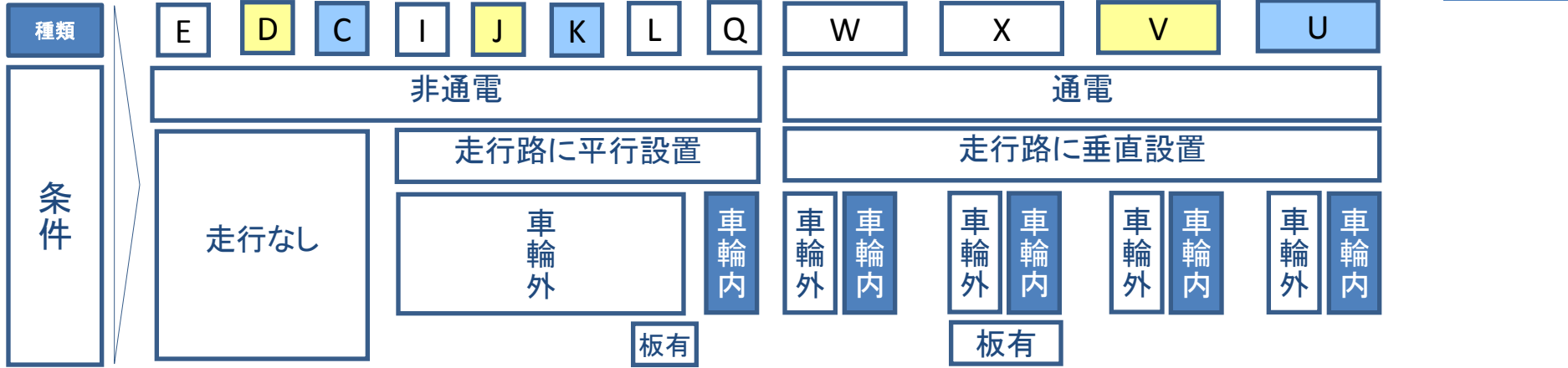
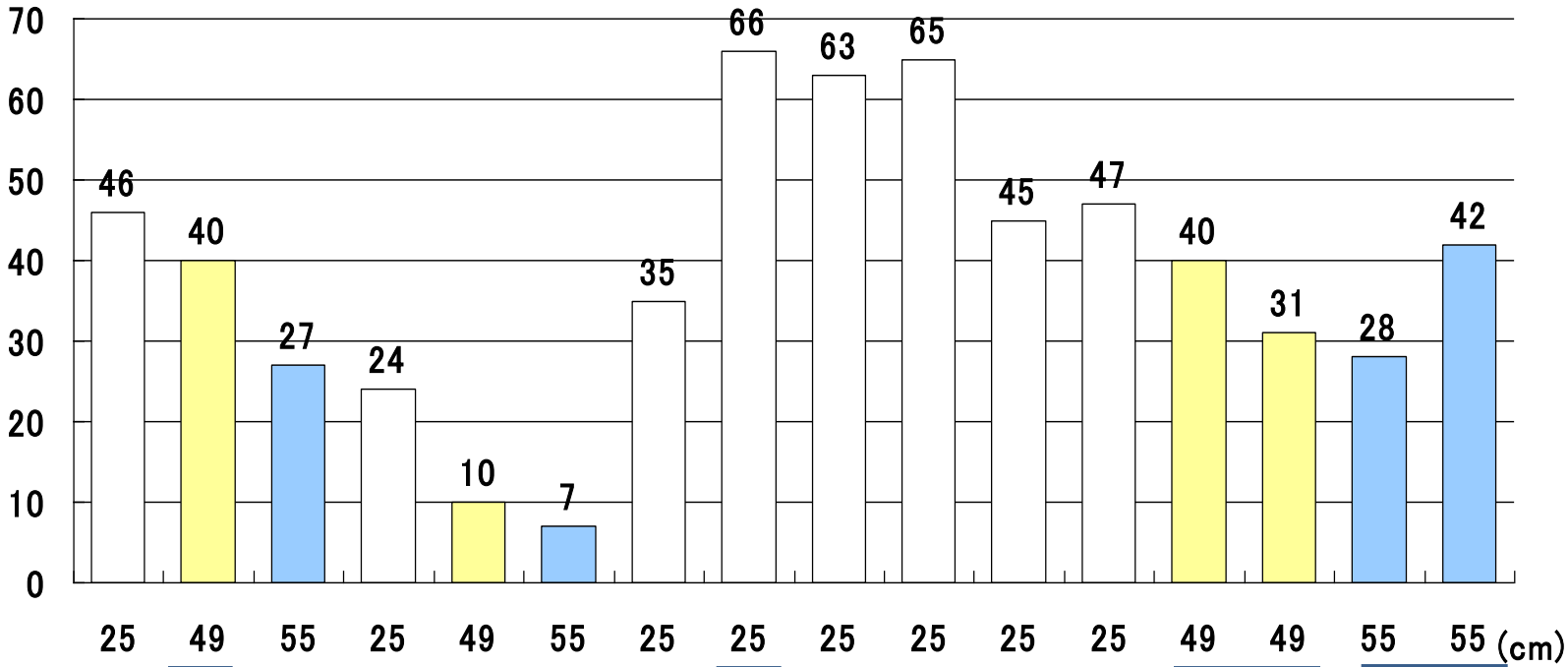
### ②CVQ22mm<sup>2</sup>

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(CVQ250mm<sup>2</sup>)

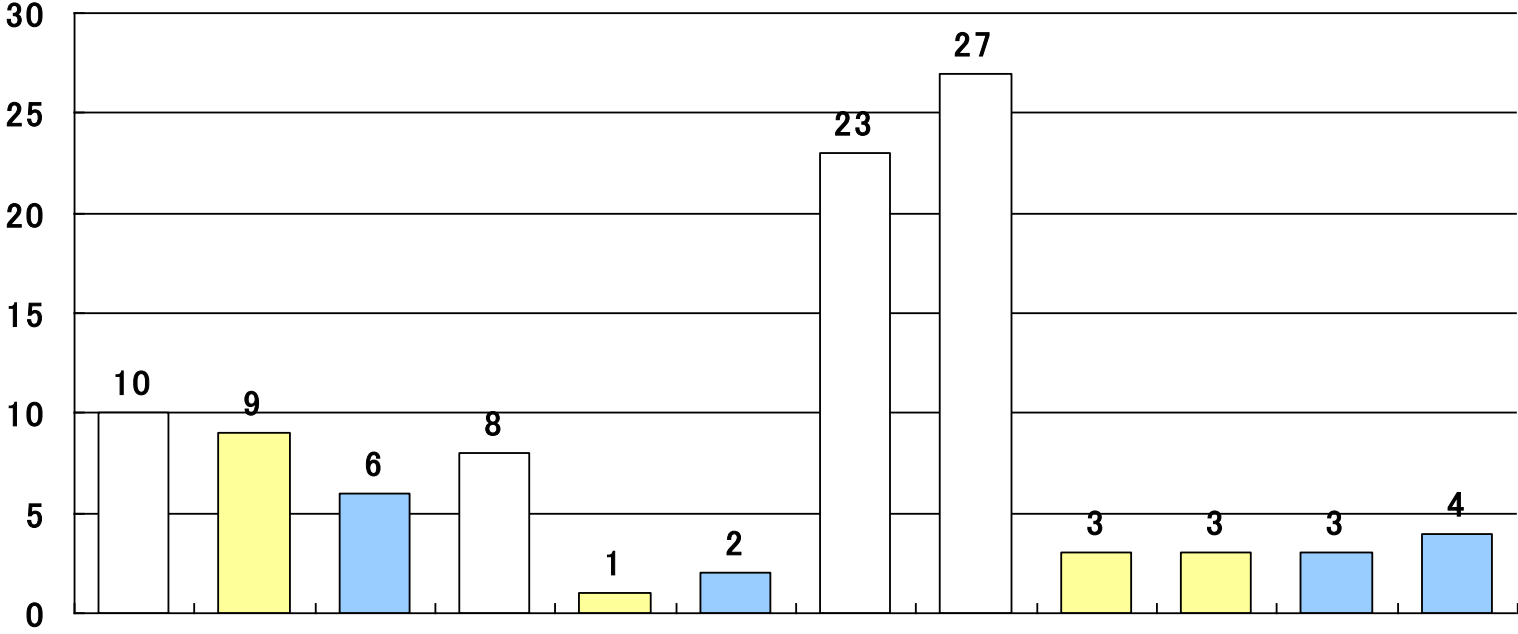
(個/10cm)



# 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(CVQ22mm<sup>2</sup>)

(個/10cm)



種類

25 49 55 25 49 55 25 25 49 49 55 55 (cm)

埋設深さ

条件



## 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

