

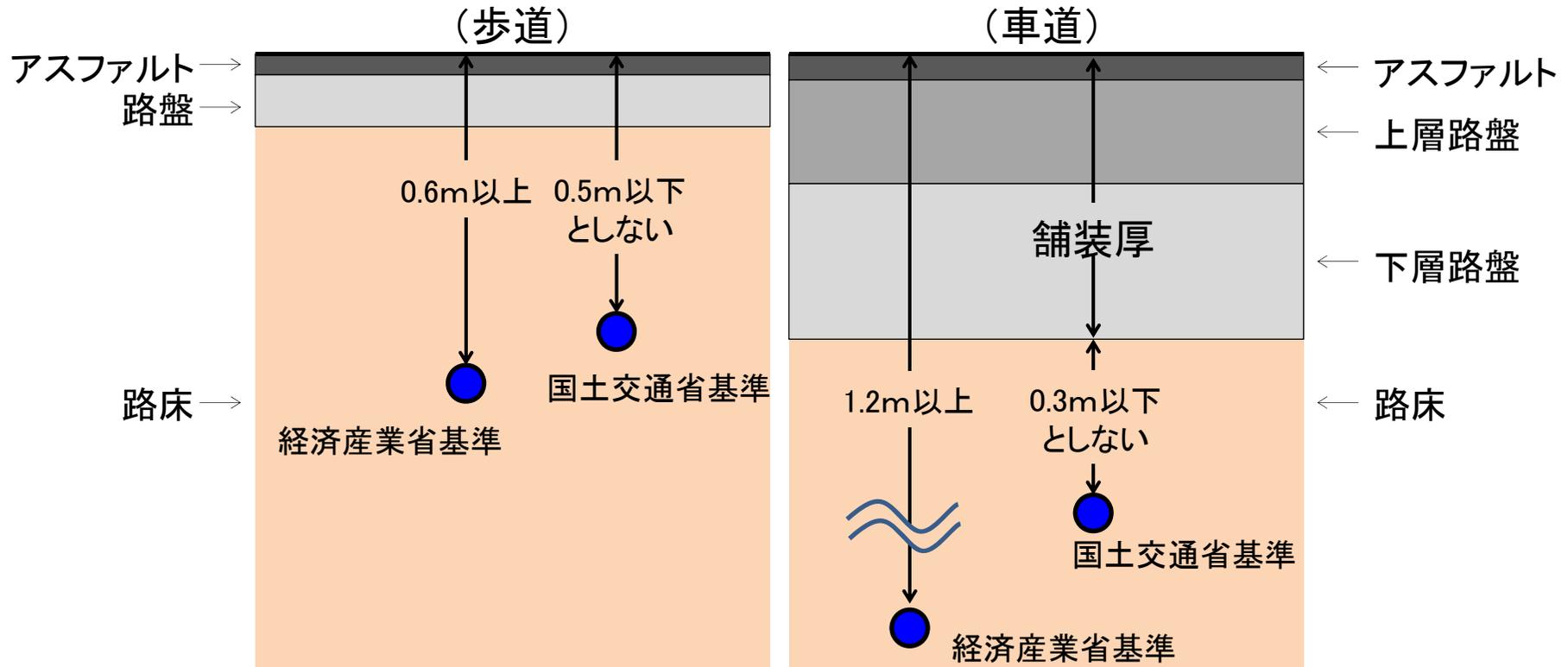
土木研究所等で実施した試験結果

1. 現行の基準と埋設深さ …	1	9. 舗装への影響 ……	11
2. 試験概要 ……	2	10. 電力ケーブルへの影響 ……	20
3. 舗装構成 ……	3	11. 通信線(光ケーブル)への影響 ……	25
4. 試験対象 ……	4	12. 通信線(メタルケーブル)への影響 …	31
5. 埋設深さ ……	6	13. 通信線(同軸ケーブル)への影響 …	36
6. ケーブル等の埋設位置 …	7	14. 小型ボックスへの影響 ……	41
7. 試験準備 ……	8	15. 小型ボックス代用管への影響 ……	54
8. 掘り起しの状況 ……	10		

平成27年2月18日

1. 現行の基準と埋設深さ

- ・ 現行の基準は、いずれも路床と呼ばれる舗装よりも下層への埋設を義務づけ。



	歩道	車道
経済産業省基準 電気設備に関する技術基準の解釈	0.6m以上	1.2m以上
国土交通省基準 (道路占用埋設部物件)	0.5m以下としない	舗装厚 + 0.3m以下としない

2. 試験概要

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) 	<ul style="list-style-type: none"> ・舗装(5,000m²) ・小型ボックス等(55m)

■ 試験場所

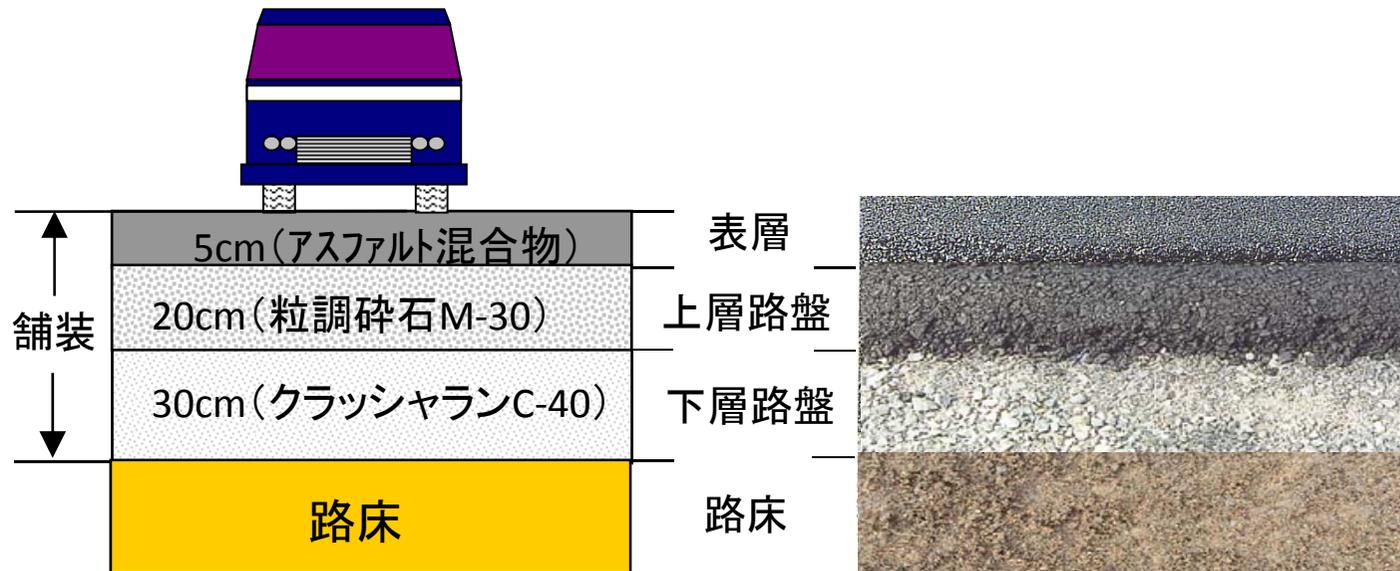


▼自動(無人)走行大型車両



3. 舗装構成

- 舗装構成は、CBR=3%のときの N_4 交通(1日の大型車交通量が250台未満)を想定。



▲設計CBR=3%のときの N_4 交通(1日の大型車交通量が250台未満)相当の厚さ



路床
(土)



クラッシュランC-40
(最大粒径40mmの碎石)



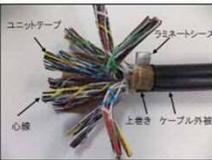
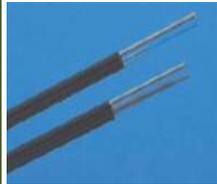
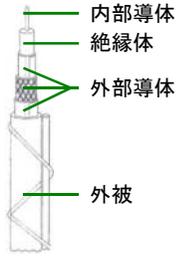
粒調碎石M-30
(最大粒径30mmの碎石)



アスファルト混合物
(改質Ⅱ型)

4. 試験対象

対象ケーブル

分類	ケーブルの種類	概要	写真	分類	ケーブルの種類	概要	写真
電力ケーブル	600V CVQケーブル (250mm ²)	低圧ケーブル		通信ケーブル(メタル)	0.4mm50対CCP-JF (15.5mm)	分配線	
	600V CVQケーブル (22mm ²)	低圧ケーブル			2対-地下用屋外線 (5.5mm)	引込線	
通信ケーブル(光)	40SM-WB-N (12mm)	分配線		通信ケーブル(同軸)	12C (16mm)	同軸ケーブル	
	1SM-IF-DROP-VC (2.0 x 5.3mm)	引込線			5C (8mm)	同軸ケーブル	

4. 試験対象

管路材

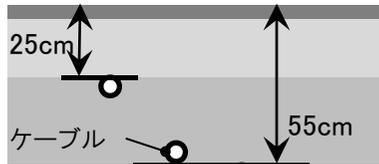
小型ボックス等

分類	管種	写真	分類	ケーブルの種類	写真
電力管	SVP管(φ130)		小型ボックス	コンクリート製小型ボックス W705×H630	
通信管 (光・メタル)	PF-S管(一重管)(φ28、φ14)			レジンコンクリート製小型ボックス W540×H400	
通信管 (同軸)	波付硬質ポリエチレン管(φ30)		小型ボックス 代用管	塩ビ管(φ195)	

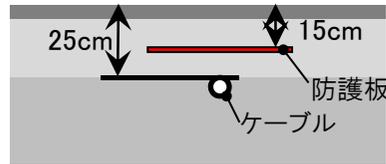
5. 埋設深さ

地下に直接ケーブルを埋設

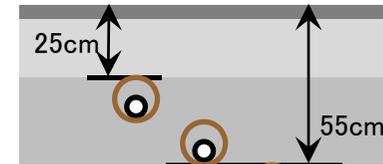
直接ケーブルを埋設



地下に直接ケーブルを埋設し 上部に防護板を敷設



管状の保護材に 覆われたケーブルを敷設

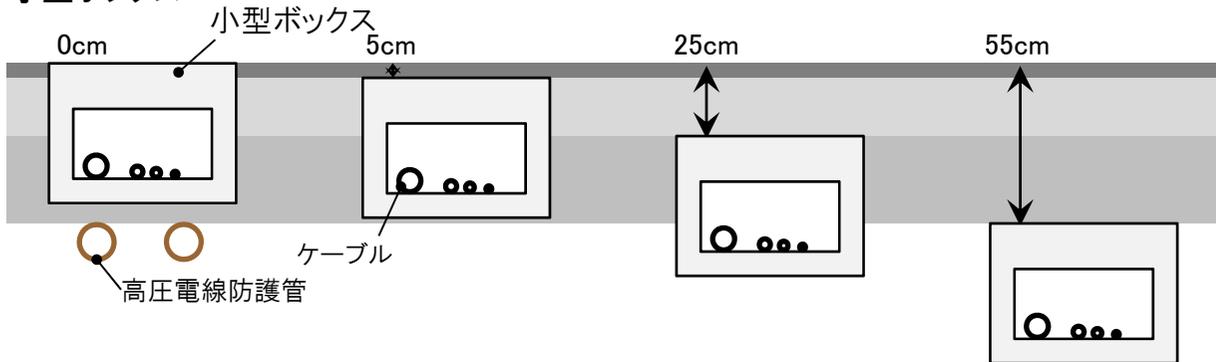


防護管(小型管)
ケーブル

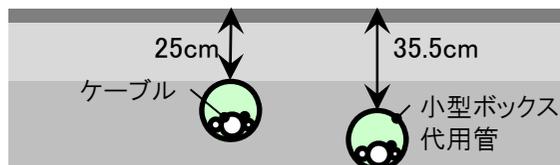


小型ボックス活用埋設

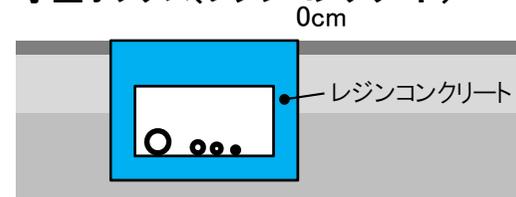
小型ボックス



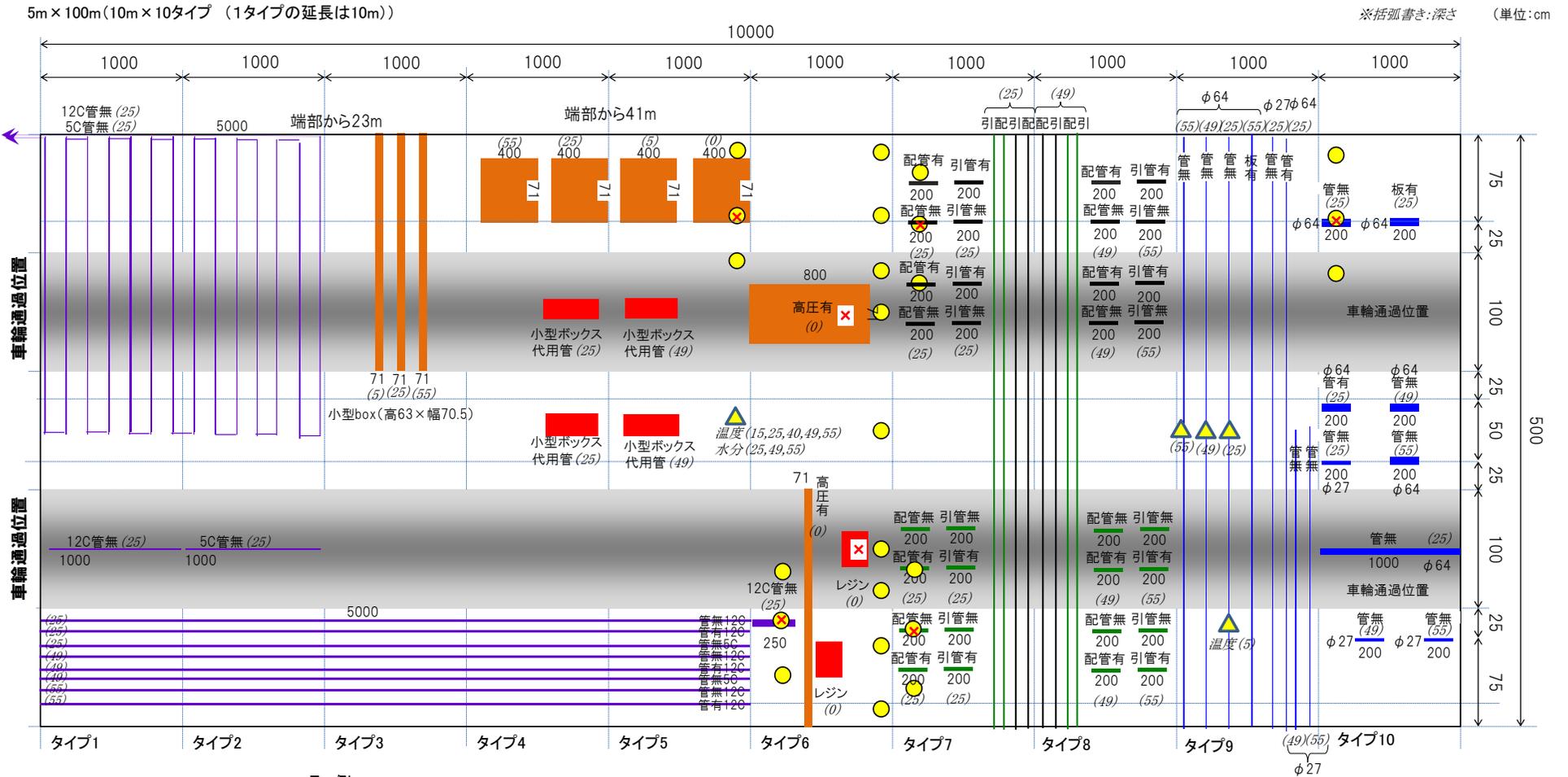
小型ボックス代用管



小型ボックス(レジンコンクリート)



6. ケーブル等の埋設位置



凡例

	青線 電力線		土圧計
	緑線 通信線(メタル)		温度計・水分計
	黒線 通信線(光)		ひずみゲージ(計)
	紫線 通信線(同軸)	管無	.....埋設条件→管無:直接ケーブル埋設
	橙線 小型box	(49)	.....埋設深さ(cm) 管有:防護管有
	赤線 レジンコンクリート・代用管	200	.....寸法(cm) 板有:防護板有
		配	: 分配線
		引	: 引込線

注:

※ 縦と横で縮尺は異なる

※ 埋設深さの(49)については、各埋設物が下層路盤最下面(深さ55cm)に接するよう埋設することを示しており、ケーブル等のサイズによる誤差がある(49cmは電力ケーブル(φ64)を埋設した場合)

※ 光、メタルは防護管のみをケーブルに並行して埋設している箇所があるが図では省略

7. 試験準備

①準備(舗装切断)

- ・ カッターにより舗装(表層)を切断。



③準備(路床整正)

- ・ 路床を整正し試験施工の準備完了。



②準備(舗装掘削)

- ・ バックホウにより舗装(表層、路盤)を掘削。



④ケーブル、小型ボックス敷設

- ・ 路床にケーブル及び小型ボックスを敷設。



7. 試験準備

⑤ケーブル、小型ボックス敷設

- 下層路盤下部にケーブルを敷設。



ケーブル敷設(通信)



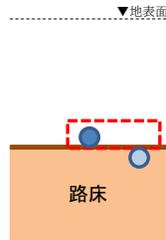
ケーブル敷設(ケーブルテレビ)



ケーブル敷設(ケーブルテレビ)



ケーブル敷設(電力)



⑥ケーブル敷設 舗装(路盤工)

- 砕石を敷き締めを行い下層路盤を施工、下層路盤上部にケーブルを敷設。



下層路盤の構築



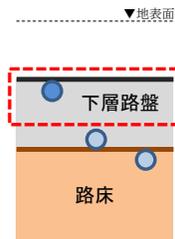
ローラーにより転圧



ケーブル敷設(電力)



ケーブル敷設(通信)



⑦舗装(路盤工)

- 砕石を敷き締めを行い上層路盤を施工。



上層路盤の敷設状況



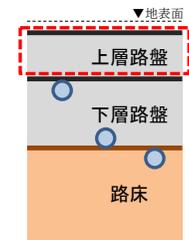
転圧後の状況



上層路盤の敷設(敷均し)



アスファルト乳剤散布後の状況



⑧舗装(仕上げ アスファルト)

- アスファルトを敷き締めを行い施工完了。



表層舗装の状況



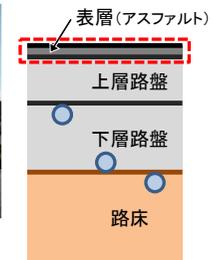
転圧状況



完了状況(1)



完了状況(2)



8. 掘り起しの状況

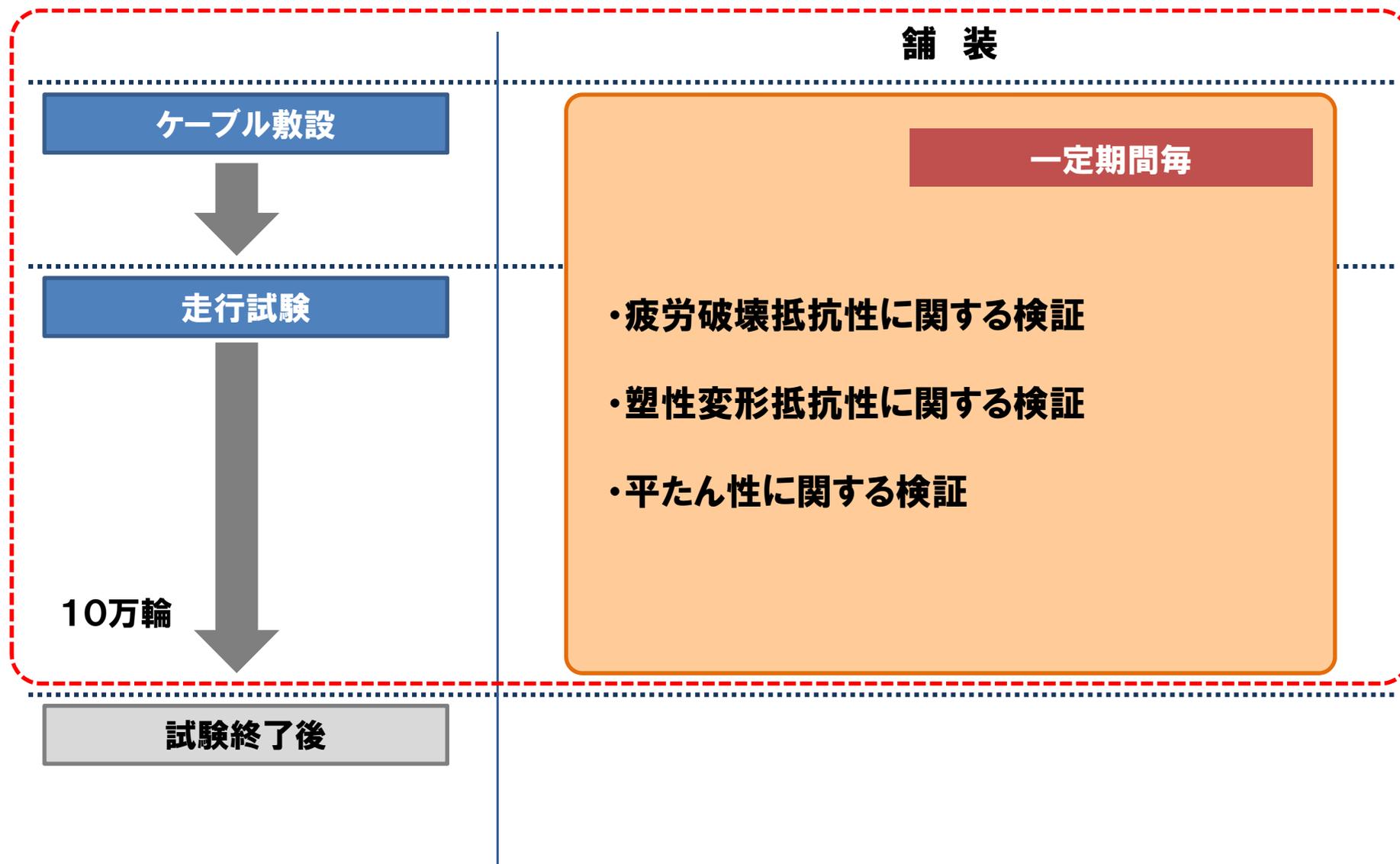
電力ケーブル		平成26年12月22日
通信ケーブル(光、メタル、同軸)、 小型ボックス等	先行掘り起し	平成26年12月15日
	本掘り起し	平成27年1月28日～29日



9. 舗装への影響

(1)試験項目	12
(2)疲労破壊抵抗性に関する検証	13
(3)塑性変形抵抗性に関する検証	15
(4)平坦性に関する検証	16

(1) 試験項目

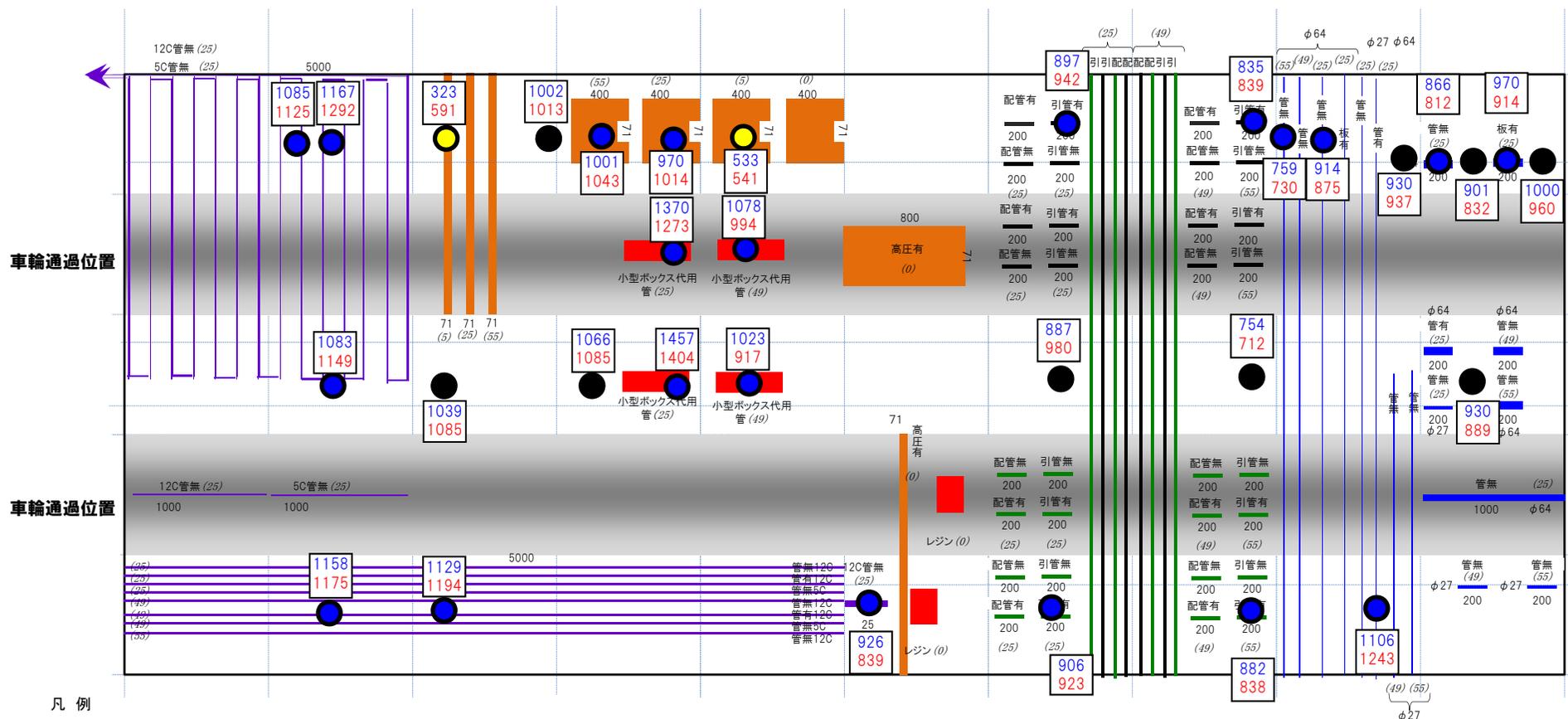


※ 通常、塑性変形抵抗性や平坦性は、横断方向および縦断方向の路面の凹凸量で検証されるものである。しかし、本実験では埋設ケーブルなどが密に埋設されており、従来のわだち掘れ量や平坦性(σ)では各工区の評価ができないことから、路面高さを縦断、横断方向に一定の間隔で計測して評価指標としている。

(2) 疲労破壊抵抗性に関する検証

■ FWD試験より評価したたわみ量の差(D0-D150)*の値

※ 載荷直下と150cm離れた箇所のたわみ量の差(D0-D150) を評価することで舗装体の疲労抵抗性をある程度把握することができる。



凡例

- 青線 電力線
- 緑線 通信線(メタル)
- 黒線 通信線(光)
- 紫線 通信線(同軸)
- 橙線 小型box
- 赤線 レジンコンクリート・代用管

- 管無埋設条件→管無:直接ケーブルを埋設
- (49)埋設深さ(cm)
- 20寸法(cm)
- 0

FWD試験実施位置

D0-D150
(×10⁶m)

無埋設部	●	945 944
浅層部に埋設	●	428 566
深層部に埋設	●	1028 1025

(上段: 走行試験前
下段: 10万輪走行後)

(3) 塑性変形抵抗性に関する検証

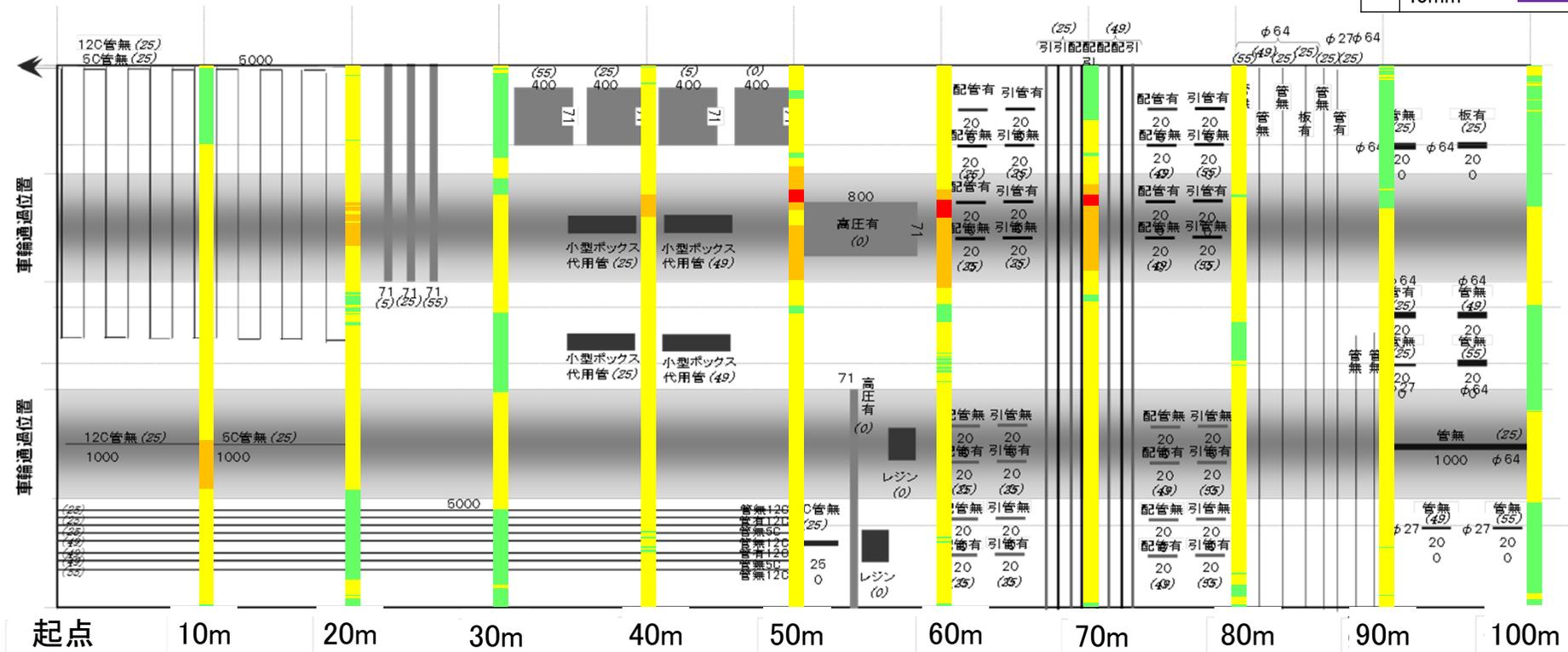
■ 横断方向の路面高さの相対変位

- ・ 車輪通過位置の路面に露出して設置した小型ボックスの周辺以外の箇所では、10万輪走行後も、舗装の打替えや補修が必要となるような路面高さの変位※は生じない。

※「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準(案)」では、わだち掘れ量については40mm以上の区間で舗装の打替えや切削オーバーレイによる舗装補修の実施するとしている

凡例

隆起	5mm~	■
	0~5mm	■
沈下	0~10mm	■
	10~20mm	■
	20~40mm	■
	40mm~	■

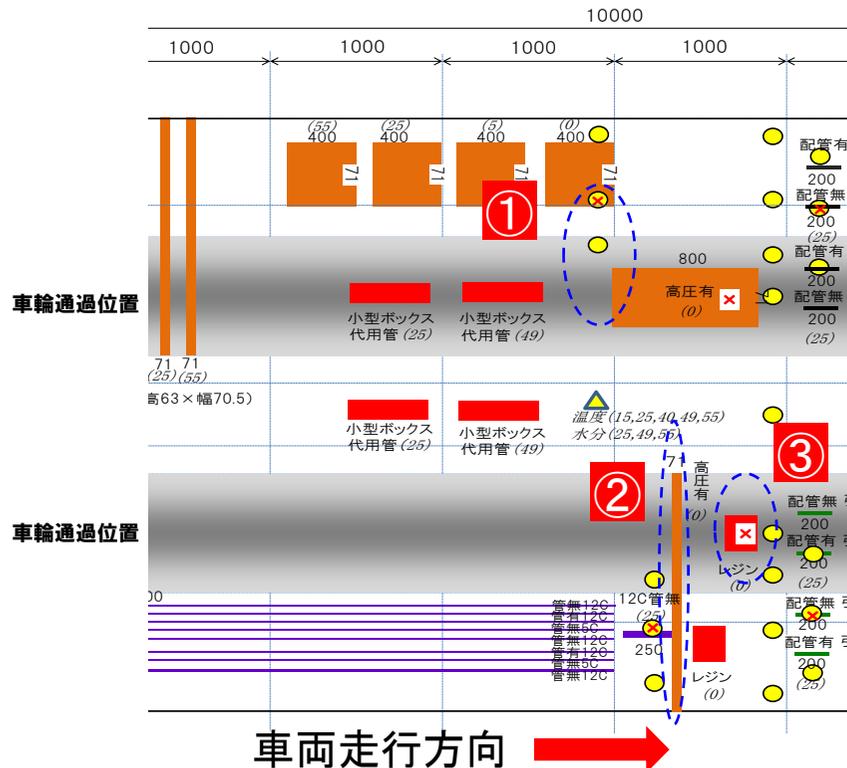


▲各断面の路面高さの相対変位(走行前→10万輪走行後)

(4) 平坦性に関する検証

段差の状況

- 車輪走行位置にある
 - ① 小型ボックス(0cm、縦断)
 - ② 小型ボックス(0cm、横断)
 - ③ レジンボックス(0cm、縦断)
 と舗装境界部で段差発生。
 (うち、①②は約3万輪で段差補修実施)



小型ボックス
(0cm、縦断)付近
の段差
(3万輪時点、
この後段差補修)



小型ボックス
(0cm、横断) 付近
の段差
(3万輪時点、
この後段差補修)



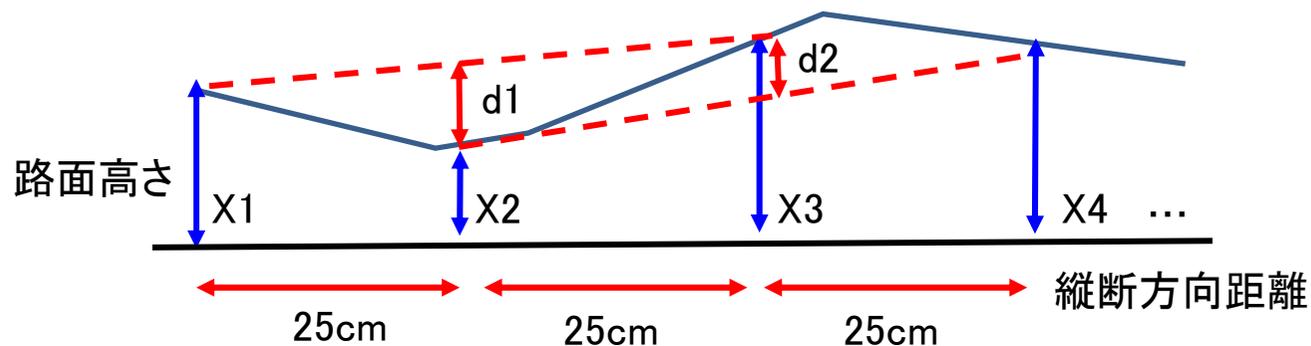
レジンボックス
(0cm、縦断) 付近
の段差
(10万輪時点)

(4) 平坦性に関する検証

■ 縦断方向の路面高さの変化に基づく平坦性の評価

(評価方法)

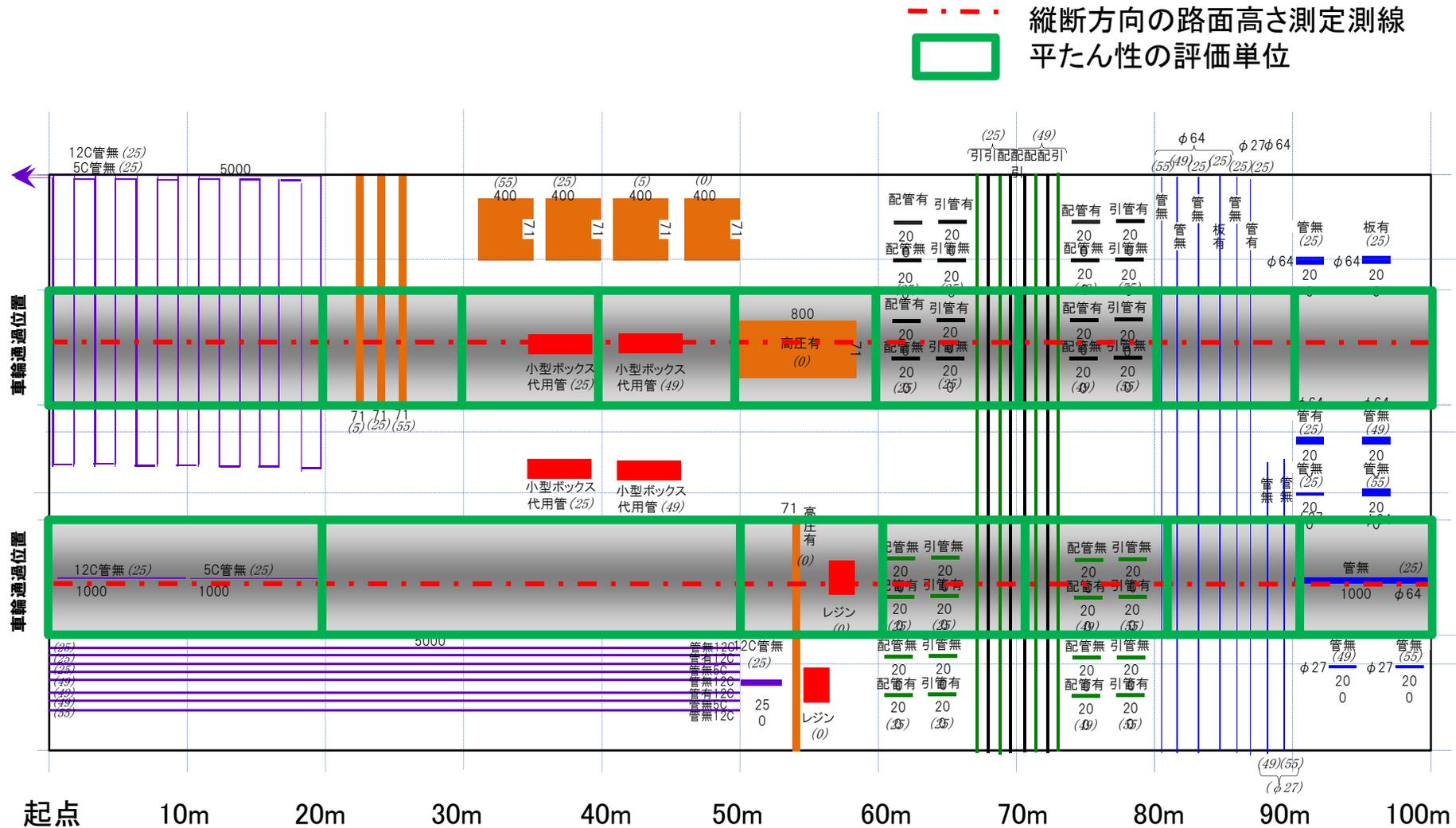
- ・ 通常の舗装路面に対する平坦性の評価法を参考に評価
- ・ ただし、短い区間に多数の埋設物があることを踏まえ、計測ピッチは変更
 - 1) 輪走行位置における縦断方向の路面高さを25cmピッチで抽出 (通常の舗装の評価の場合は1.5mピッチ)
 - 2) 隣接する3点での変位量 X_1, X_2, X_3 より $d_i = (X_1 + X_3) / 2 - X_2$ を算出
 - 3) 埋設物の条件が概ね同じ区間毎の d_i より標準偏差を算出



(4) 平坦性に関する検証

評価単位

- ・ 埋設物の条件が概ね同じ区間毎に分け評価。



(4) 平坦性に関する検証

評価結果

- 標準偏差は、ごく浅く埋設している小型ボックスを除き、埋設物の有無による顕著な差はみられない。

(単位:mm)

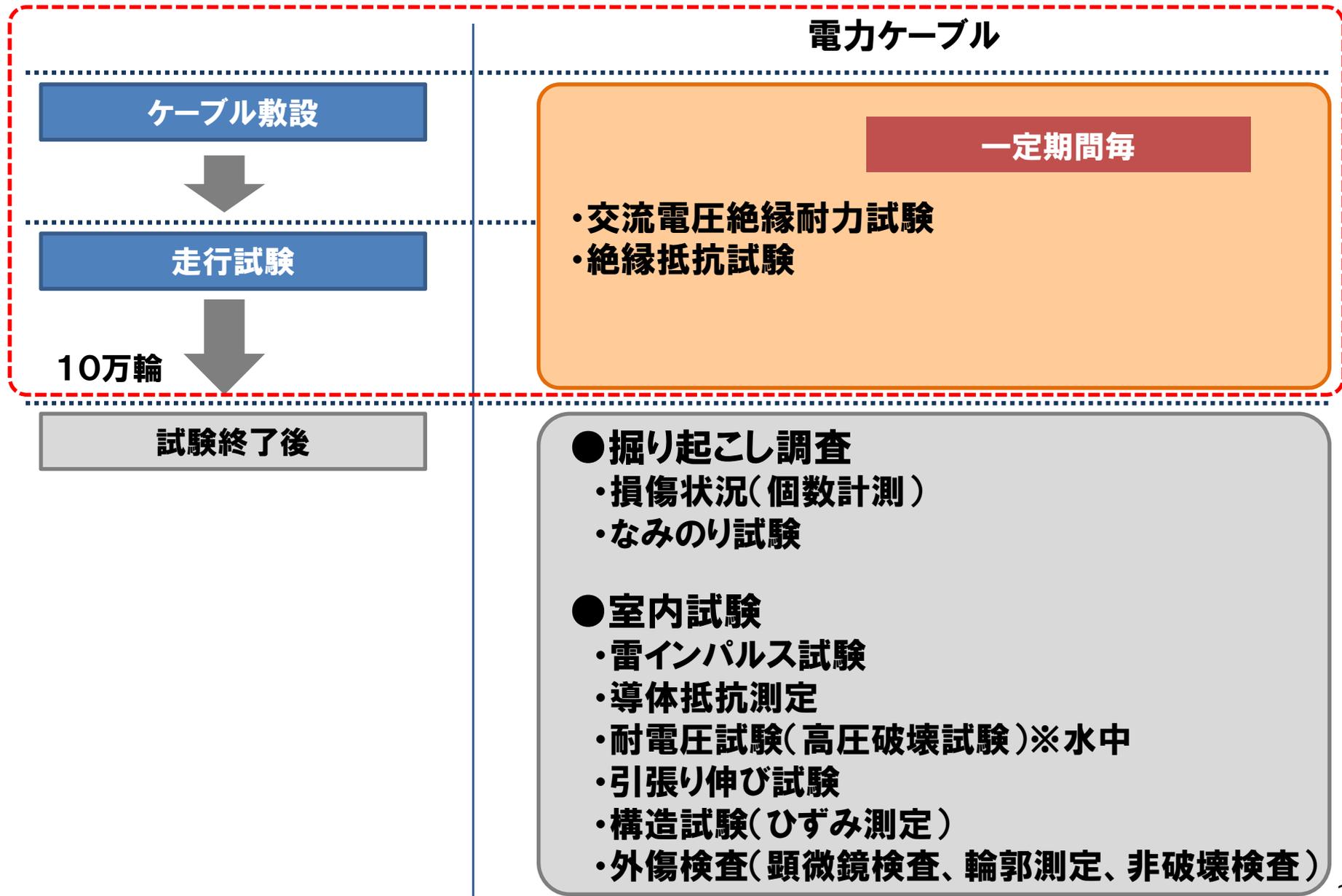
区間	外側				内側			
	直下の埋設物※	走行前	10万輪	差 (10万輪 -走行前)	直下の埋設物	走行前	10万輪	差 (10万輪 -走行前)
0～20m	同軸ケーブル(横断①)	0.591	0.927	0.336	同軸ケーブル(縦断①)	0.648	0.663	0.015
～30m	小型ボックス (横断5cm①③)	0.919	2.189	1.270	なし	0.876	0.960	0.084
～40m	小型ボックス代用管 (縦断①)	0.681	1.218	0.537				
～50m	小型ボックス代用管 (縦断②)	0.899	1.164	0.265				
～60m	小型ボックス(縦断0cm)	3.165	2.590	-0.575	小型ボックス(横断0cm)、 レジンボックス(縦断0cm)	1.394	2.494	1.100
～70m	光(縦断①)、 光・メタル(横断①)	0.867	1.822	0.955	メタル(縦断①)、 光・メタル(横断①)	0.78	0.685	-0.095
～80m	光・メタル(横断②)、 光(縦断②③)	0.828	1.415	0.587	光・メタル(横断②)、 メタル(縦断②③)	0.438	0.678	0.240
～90m	CVQ(横断①②③)	0.447	0.706	0.259	CVQ(横断①②③)	0.362	0.528	0.166
～100m	なし	0.556	0.607	0.051	CVQ(縦断①)	0.528	1.086	0.558

※ 埋設位置：①下層路盤上面、②下層路盤下面 ③下層路盤下(路床上面)

10. 電力ケーブルへの影響

(1)試験項目	21
(2)試験ケーブルの配置 ...	23
(3)試験結果	24

(1) 試験項目



(1) 試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値
<p>600V CVQケーブル (250mm²、22mm²)</p> <p>○ケーブルのみ： 路面から25cm、49cm、55cm</p> <p>○防護板敷設： 路面から25cm</p>	<p>交流電圧絶縁耐力 試験</p>	<p>試験電圧： 3,000V(250mm²) 2,000V(22mm²)</p> <p>試験時間：1分間</p> <p>実施回数：指定輪数走行時10回</p>	<p>電気設備の技術基準の解釈 第9条第1項 第四号イの規定を満足すること。</p>
	<p>絶縁抵抗試験</p>	<p>試験電圧：直流1,000V</p> <p>試験時間：1分間</p>	<p>電気設備の技術基準の解釈 第9条第1項 第四号ロの規定を満足すること。</p>

(2) 試験ケーブルの配置

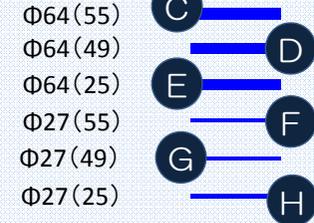
【凡例】

- 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
- Ⓐ ~ Ⓚ 試験ケーブルの通番号

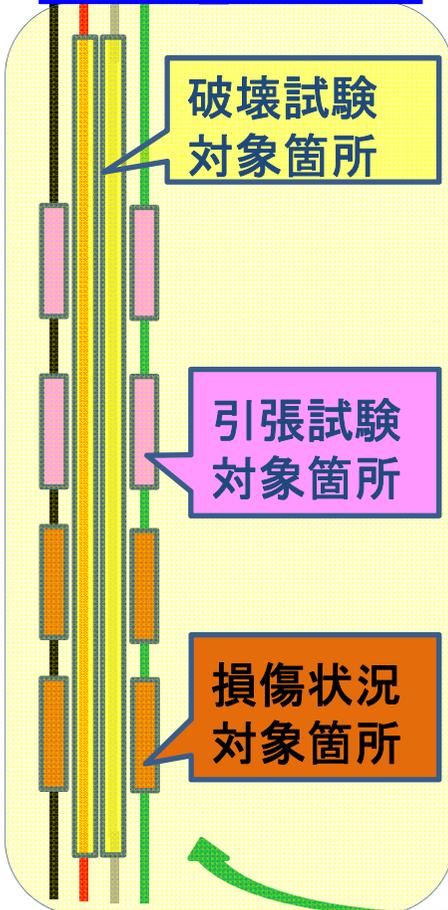
① 比較用ケーブル性能調査 (非埋設及び非通電)



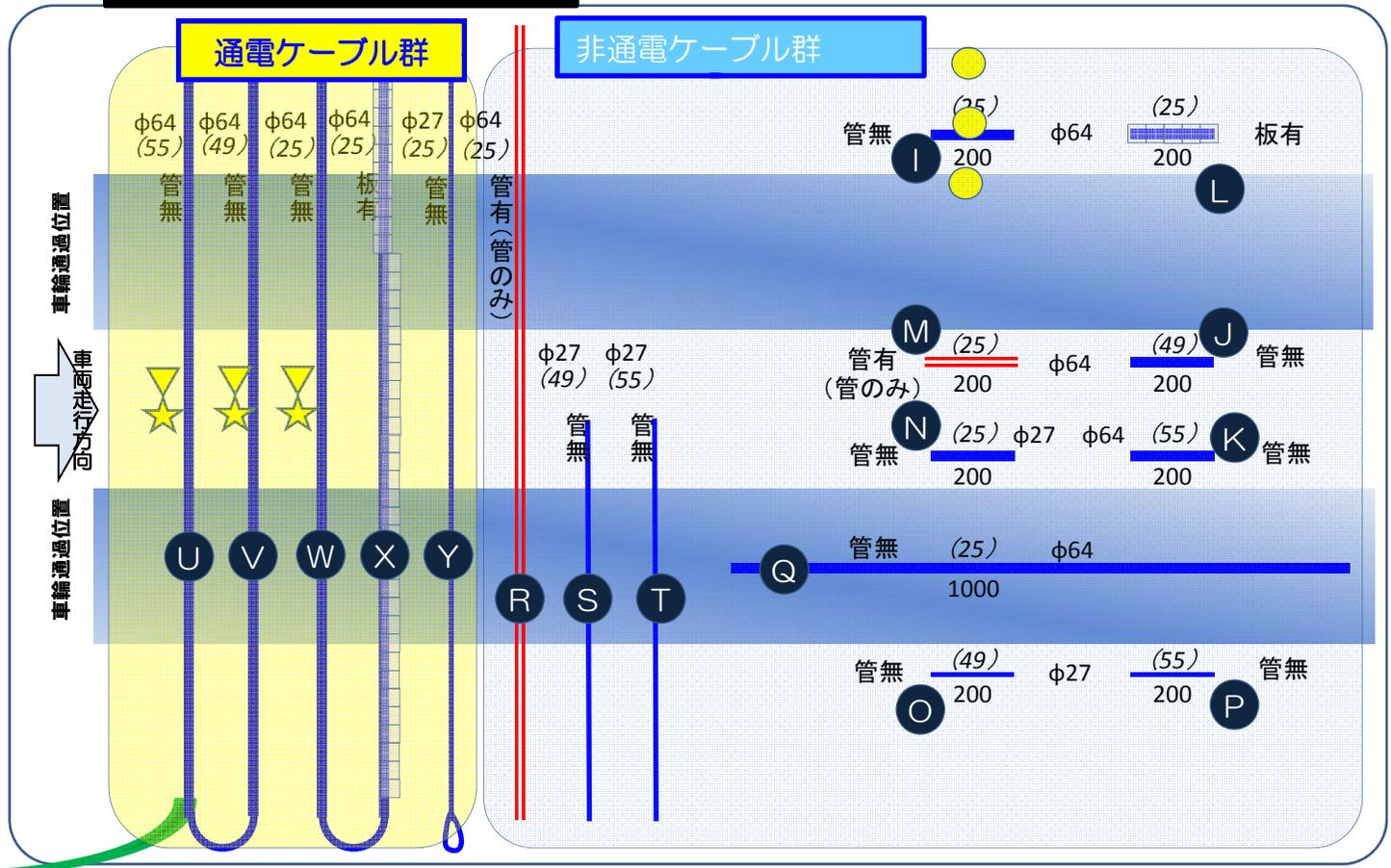
② 埋設作業による影響調査 (非通電)



ケーブル拡大図



③ 車両通過による影響調査



(3) 試験結果

試験目的	走行方向に対する向き	条件		供試品NO	交流電圧絶縁耐力試験	絶縁抵抗試験
		ケーブル種	埋設深さ			
比較用ケーブル性能調査		CVQ250mm ²		A	規格内○	規格内○
		CVQ22mm ²		B	規格内○	規格内○
埋設作業による影響調査		CVQ250mm ²	55cm	C	規格内○	規格内○
			49cm	D	規格内○	規格内○
			25cm	E	規格内○	規格内○
		CVQ22mm ²	55cm	F	規格内○	規格内○
			49cm	G	規格内○	規格内○
			25cm	H	規格内○	規格内○
車両通過による影響調査	輪荷重による影響調査	CVQ250mm ²	55cm(砂)	U	規格内○	規格内○
			49cm(砂)	V	規格内○	規格内○
			25cm	W	規格内○	規格内○
	防護板の効力調査	横断方向(通電)	CVQ22mm ²	25cm	Y	規格内○	規格内○
CVQ250mm ²			25cm	X	規格内○	規格内○

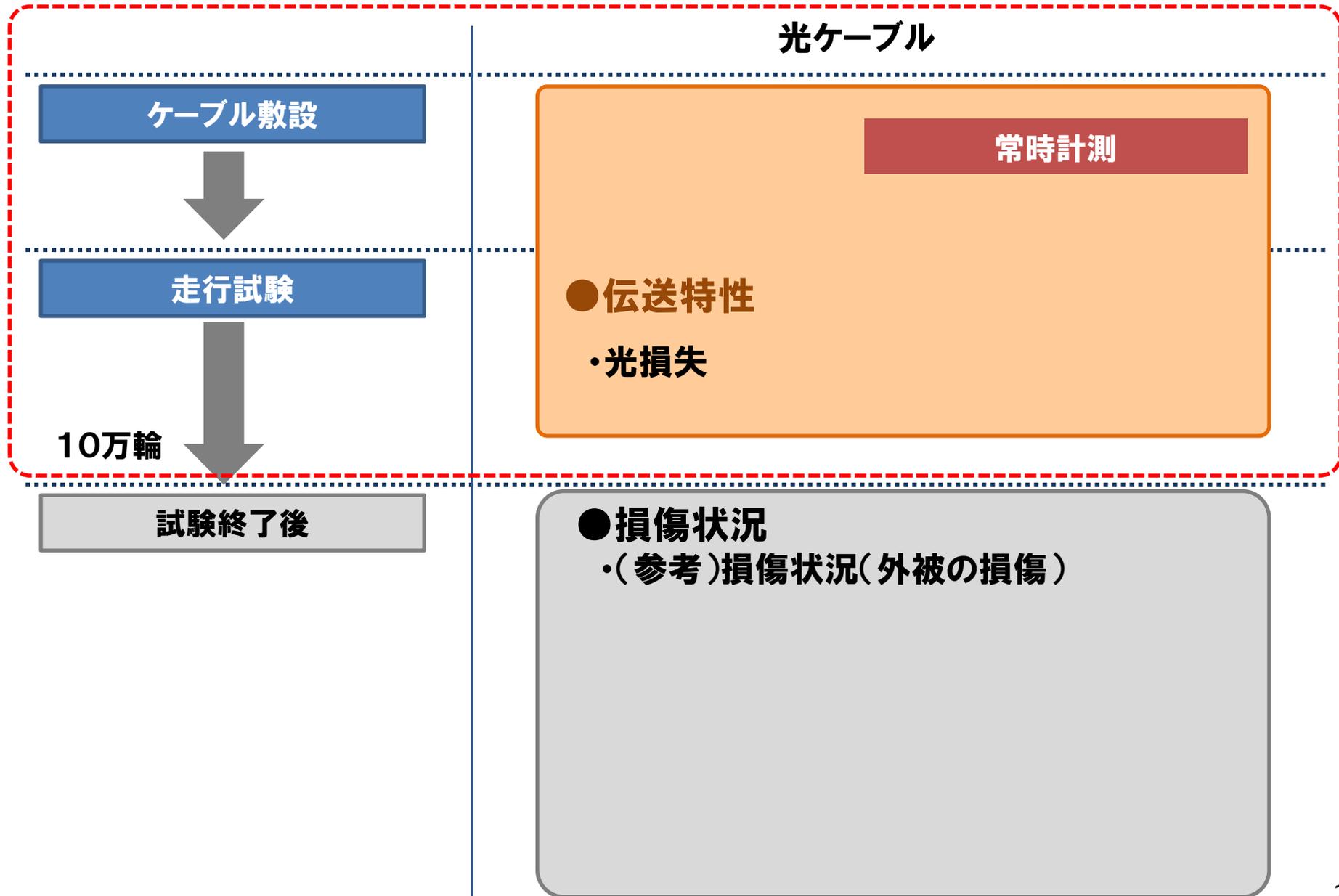
※埋設深さ欄の(砂)は、埋設時にケーブル周りに砂による保護を行ったもの

※防護板の深さは、ケーブル上部より10cmの離隔と防護板厚0.16cmを差し引いたもの

11. 通信線(光ケーブル)への影響

(1)試験項目	.....	26
(2)試験ケーブルの配置	.....	28
(3)試験結果	.....	29

(1) 試験項目



(1)試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値
<p>40SM-WB-N(12mm)</p> <p>1SM-IF-DROP-VC (2.0×5.3mm)</p> <p>○ケーブルのみ: 路面から25cm、49cm、55cm</p> <p>○防護管※1あり: 路面から25cm、49cm、55cm</p>	<p>光損失</p>	<p>・走行試験で光損失増加量を確認(打撃試験※2の考え方に準拠)</p> <div data-bbox="936 849 1505 1197" data-label="Image"> </div> <p>▲打撃試験のイメージ</p>	<p>・損失増加0.1dB/心未滿</p>

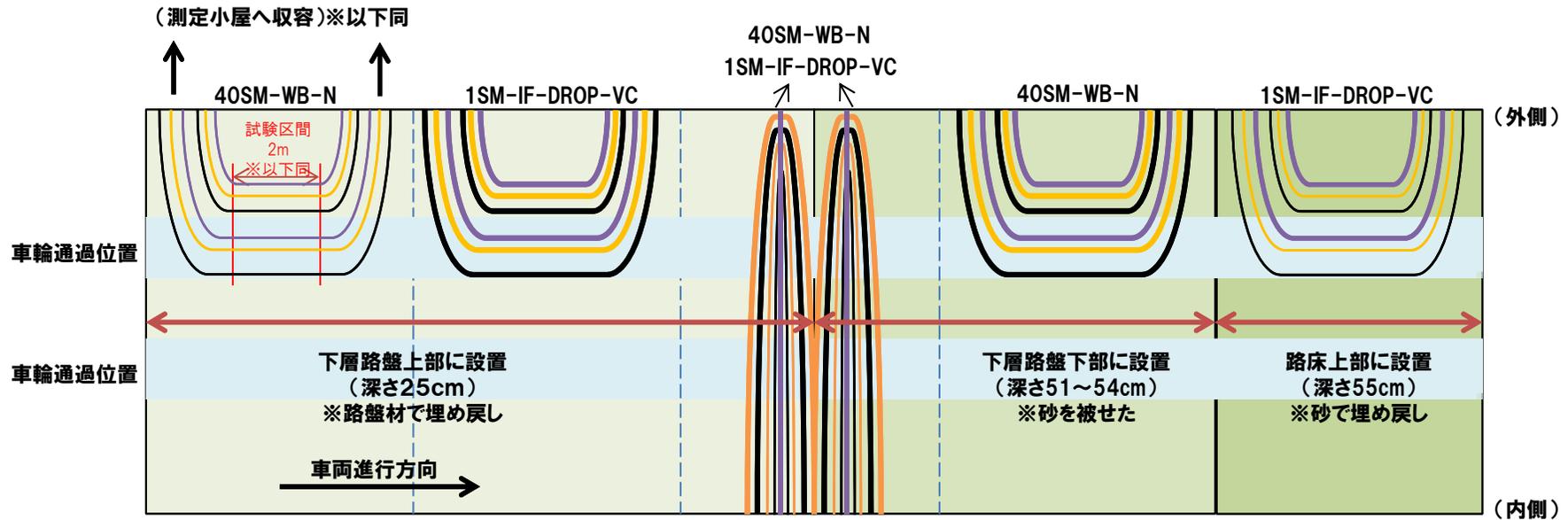
※1 防護管:PF-S管(一重管)(φ28、φ14)

※2 打撃試験:10ジュールで3箇所打撃

(2) 試験ケーブルの配置

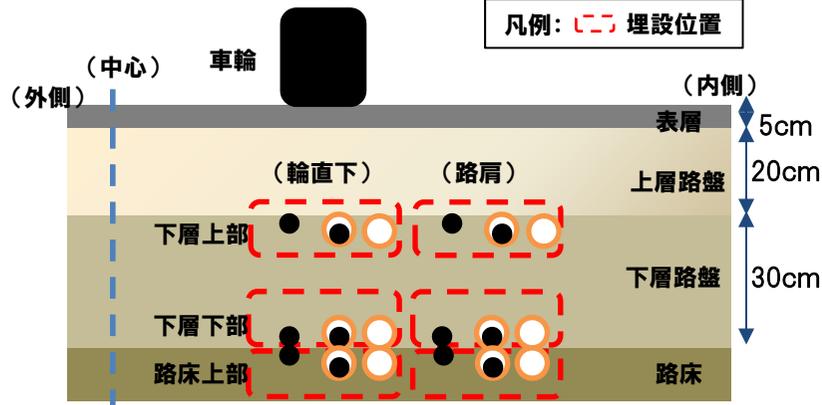
《平面図》

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)

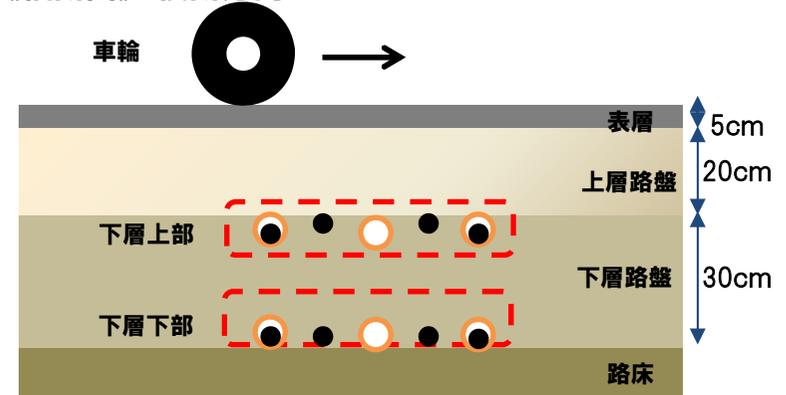


※足出し区間(試験区間から測定小屋に伸びる区間)は防護管で保護

《縦断図》 進行方向



《縦断図》 横断方向



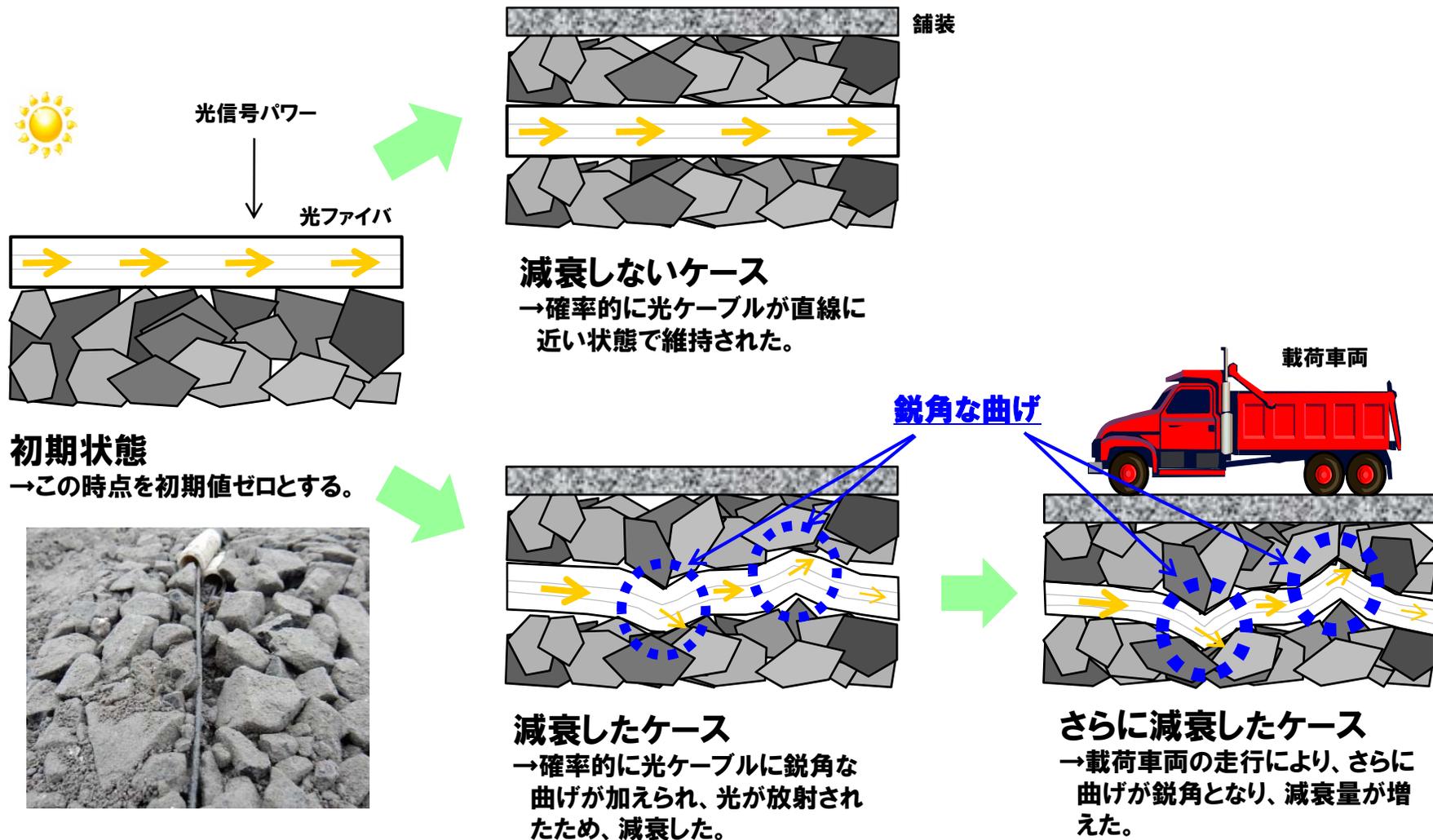
(3) 試験結果

- ・ 地中に直接ケーブルを埋設したケースで光信号が減衰が顕著となる傾向がある。

評価パターン				評価項目・判断基準		損失増加 [dB]	
						0.1dB/心未満	
						防護管なし	防護管あり
40SM-WB-N (12mm)	25 cm	進行方向	車輪通過位置	規格外×	規格内○		
			車輪外	規格内○	規格内○		
		横断方向		規格内○	規格内○		
	49 cm	進行方向	車輪通過位置	規格内○	規格内○		
			車輪外	規格外×	規格内○	試験区間以外の屈曲によりデータ抽出が不可	
		横断方向		規格内○	規格内○		
	55 cm	進行方向	車輪通過位置				
			車輪外				
		横断方向					
1SM-IF-DROP-VC (2.0×5.3mm)	25 cm	進行方向	車輪通過位置	規格内○	規格内○		
			車輪外	規格内○	規格内○		
		横断方向		規格内○	規格内○		
	49 cm	進行方向	車輪通過位置				
			車輪外				
		横断方向		規格内○	規格内○	試験区間以外の屈曲によりデータ抽出が不可	
	55 cm	進行方向	車輪通過位置	規格外×	規格内○		
			車輪外	規格外×	規格内○		
		横断方向					

(参考)光信号が減衰する理由

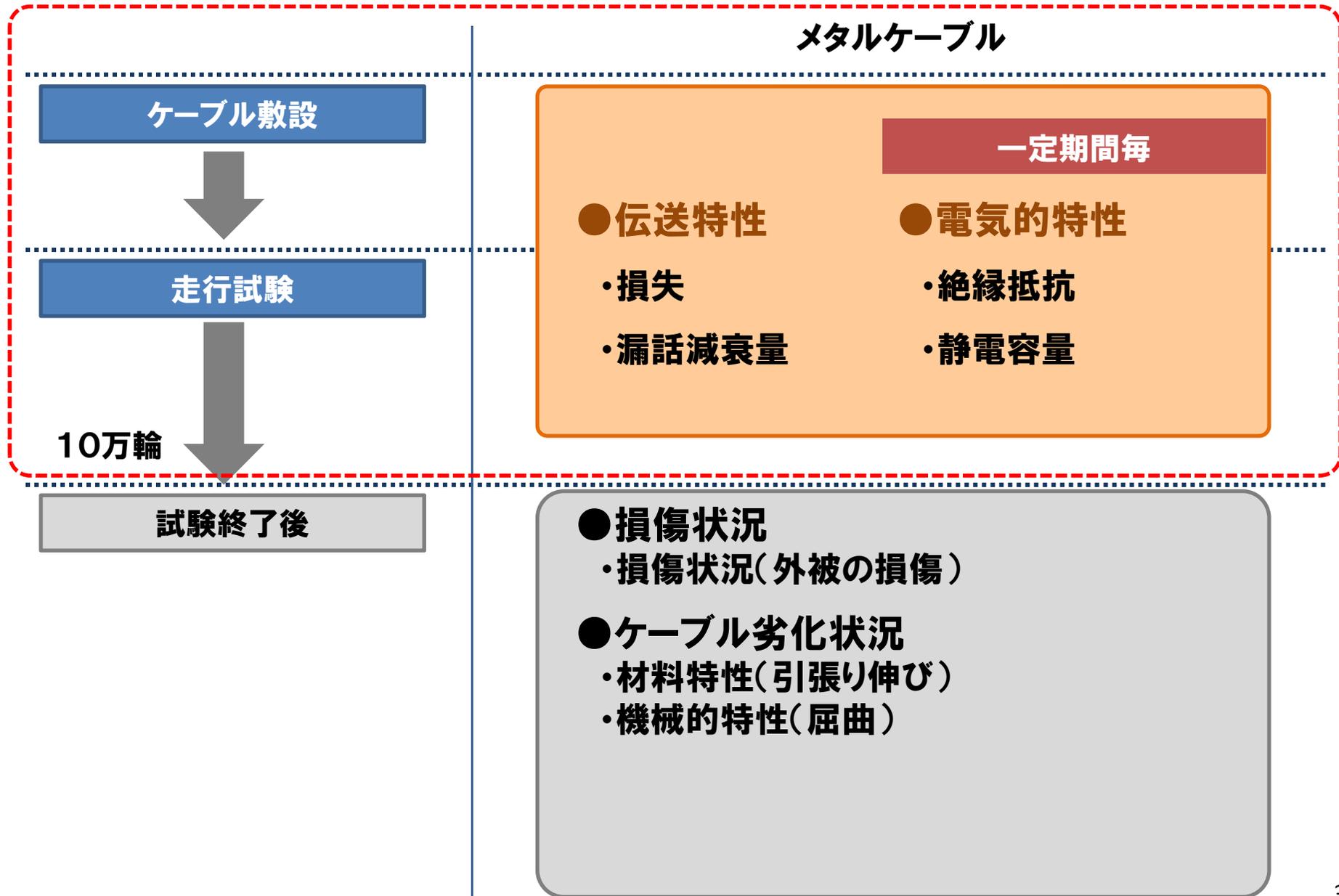
- ・ 光とは、物理学的に直進する特性を持つ。光ファイバは、曲げても伝播できるよう設計されている。
- ・ しかし、想定を超える鋭角な曲げを与えると減衰する。路盤内の鋭角な礫によって、確率的に減衰したと考えている。



12. 通信線(メタルケーブル)への影響

(1)試験項目	.....	32
(2)試験ケーブルの配置	...	34
(3)試験結果	.....	35

(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: 路面から25cm、49cm、55cm ○防護管※1あり: 路面から25cm、49cm、55cm	絶縁抵抗	<ul style="list-style-type: none"> 心線間に100～500Vの直流電圧を加え、1分間充電後に測定 	<ul style="list-style-type: none"> 1,000MΩ以上
	静電容量	<ul style="list-style-type: none"> 1kHzで測定し、kmあたりに換算 	<ul style="list-style-type: none"> 基準値±10% <ul style="list-style-type: none"> 0.4mm50対CCP-JF : 50nF/km 2対-地下用屋外線 : 40nF/km
	伝送損失	<ul style="list-style-type: none"> 1.5kHzにおいて測定 	<ul style="list-style-type: none"> 走行前からの変動が1dB以内
	漏話減衰量	<ul style="list-style-type: none"> 1kHzにおいて他対線への漏洩を測定 	<ul style="list-style-type: none"> 走行前からの変動が10dB以内

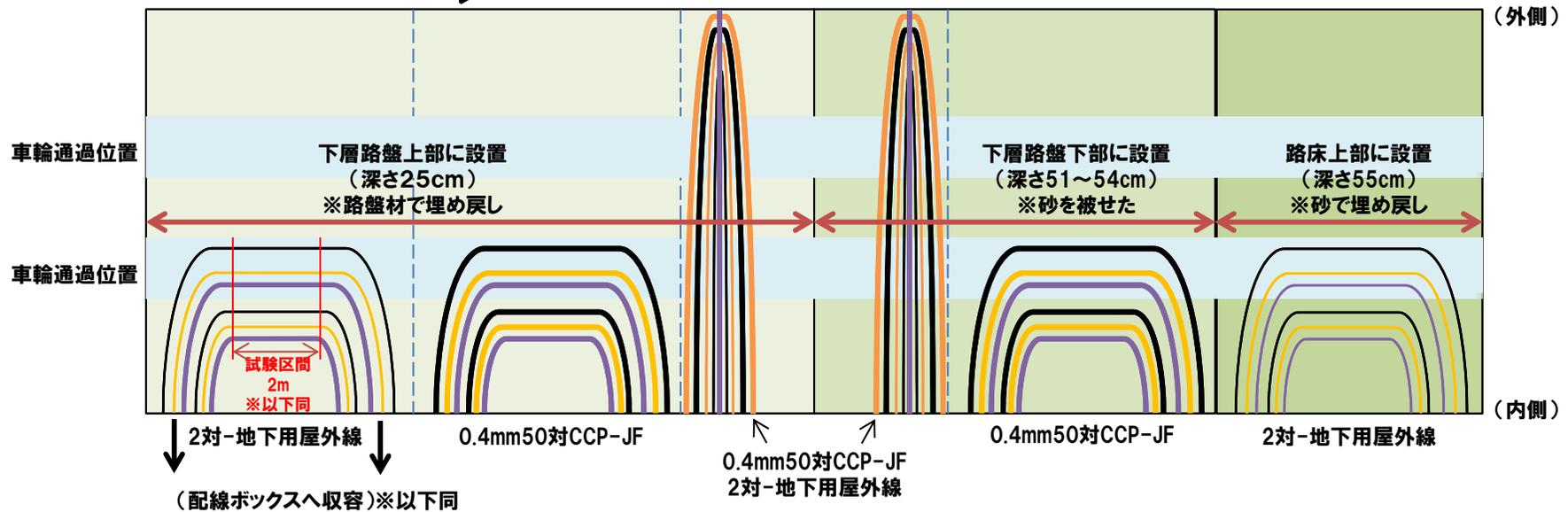
※1 防護管:PF-S管(一重管)(φ28、φ14)

(2) 試験ケーブルの配置

《平面図》

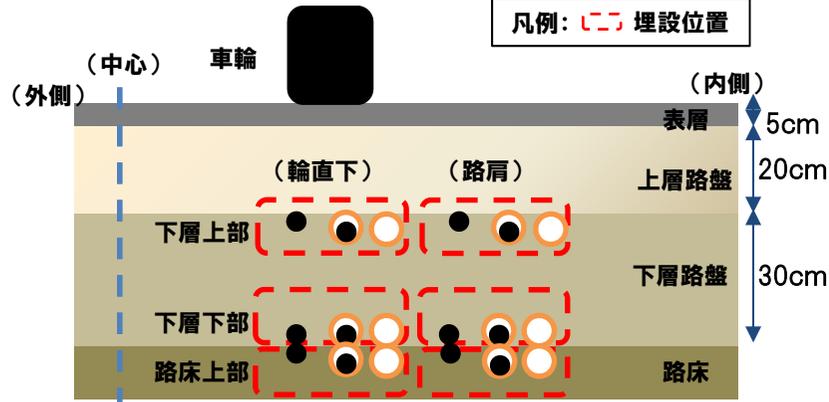
車両進行方向 →

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)

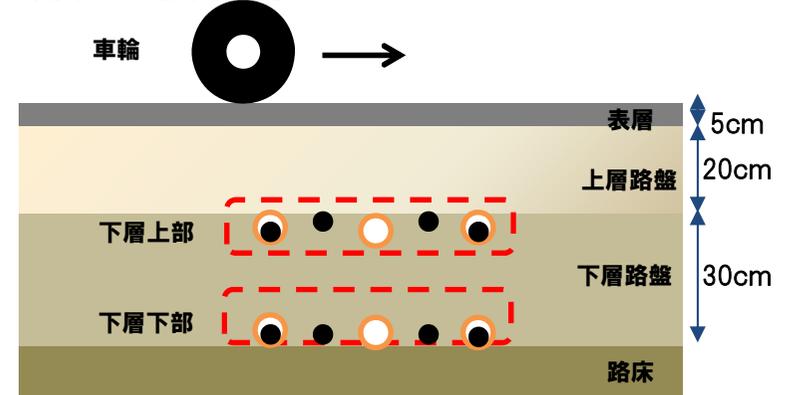


※足出し区間(試験区間から配線ボックスに伸びる区間)は防護管で保護

《縦断図》 進行方向



《縦断図》 横断方向



(3) 試験結果

- ・ 電気的特性・伝送特性について、いずれの場合についても基準を満足していた。
- ・ 車両通過時の測定値の変動等もなく輪荷重による影響はほとんどなかったと推定される。
 ※ 静電容量については、ケーブル敷設直後にケーブル上に路盤材を10cm程度敷き詰めローラー車で転圧した際に5%程度の変動が見られた。
 それ以降は測定値の変動は見られないことから、構築された路盤により圧力が分散されていると推定される。

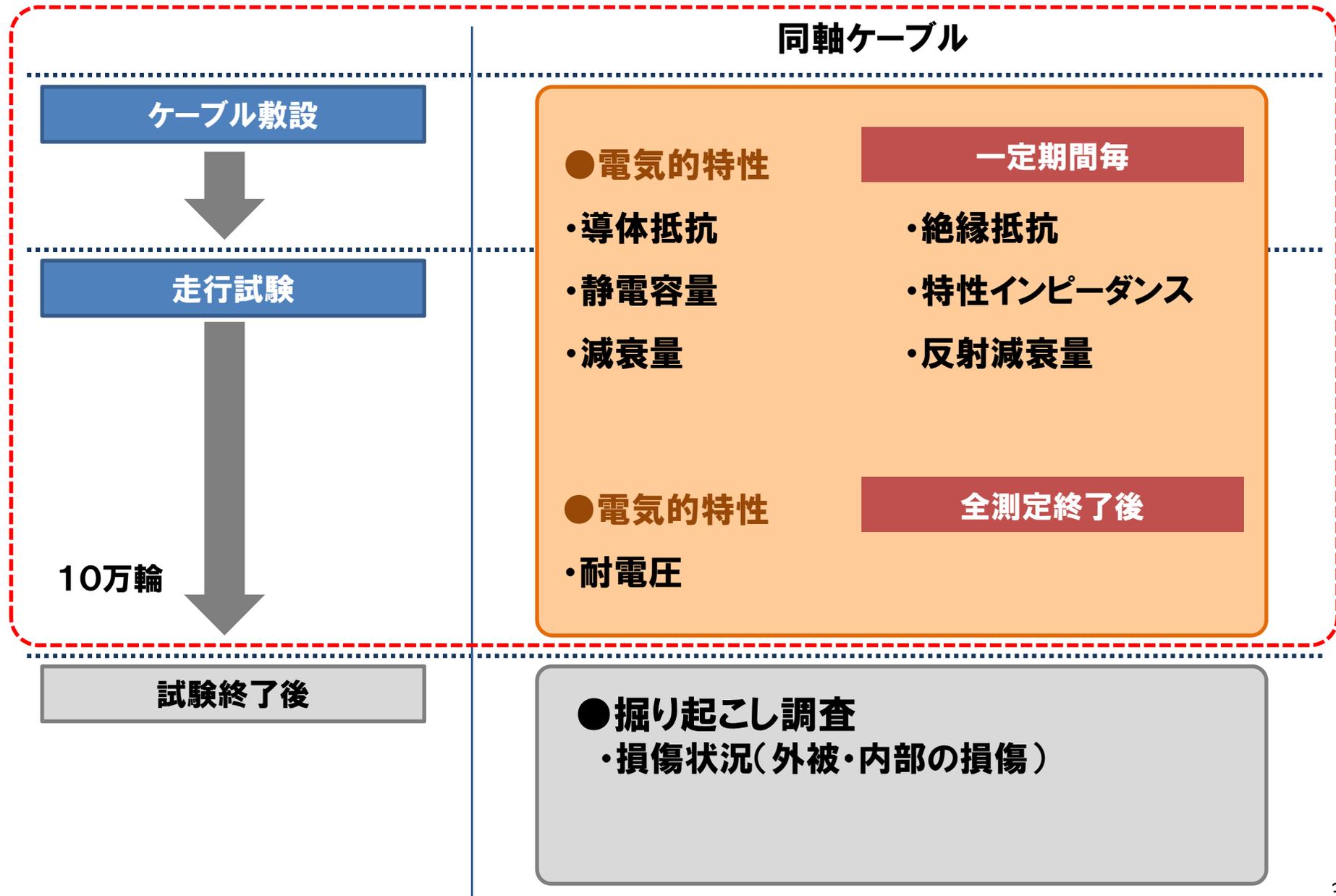
評価項目・判断基準				絶縁抵抗[MΩ]		静電容量[nF/km]		損失[dB]		漏話[dB]		
				1000MΩ以上		基準値 ^{※1} ±10%		走行前からの変動が1dB以内		走行前からの変動が10dB以内		
				防護管なし	防護管あり	防護管なし	防護管あり	防護管なし	防護管あり	防護管なし	防護管有り	
評価パターン												
0.4mm50対CCP-JF (15.5mm)	25cm	進行方向	車輪通過位置	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
			車輪外	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		横断方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	
	49cm	進行方向	車輪通過位置	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
			車輪外	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		横断方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	
	55cm	進行方向	車輪通過位置									
			車輪外									
		横断報告										
2対-地下用屋外線 (5.5mm)	25cm	進行方向	車輪通過位置	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
			車輪外	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		横断方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	
	49cm	進行方向	車輪通過位置									
			車輪外									
		横断方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	
	55cm	進行方向	車輪通過位置	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
			車輪外	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
横断方向												

※1 基準値：・0.4mm50対CCP-JF→50nF/km ・ 2対-地下用屋外線→40nF/km

13. 通信線(同軸ケーブル)への影響

(1)試験項目	.....	37
(2)試験ケーブルの配置	...	39
(3)試験結果	.....	40

(1) 試験項目



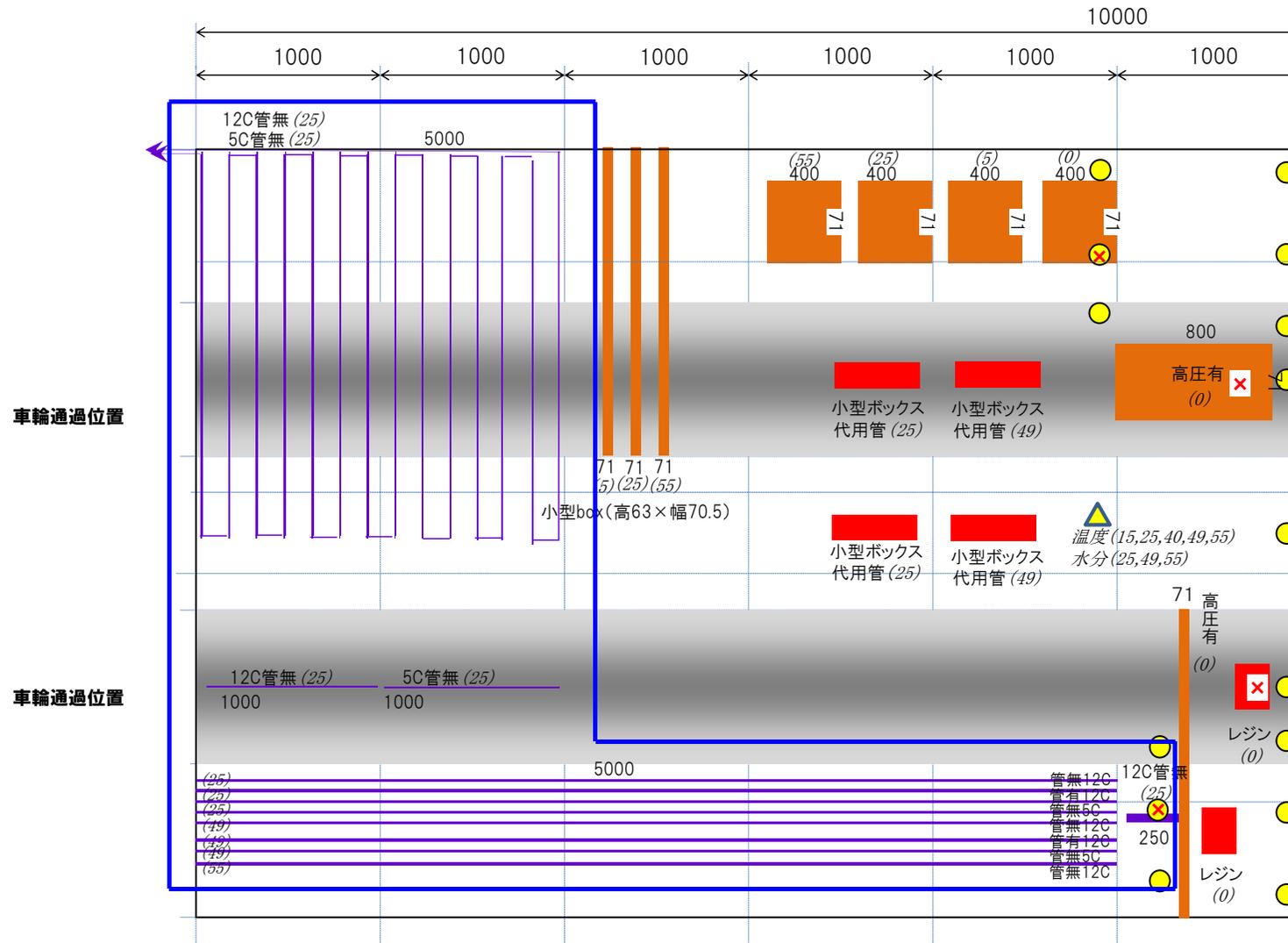
(1) 試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値	
			12C	5C
12C(16mm) 5C(8mm) ○ケーブルのみ: 路面から25cm、 49cm、55cm ○防護管※1あり: 路面から25cm、 49cm、55cm	導体抵抗	・導体の直流抵抗を20℃、 kmあたりに換算	・4.3Ω/km以下 (内・外部ループ抵抗)	・16.1Ω/km以下 (内部導体)
	絶縁抵抗	・内部導体と外部導体間に 500Vの直流電圧を加え、 1分間充電後に測定	・1,000MΩ・km以上	
	静電容量	・1kHzで測定し、kmあたりに 換算	・工場出荷時を基準とし、走行試験中 における変化状況を確認	
	特性インピーダンス	・10MHzで測定	・75±3Ω	
	減衰量	・標準値は20℃で周波数帯 域毎に設定し、最大値は標 準値の110%(12C)または 115%(5C)以下	・770MHzで 74.8dB/km以下	・770MHzで 185.2dB/km以下
	反射減衰量	・～770MHzの周波数帯域 において測定	・21dB以上	
	耐電圧	・内部導体と外部導体の間 に交流50Hz 1,000Vの電 圧を1分間加える	・通電後、絶縁破壊が無いことを確認	

※1 防護管:波付硬質ポリエチレン管(φ30)

(2) 試験ケーブルの配置

- 試験走行路に同軸ケーブルを下図のとおり、車両進行方向、横断方向にそれぞれ敷設し、測定を行う。



▲試験ケーブルの配置

(3) 試験結果

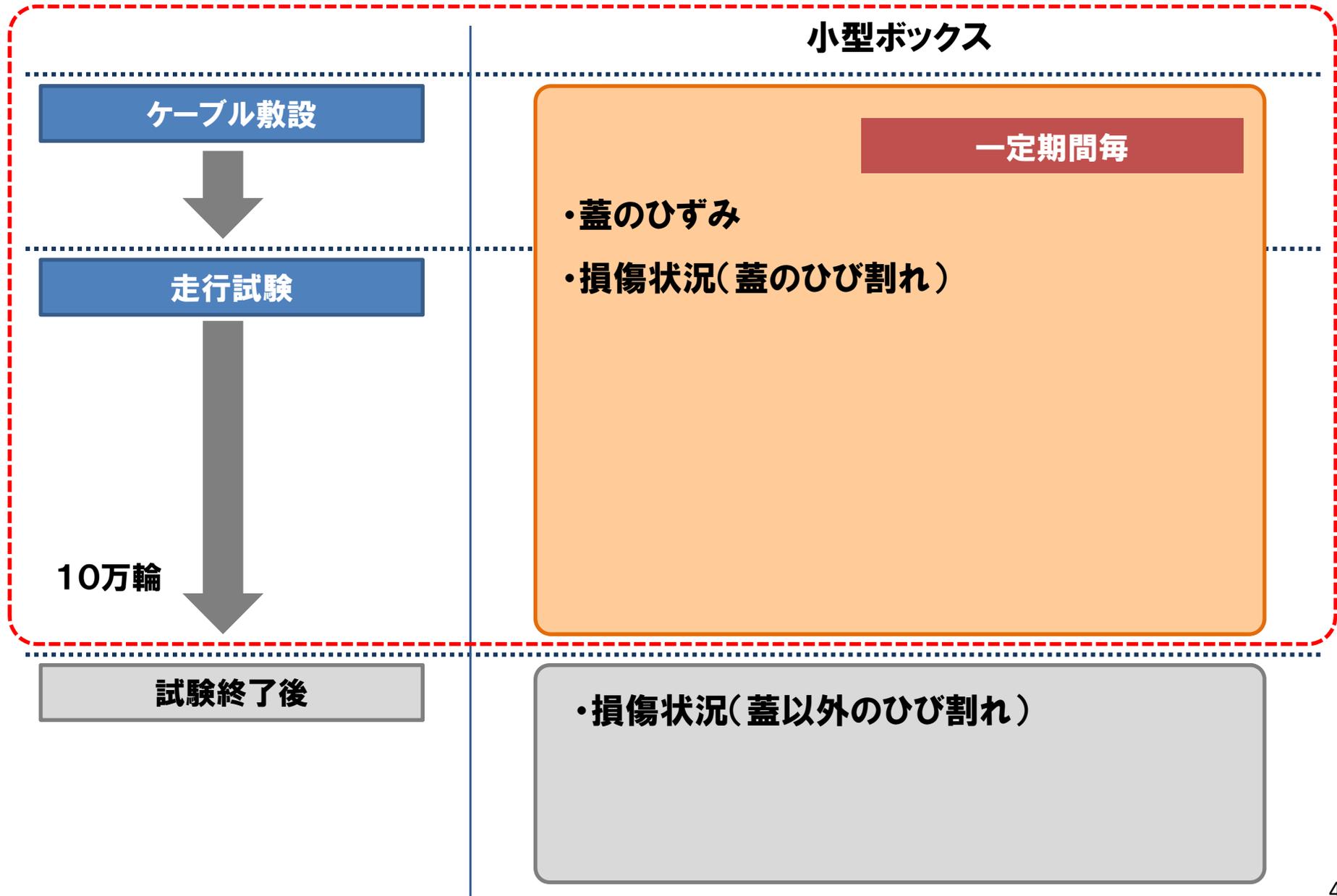
- ・ 今回の試験では、いずれの場合も変動範囲は許容範囲内であった。ケーブルのみの埋設および防護管に收容した埋設のいずれの手法でも、同軸ケーブルに求められる電気特性に与える影響はないものと推定される。
- ・ 各埋設深度及び埋設方法毎の試験結果を下表に示す。

ケーブル	埋設深度	埋設方法	方向	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
12C	25cm	ケーブルのみ	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		防護管使用	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		ケーブルのみ	横断方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
	49cm	ケーブルのみ	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		防護管使用	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
	55cm	ケーブルのみ	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
		防護管使用	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
	5C	25cm	ケーブルのみ	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
ケーブルのみ			横断方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○
49cm		ケーブルのみ	進行方向	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○	規格内○

14. 小型ボックスへの影響

(1)試験項目	42
(2)小型ボックスの配置	44
(3)小型ボックスの発生ひずみの傾向	45
(4)小型ボックスの損傷状況	46
(5)レジンボックスの発生ひずみの傾向	51
(6)レジンボックスの損傷状況	53

(1) 試験項目

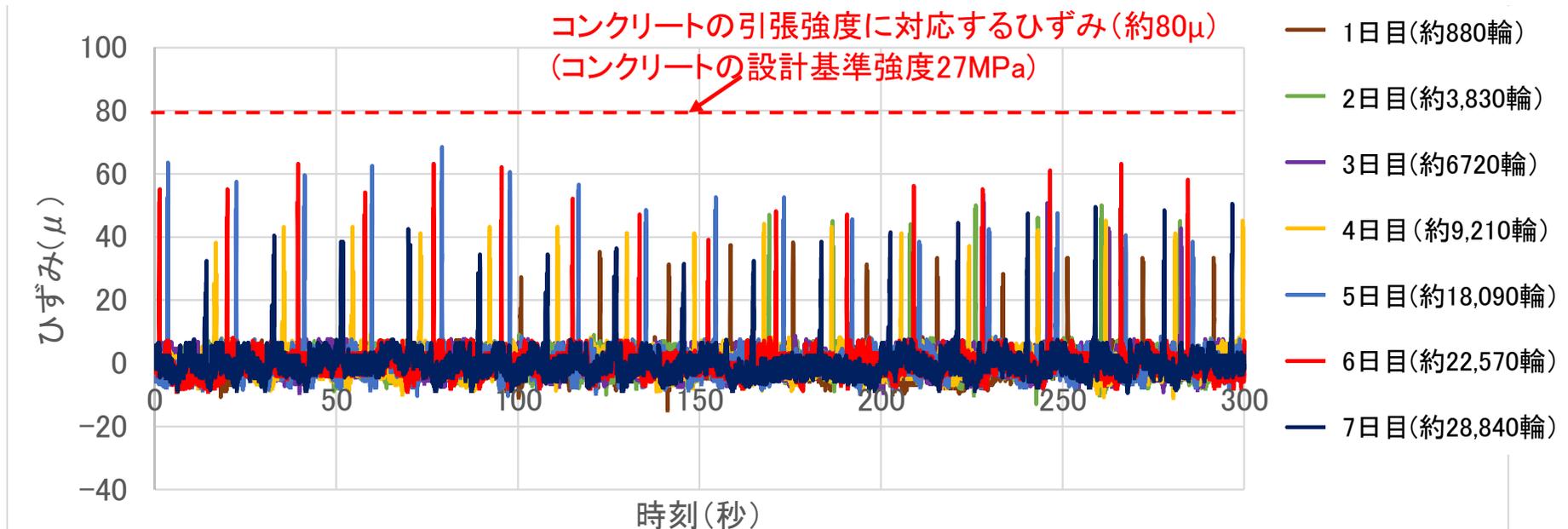


(1) 試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値	
			小型ボックス	レジンボックス
コンクリート製 小型ボックス (W705×H630) レジンコンクリート製 小型ボックス (W540×H400) ○路面から0cm、5cm、 25cm、55cm	蓋のひずみ	・車両通過に伴うひずみの変化を計測	・コンクリートの引張強度に対応するひずみ(約80 μ)	・曲げ引張強度に対応するひずみ(約700 μ)
	損傷状況(蓋)	・路面露出しているボックスの蓋のひび割れを確認	・ひび割れが発生しないこと	

(3) 小型ボックスの発生ひずみの傾向

- ・ 車両通過に伴うひずみの変化は最大で70 μ 程度。
 - ・ ひずみ測定位置ではコンクリートにひび割れが生じ始める程度のひずみ(初期ひずみを無視した場合)より小さい。
 - ・ 約3万輪までの範囲では最大ひずみの著しい傾向の変化はなし。
- ※ その後、蓋の損傷や段差拡大等により自動走行が困難になったため、30,418輪時点で試験終了。

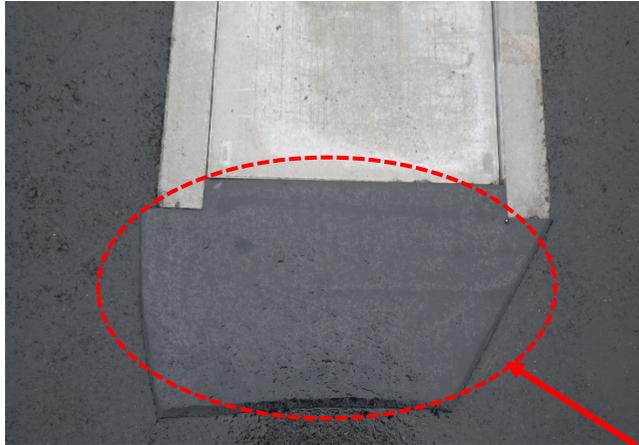


▲小型ボックス蓋中央 車両走行に伴うひずみ増分

※各日の 16:00~16:05 のデータでの比較。7日目は12:05~12:10のデータ)

(4) 小型ボックスの損傷状況

- 約2万輪で車輪走行位置に設置された小型ボックス(0cm、縦断)の起点側蓋にひび割れ発生。



▲19,081輪時点 (約1万輪時点からゴム板設置)



▲22,408輪時点



▲取り外した蓋(22,408輪時点) ※この後、蓋を交換し試験継続



(4) 小型ボックスの損傷状況

- ・ 蓋のひび割れ発生、段差拡大のため30,418輪時点で補修実施。
- ・ その後、さらに中間部の蓋のひび割れの発生や、段差が拡大。車両走行に支障を来したことから、30,418輪時点で、車輪走行位置に設置された小型ボックス(0cm、縦断、横断)に関する実験を終了(他の試験区間での実験を継続するために、ボックス蓋の撤去、ボックス内及びボックス周辺にアスファルト合材を充てんし、車両走行できる状態にしたのち走行実験を再開)。

▼30,004輪時点 ※いずれも写真下側がループ内側



起点側端部



中間部



終点側端部



◀ 補修後の状況

(4) 小型ボックスの損傷状況

- ・ 走行試験終了後、小型ボックスを掘り起こしたところ、ボックス本体、及びボックス下に埋設した高圧管に損傷や変形は確認されなかった。

ボックス埋設位置



高圧管

高圧管掘り起こし前の状況



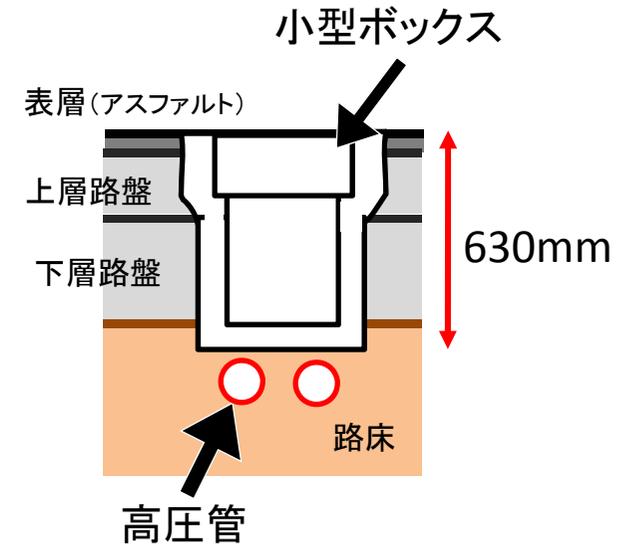
掘り起こした小型ボックス本体



掘り起こした高圧管

(参考)小型ボックス部 (0cm) の施工状況

- ①下層路盤まで構築、掘削(床掘り)
- ②砂を10cm埋戻し、プレートで締め
- ③ボックス下に高圧管(2本)を埋設、
- ④管周りを砂で埋戻し(管上部は7cm程度)プレートで締め
- ⑤基礎砕石10cm敷き、プレートで締め
- ⑥敷モルタル2cmの上に小型ボックスを設置
- ⑦路盤材で埋戻し、ボックス周辺をランマーで締め
- ⑧上層路盤・表層を敷設



ボックス下に高圧管(2本)を埋設



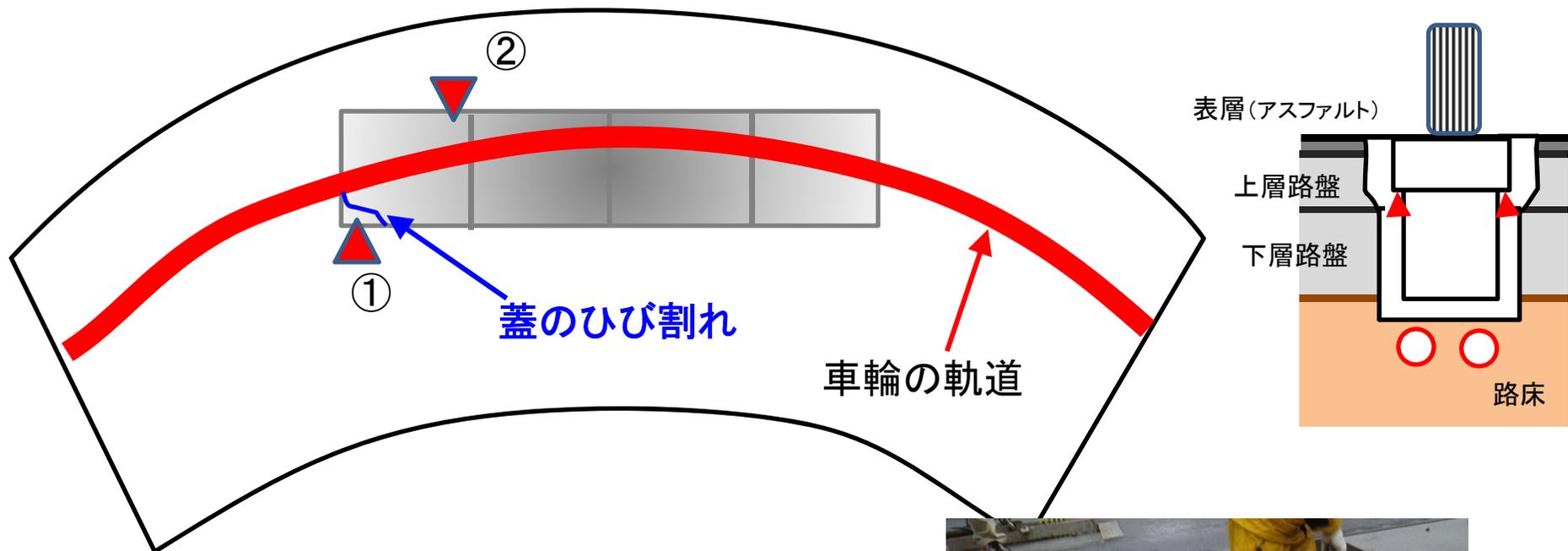
小型ボックスを設置



ボックス周辺をランマーで締め

(参考) 輪荷重の偏載荷による小型ボックス蓋の推定損傷メカニズム

- ・ ボックスの左右に均等に力がかかるのではなく、上記①、②に特に大きな力がかかることにより蓋の角部にひび割れ発生したものと推測。



車両は緩やかなカーブを走行

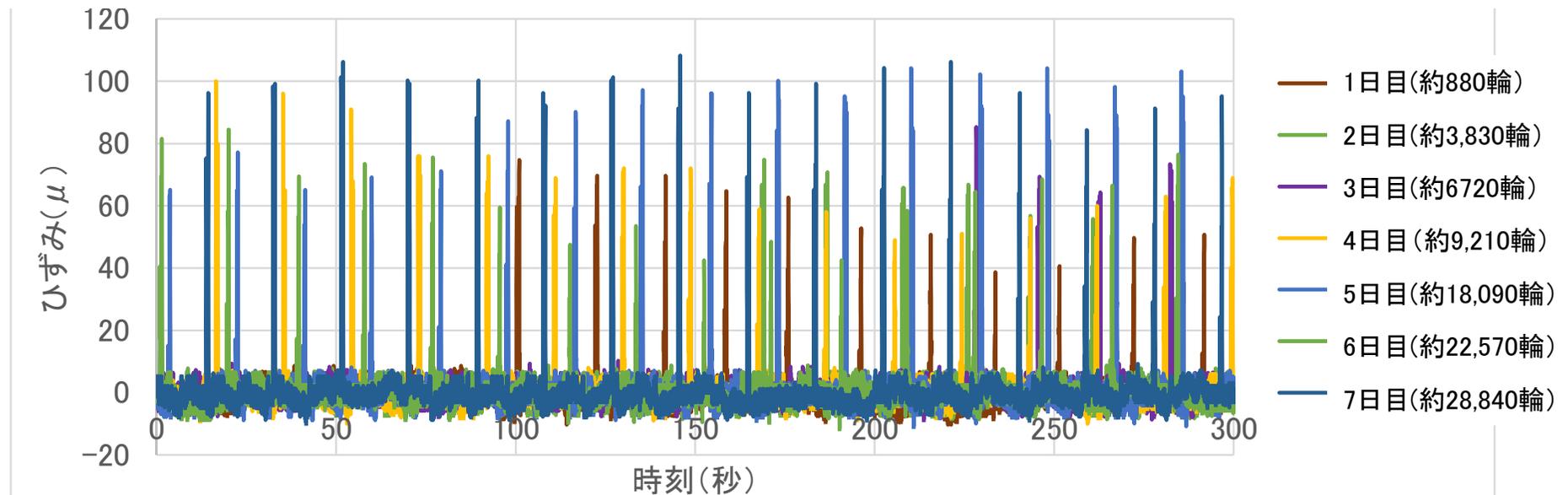
①の位置



(5) レジンボックスの発生ひずみの傾向

■ 約3万輪までの傾向

- ・ 車両通過に伴うひずみの変化は最大で110 μ 程度。
- ・ 曲げ引張強度に相当するひずみ(約700 μ)より小さい。
- ・ 走行開始より約3万輪の範囲では最大ひずみの著しい傾向の変化はなし。



▲レジンボックス蓋(起点側) 車両走行に伴うひずみ増分(約3万輪まで)

※各日の 16:00~16:05 のデータでの比較。7日目は12:05~12:10のデータ)

(5) レジンボックスの発生ひずみの傾向

■ 約3万輪を超えた後の傾向

- ・ 3万輪を超えたあたりより車両通過に伴うひずみの変化が大きくなり、曲げ引張強度を超え、ひび割れが生じたものと推測。
- ・ 正側(蓋の下面に引張ひずみが生じる)だけでなく負側にも大きなひずみが発生。

➡ 蓋上面の状況からは把握できない変状が生じていた可能性。

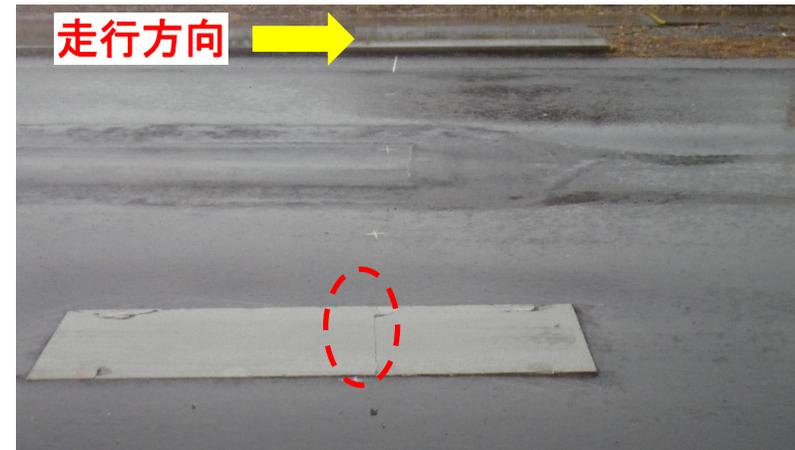


▲レジンボックス蓋(起点側) 車両走行に伴うひずみ増分(約3万輪以降)

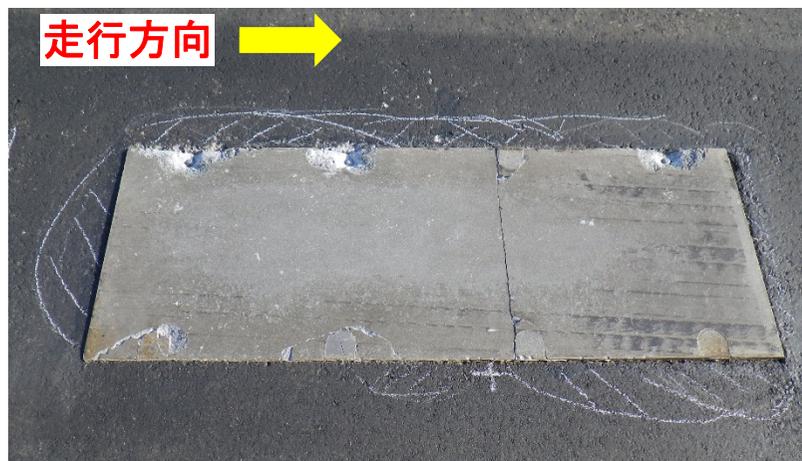
※各日の 16:00~16:05 のデータでの比較。7日目は12:05~12:10のデータ)

(6) レジンボックスの損傷状況

- ・ 約6.4万輪時点で、車両走行方向に設置されたレジンボックス(0cm、縦断)の蓋にひび割れ発生。
- ・ その後、蓋固定用ボルトの埋戻し部の損傷、周辺舗装との段差拡大を確認。
- ・ 掘り起こしたところ、蓋と同じ位置にボックス本体を一周するひび割れを確認。



64,361輪時点(ひび割れ発見時)



100,001輪時点

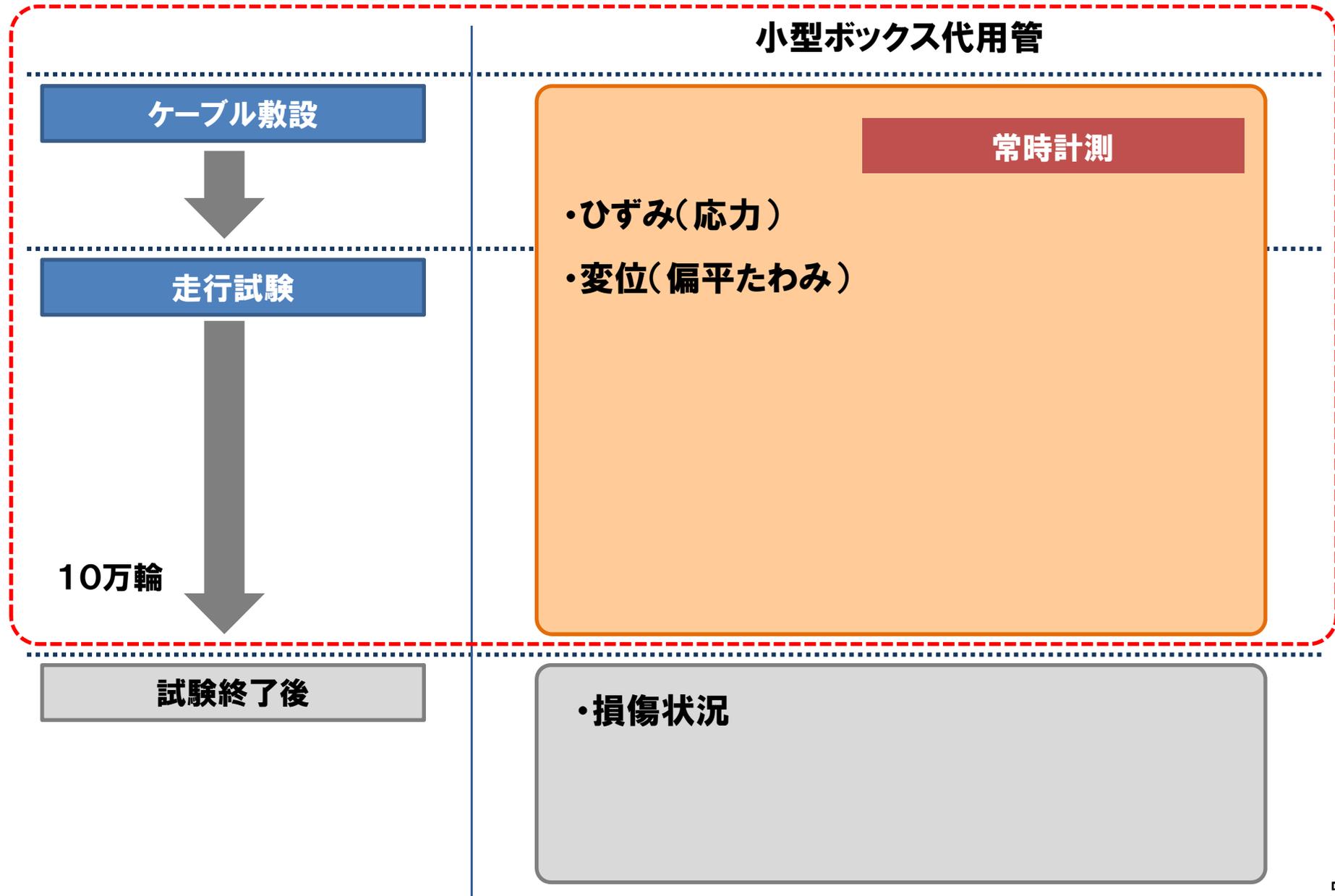


掘り起こし後

15. 小型ボックス代用管への影響

(1)試験項目	.....	55
(2)小型ボックスの配置	.....	57
(3)試験結果	.....	58

(1) 試験項目



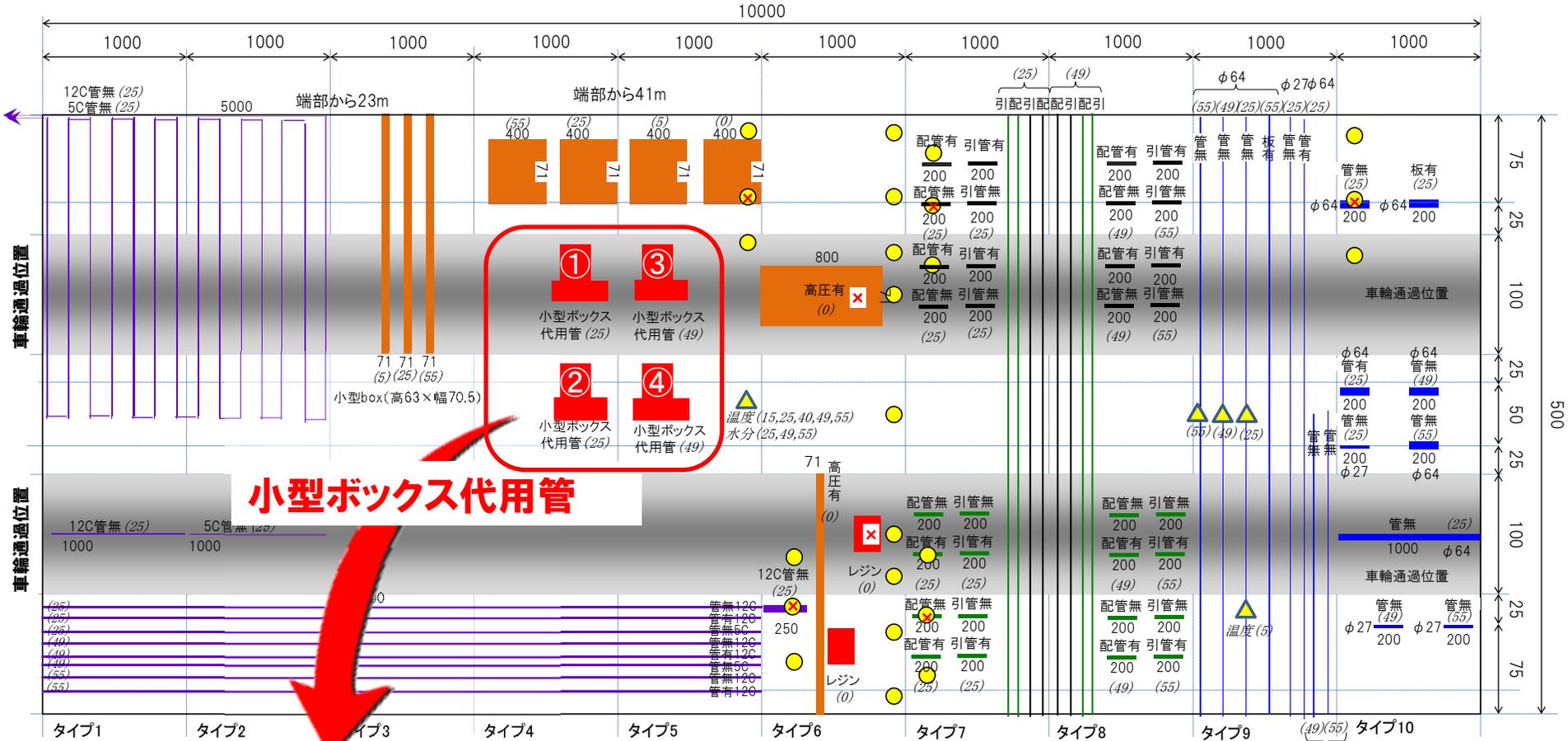
(1) 試験項目

試験対象	試験項目	要件	基準値
塩ビ管(φ195) ○路面から25cm、35.5cm	ひずみ	<ul style="list-style-type: none"> ・管にかかる応力 	<ul style="list-style-type: none"> ・管の許容応力 (17.7N/mm²)以下
	変位	<ul style="list-style-type: none"> ・管の扁平たわみ 	<ul style="list-style-type: none"> ・管の許容たわみ率(2.5%)以下

(2) 小型ボックス代用管の配置

5m × 100m (10m × 10タイプ (1タイプの延長は10m))

※括弧書き: 深さ (単位: cm)



小型ボックス代用管

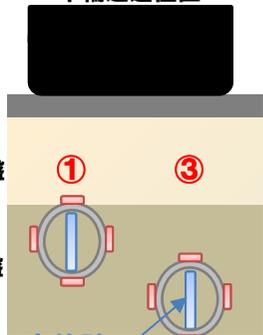
【測定機器の配置図】

車輪通過位置

表層

上層路盤

下層路盤



変位計



ひずみゲージ

5cm
20cm
30cm



【変位計の設置状況】



管軸方向

管周方向

1箇所につき管軸方向、管周方向それぞれ4個づつ設置

【ひずみゲージの設置状況】

(3) 試験結果

- ・ ひずみ、変位ともに塩ビ管の許容値内であり、問題なし。
- ・ ①②は下層路盤の仕上がり面から溝掘りし管を埋設しているが、③④は下層路盤面に管を配置し盛土しながらの埋め戻し作業になったため、埋め戻し作業時にタンパ及びランマによる締固めの偏りなどが要因で、一時的に大きな変位(許容値内なので問題ない)が見られたが、試験車両走行後の変位は一定に推移しており、適正な埋め戻しを実施すれば長期的にも問題ないと判断する。輪荷重による影響も特に見られなかった。

評価項目・判断基準		評価パターン		ひずみ(応力)	変位(扁平たわみ)
				許容応力(17.7N/mm ²)以下	許容たわみ率(2.5%)以下
25cm	進行方向	①車輪通過位置		規格内○	規格内○
		②車輪外		規格内○	規格内○
	横断方向				
35.5cm	進行方向	③車輪通過位置		規格内○	規格内○
		④車輪外		規格内○	規格内○
	横断方向				