

日本海東北自動車道（秋田）内越地区改良舗装工事
連続鉄筋コンクリート舗装のアクティブクラックコントロールによる
ひび割れ調査報告

2024 年 3 月
(Mar. 2024)

一般社団法人 セメント協会
舗装技術専門委員会

舗装技術専門委員会

委員長	小梁川 雅	東京農業大学名誉教授
副委員長	玉滝 浩司	UBE三菱セメント株式会社
委 員	西澤 辰男	石川工業高等専門学校名誉教授
	上野 敦	東京都立大学
	前島 拓	日本大学
	古賀 裕久	国立研究開発法人土木研究所
	藪 雅行	国立研究開発法人土木研究所
	松本大二郎	株式会社高速道路総合技術研究所
	美馬 孝之	日本道路株式会社
	村岡 克明	株式会社N I P P O
	児玉 孝喜	鹿島道路株式会社
	五島 泰宏	大成ロテック株式会社
	小関 裕二	大林道路株式会社
	坂本 寿信	株式会社佐藤渡辺
	永渕 克己	世紀東急工業株式会社
	入江 一次	全国生コンクリート工業組合連合会
	了道 久	日鉄セメント株式会社
	新見 龍男	株式会社トクヤマ
	岸良 竜	太平洋セメント株式会社
	安久 憲一	住友大阪セメント株式会社
	廣川 誠一	一般社団法人セメント協会
	吉田 雅彦	一般社団法人セメント協会
事務局	吉本 徹	一般社団法人セメント協会
	佐々木健一	一般社団法人セメント協会
	泉尾 英文	一般社団法人セメント協会

目 次

1. はじめに	1
2. 連続鉄筋コンクリート舗装のひび割れの一例	2
3. 施工・調査の概要	2
4. 調査結果	6
5. まとめ	12
6. 資料編	15

1. はじめに

連続鉄筋コンクリート舗装（CRCP：Continuously Reinforced Concrete Pavement）は、縦方向鉄筋を連続配置することにより、コンクリートの収縮ひび割れを分散して発生させた目地のないノージョイントコンクリート舗装である。目地がないため、従来のコンクリート舗装に比べ平坦性がよく、走行時の騒音や振動を低下できる。

理想的には、幅の小さいひび割れが適切な間隔で発生することが望まれるが、実際にはひび割れ間隔の分布に大きなばらつきが生じる場合や、かなり小さな間隔でひび割れが生じる場合があることが、国内、海外問わず散見される。

大きなひび割れ間隔は幅広のひび割れの発生に、小さなひび割れ間隔は Y 型・クラスタ型ひび割れの発生および、それに起因したパンチアウトの発生につながると考えられている。

しかし、このひび割れ間隔のばらつきは、コンクリートの品質のばらつき、施工に起因するばらつき、環境条件の変動等の影響があり、人為的に制御することは困難であると考えられている。

一方、ベルギーでは、この問題を解決する技術として、普通コンクリート舗装の目地切り施工のように、CRCP 上面を望ましいひび割れ間隔 1.2m で、表面部に深さ 30mm または 60mm、長さ 400mm 程度で縦自由縁部から横断方向に切削し、ノッチ（切れ込み）部にひび割れを人為的に誘導する工法、すなわちアクティブクラックコントロール（ACC：Active Crack Control、以下 ACC と略記）が開発されている¹⁾²⁾。ACC の実施工では、いずれもある程度の望ましい間隔でひび割れが誘導できたことが確認されている。

東北地方整備局秋田河川国道事務所およびセメント協会・舗装技術専門委員会はこの技術に着眼し、日本海東北自動車道（秋田）内越地区改良舗装工事の際、2022 年 11 月 7 日～15 日に実施工した CRCP に、試験的に ACC を施工した。

本報告は、供用約 1 年となる 2023 年 11 月 14 日に、ACC の効果を検証すべくひび割れ調査を実施した結果について取りまとめたものである。

2. 連続鉄筋コンクリート舗装のひび割れの一例

通常の CRCP のひび割れは、図-2.1 中の上のように、ひび割れ間隔にばらつきが生じる場合が多い。小さなひび割れ間隔は Y 型・クラスタ型ひび割れの発生および、それに起因したパンチアウト（写真-2.1）の発生につながると考えられている。一方、ACC 工法を施すと、図-2.1 中の下のよう
に、均等に施工したノッチ（切れ込み）にひび割れが誘発され均等なひび割れ間隔となると言われている。



通常の CRCP

（ひび割れ間隔のばらつき）



ACC 工法を施した CRCP

（ACC で誘発した均等なひび割れ間隔）

図-2.1 CRCP のひび割れの一例



写真-2.1 パンチアウト

3. 施工・調査の概要

3.1 施工・調査箇所

施工箇所は、日本海東北自動車道（秋田）^{うてつ}内越地区改良舗装工事内の下り線の走行車線である。

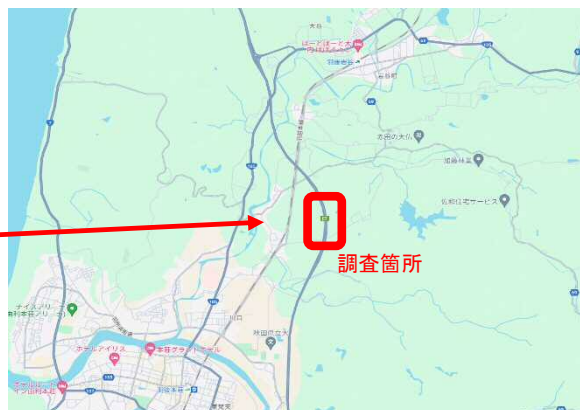
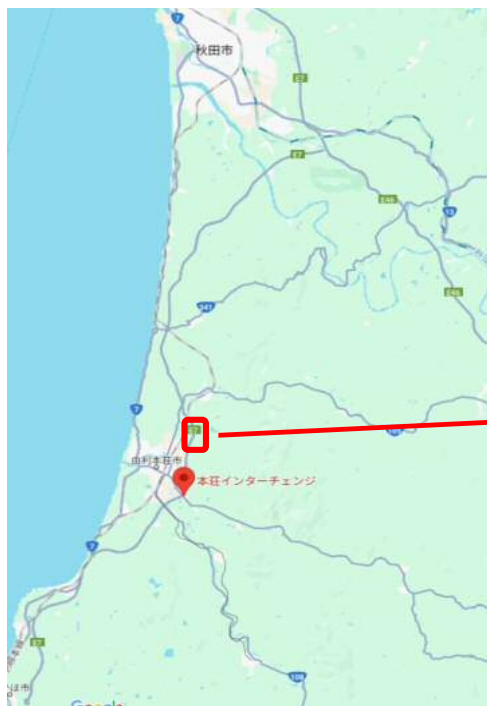


図-3.1 施工・調査箇所

3.2 施工区間の概要

ACC を施工した区間（N6 交通、設計 CBR：8%）の平面図を図-3.2 に示す。

CRCP の施工日は 2022 年 11 月 7 日～15 日で、①ACC 斜め、②ACC 直角、③ACC 無しとなっている。①および②では、コンクリート打込み後 24 時間以内に、ハンドカッターで写真-3.1、写真-3.2 の様に長さ 400mm、深さ 40mm のノッチ（切れ込み）が入れられている。

使用されたレディーミクストコンクリートは、舗装 4.5-4-40-BB、空気量 5.5%で、版厚は 25cm である。路盤とコンクリートの間には厚さ 4cm の再生密粒度アスファルト中間層が設けられた。鉄筋のかぶりは 7cm とし、コンクリートの打込みはスリップフォーム工法である。

コンクリートの打込みは、1 日約 150m、ノッチを入れる時間は打込み後 24 時間以内と計画され、実際の施工では打込み後約 18 時間後にノッチを入れ始め、作業はマーキング 1 人、カッター 1 人で実施し 2 時間程度でノッチを入れ終えた。

配筋と ACC の概要を、図-3.3 および図-3.4 に示す。

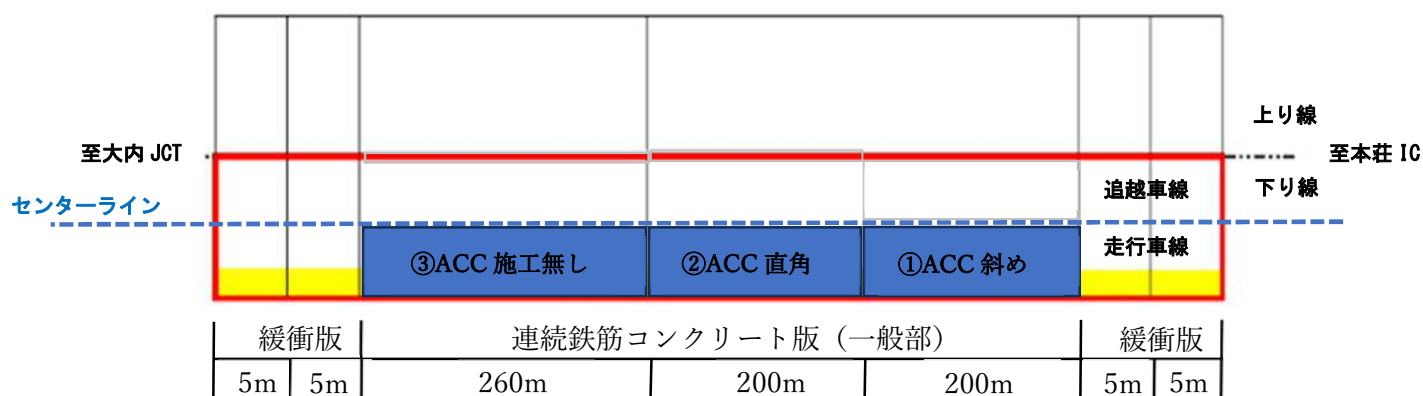


図-3.2 ACC 施工区間の平面図



写真-3.1 施工区間と ACC（①斜めノッチ、②直角ノッチ）



写真-3.2 ACC カッター施工状況

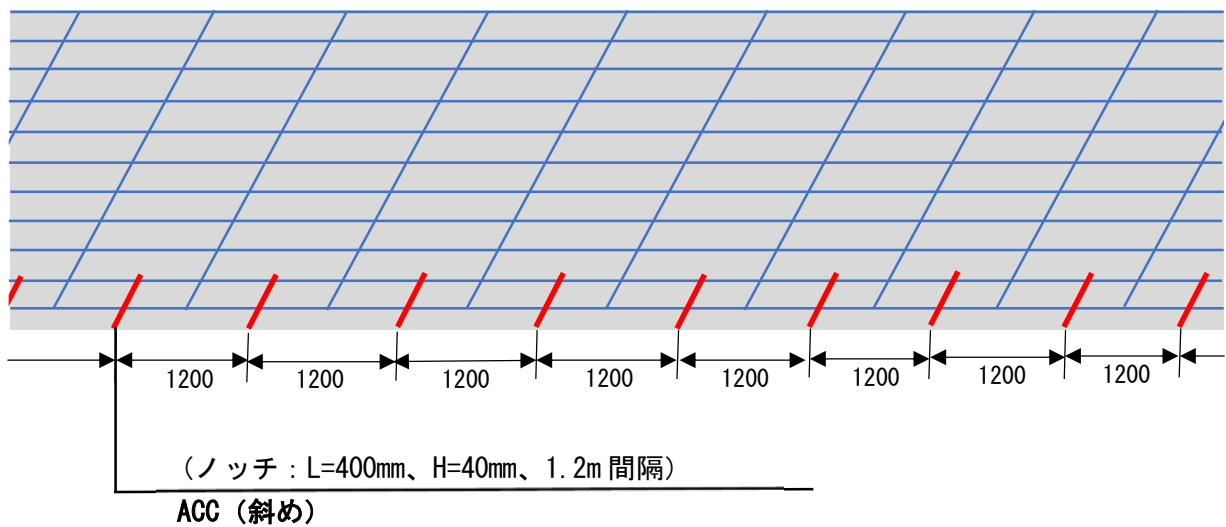


図-3.3 配筋と ACC (斜めノッチ) の概要

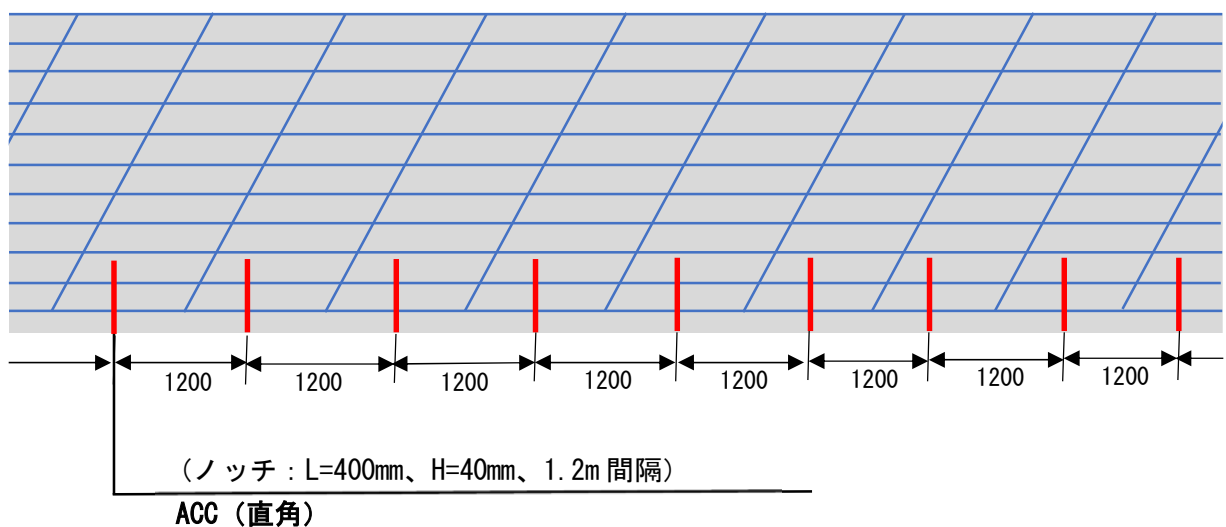


図-3.4 配筋と ACC (直角ノッチ) の概要

3.3 調査方法

調査は、日本海東北自動車道の本庄 IC～大内 JCT の夜間通行止め工事期間中の 2023 年 11 月 14 日 21:00 に開始し、翌 2:00 に調査を終えた。調査中の天候は、小雨のち曇り、気温 1℃前後であった。調査状況は写真-3.3 のとおりである。

調査は、4 班（A～D 班、1 班につき 4 名）設け、本庄 IC 側から大内 JCT 側に向かって調査を進めた。各班では、3 名が路面のひび割れをチョークでマーキングし、各ひび割れの最大ひび割れ幅をクラックスケールで計測の後に計測値を路面にチョークで記し、1 名が 10m ごとに設置したリボンロッドの数値を目安に、ひび割れ位置およびひび割れ幅を記録した。

D 班はまず調査区間 660m の路面に、10m ごとの位置をチョークで記した。

残りの A 班、B 班、C 班は、各班が 10m ずつ分担し、本庄 IC 側から大内 JCT 側まで順に調査を進めた。D 班は調査区間の区分分け（位置出し）を終えた後、A 班、B 班、C 班に合流し調査に加わった。

なお、調査においてはバルーン投光器を 4 台用意し、各班はバルーン投光器を移動させながら調査を行った。

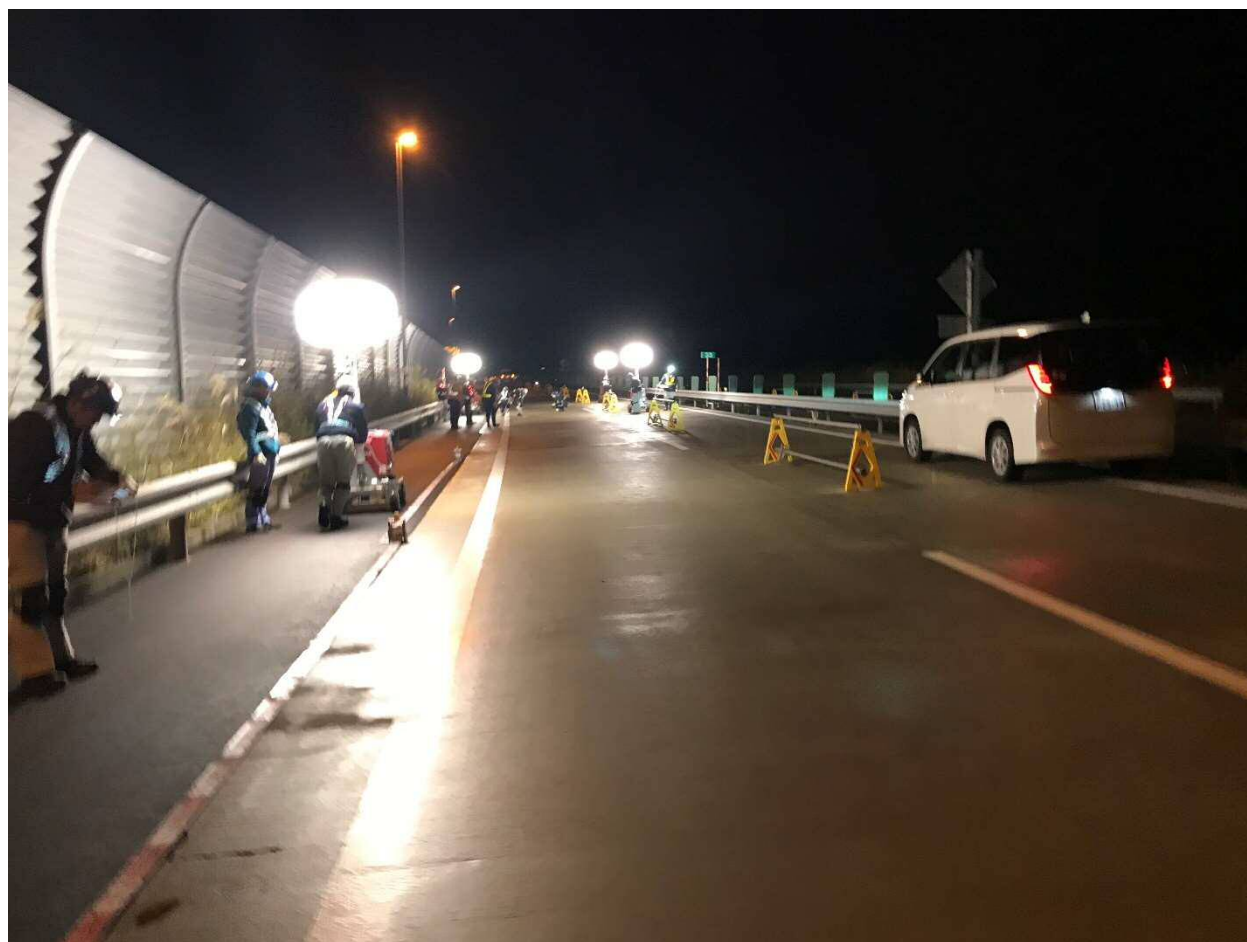


写真-3.3 調査状況

4. 調査結果

ひび割れの調査結果は、図-3.1 の①ACC 斜め、②ACC 直角、③ACC 施工無しごとに整理した。

「①ACC 斜め」のひび割れ平面図を図-4.1 に、「②ACC 直角」のひび割れ平面図を図-4.2 に、「③ACC 施工無し」のひび割れ平面図を図-4.3～図-4.4 に示す。なお、10m ごとの詳細結果を、巻末の資料編の資料図-1～資料図-66 に示し、図中には各々のひび割れの最大ひび割れ幅を記した。

表-4.1 に日本とベルギーの CRCP の特徴を示す。

また、参考文献 2) に倣って、表-4.2 には各区間のノッチによるひび割れ誘発効果を、表-4.3 には各区間のひび割れ間隔の分布を、表-4.4 には各区間のひび割れ幅の分布を整理した。

表-4.2 では、ノッチ数を N1、ひび割れ数を N2、ノッチ位置に発生したひび割れ数を N3 とし、ノッチ数 N1 に対するノッチ位置に発生したひび割れ数 N3 の割合を、ノッチの効果と表現した。また、ひび割れ数 N2 に対するノッチ位置に発生したひび割れ数 N3 の割合を示した。

表-4.3 では、資料図-1～資料図-66 から全てのひび割れ間隔を計測し、ひび割れ間隔が 0.6m 以下と小さすぎる割合、ひび割れ間隔が 0.6～2.4m と望ましいひび割れ間隔の割合、ひび割れ間隔が 2.4m 以上と大きすぎる割合を分類した。併せて、ひび割れ間隔の平均値も示した。

図-4.1～図-4.4 および資料図-1～資料図-66 より、いずれの ACC を施工した場合も、ノッチ施工部に人為的にひび割れを誘発させることは出来ず、従来からの CRCP と同様、ひび割れ間隔にばらつきが生じた。しかし、「①ACC 斜め」と「②ACC 直角」を比較すると、「②ACC 直角」の方がノッチ施工部にひび割れが多く誘発できているように見える。

また、参考文献 2) のベルギーでの事例と比較しても、表-4.2 より、ノッチの効果も 30.1～45.2% と小さく、表-4.3 より、ひび割れ間隔 0.6m 以下が斜めにノッチを入れた場合 55.2%、直角にノッチを入れた場合 72.6%と、ノッチを入れない場合 58.3%とほとんど変わりなく、ひび割れが一部の箇所に集中的に発生していることが分かる。また、望ましいひび割れ間隔 0.6～2.4m の割合が少なく、ノッチによるひび割れ分散効果は低かったことが伺える。

これは、今回の施工はノッチ深さを 40mm としたことに対し、ベルギーでの事例はノッチ深さ 30mm、60mm と、ノッチ深さが若干異なること、ベルギーの CRCP はコンクリートが 2 層打ち（上層のコンクリート版厚 5cm：骨材寸法 0-6.3mm 小粒形かつ骨材露出工法、下層のコンクリート版厚 20cm：骨材寸法 0-31.5mm）であること、これによりノッチ深さ 30mm の事例では、上層のコンクリートの骨材最大寸法が小さいため乾燥収縮が大きいと予想されること、ノッチ深さ 60mm の事例では上層から下層にかけてノッチを入れていること等の違いが、結果の相違に大きく影響した可能性がある。

また、表-4.4 より、ACC 施工無しは ACC を施工した場合に比べ、ひび割れ幅が 0.3mm 以上の割合が比較的多い状況であった。

なお、資料図-1～資料図-66 より、ひび割れ間隔が大きな場合においてもひび割れ幅 0.7mm を超える幅広のひび割れは特に認められず、またひび割れ間隔が小さな場合においても Y 型・クラスタ型ひび割れの発生は今のところ認められなかった。

国内で ACC を成功させるためには、引き続き海外の技術を精査し、ACC を施工する場合の注意点やポイントを把握する必要があると考えられる。

表-4.1 日本とベルギーの CRCP の特徴

国名	コンクリート版厚 (cm)	Gmax (mm)	縦方向 鉄筋比 (%)	かぶり (cm)	ACC		
					間隔 (m)	長さ (cm)	深さ (cm)
日本	25	40	0.64	7	1.2	40	4
ベルギー	25 (上面 5cm、下面 20cm)	上面 6.3 下面 31.5	0.75	9	1.2	40	3 または 6

表-4.2 各区間のノッチによるひび割れへの効果

区間	ノッチ 深さ (mm)	試験 区間 長さ (m)	材齢 (日)	ノッチ数 (N1)	ひび割れ数 (N2)	ノッチ位置の ひび割れ数 (N3)	ノッチの効果 N3/N1 (%)	ノッチ位置の ひび割れ数/ ひび割れ数 N3/N2 (%)
ACC 斜め	40	200	365	166	119	50	30.1	42.0
ACC 直角	40	200	356	166	176	75	45.2	42.6
ACC 施工無し	無し	256.4	365	—	143	—	—	—
ベルギー、ACC 直角 ²⁾	60	1100	378	897	775	606	67.6	78.2
ベルギー、ACC 直角 ²⁾	30	500	613	422	505	286	67.8	56.6

表-4.3 各区間のひび割れ間隔の分布

区間	ノッチ 深さ (mm)	ひび割れ間隔分布(%)			ひび割れ間隔の平均 (m)
		≤0.6m	0.6-2.4m	≥2.4m	
ACC 斜め	40	55.2	22.9	21.9	1.55
ACC 直角	40	72.6	9.0	18.4	1.24
ACC 施工無し	無し	58.3	15.3	26.4	1.81
ベルギー、ACC 直角 ²⁾	60	14.0	75.0	11.0	1.35
ベルギー、ACC 直角 ²⁾	30	29.6	65.9	4.5	0.99

表-4.4 各区間のひび割れ幅の分布

区間	0.1mm 未満	0.1mm 以上 0.3mm 未満	0.3mm 以上 0.5mm 未満	0.5mm 以上
ACC 斜め	48 本 (40.3%)	52 本 (43.7%)	19 本 (16.0%)	0 本 (0.0%)
ACC 直角	72 本 (40.9%)	80 本 (45.5%)	24 本 (13.6%)	0 本 (0.0%)
ACC 施工無し	29 本 (20.3%)	64 本 (44.7%)	46 本 (32.2%)	4 本 (2.8%)

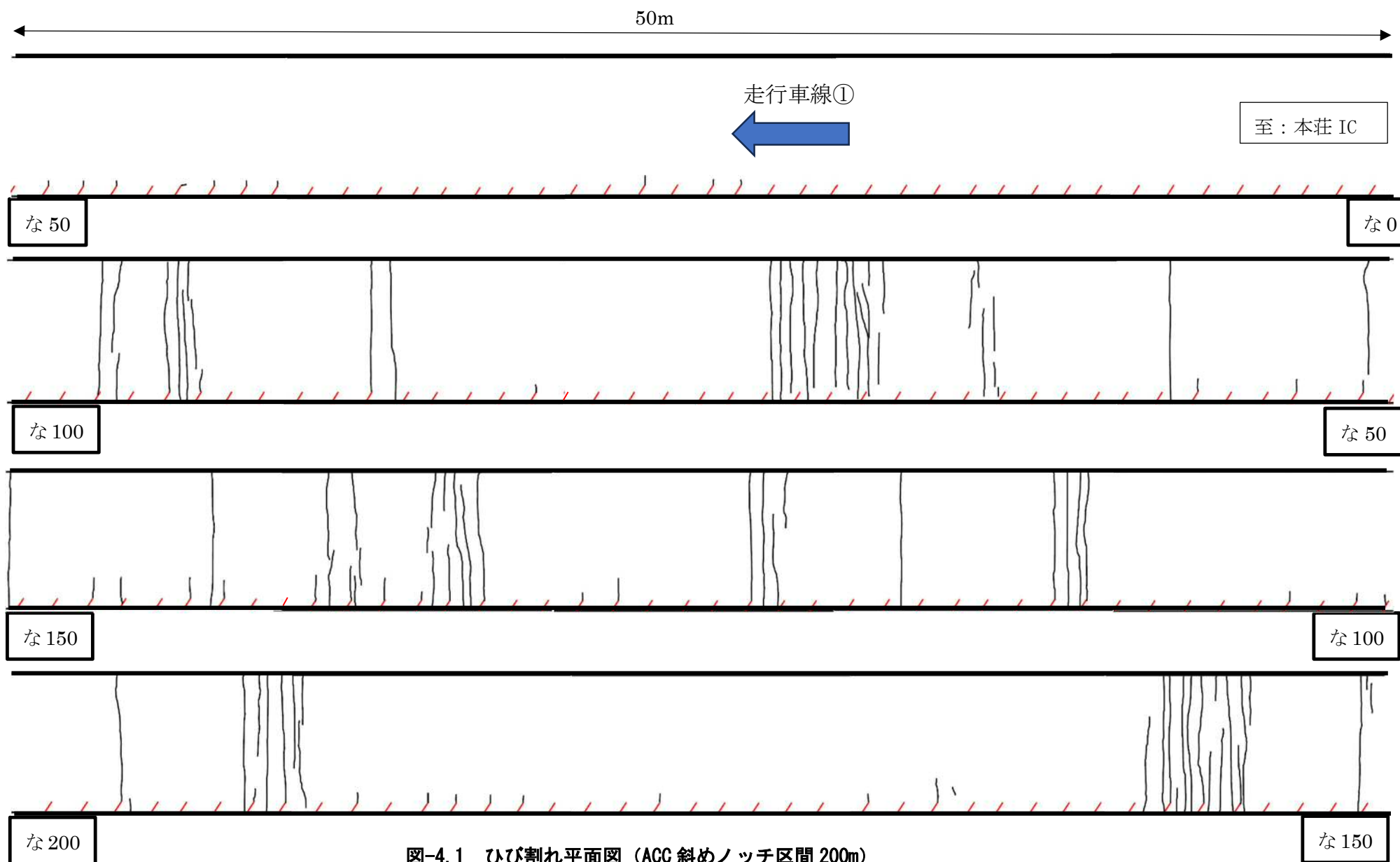


図-4.1 ひび割れ平面図 (ACC 斜めノッチ区間 200m)

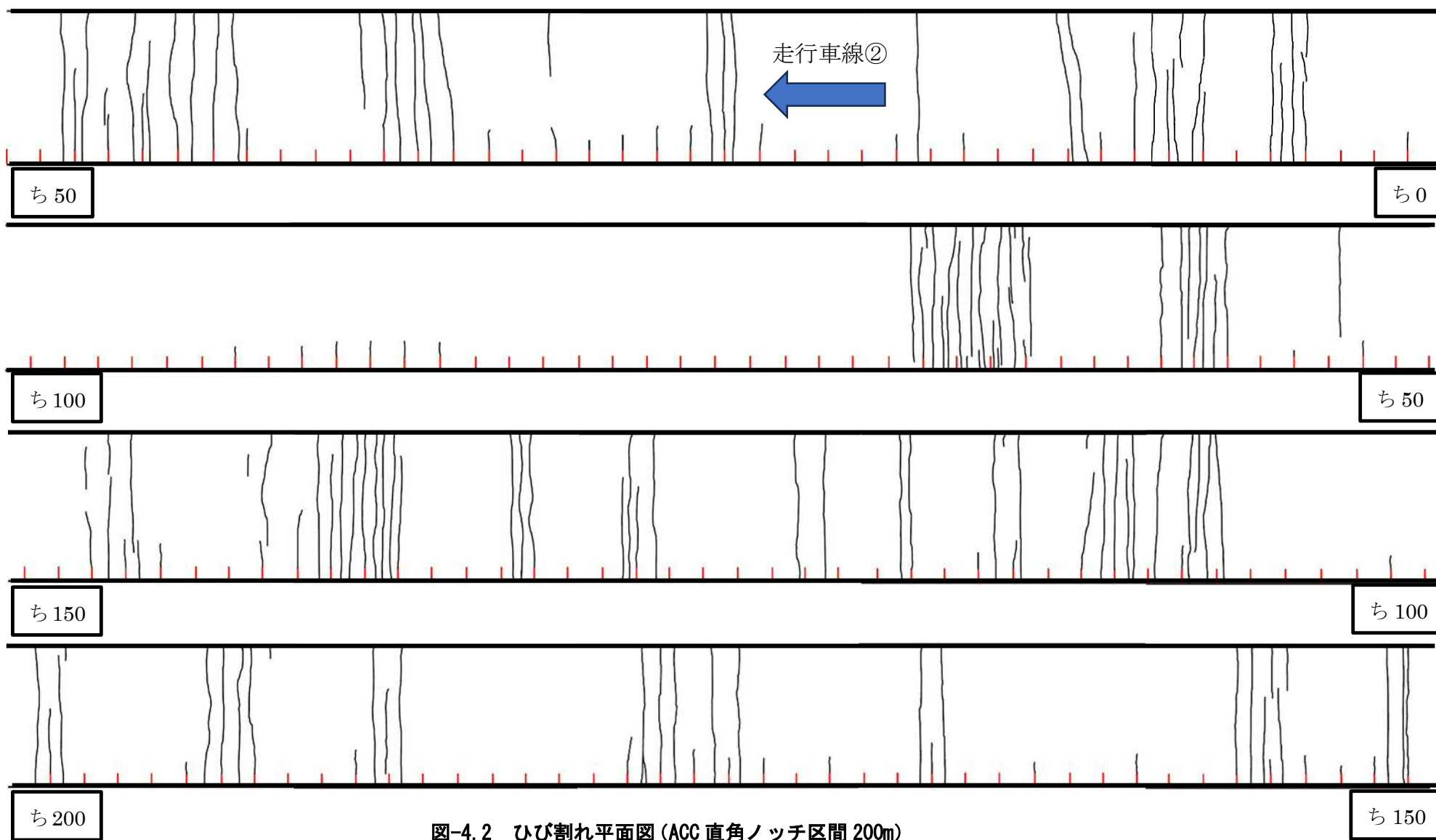


図-4.2 ひび割れ平面図 (ACC 直角ノッチ区間 200m)

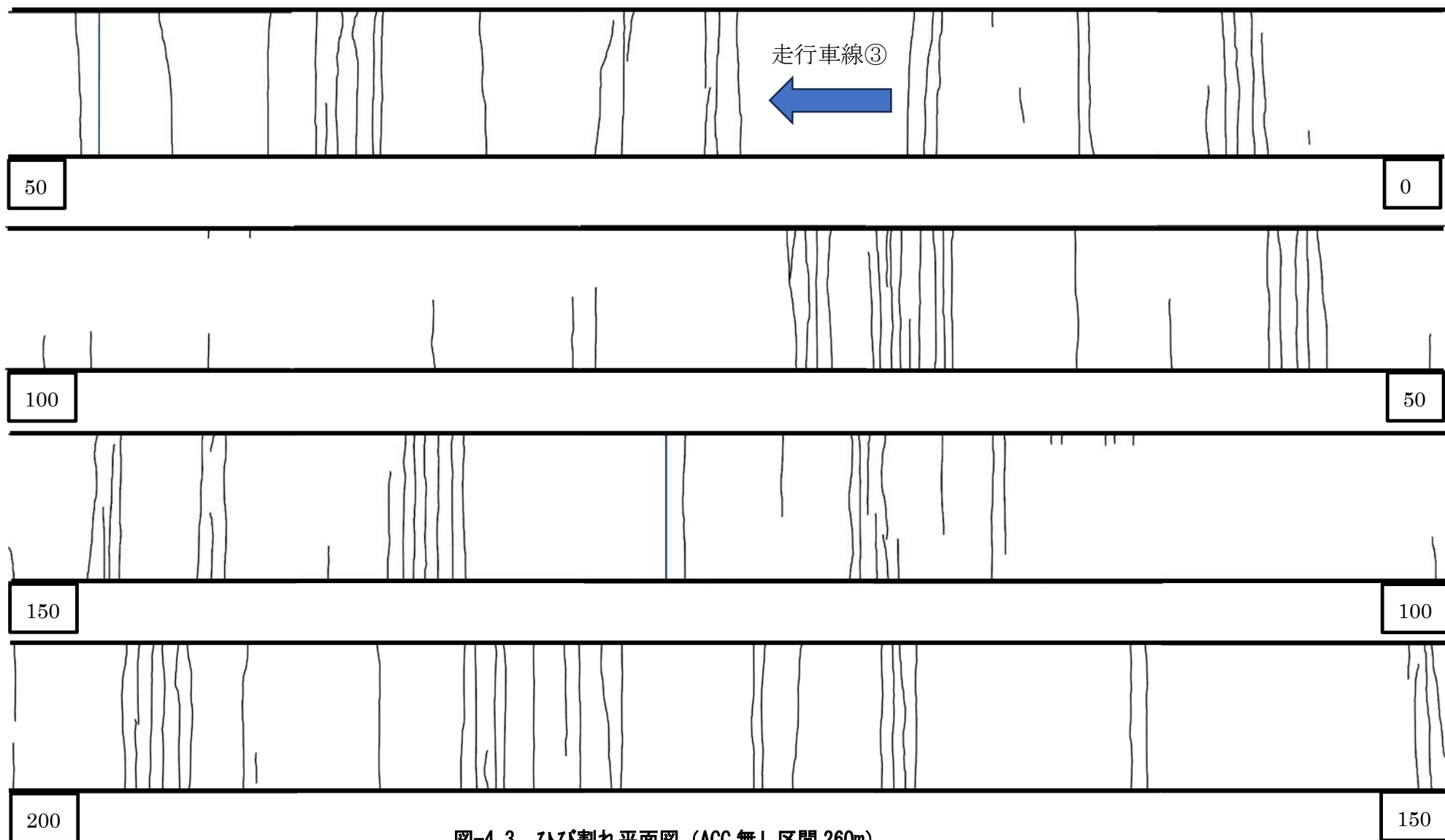


図-4.3 ひび割れ平面図 (ACC 無し区間 260m)

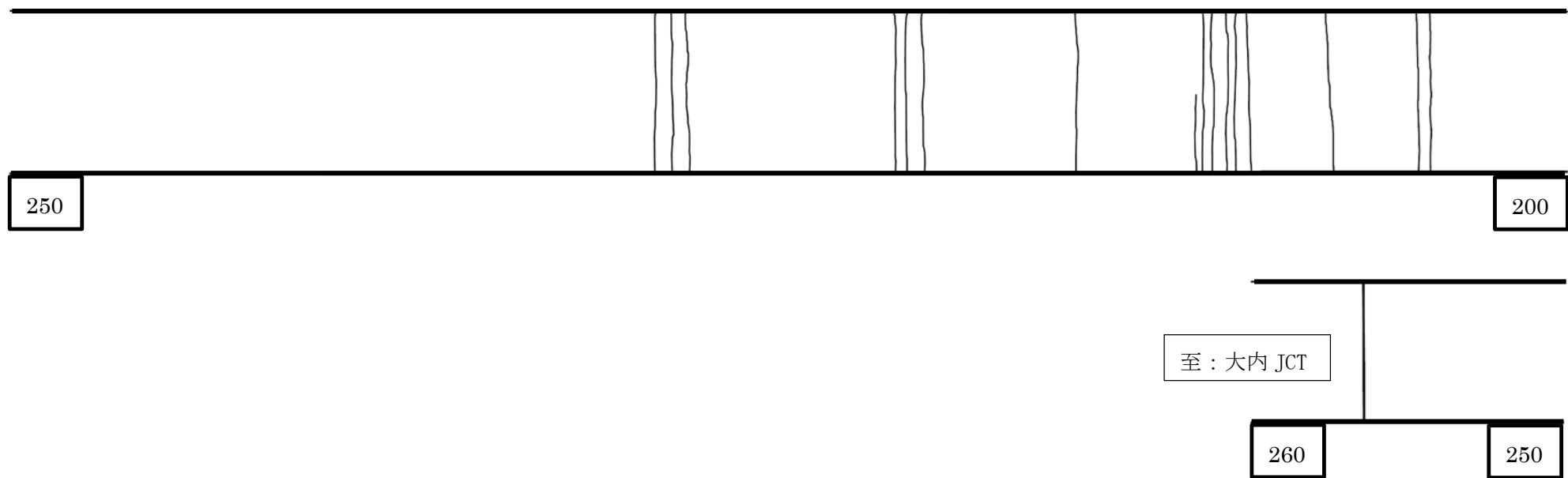


図-4.4 ひび割れ平面図 (ACC 無し区間 260m)

5. まとめ

この度、ベルギーで開発された ACC 工法を、国内で初めて適用した箇所のひび割れ調査を実施した。その結果、供用 1 年度の調査では、海外の事例とは異なり、ACC 施工箇所に均等なひび割れが発生していないことが確認された。

ACC 工法の十分な効果が得られなかった原因は判然としないが、ベルギーの成功例は、CRCP がウェットオンウェットの 2 層打ち（上層のコンクリート版厚 5cm : 骨材寸法 0-6.3mm 小粒形かつ骨材露出工法、下層のコンクリート版厚 20cm : 骨材寸法 0-31.5mm）で施工されていること、ノッチ深さ 30mm の事例では、上層コンクリートの骨材最大寸法が小さいため乾燥収縮の影響が大きいと考えられること、ノッチ深さ 60mm の事例では上層から下層にかけてノッチが入ったことといった点が、今回の方法と大きく異なっている。

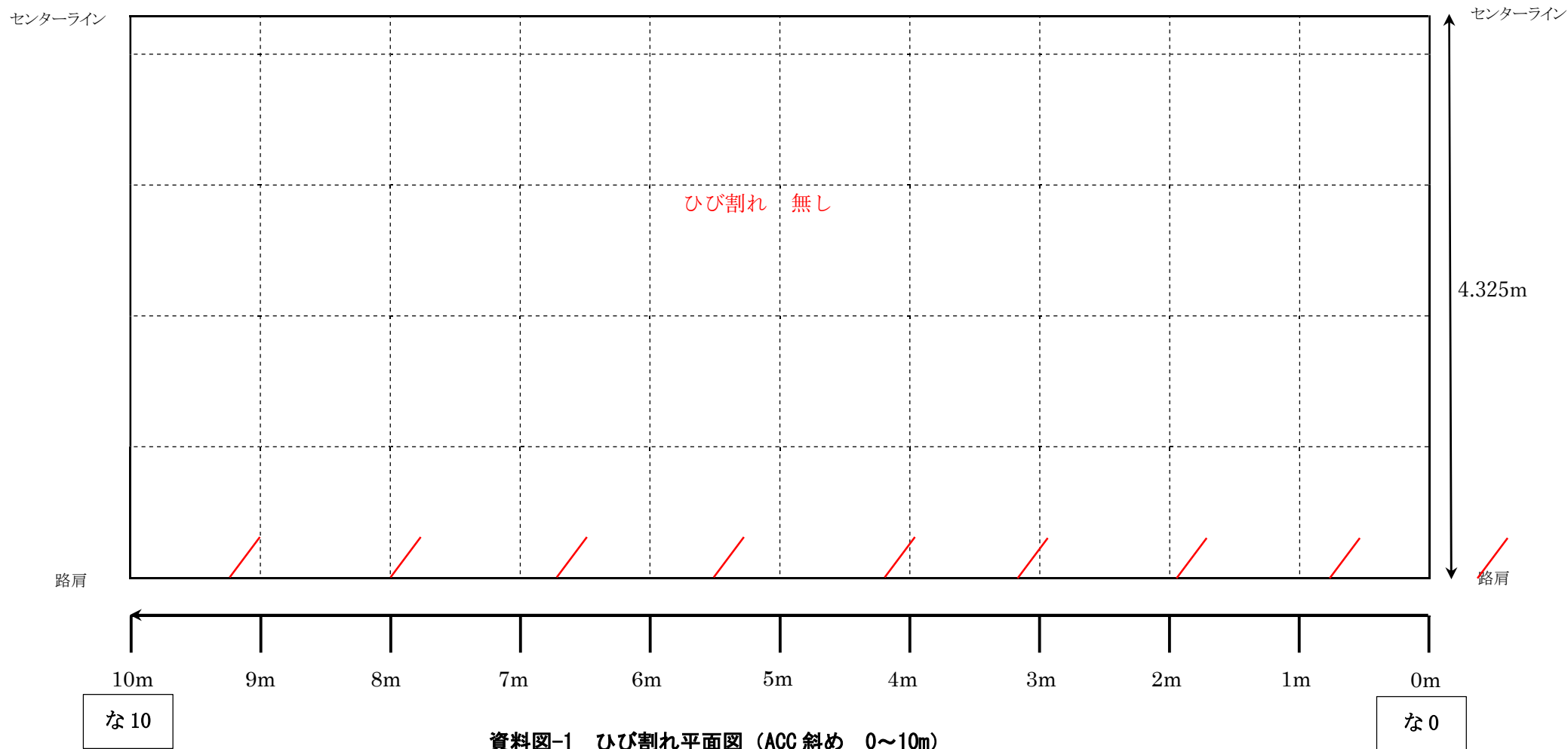
まだ海外でも比較的新しい技術であるので、今後の海外の動向を引き続き調査し、ACC 工法に関する情報収集を継続する必要があると考えられる。

参考文献)

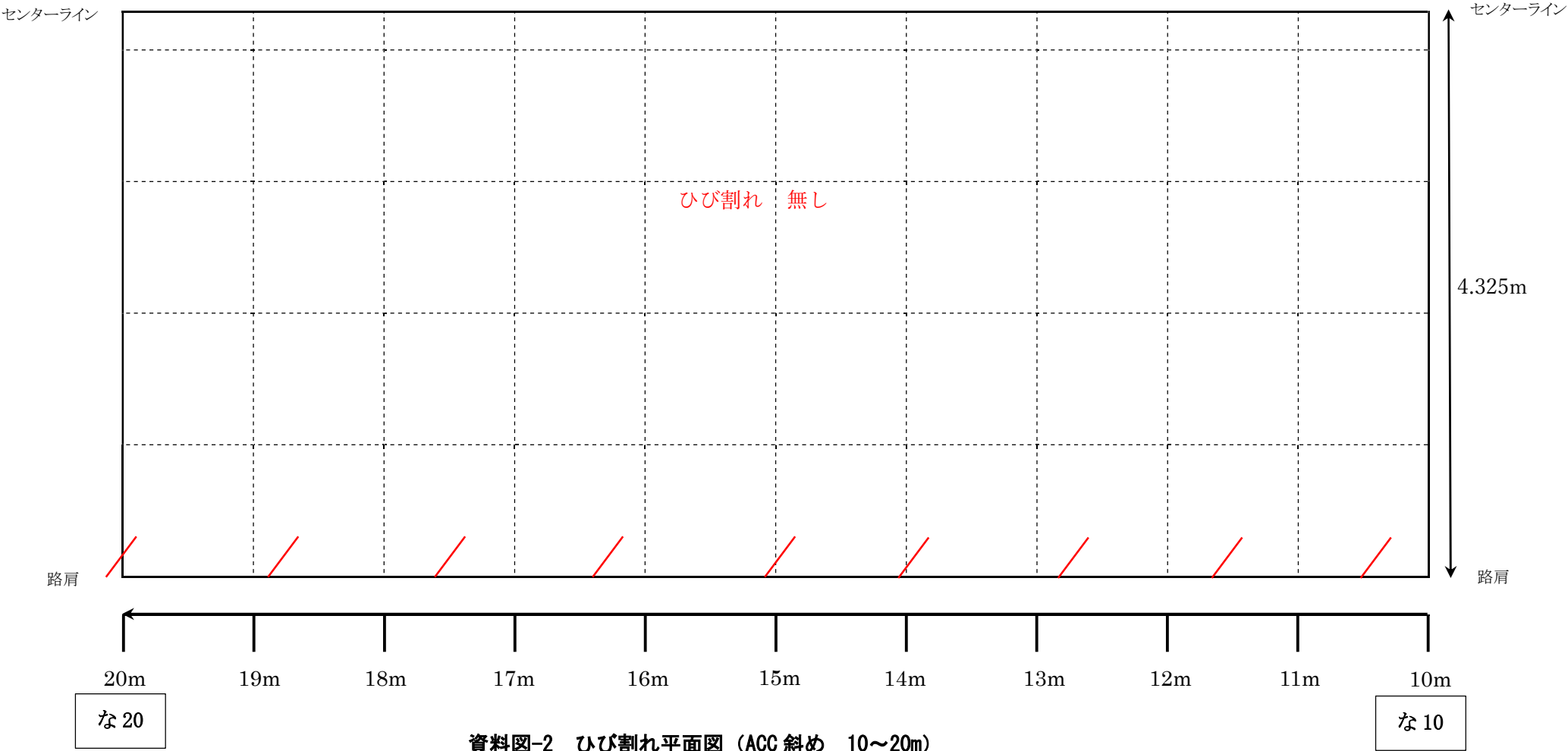
- 1) Luc Lens : RECENT DEVELOPMENTS IN THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF CRCP TOWARDS A MORE DURABLE CONCEPT、ISCR、ChecoSlovakia、2014 年
- 2) Dongya Ren、Lambert Houben、Anne Beeldens、Luc Rens : Durable Continuously Reinforced Concrete Pavements through Active Crack Control、2018 年

【資料編】

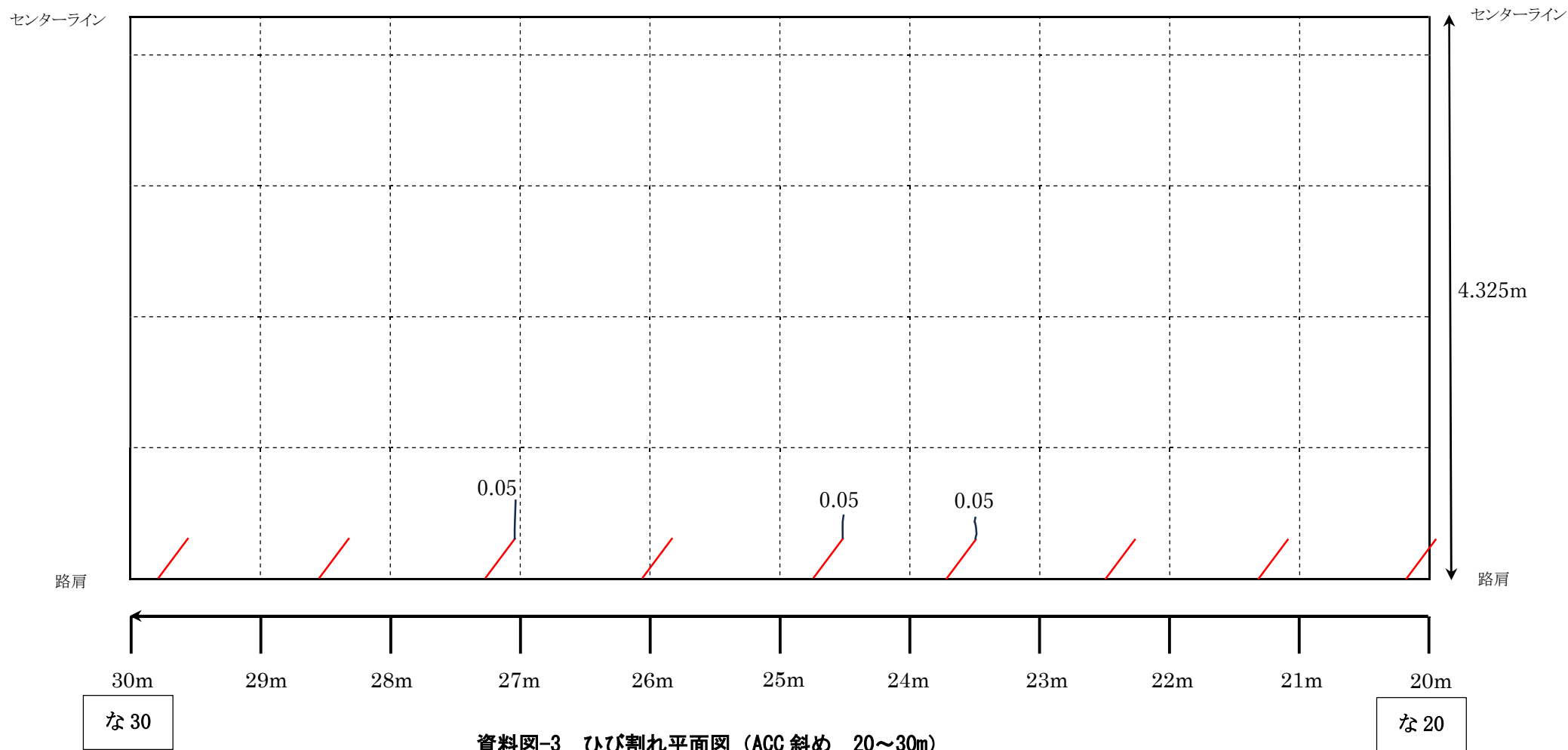
No. な 0-10



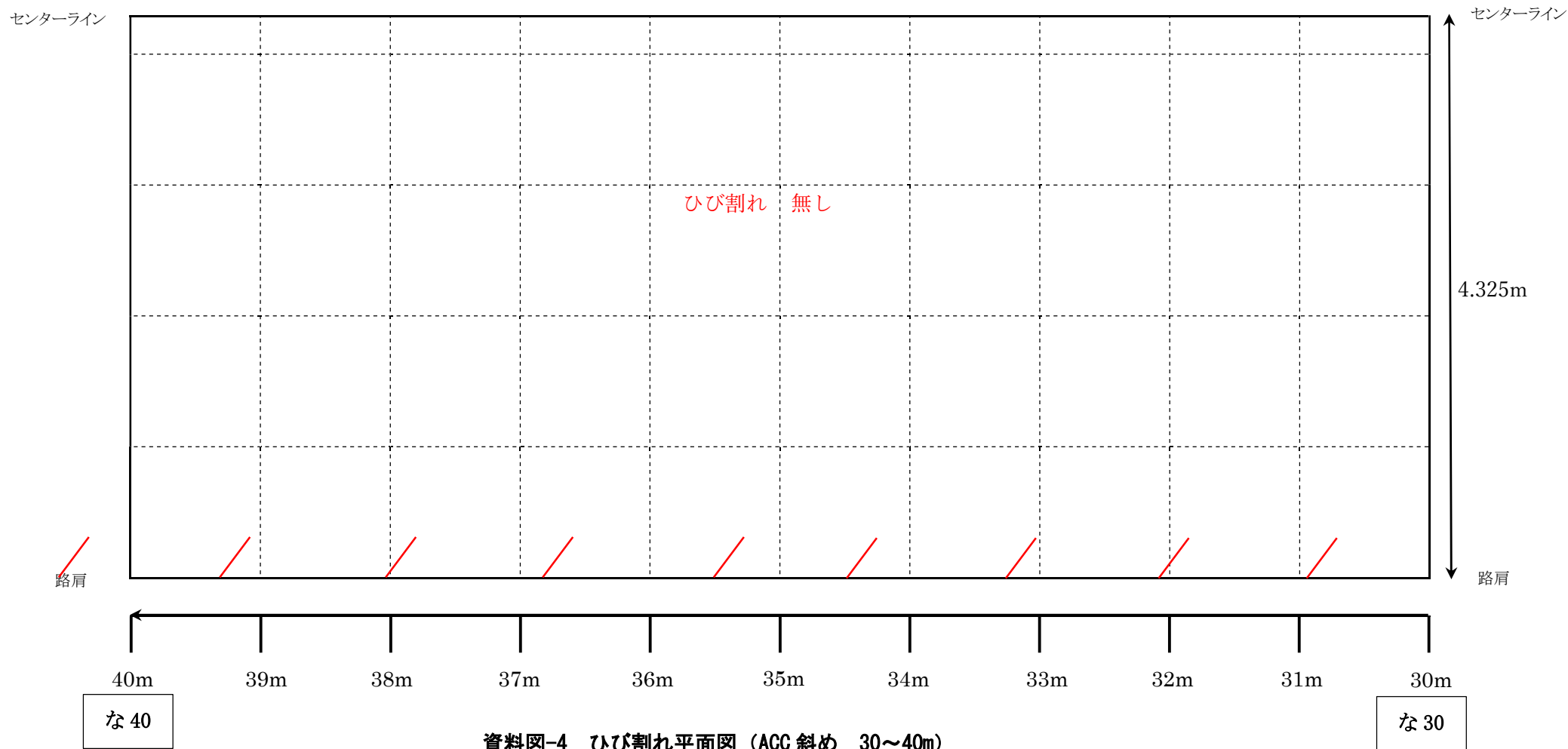
No. な 10-20



No. な 20-30

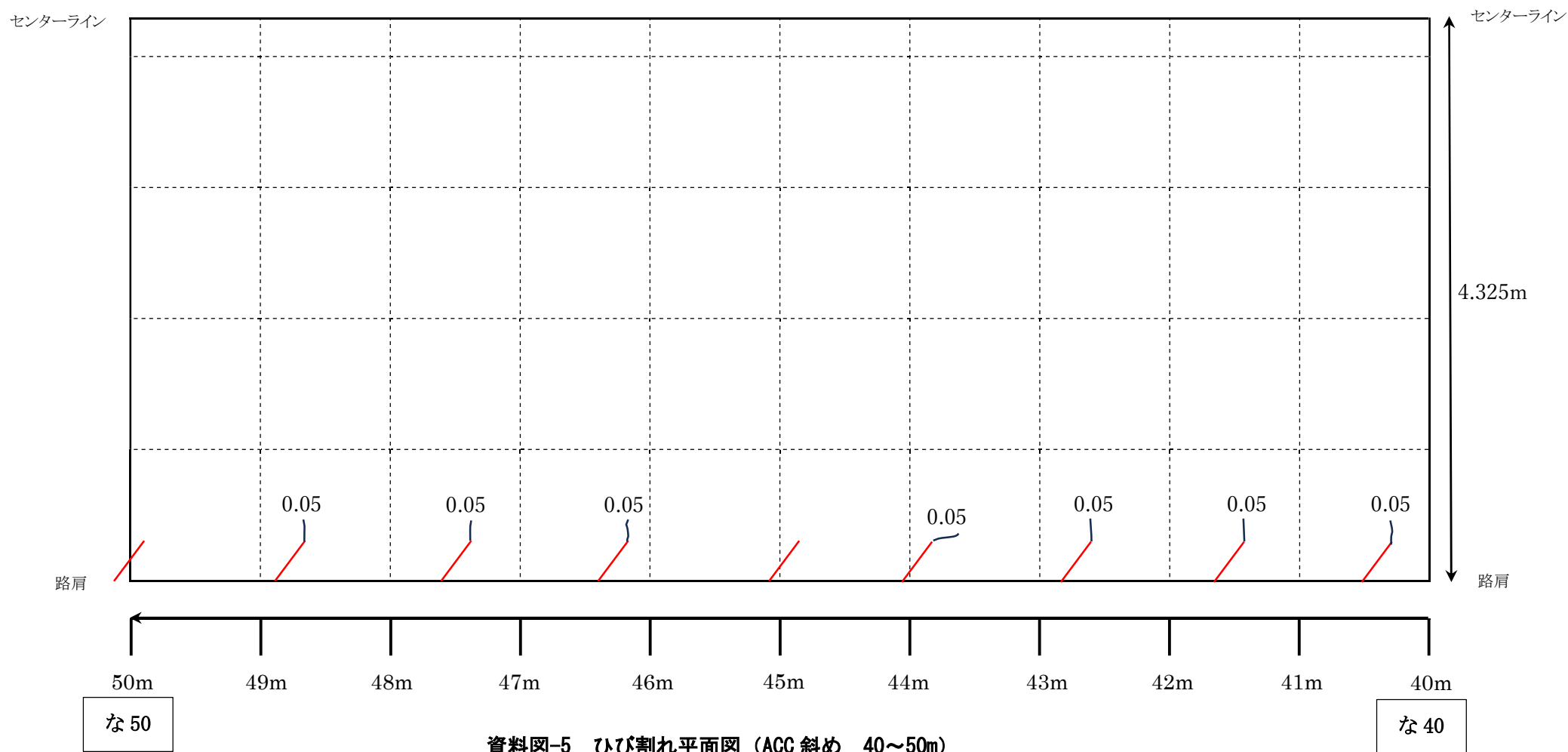


No. な 30-40

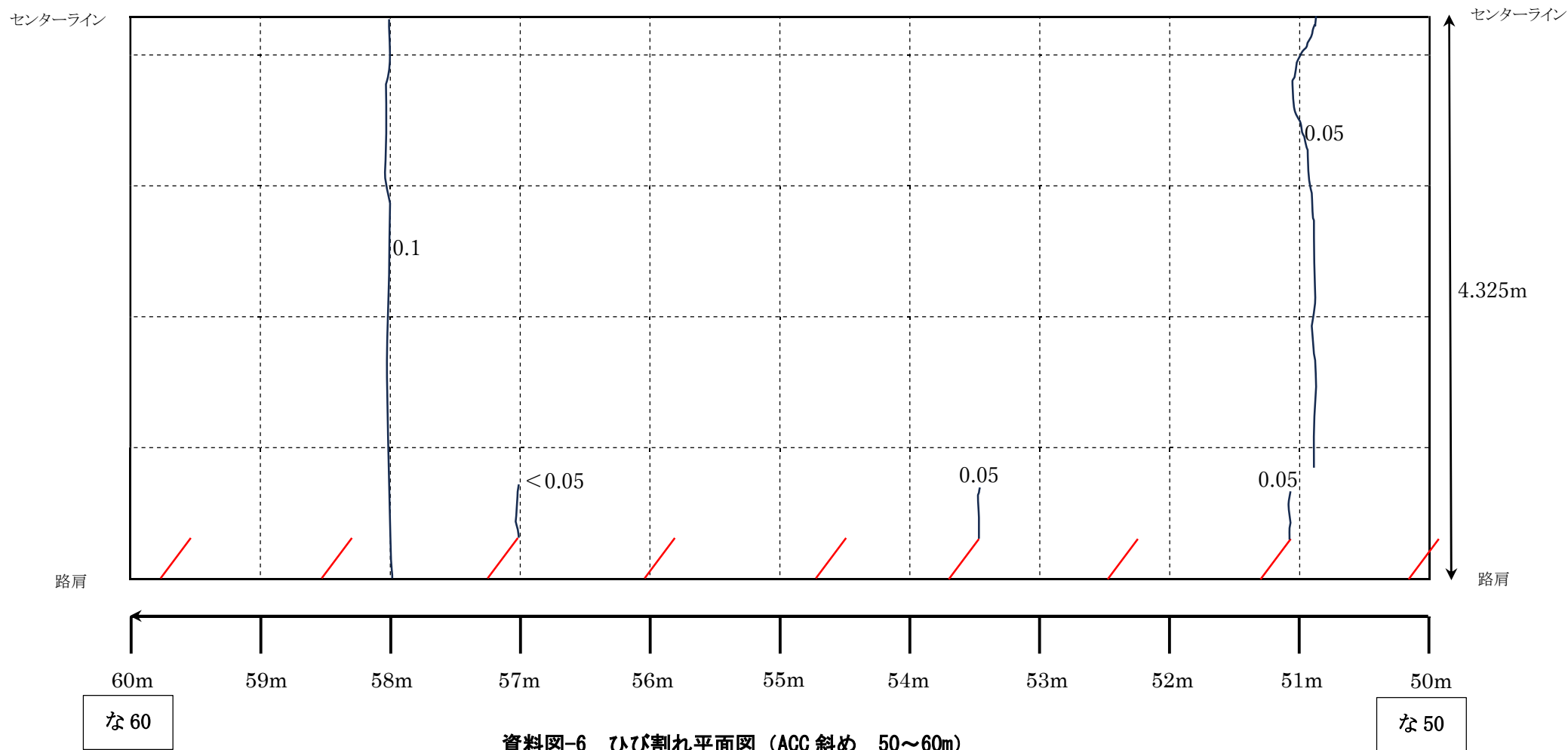


資料図-4 ひび割れ平面図 (ACC 斜め 30~40m)

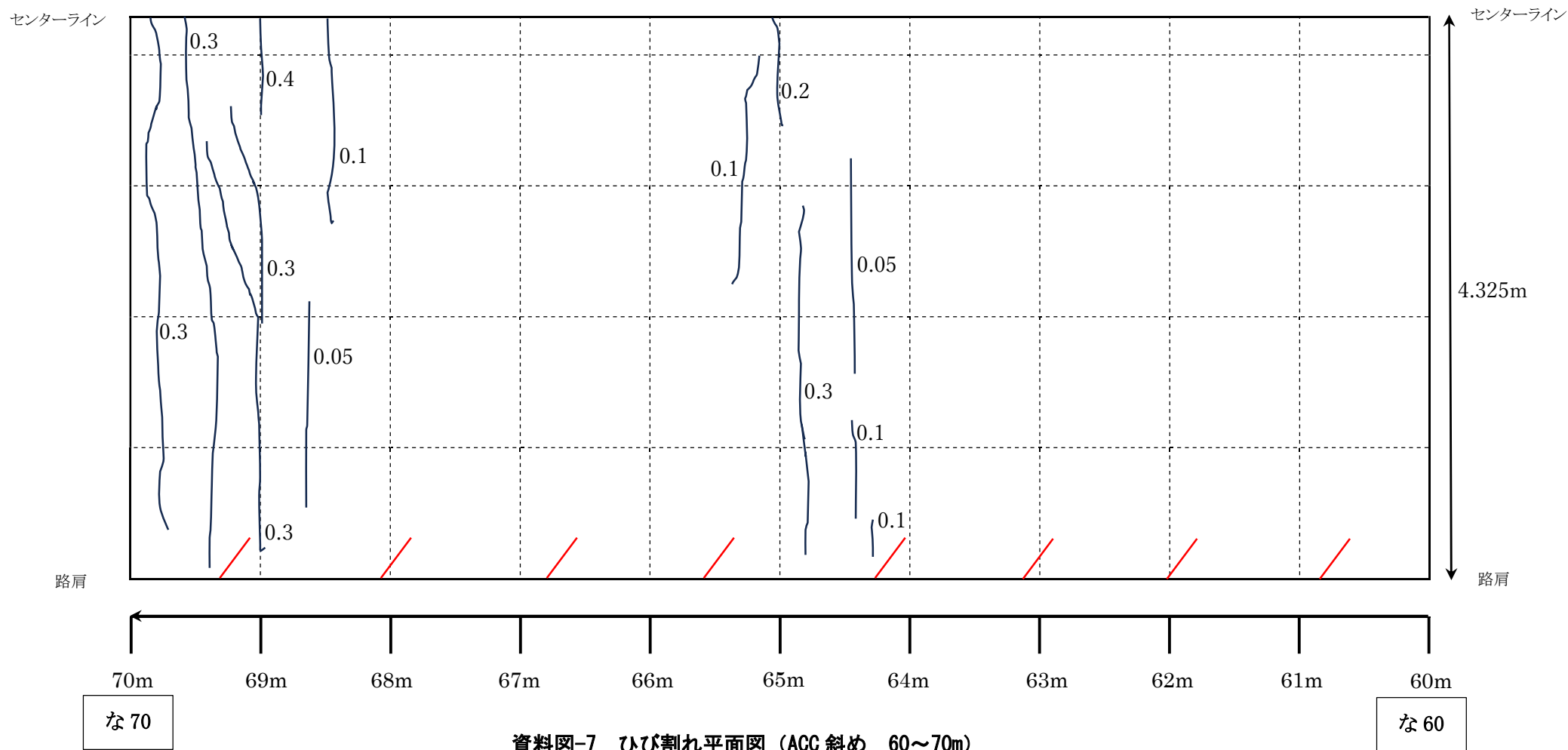
No. な 40-50



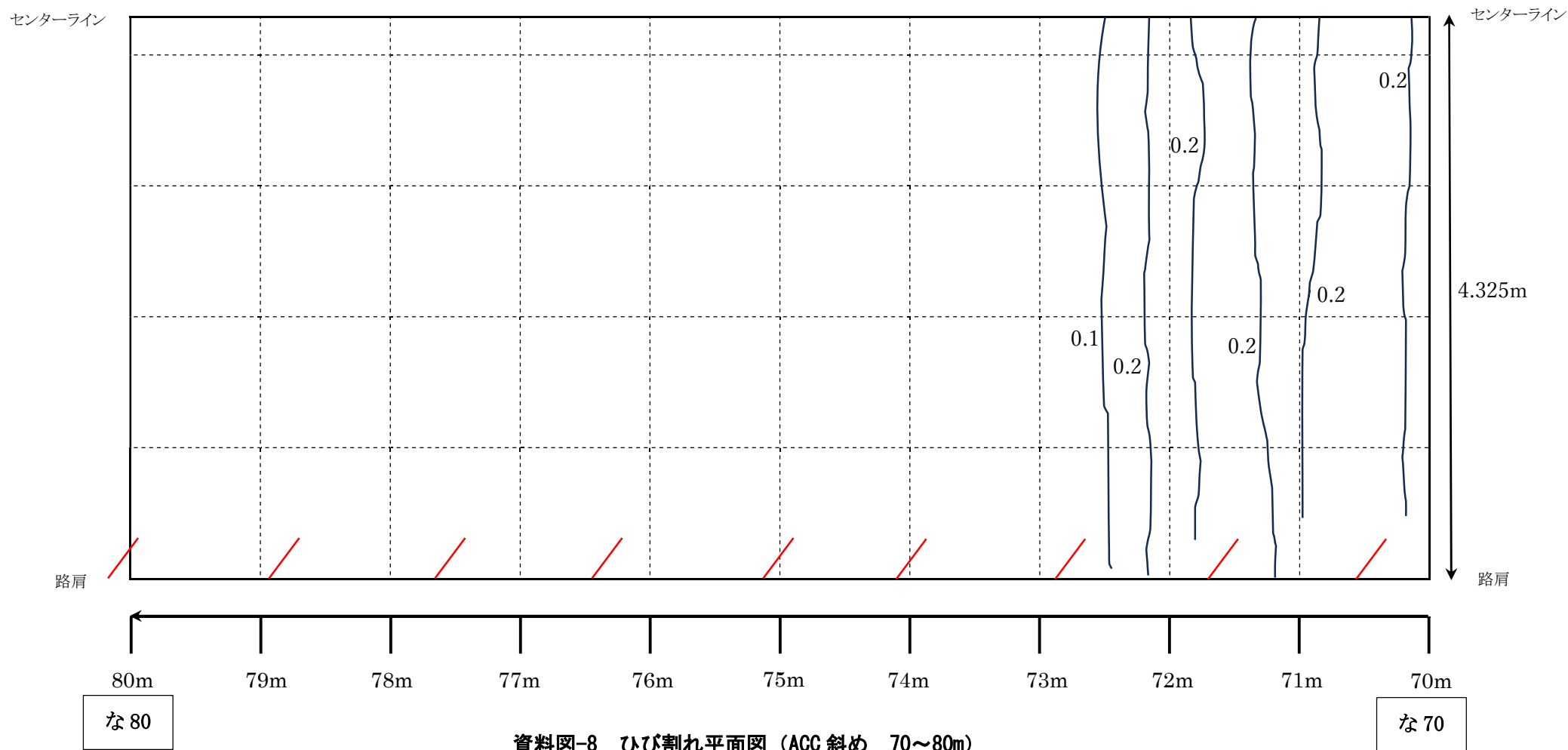
No. な 50-60



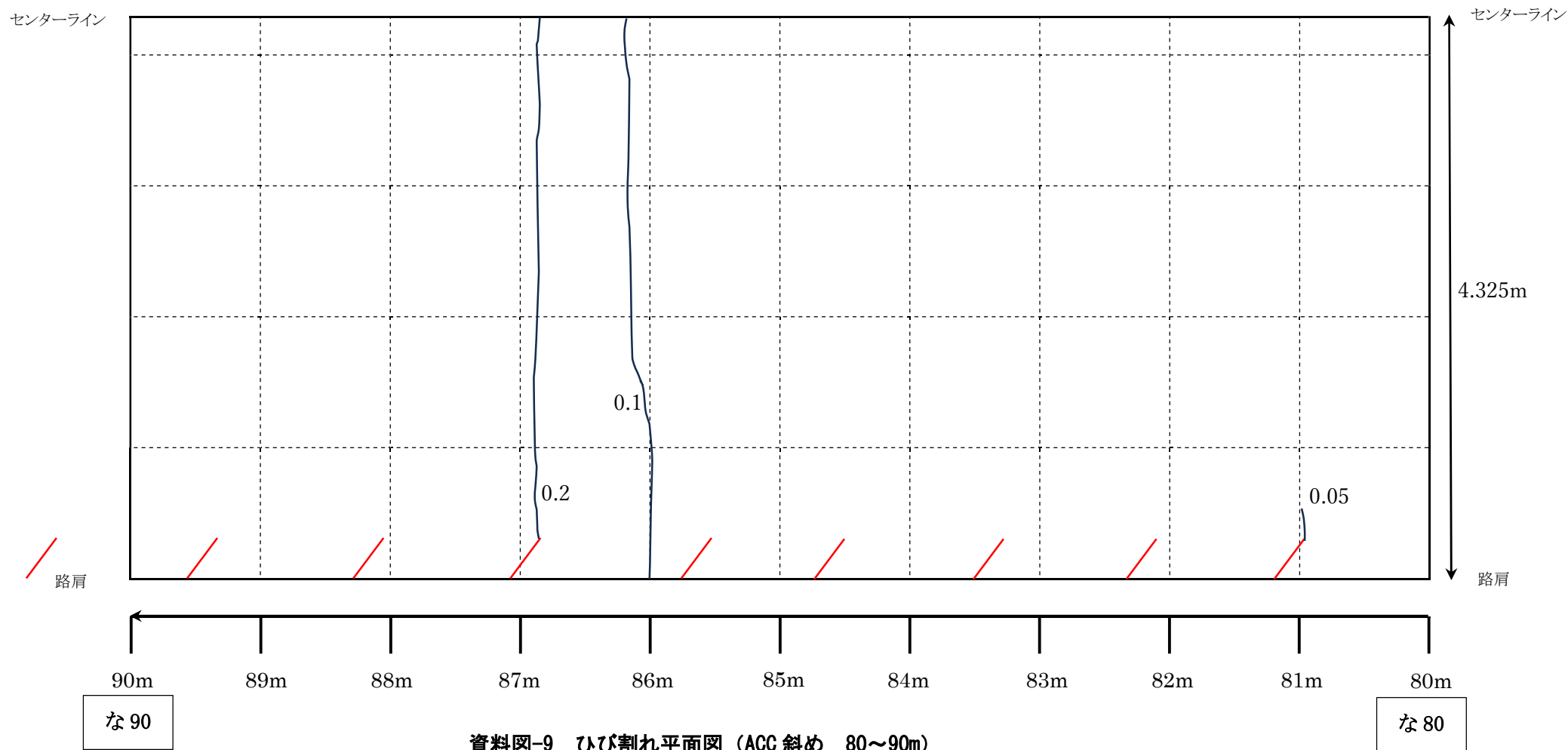
No. なる 60-70



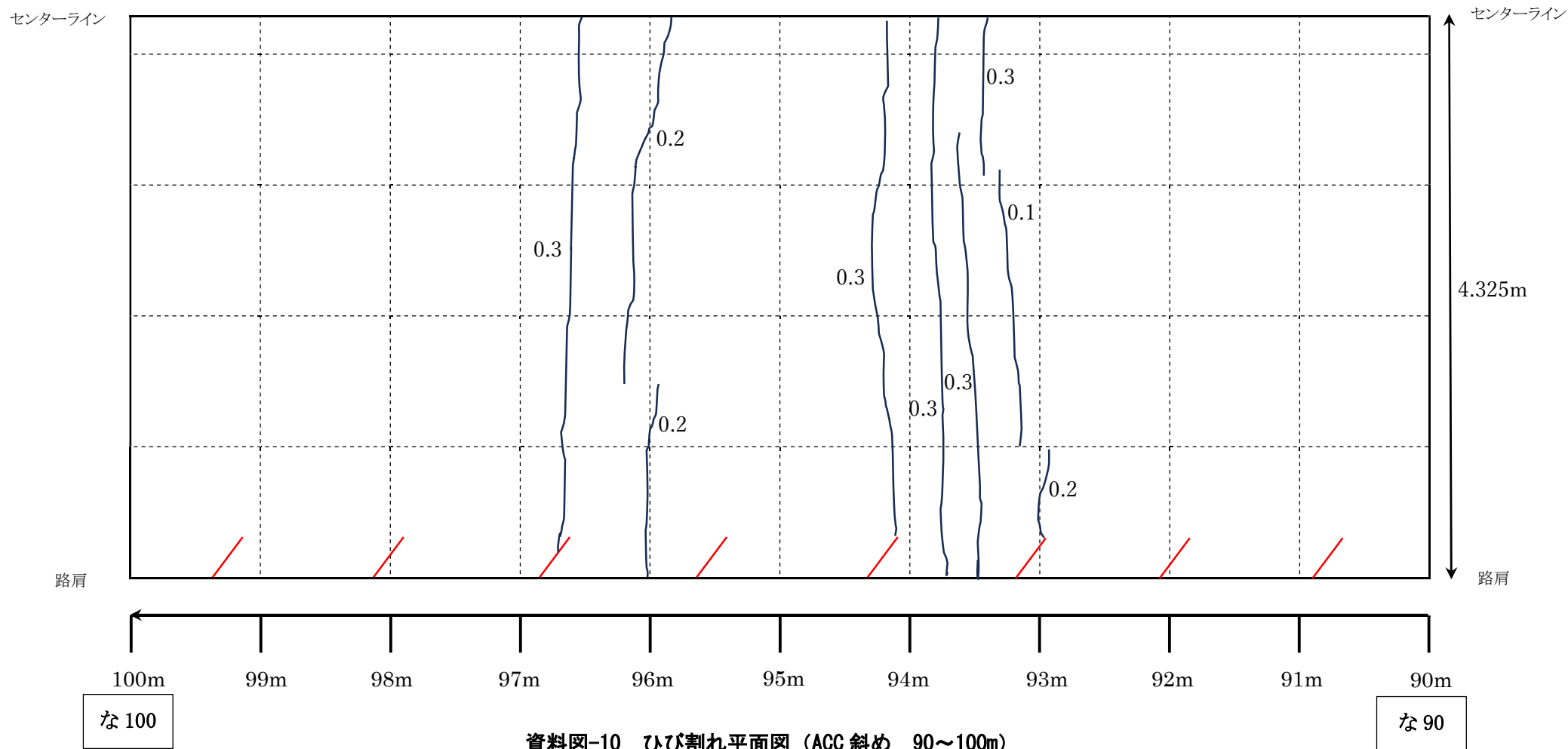
No. な 70-80



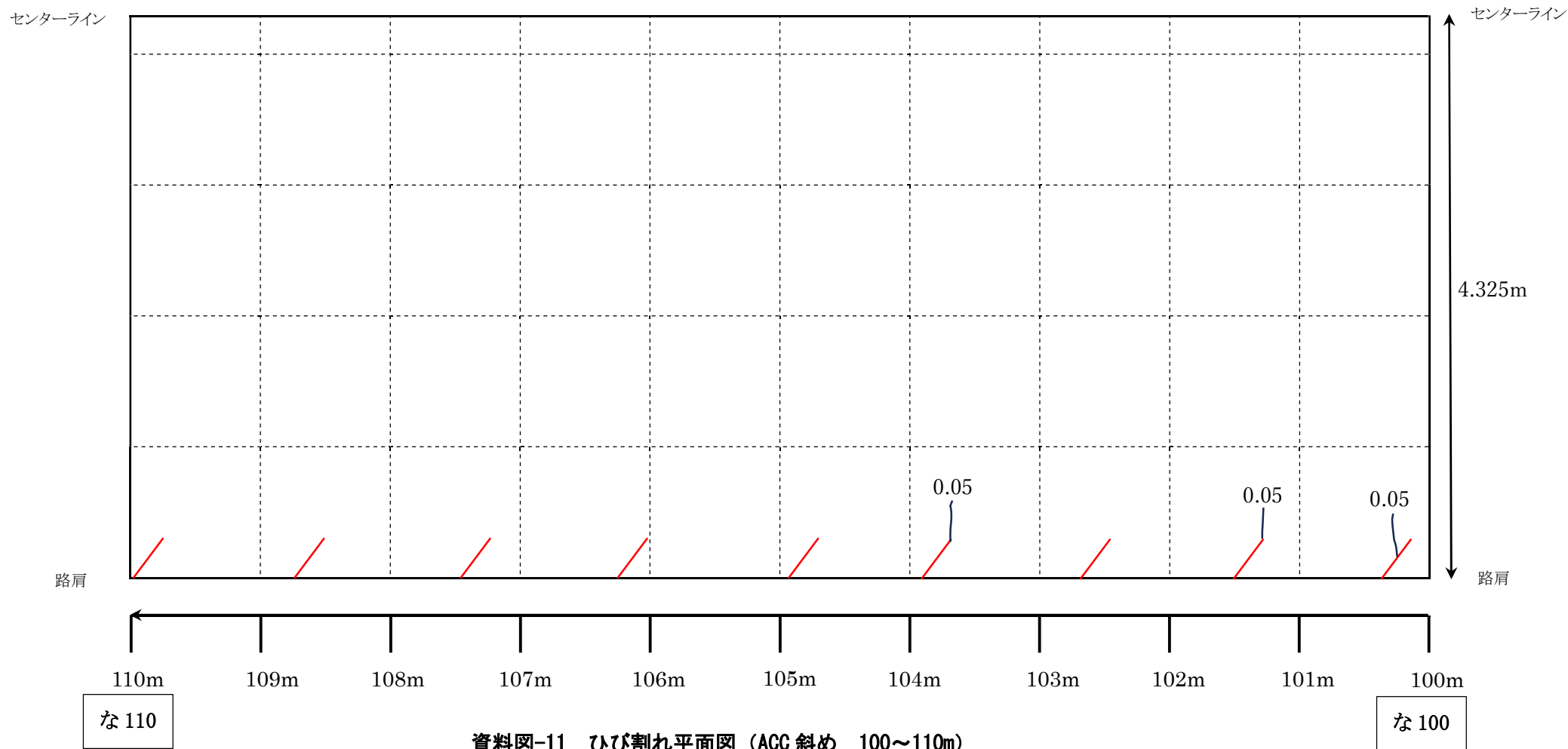
No. な 80-90



No. な 90-100

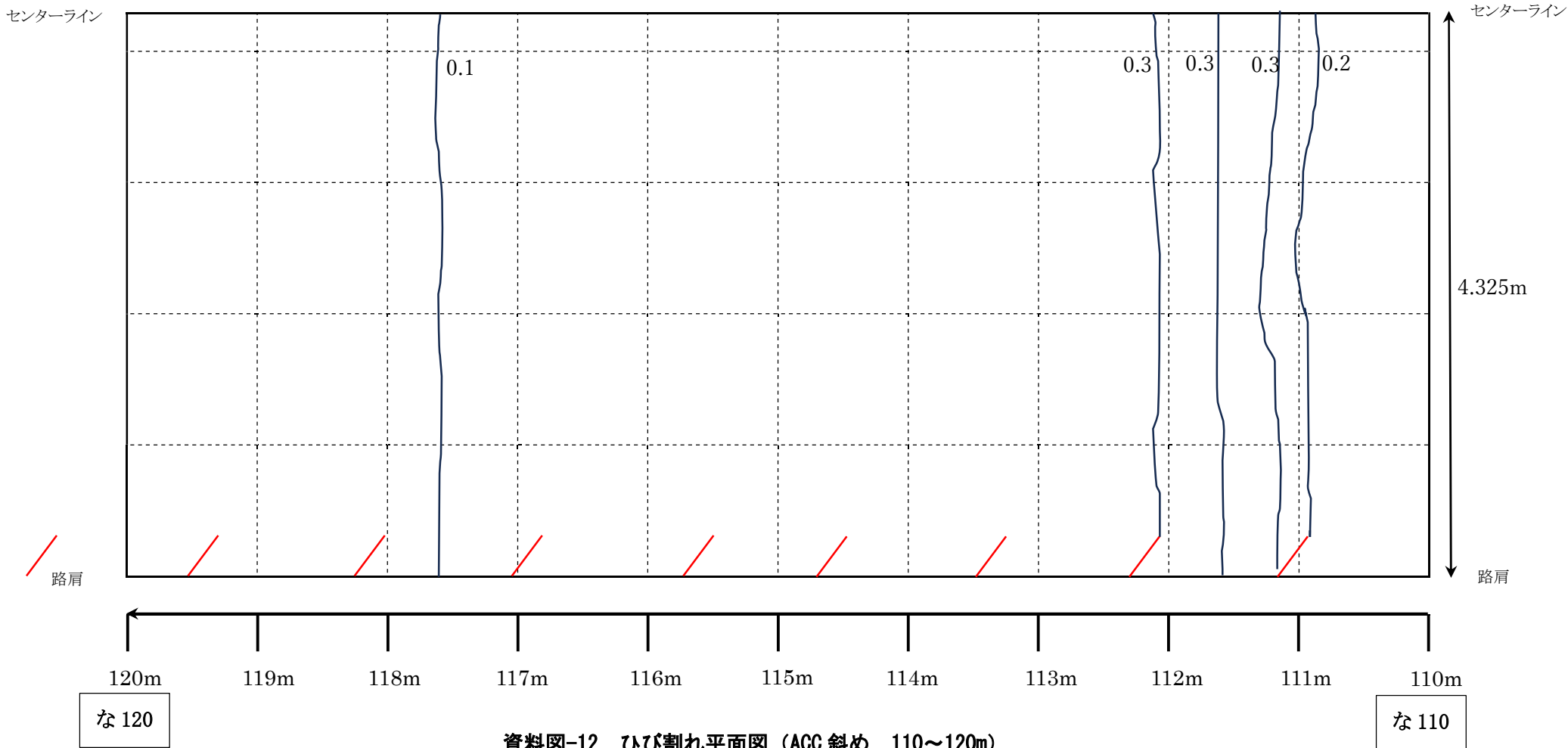


No. な 100-110

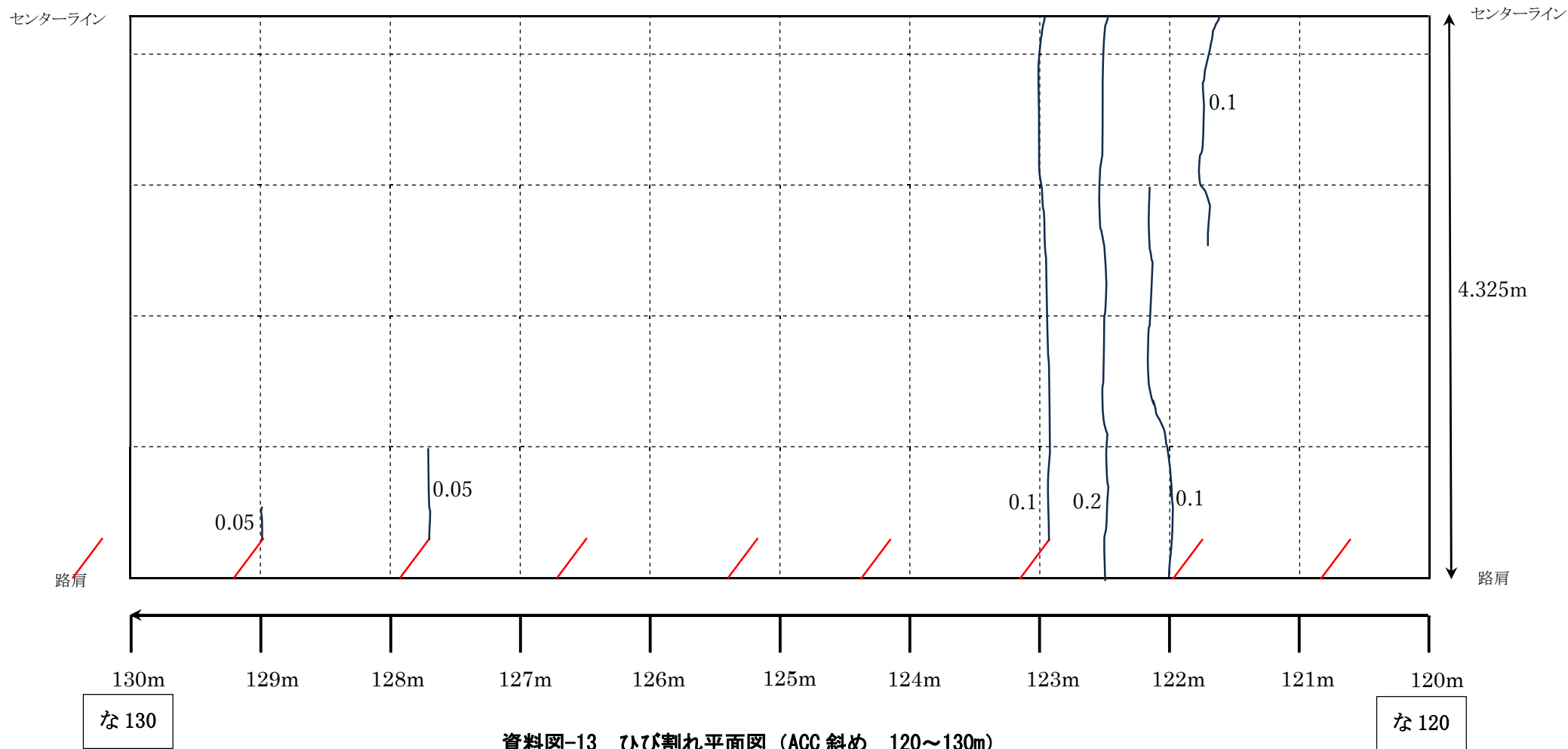


資料図-11 ひび割れ平面図 (ACC 斜め 100~110m)

No. な 110-120

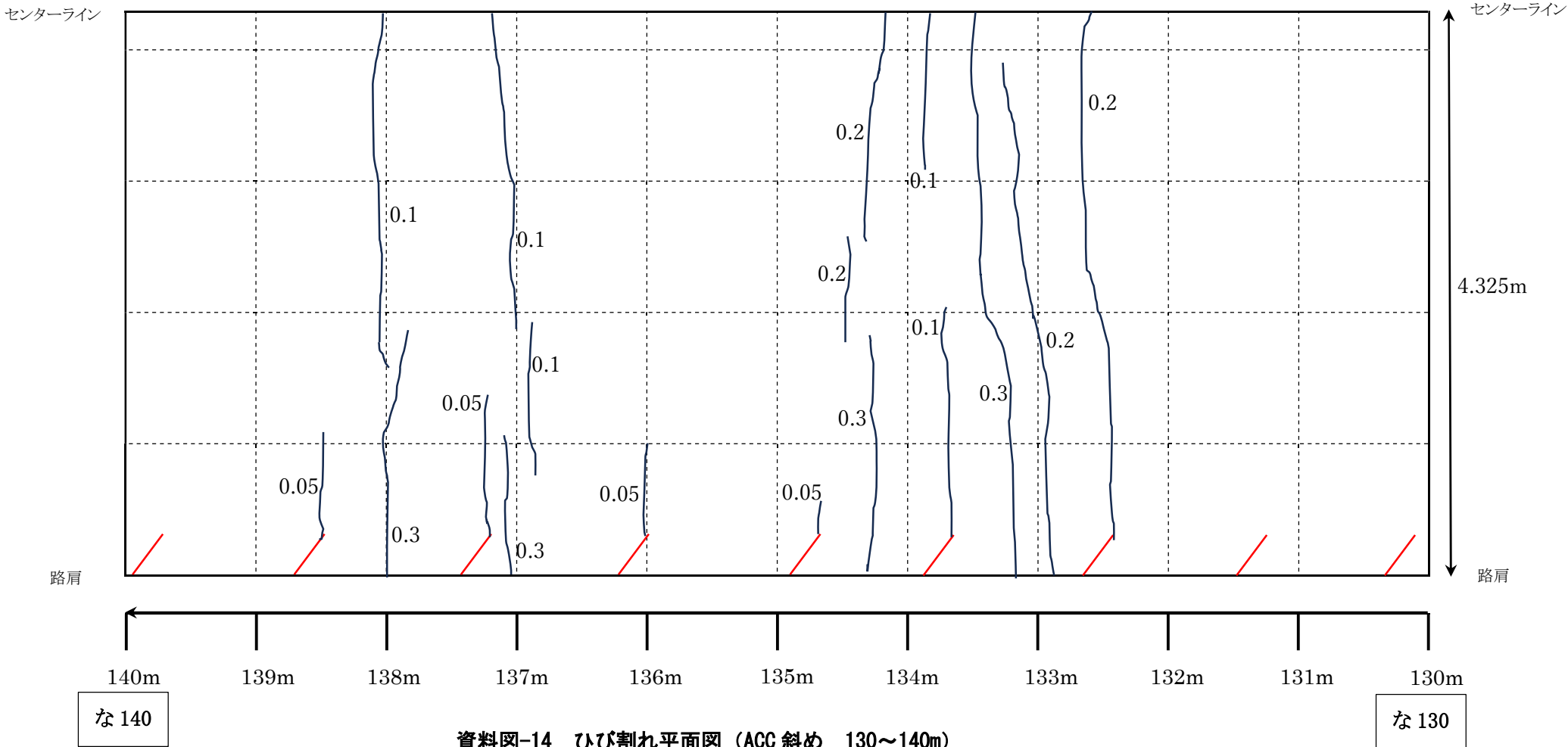


No. な 120-130

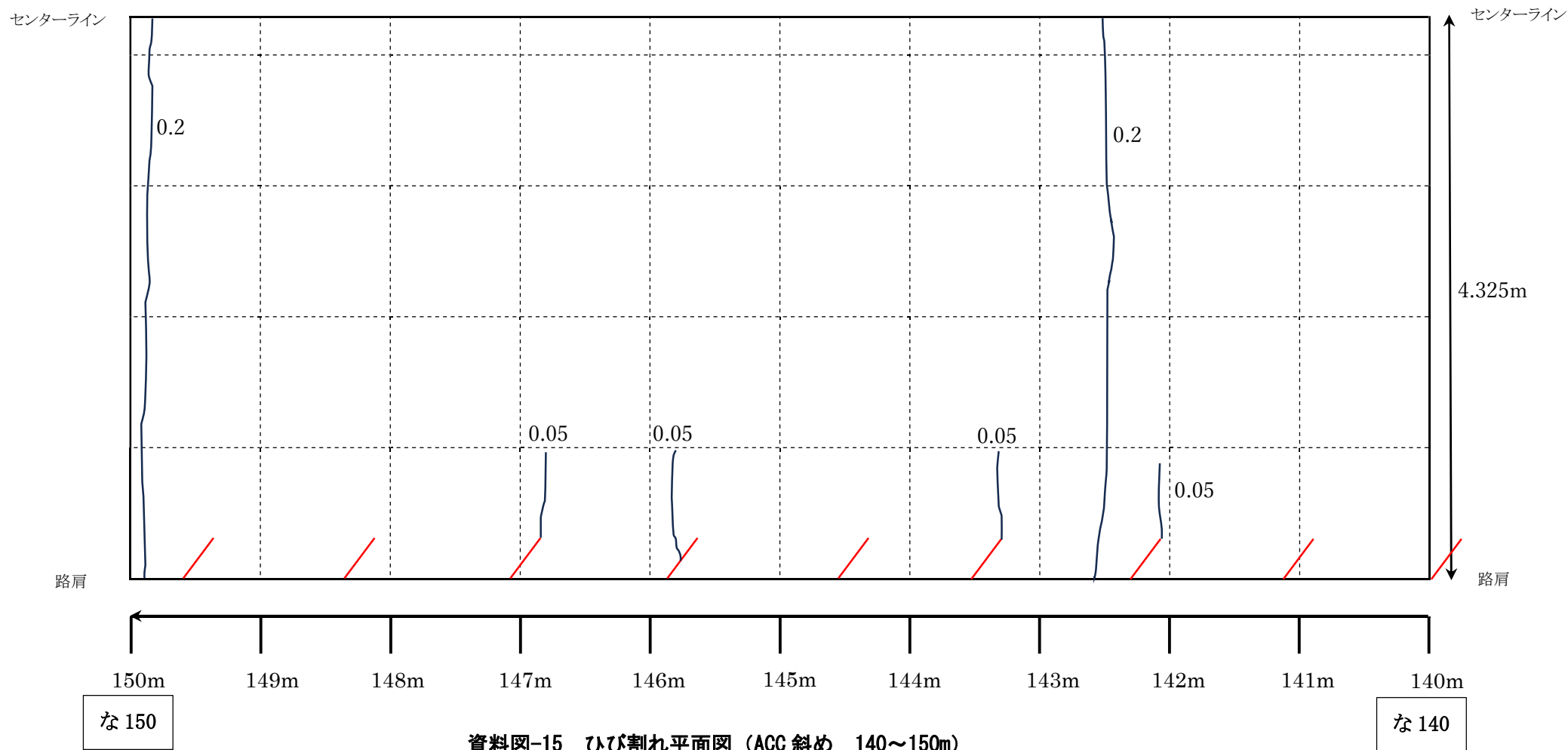


資料図-13 ひび割れ平面図 (ACC 斜め 120~130m)

No. な 130-140

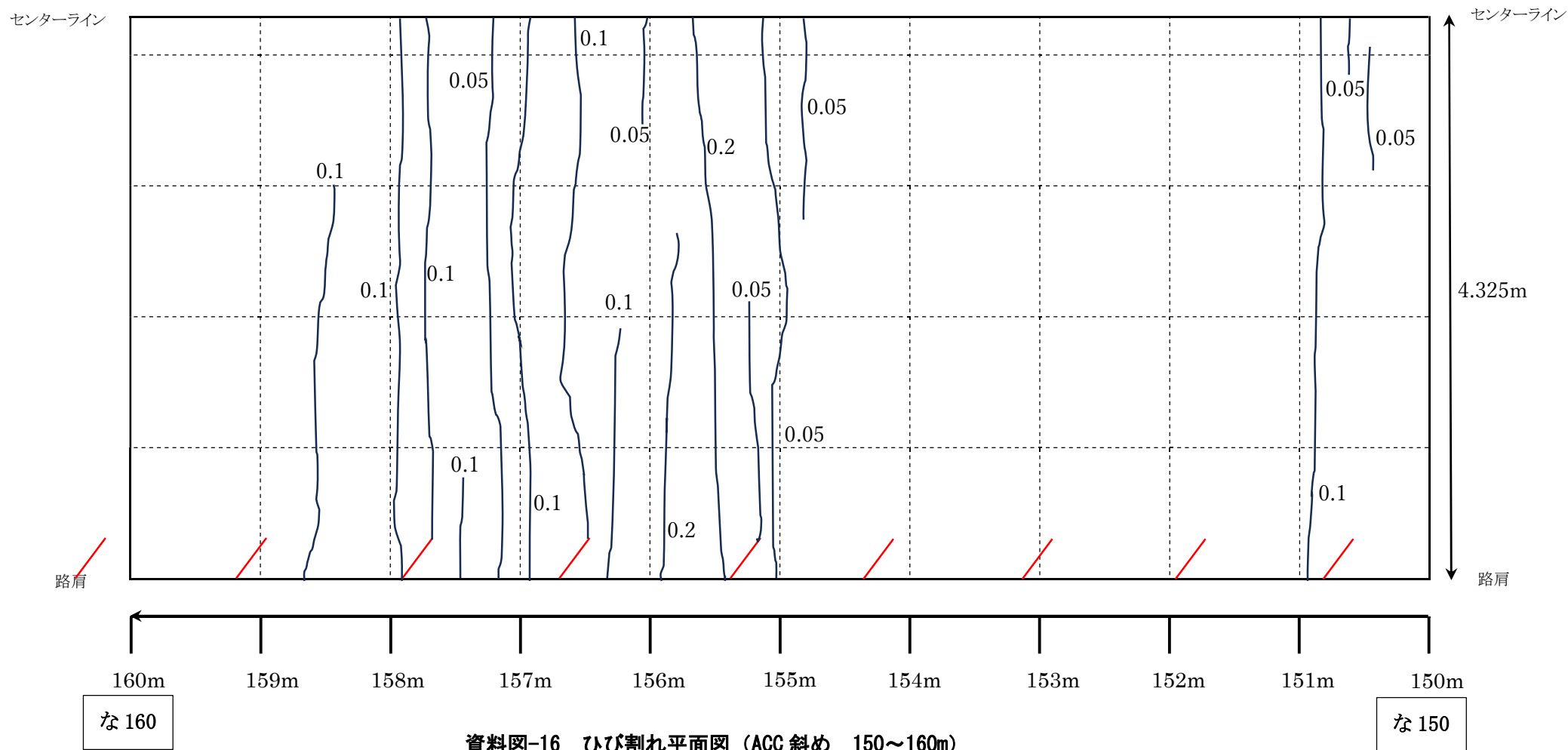


No. な 140-150



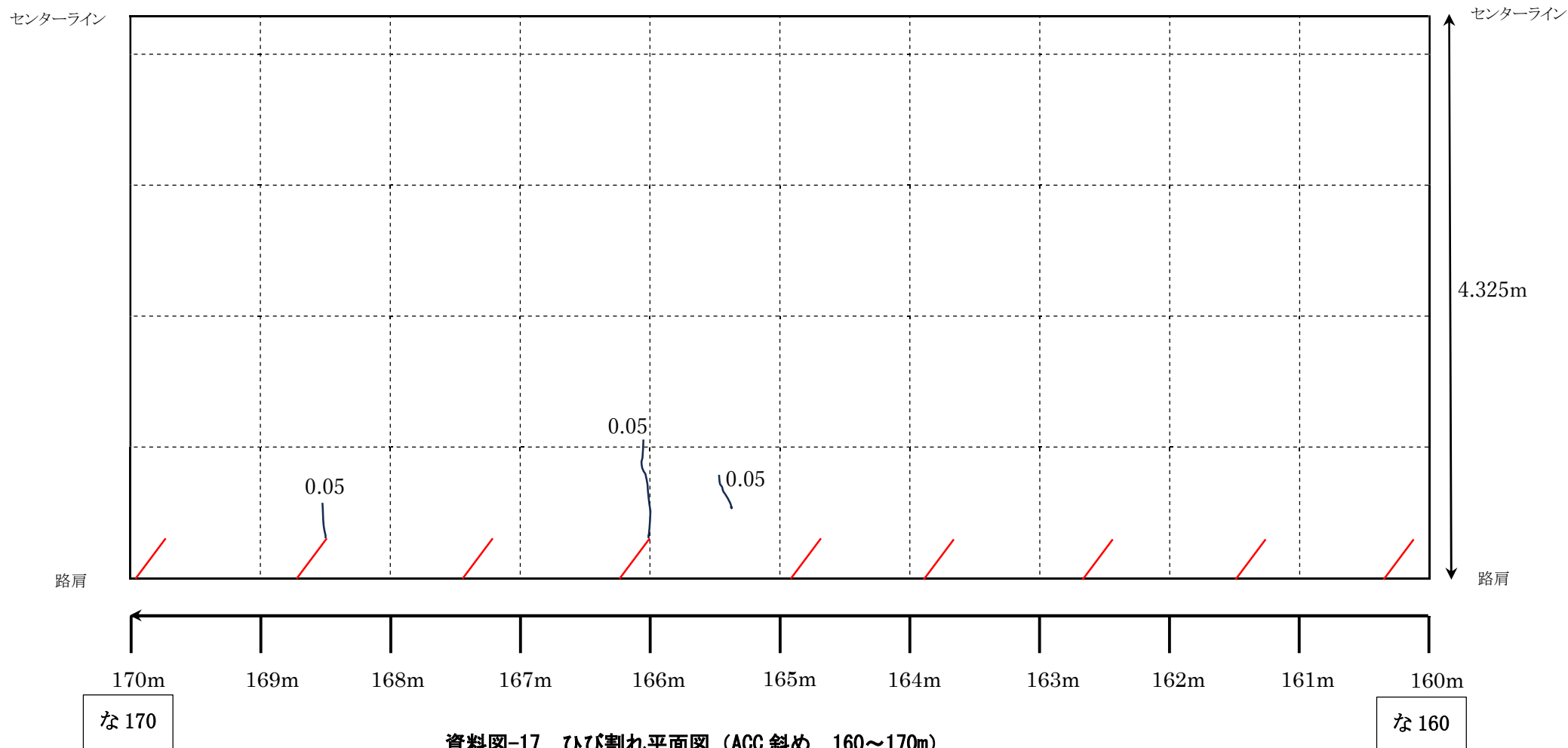
資料図-15 ひび割れ平面図 (ACC 斜め 140~150m)

No. な 150-160

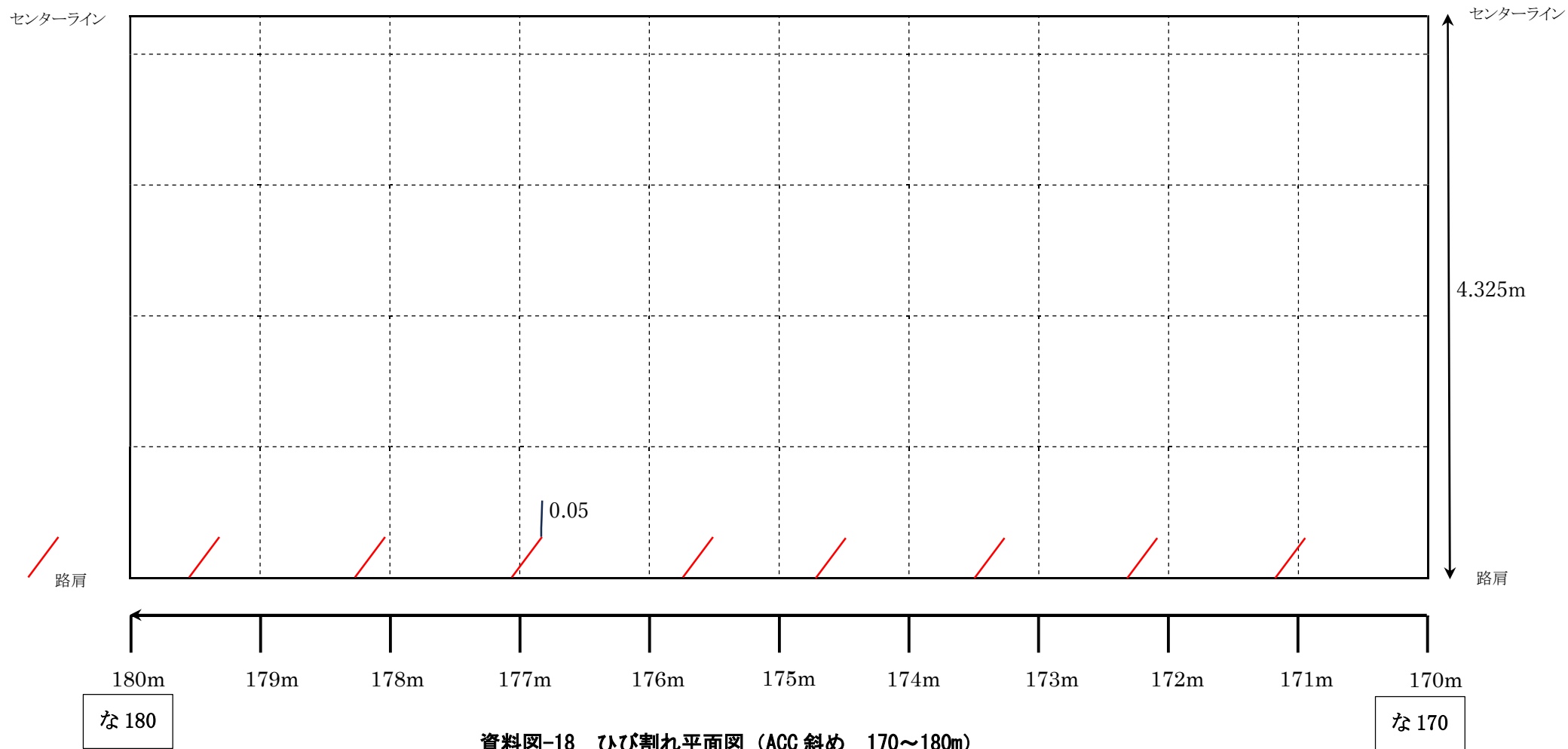


資料図-16 ひび割れ平面図 (ACC 斜め 150~160m)

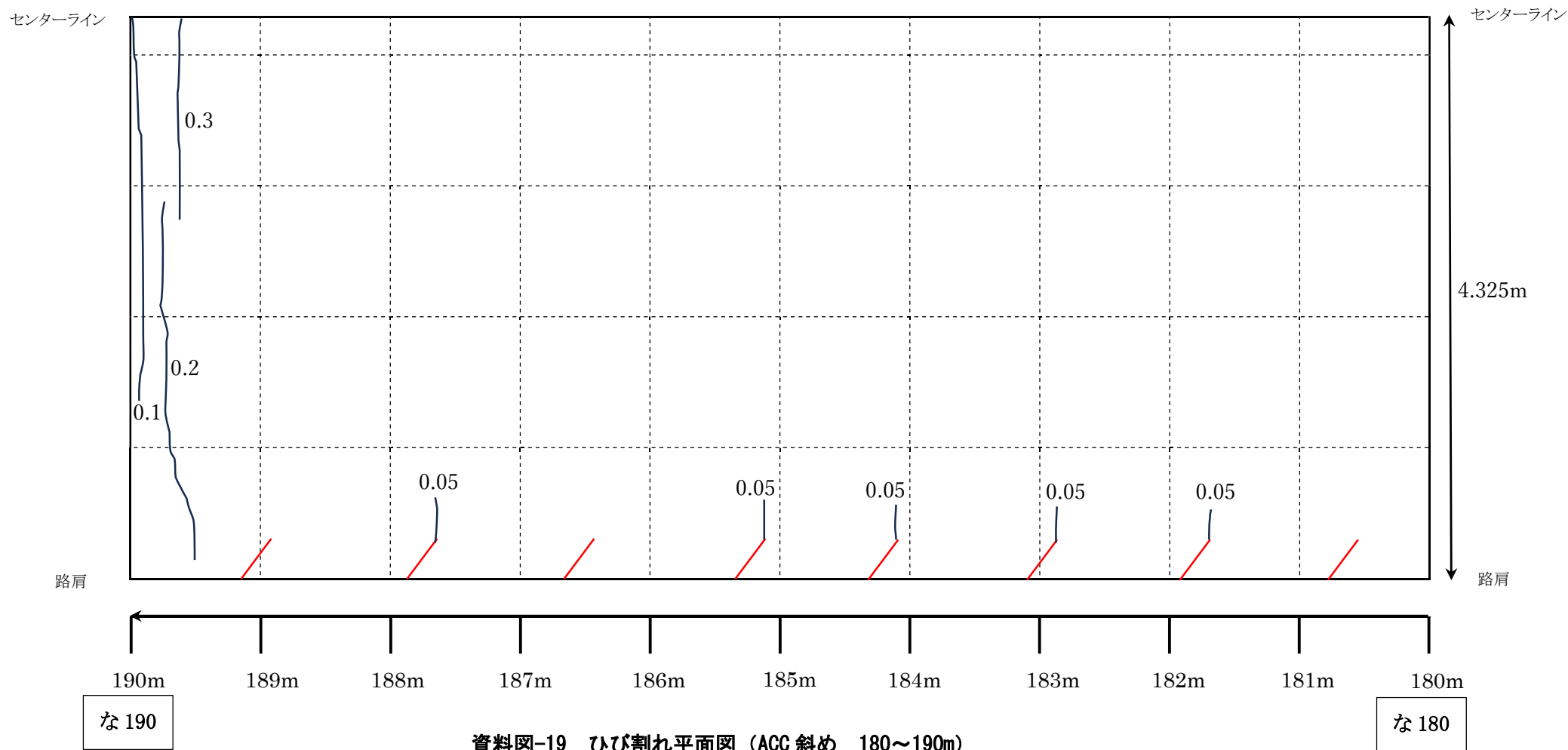
No. な 160-170



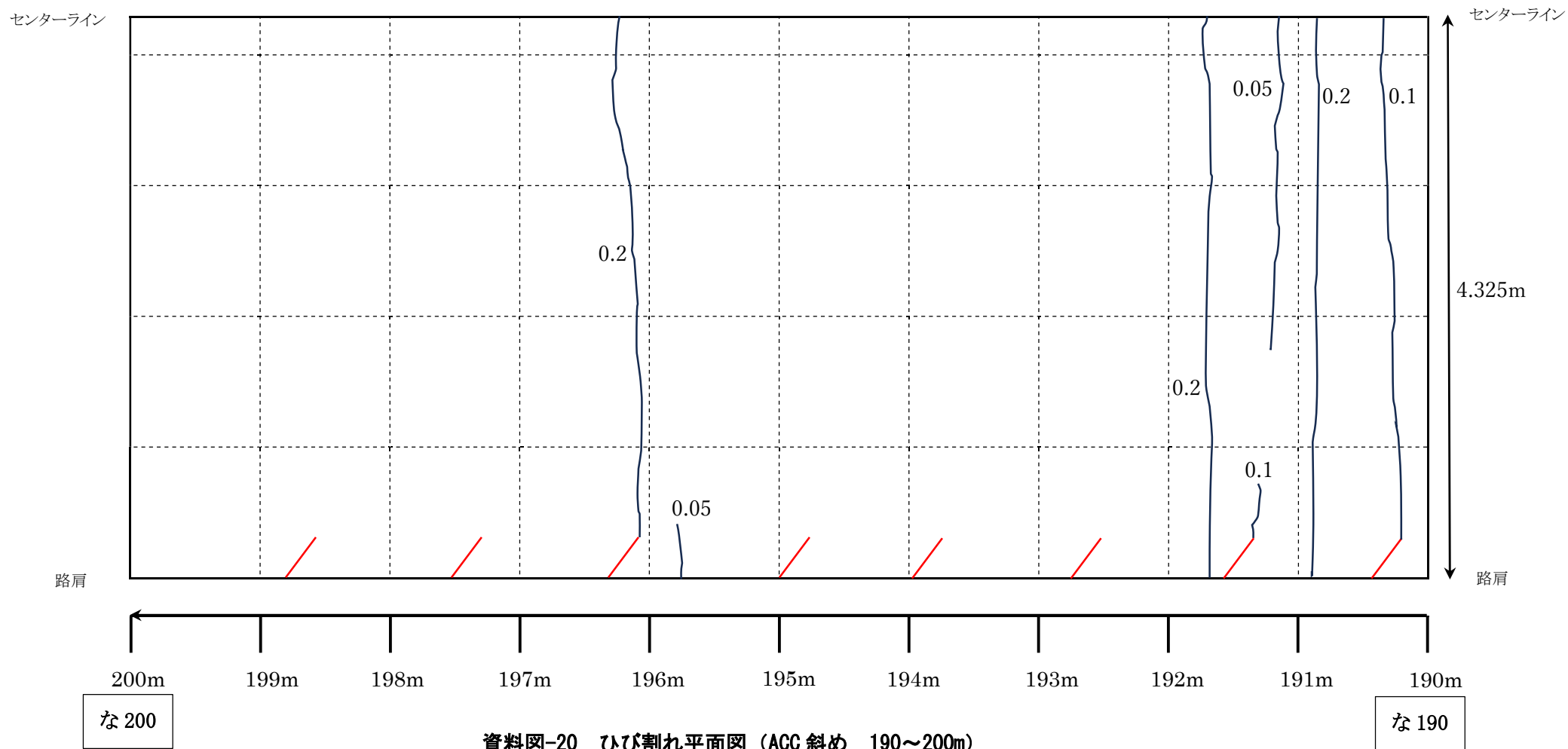
No. な 170-180



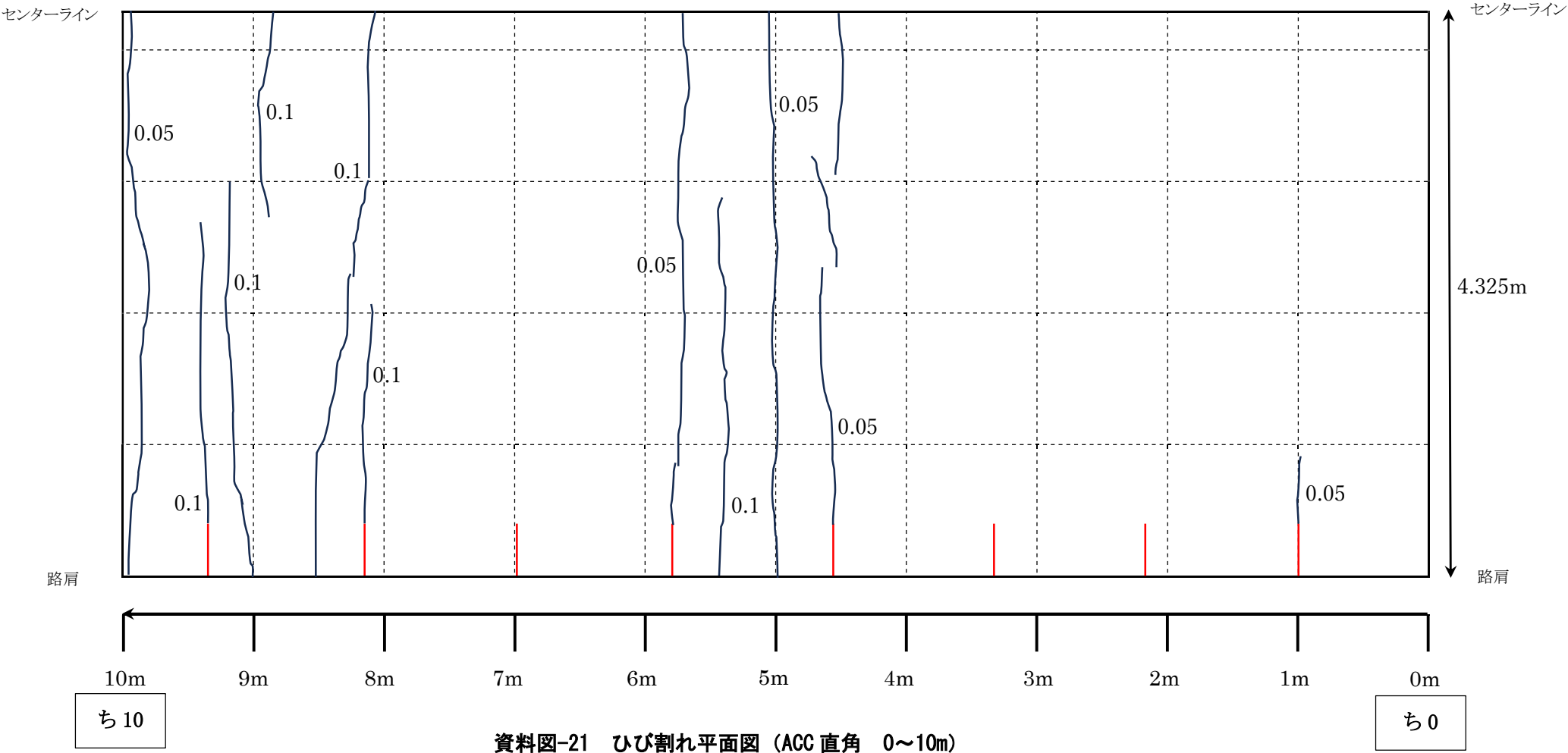
No. な 180-190



No. な 190-200

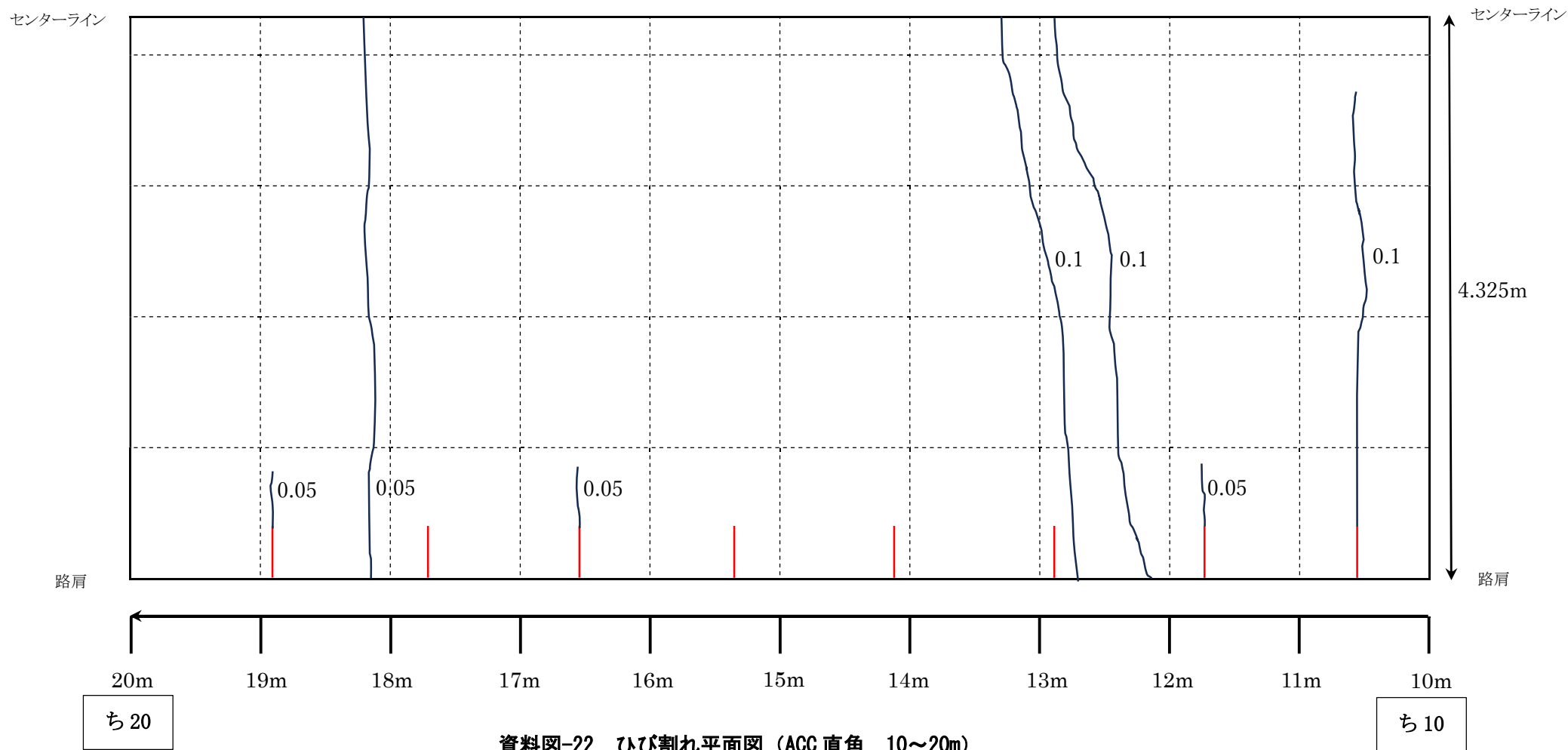


No. ち 0-10

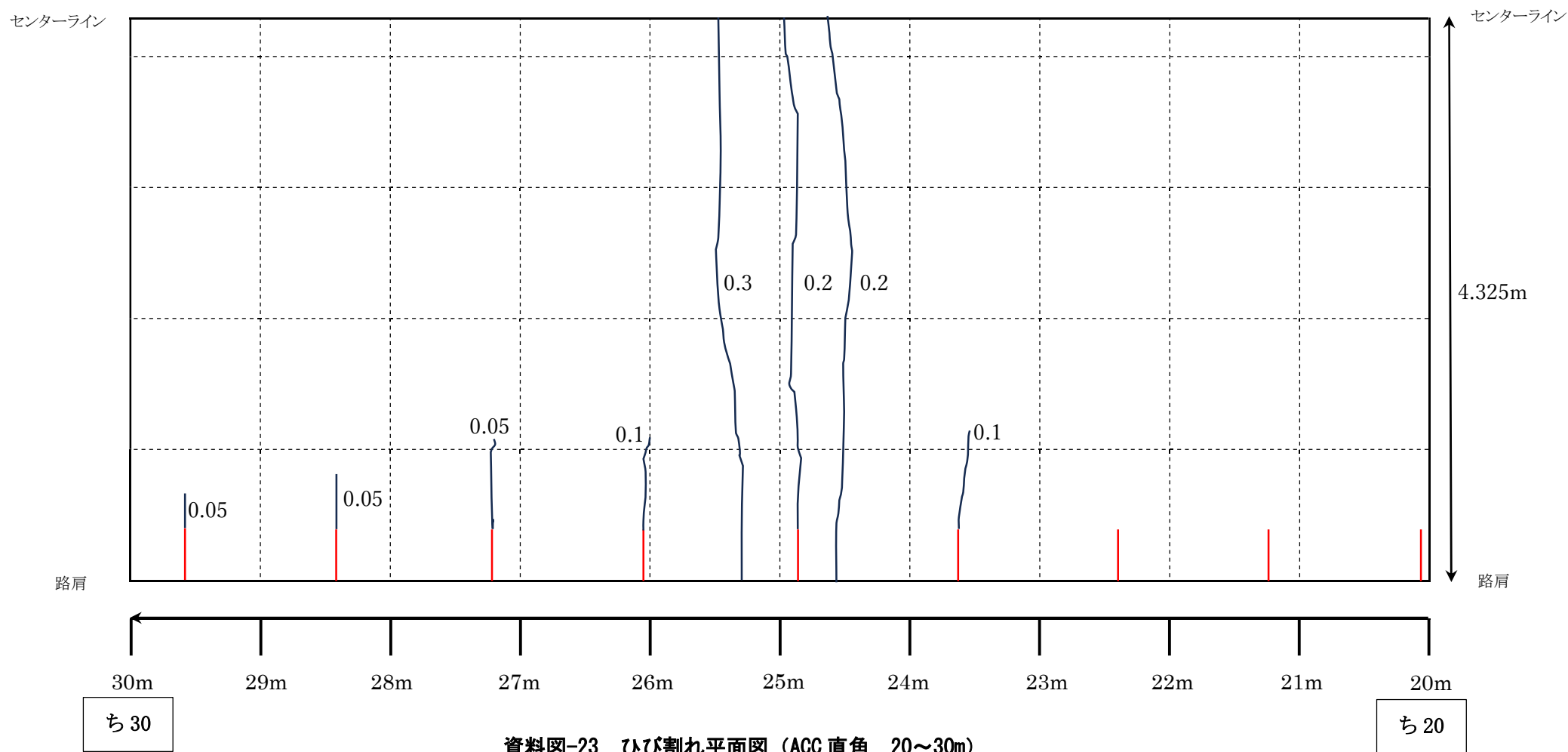


資料図-21 ひび割れ平面図 (ACC 直角 0~10m)

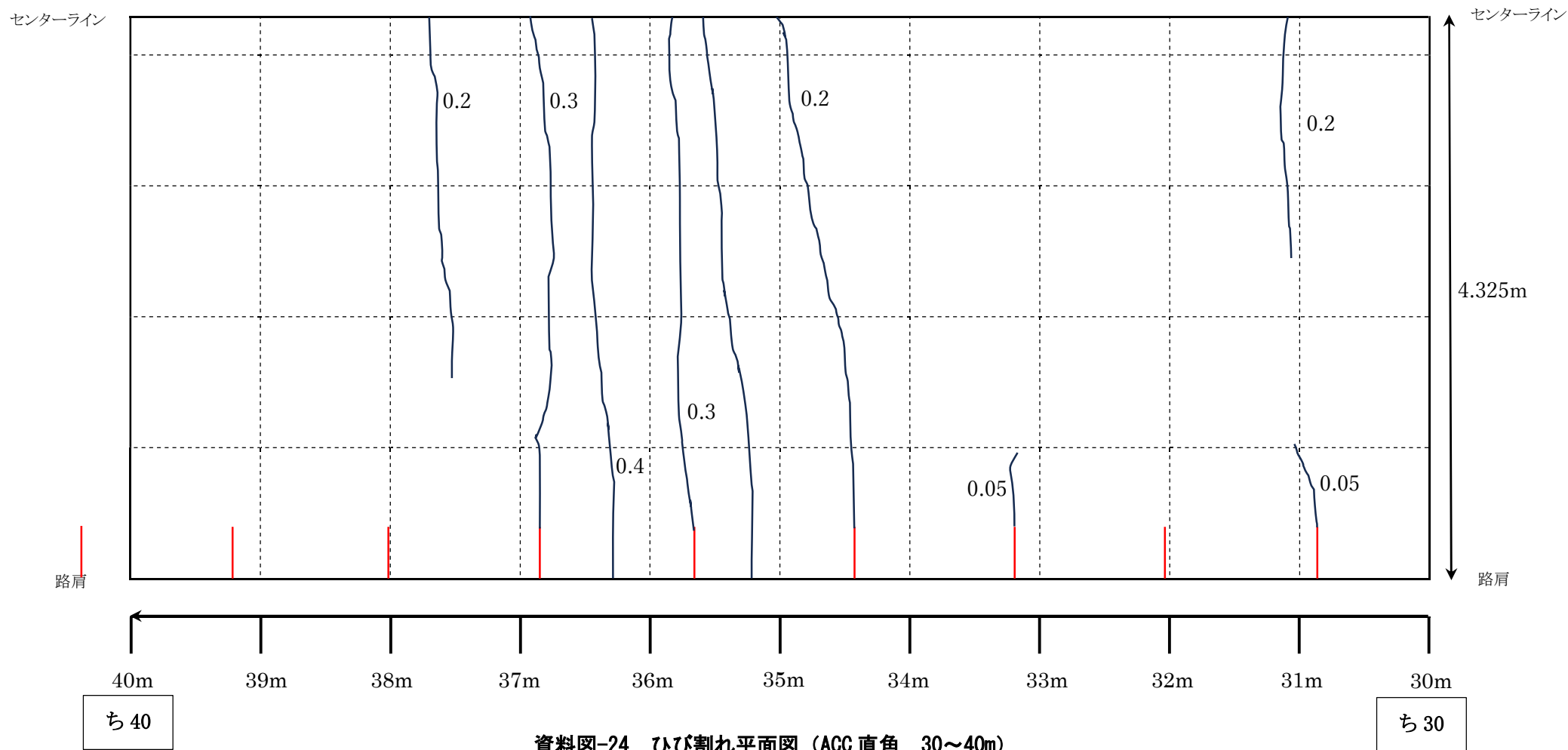
No. ち 10-20



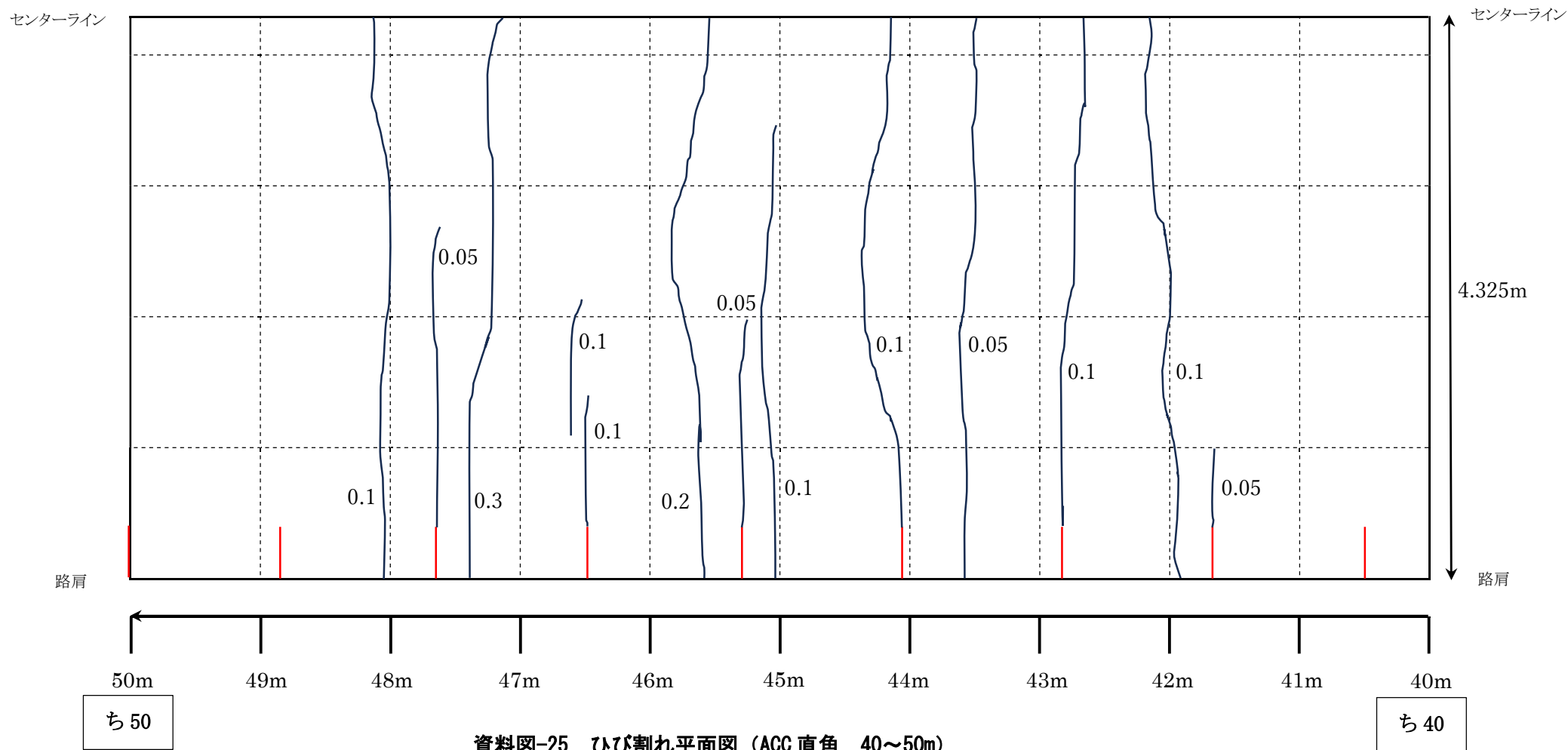
資料図-22 ひび割れ平面図 (ACC 直角 10~20m)



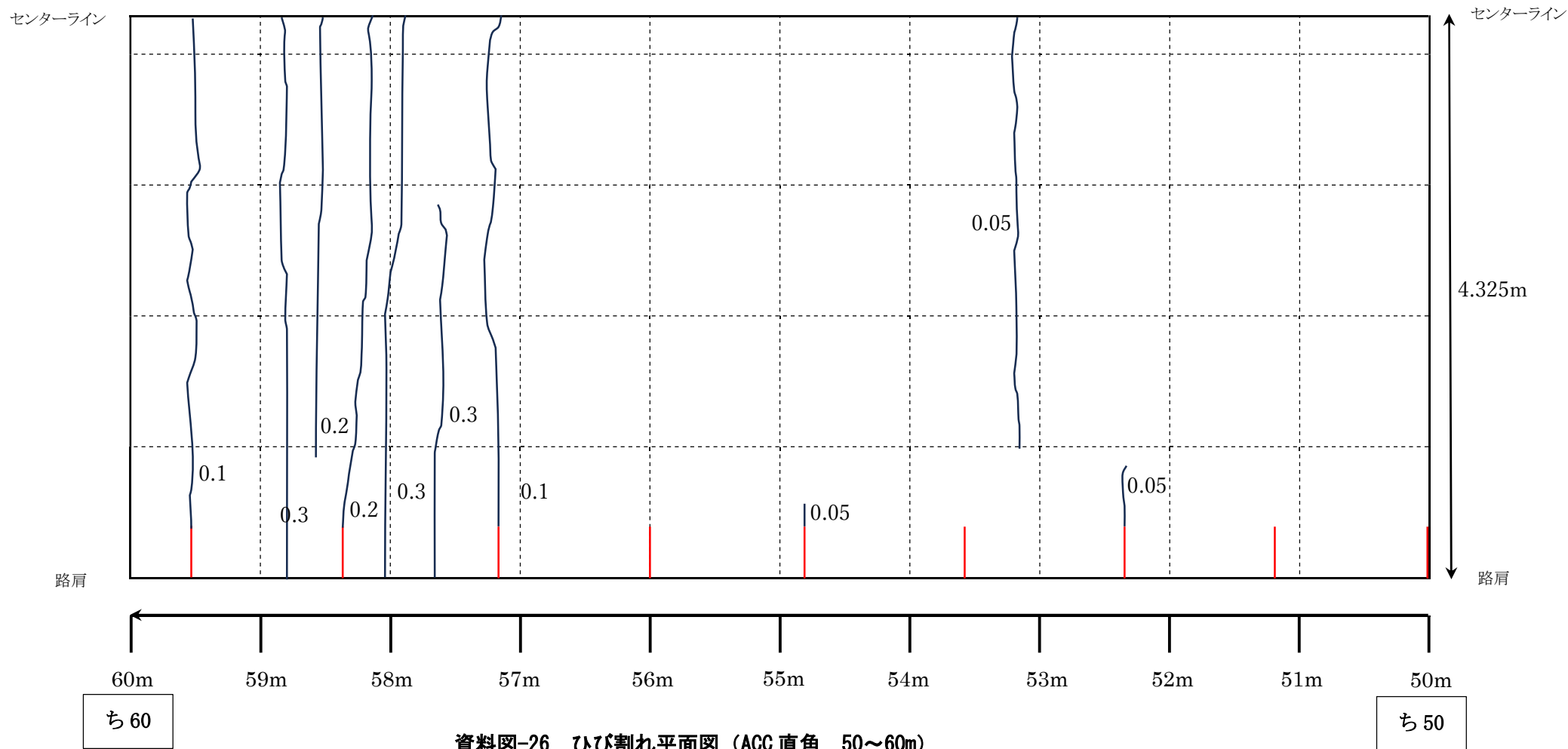
No. ち 30-40



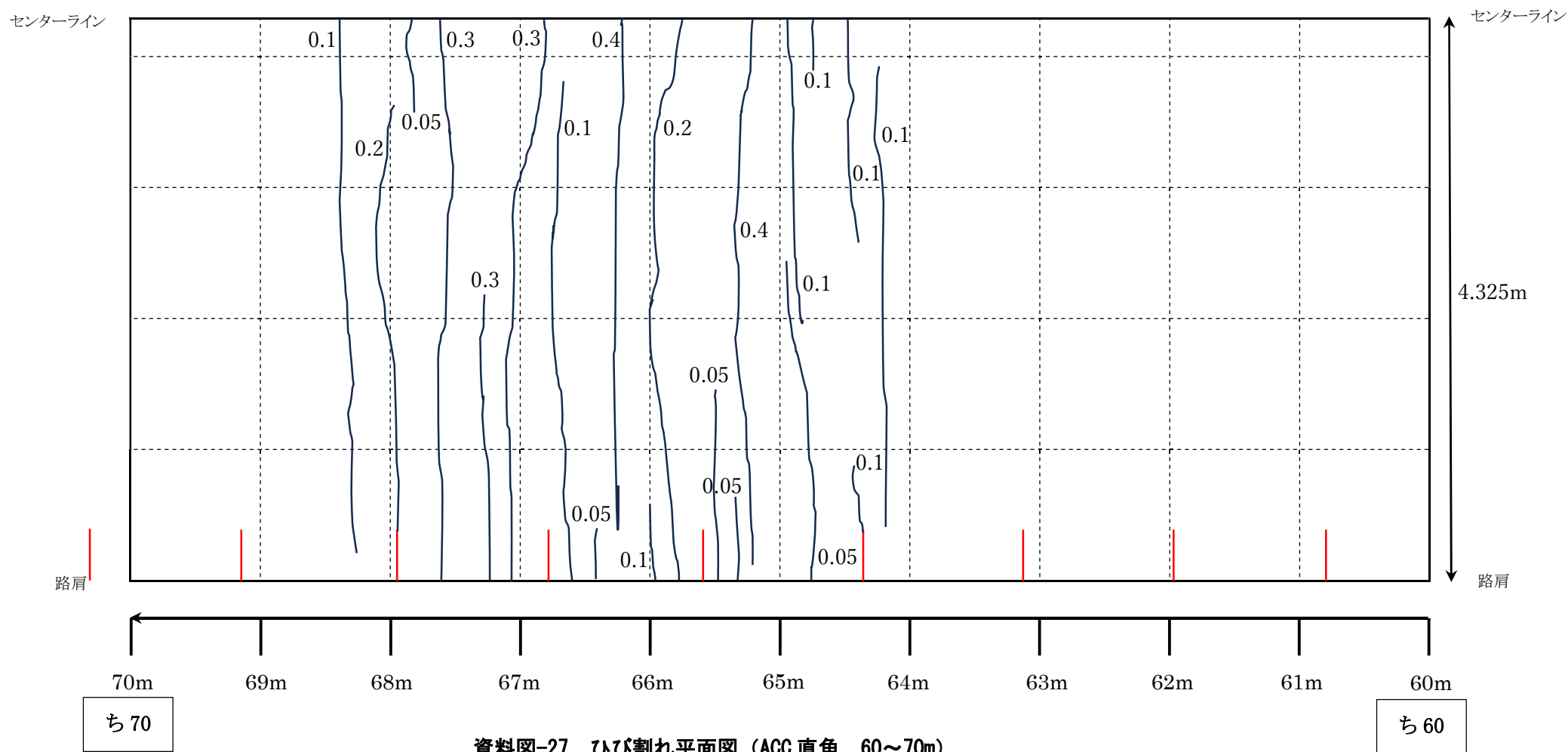
No. ち 40-50



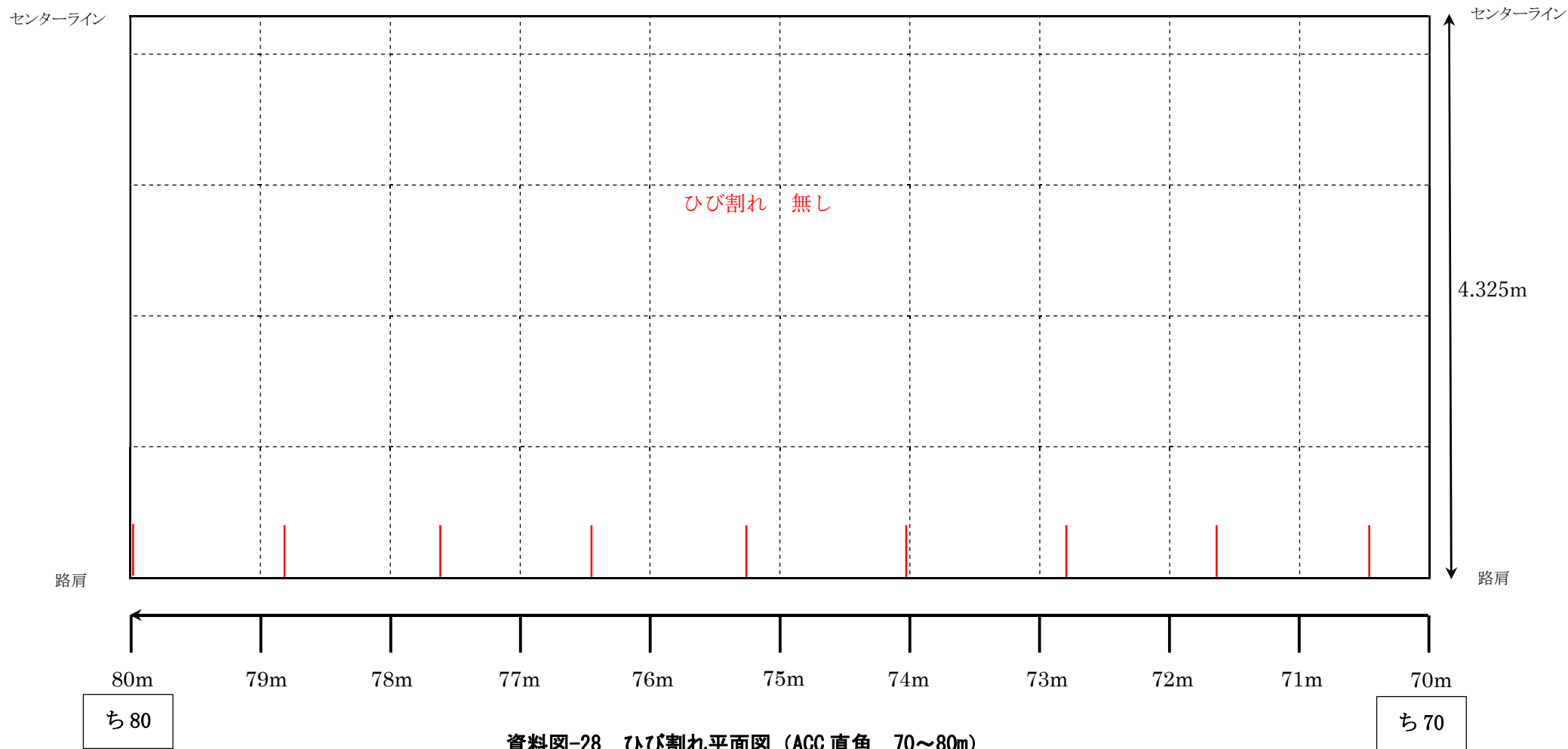
No. ち 50-60



No. ち 60-70

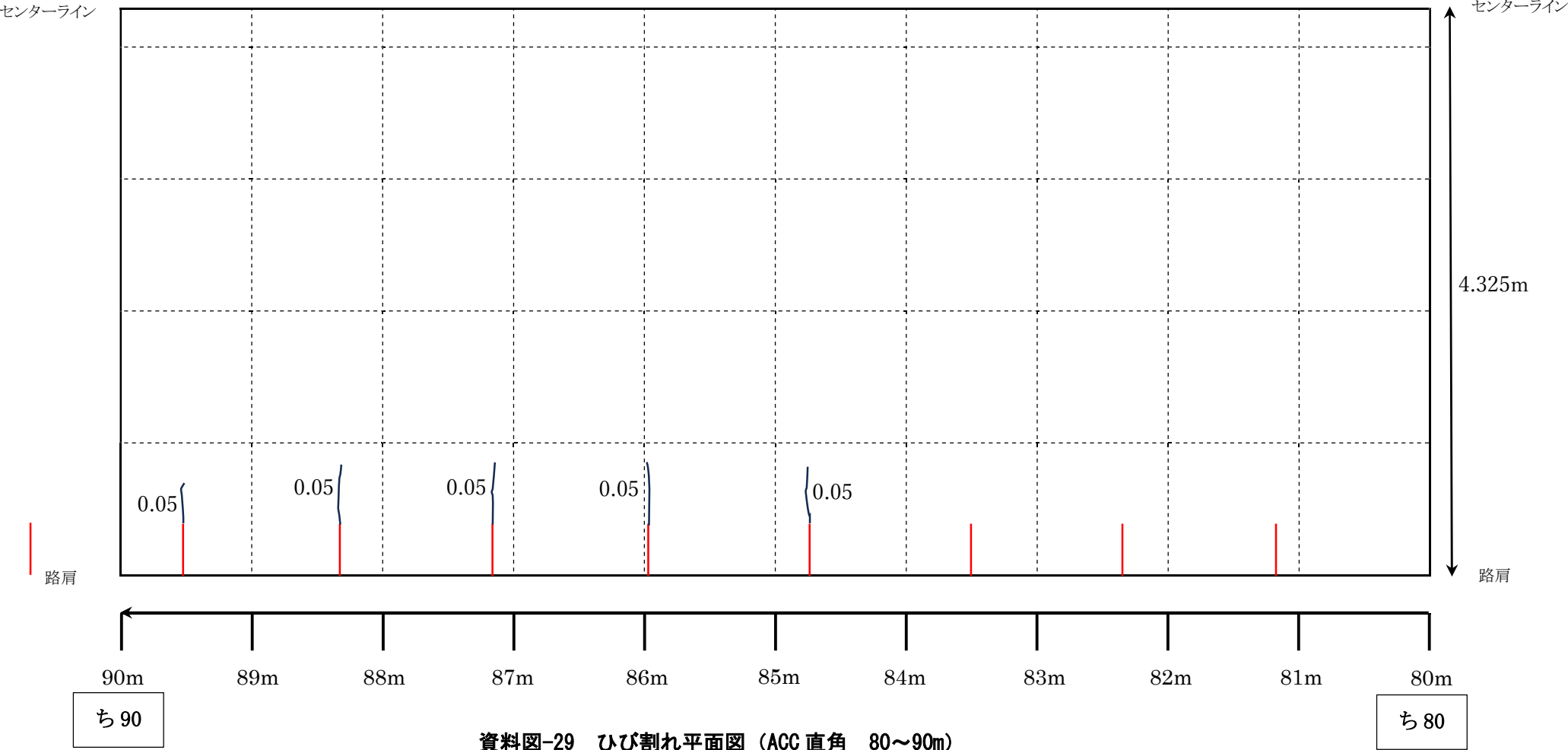


No. ち 70-80



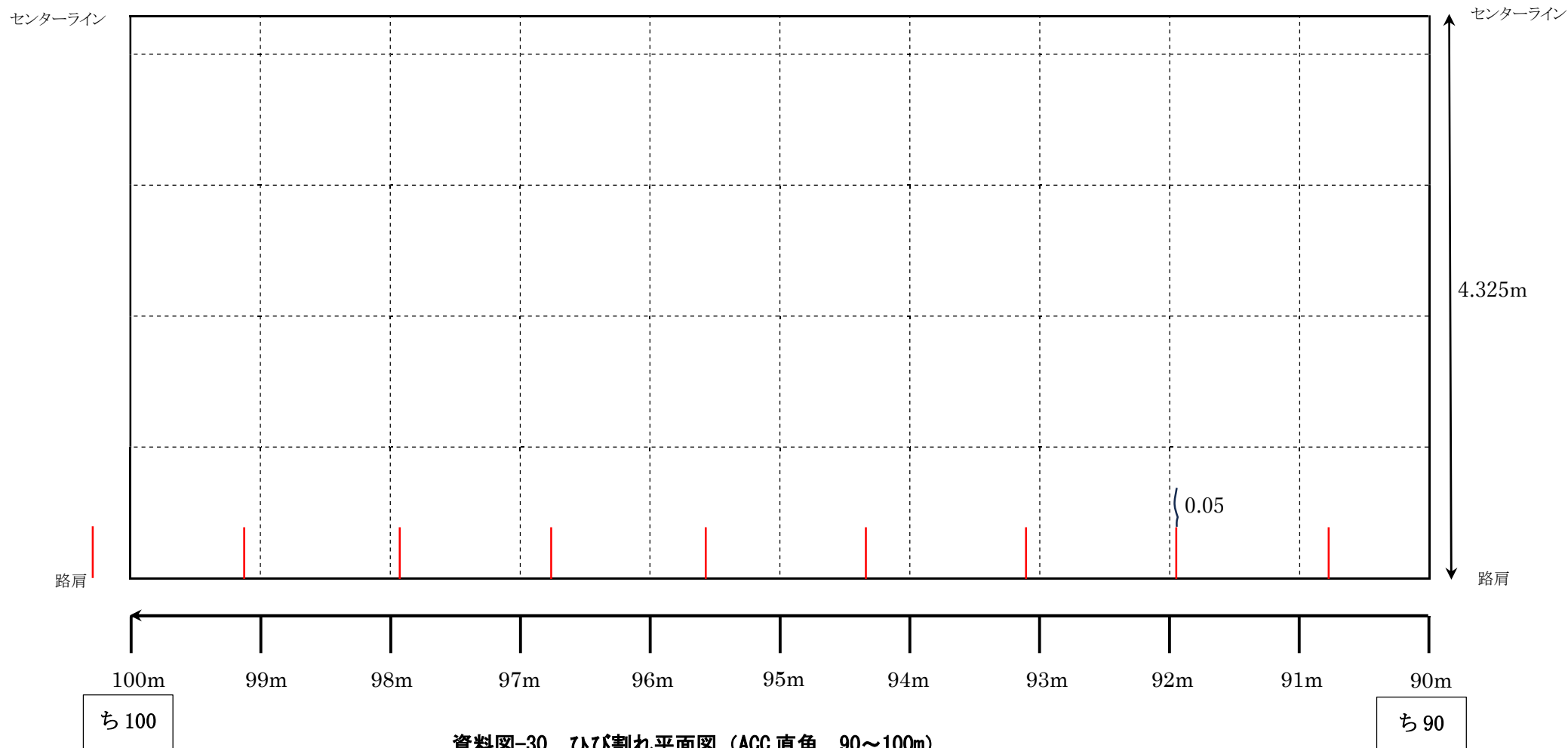
資料図-28 ひび割れ平面図 (ACC 直角 70~80m)

No. ち 80-90



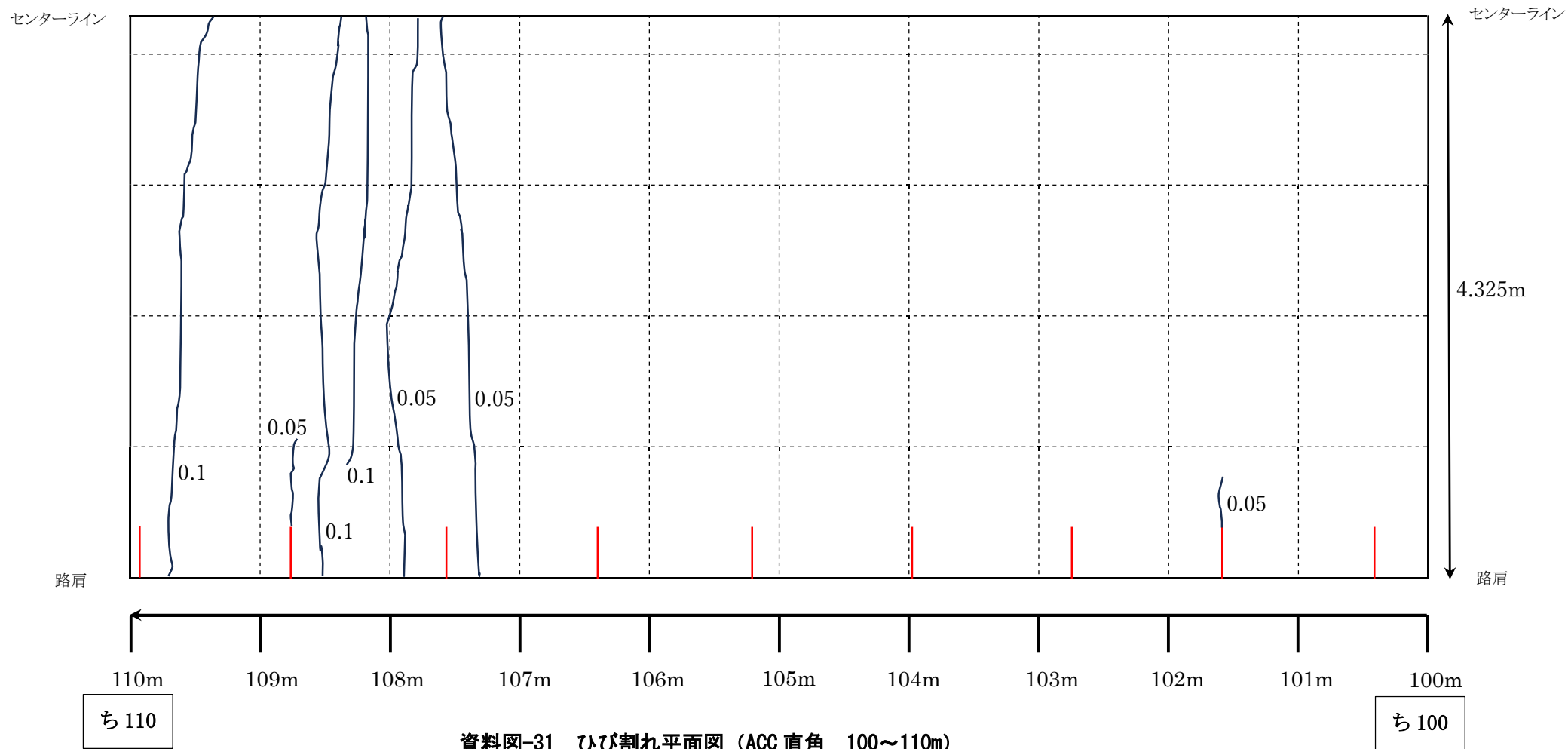
資料図-29 ひび割れ平面図 (ACC 直角 80~90m)

No. ち 90-100



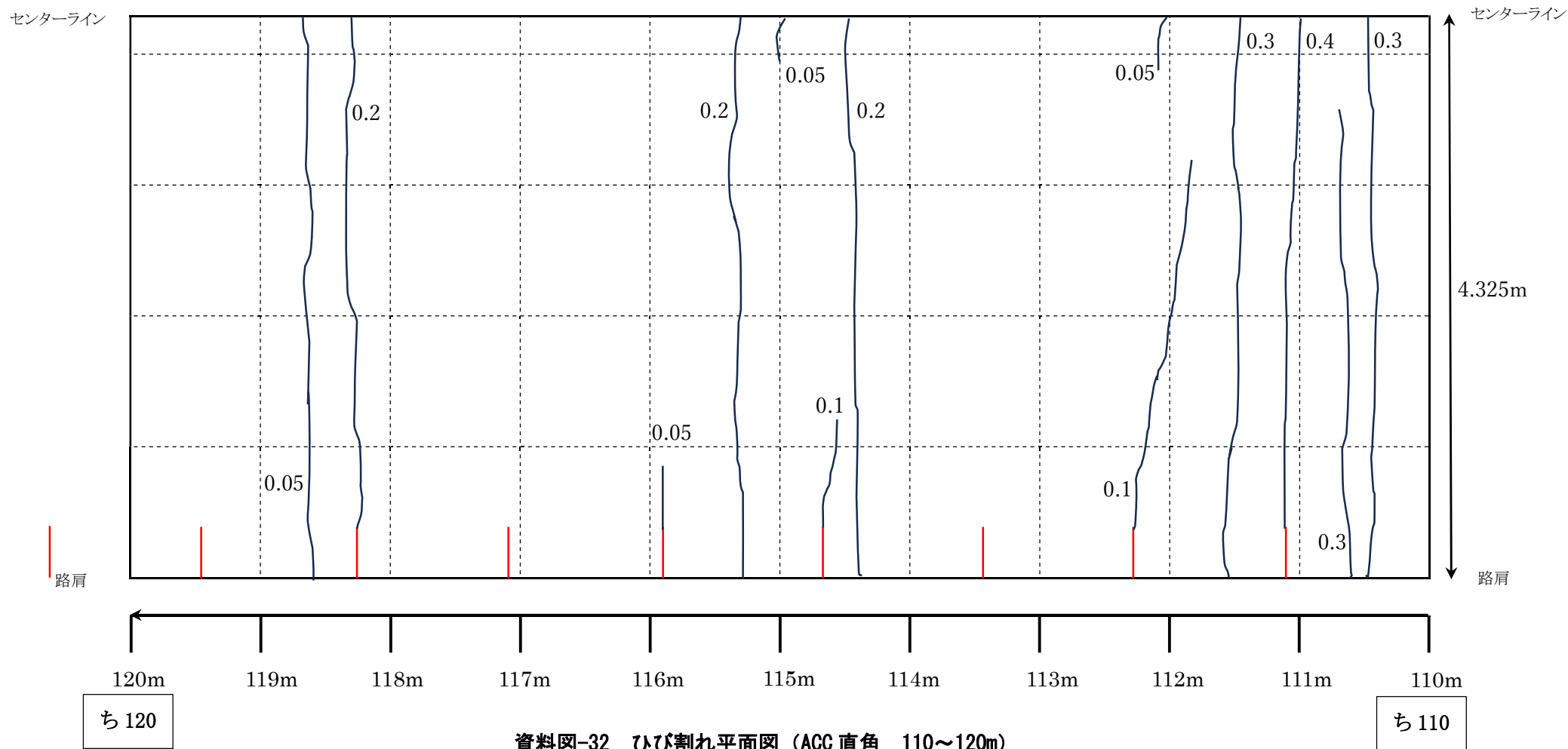
資料図-30 ひび割れ平面図 (ACC 直角 90~100m)

No. ち 100-110



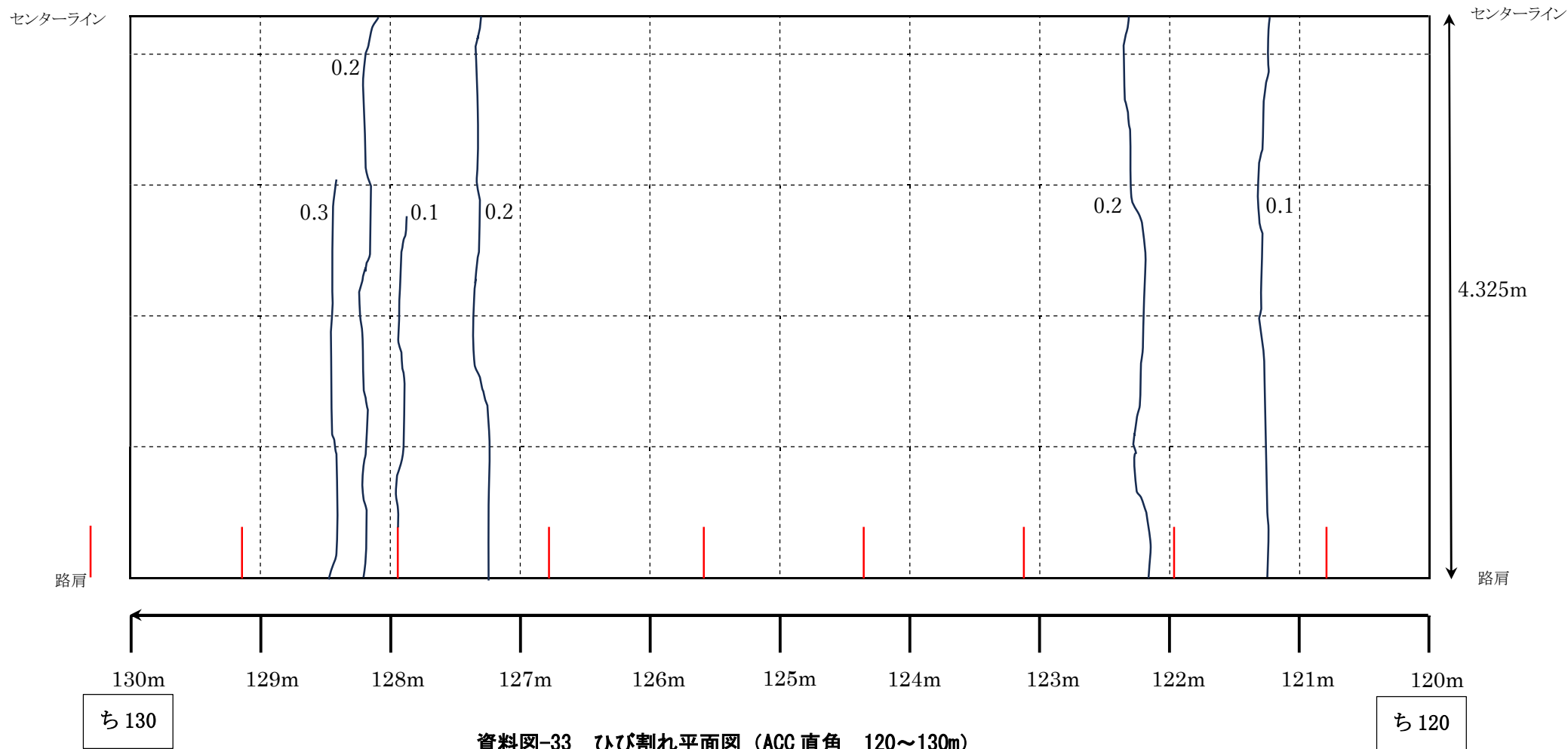
資料図-31 ひび割れ平面図 (ACC 直角 100~110m)

No. ち 110-120

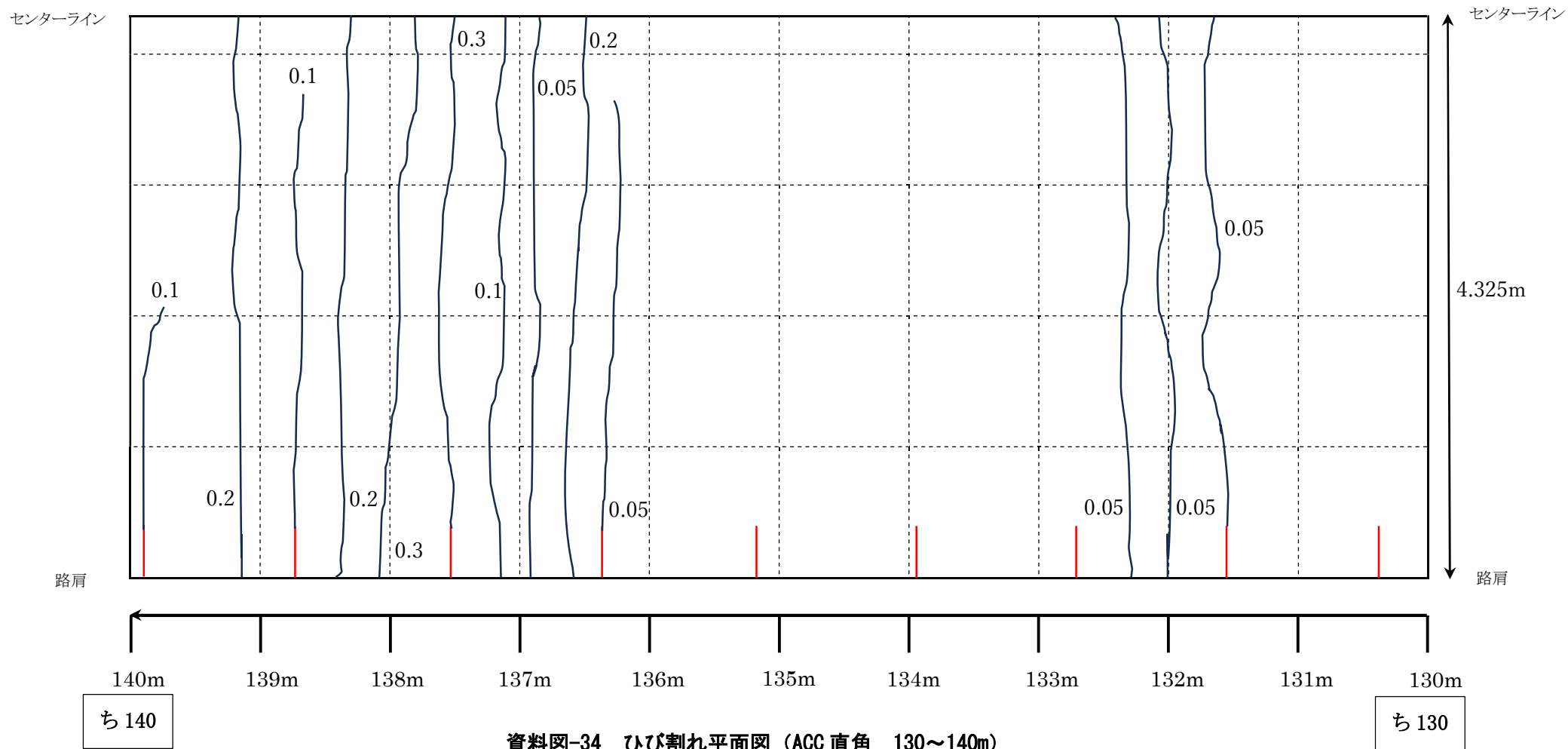


資料図-32 ひび割れ平面図 (ACC 直角 110~120m)

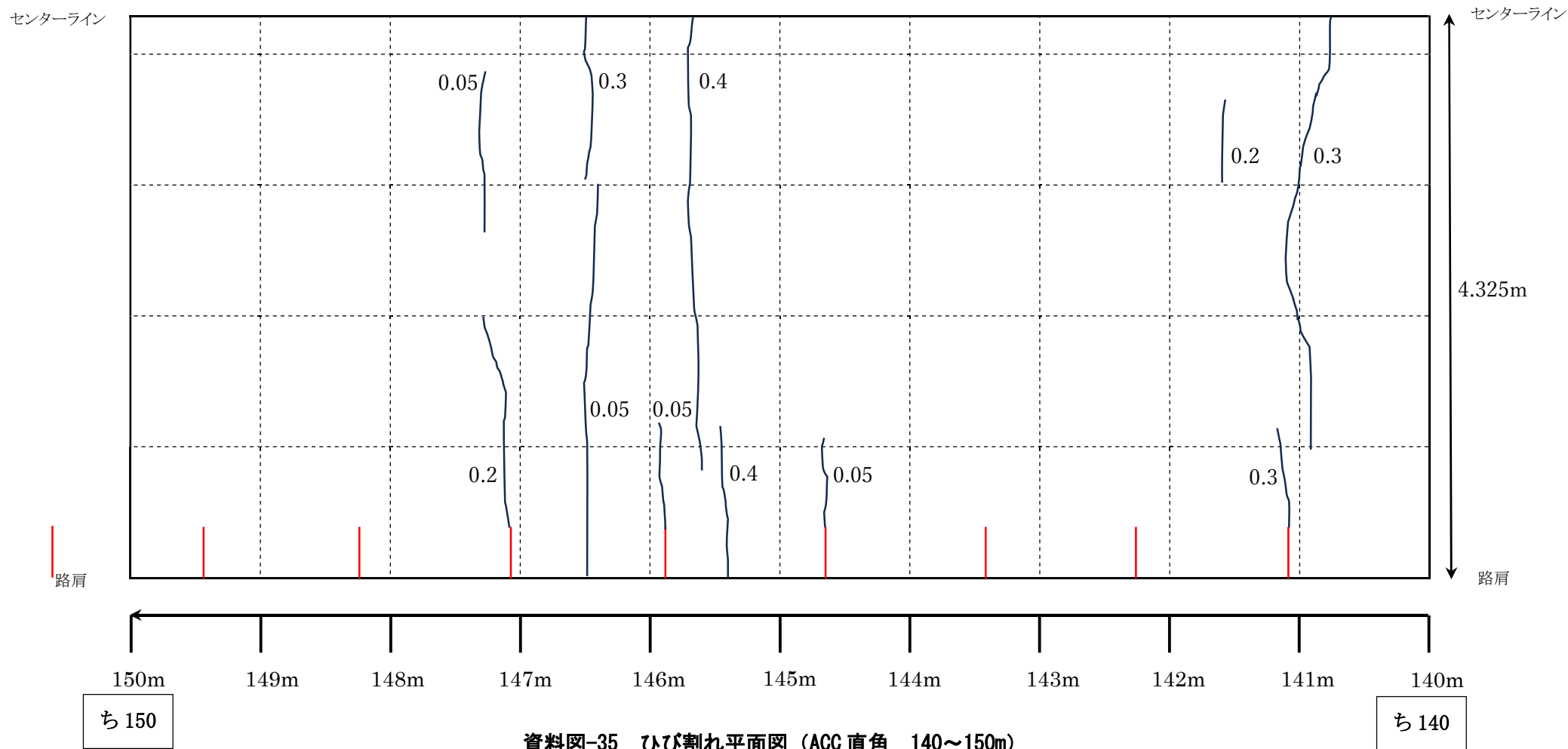
No. ち 120-130



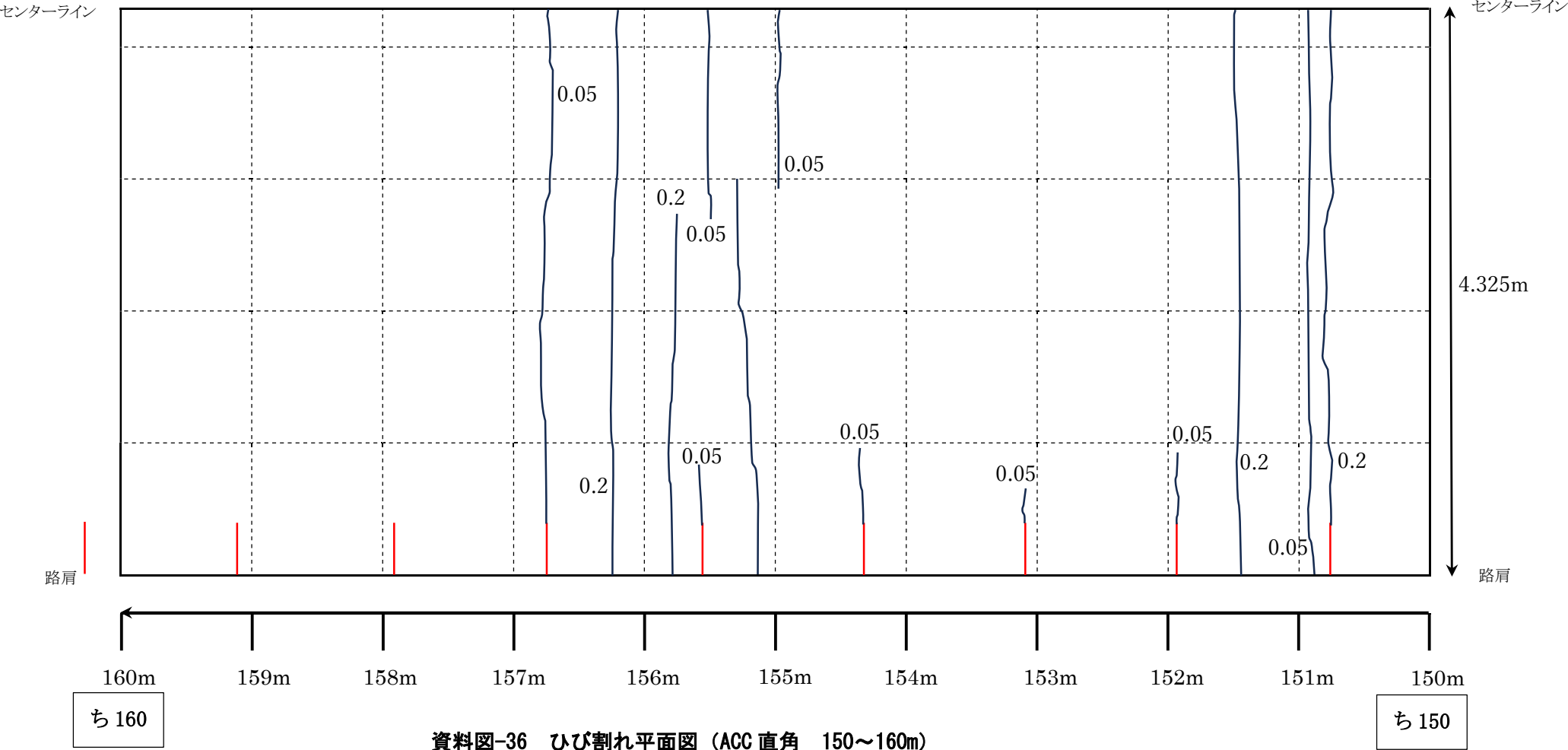
No. ち 130-140



No. ち 140-150

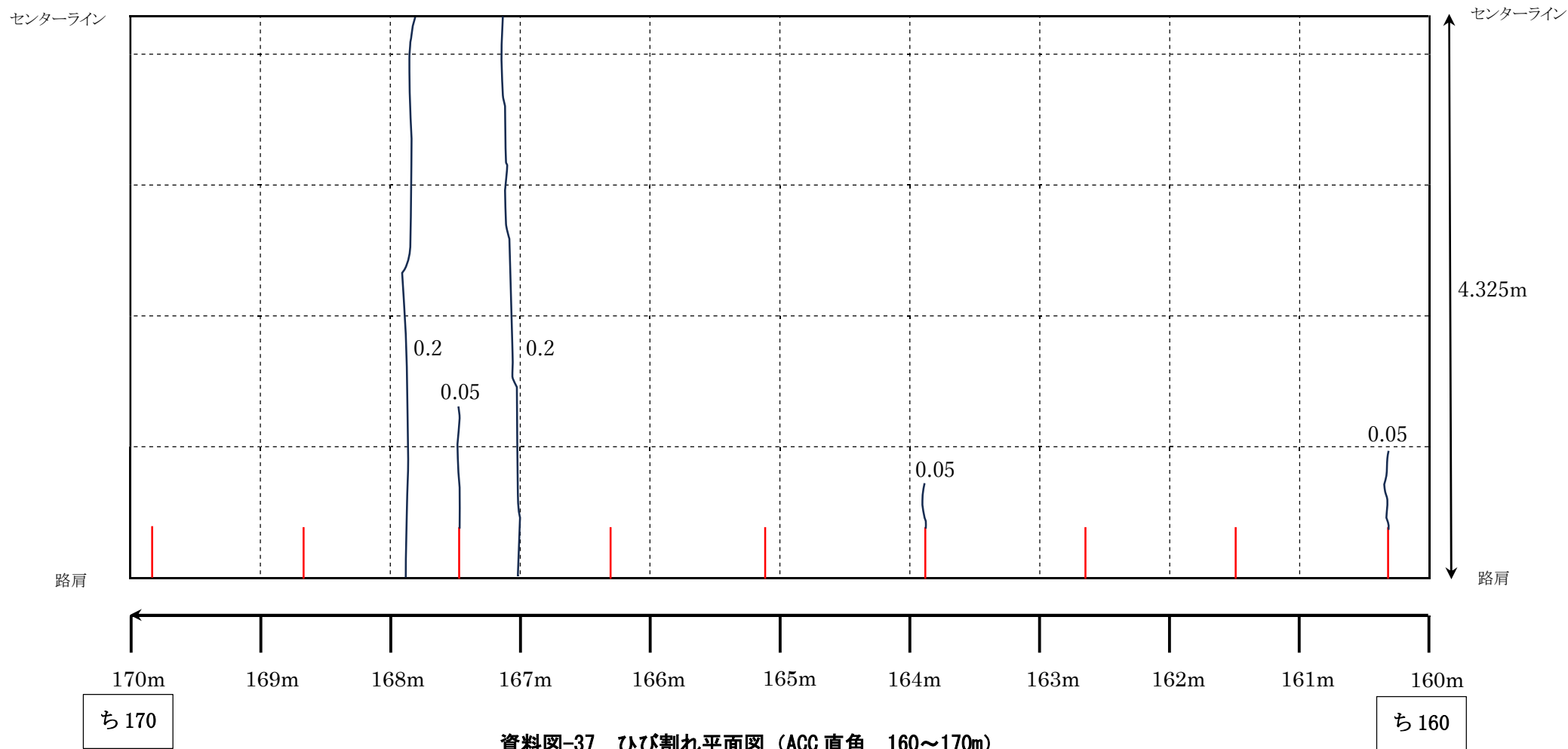


No. ち 150-160

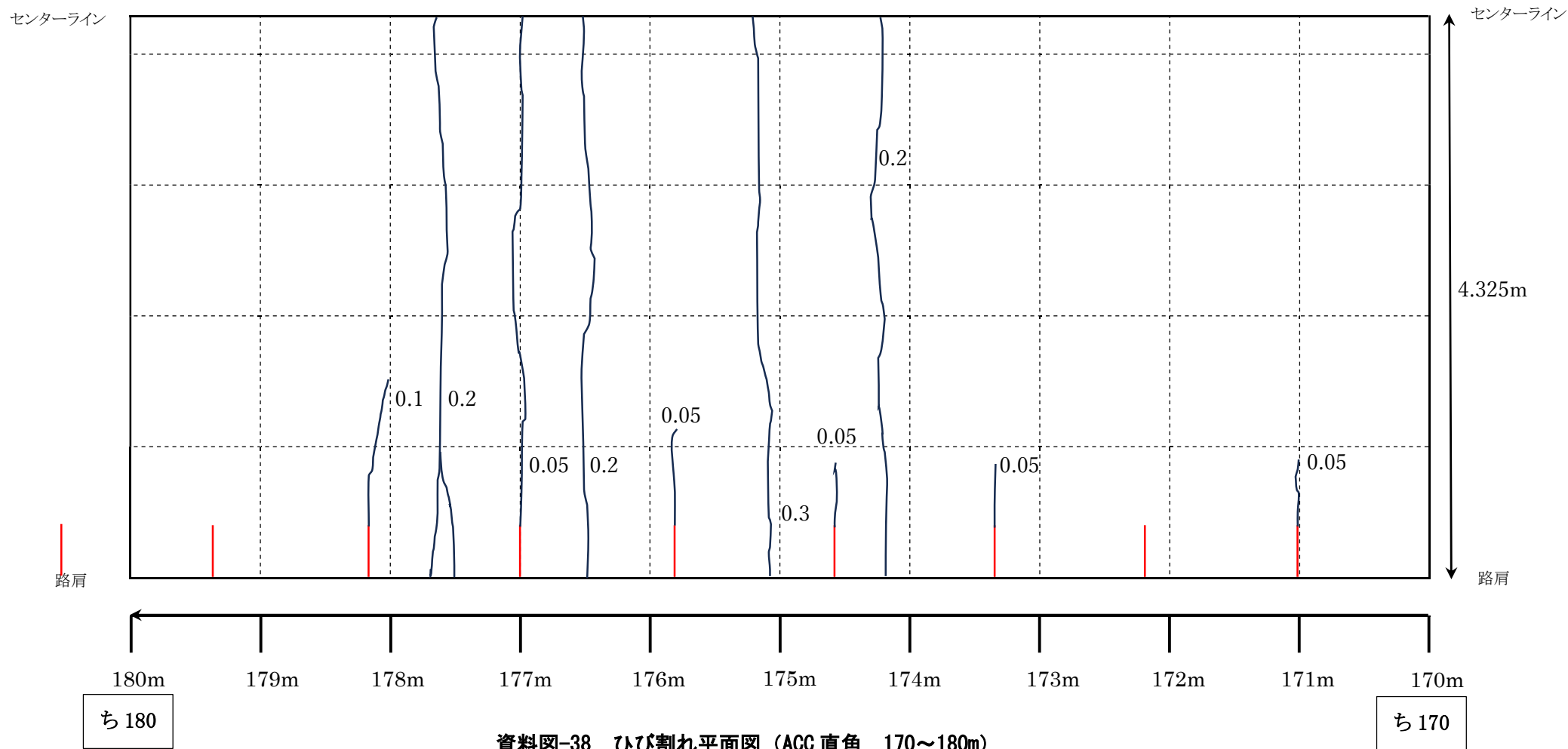


資料図-36 ひび割れ平面図 (ACC 直角 150~160m)

No. ち 160-170

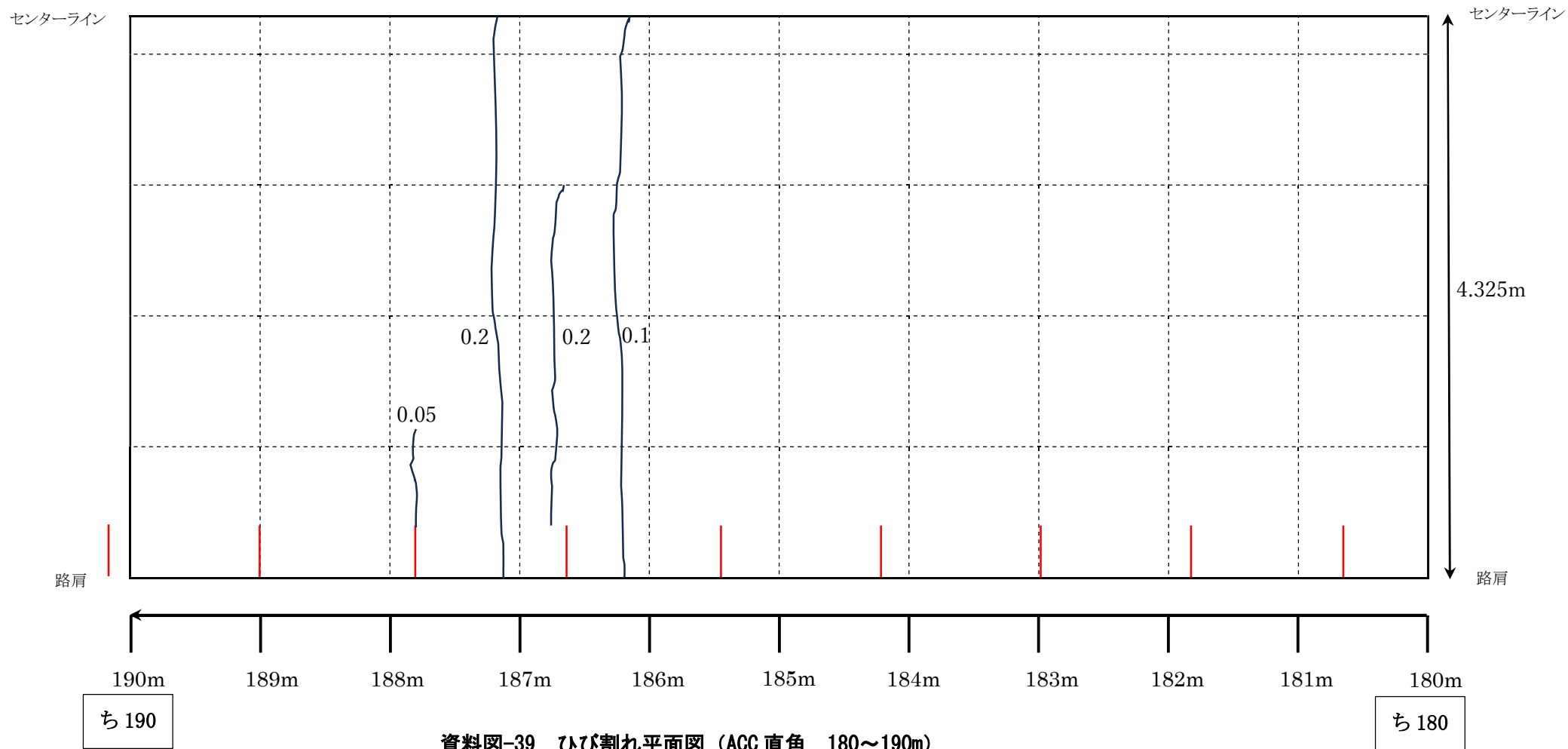


No. ち 170-180



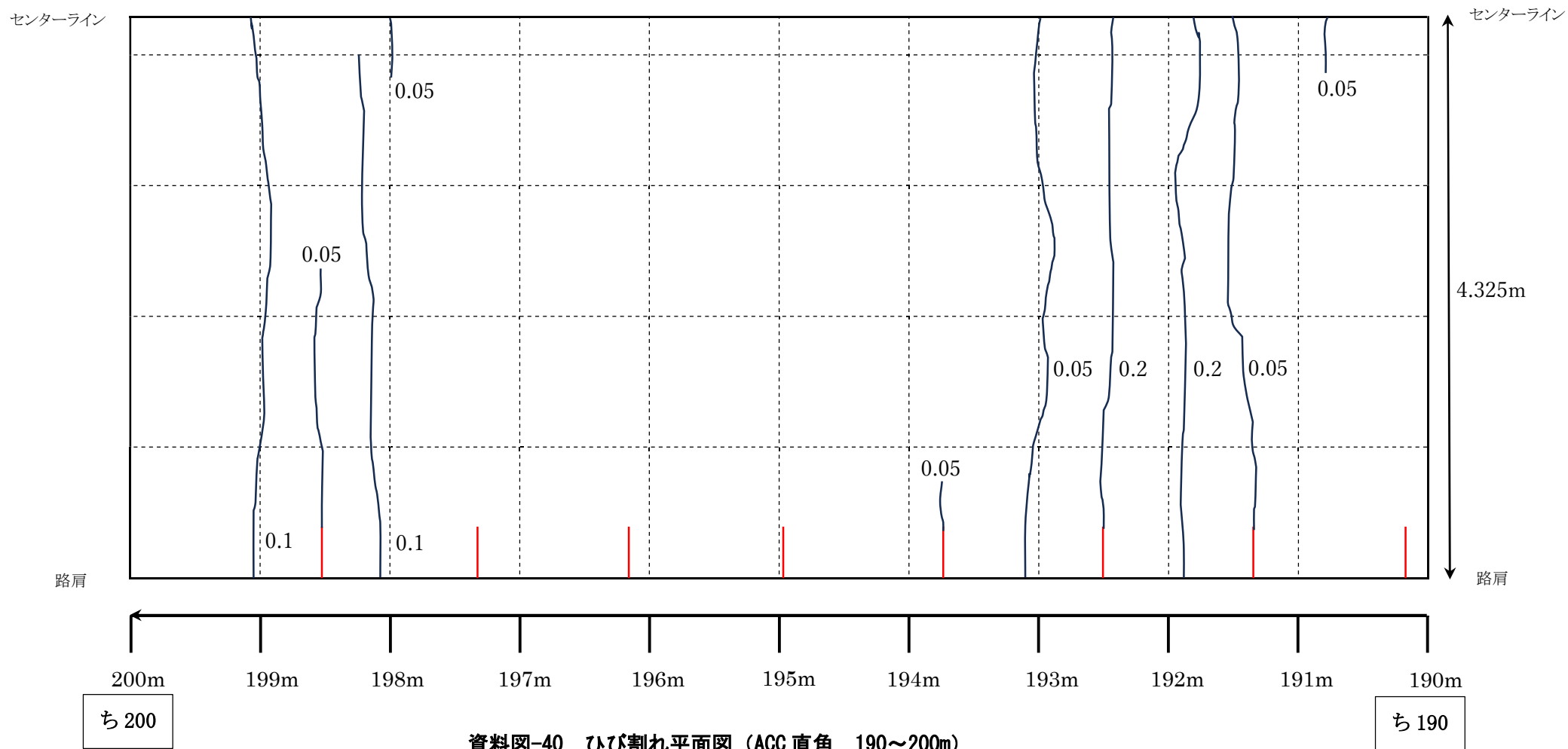
資料図-38 ひび割れ平面図 (ACC 直角 170~180m)

No. ち 180-190

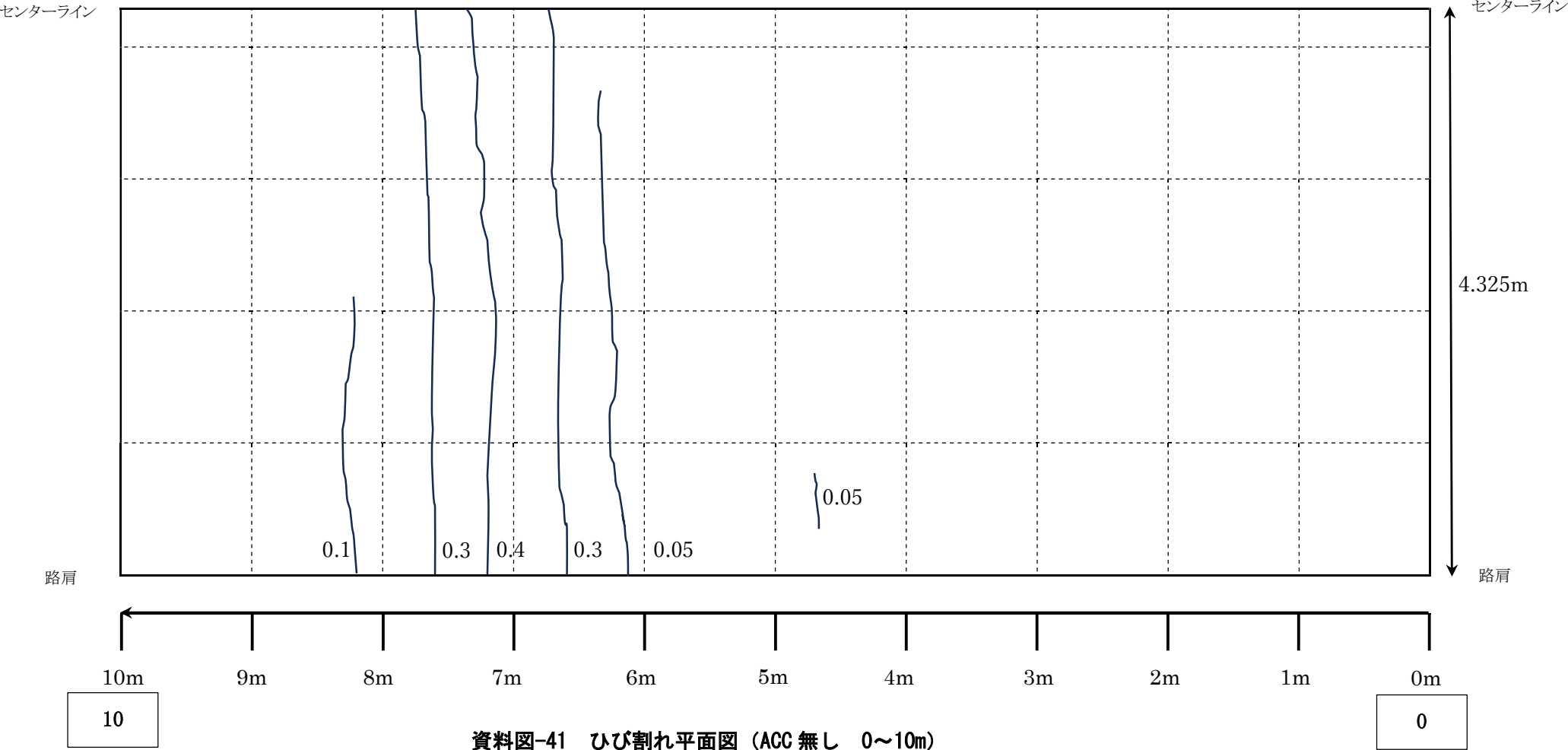


資料図-39 ひび割れ平面図 (ACC 直角 180~190m)

No. ち 190-200

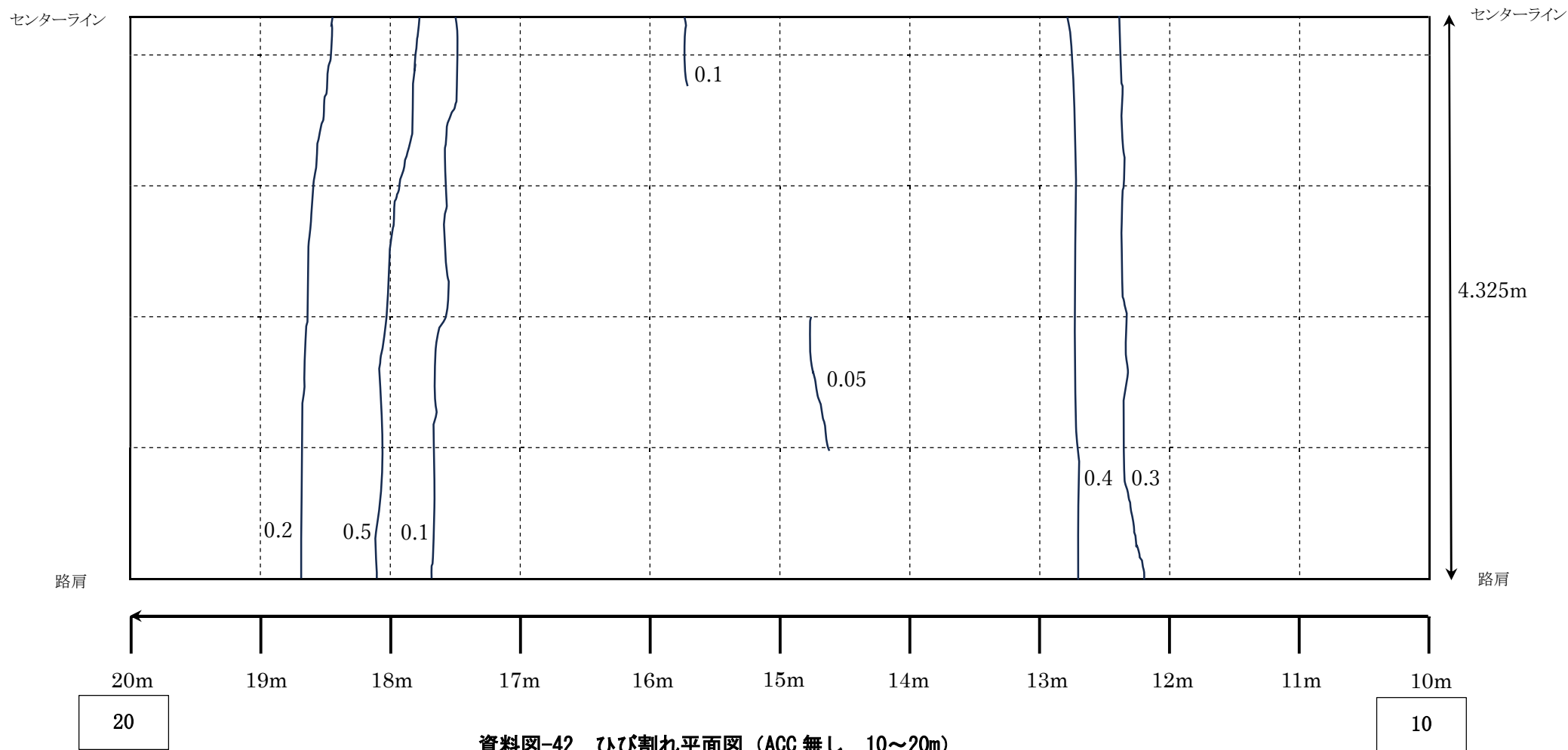


No. 0-10

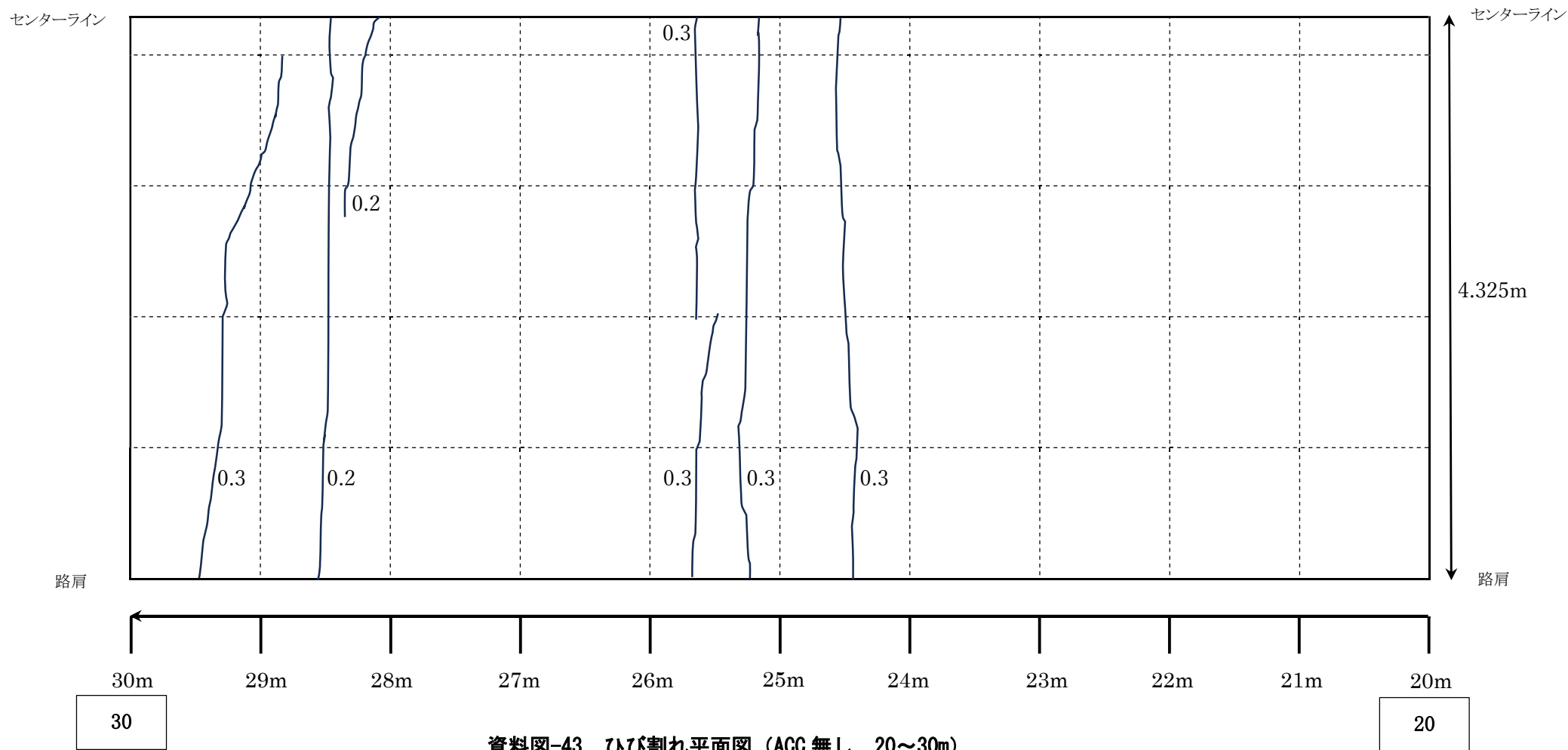


資料図-41 ひび割れ平面図 (ACC 無し 0~10m)

No. 10-20

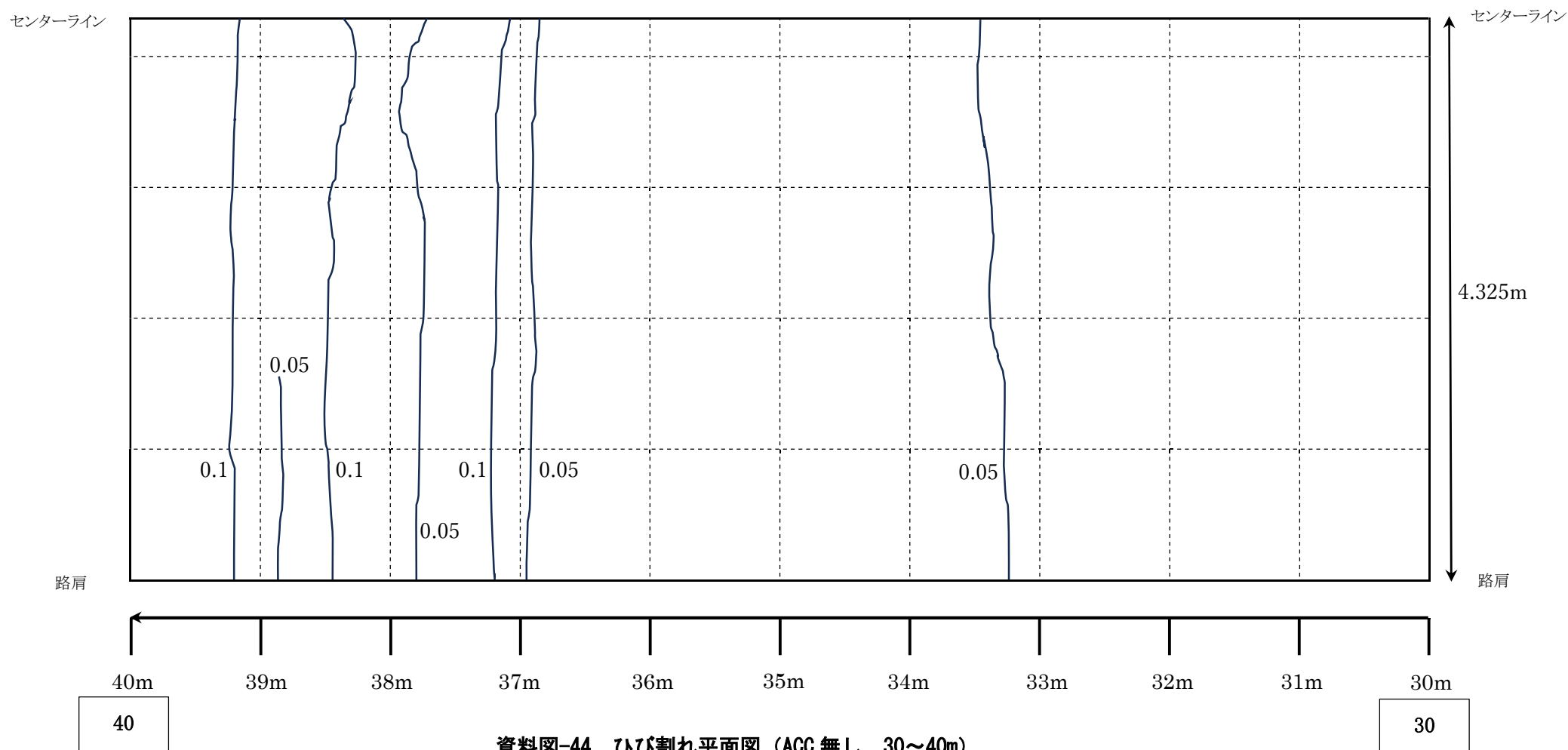


No. 20-30

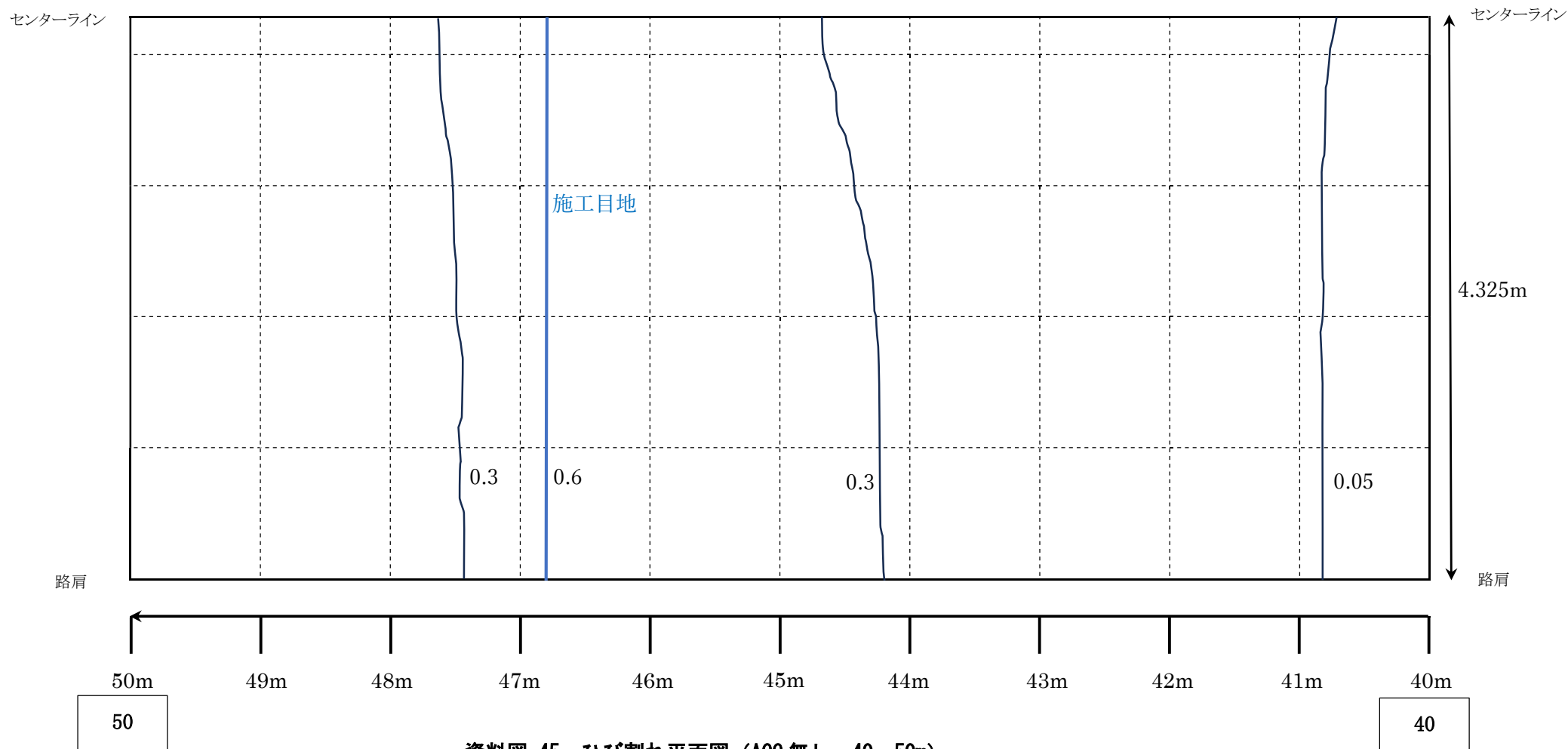


資料図-43 ひび割れ平面図 (ACC 無し 20~30m)

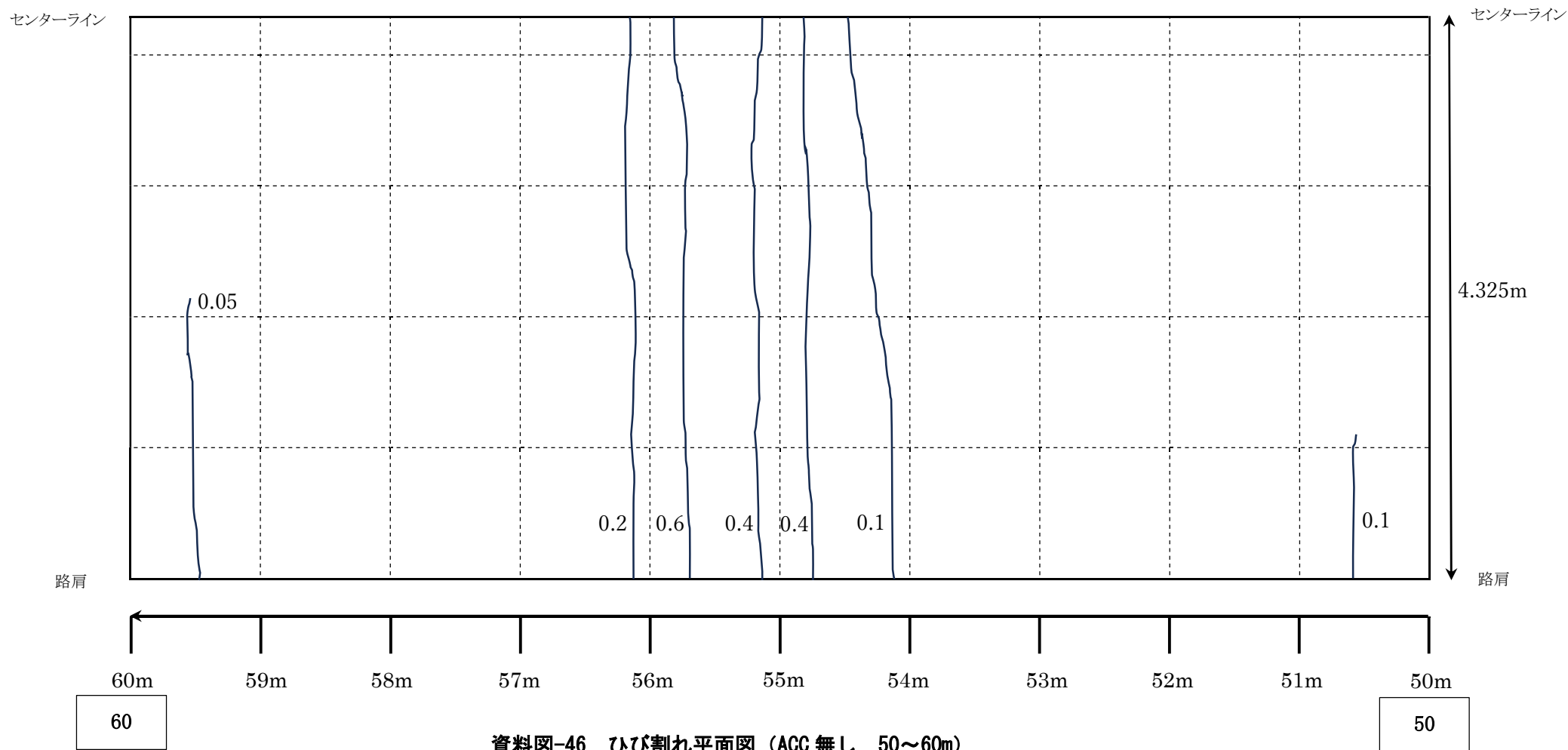
No. 30-40



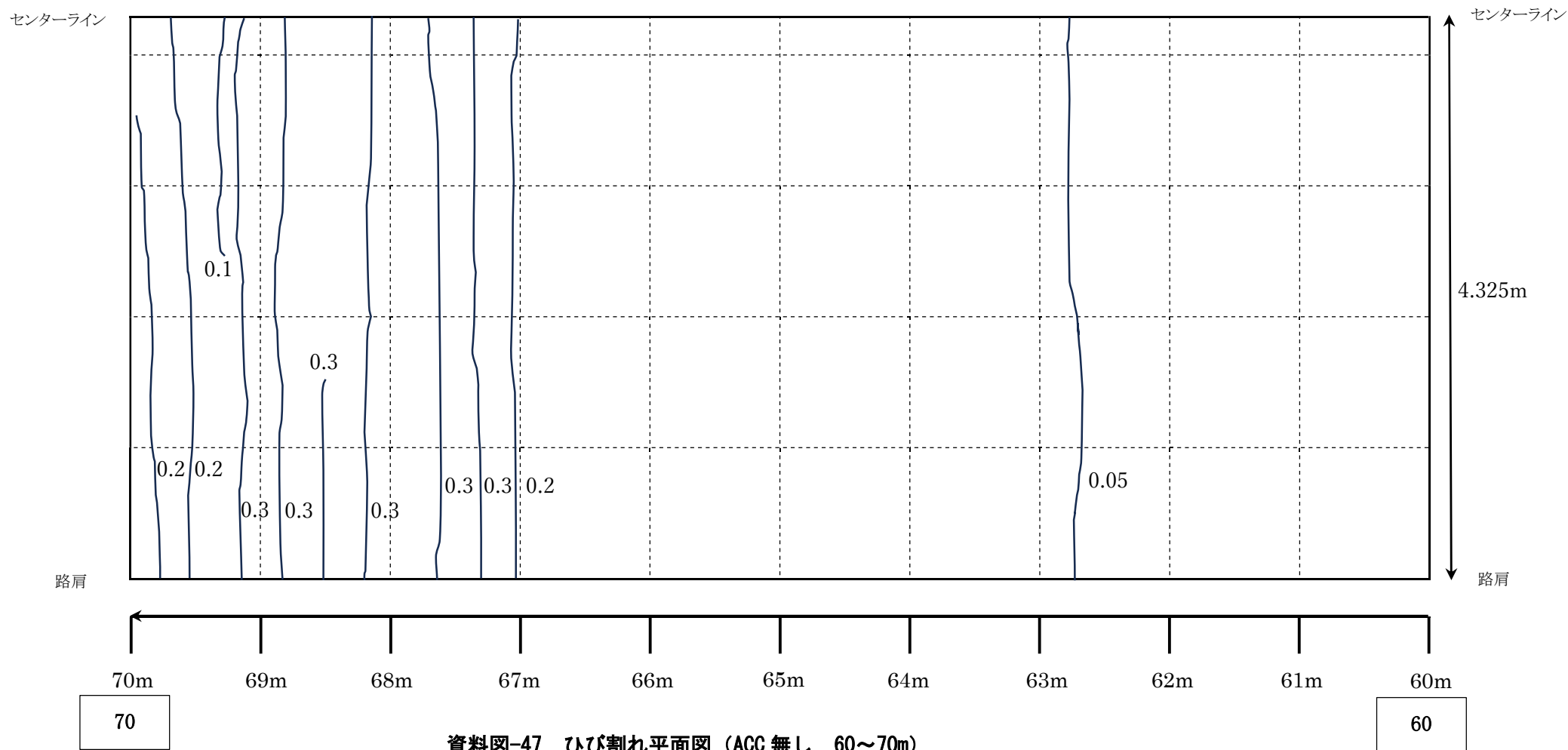
No. 40-50



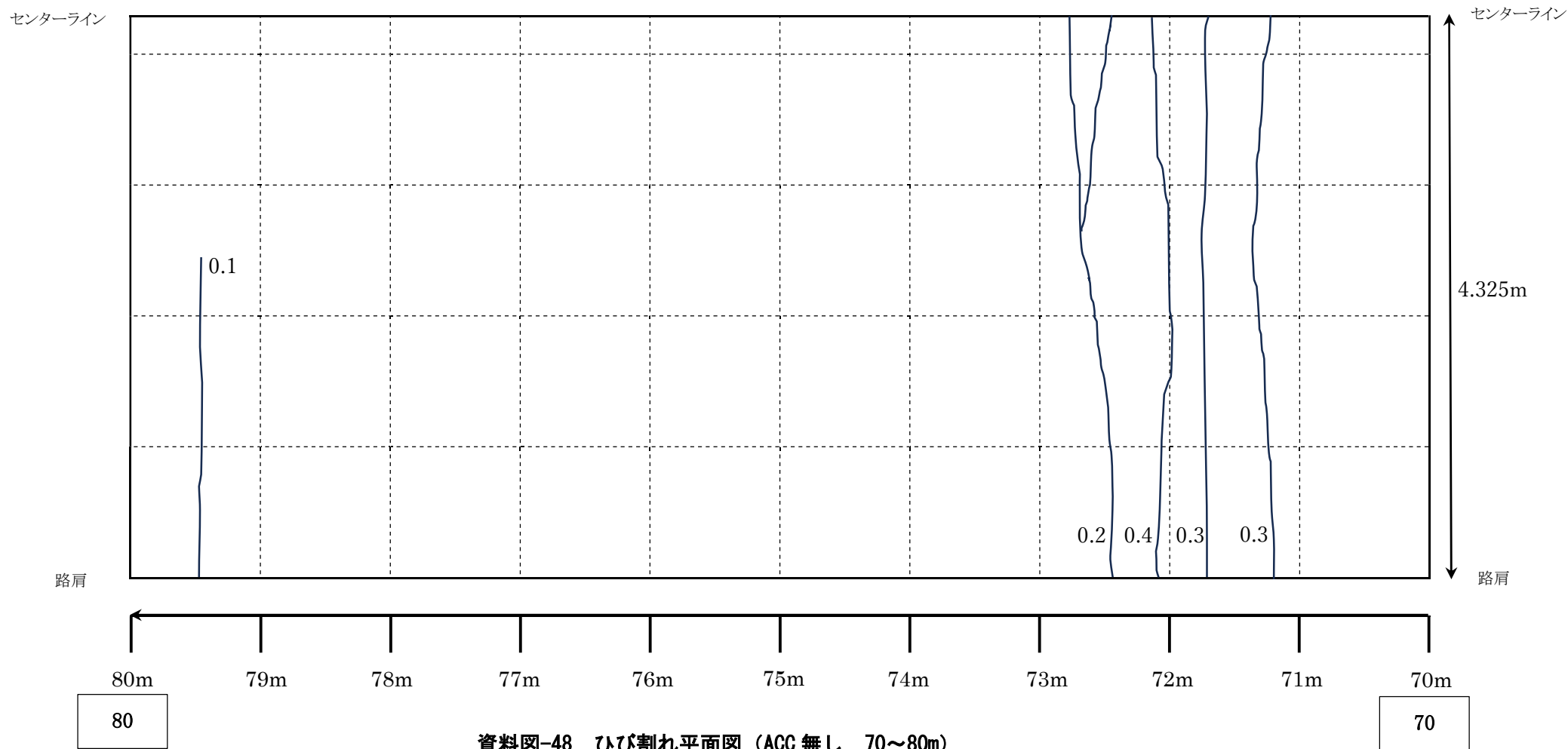
資料図-45 ひび割れ平面図 (ACC 無し 40~50m)



No. 60-70

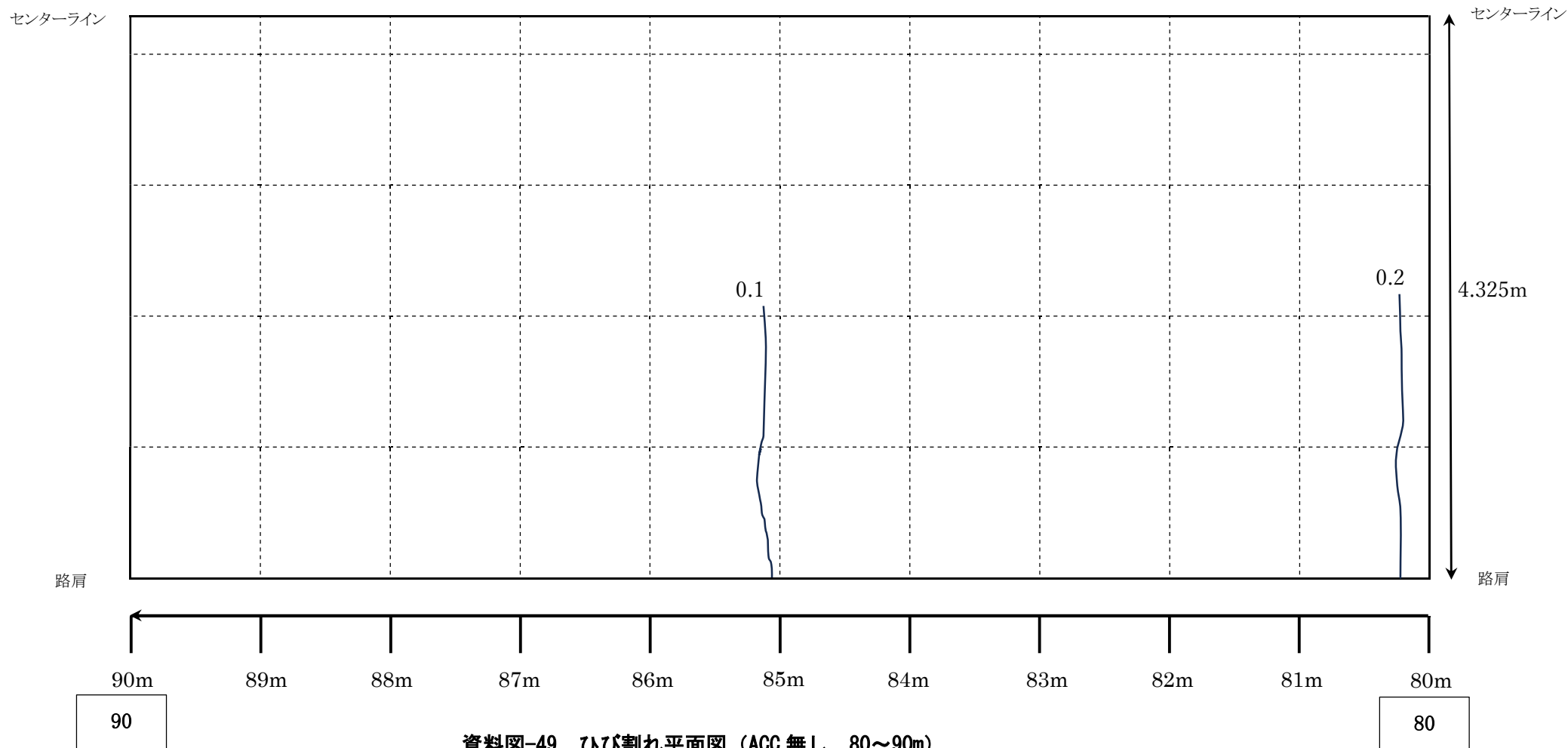


No. 70-80

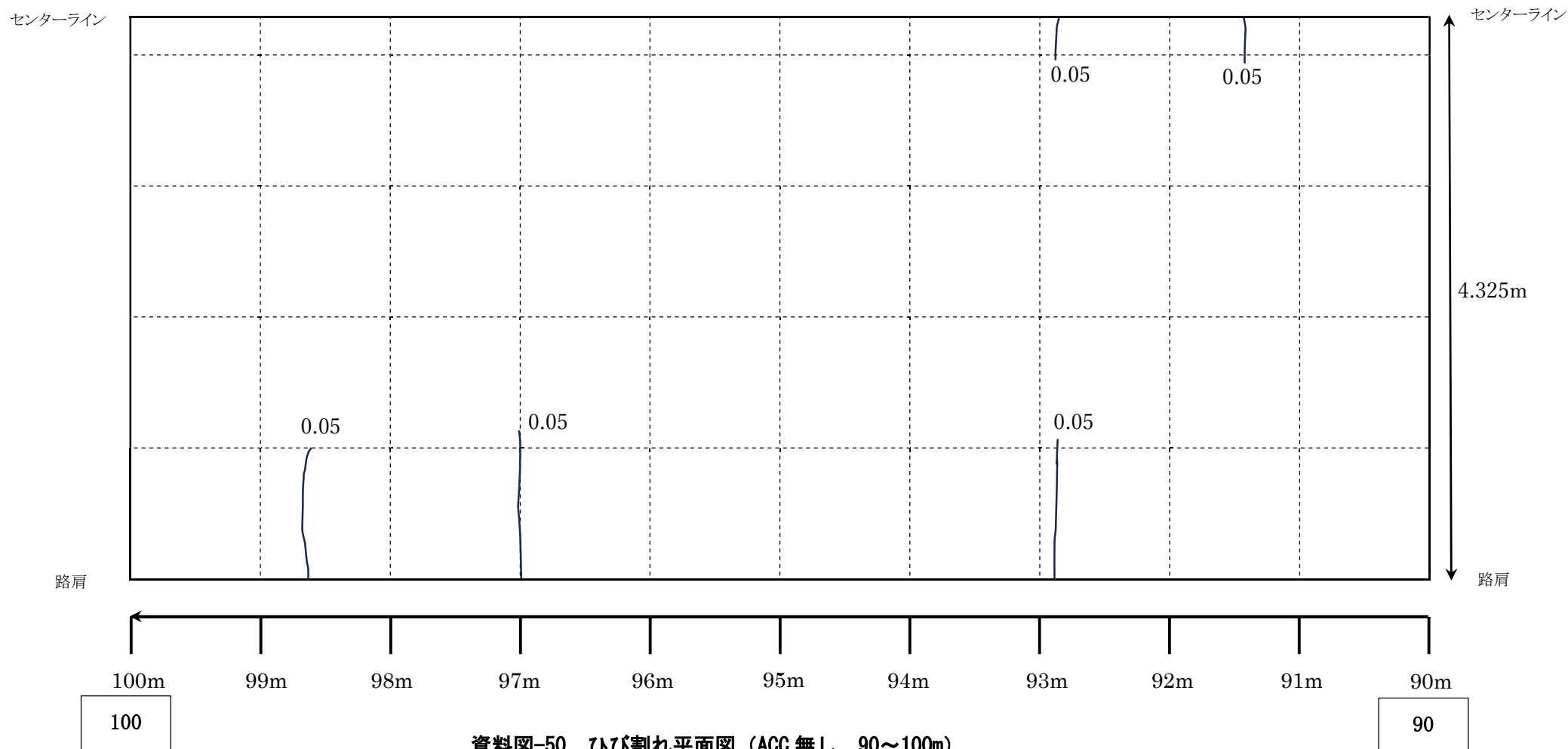


資料図-48 ひび割れ平面図 (ACC 無し 70~80m)

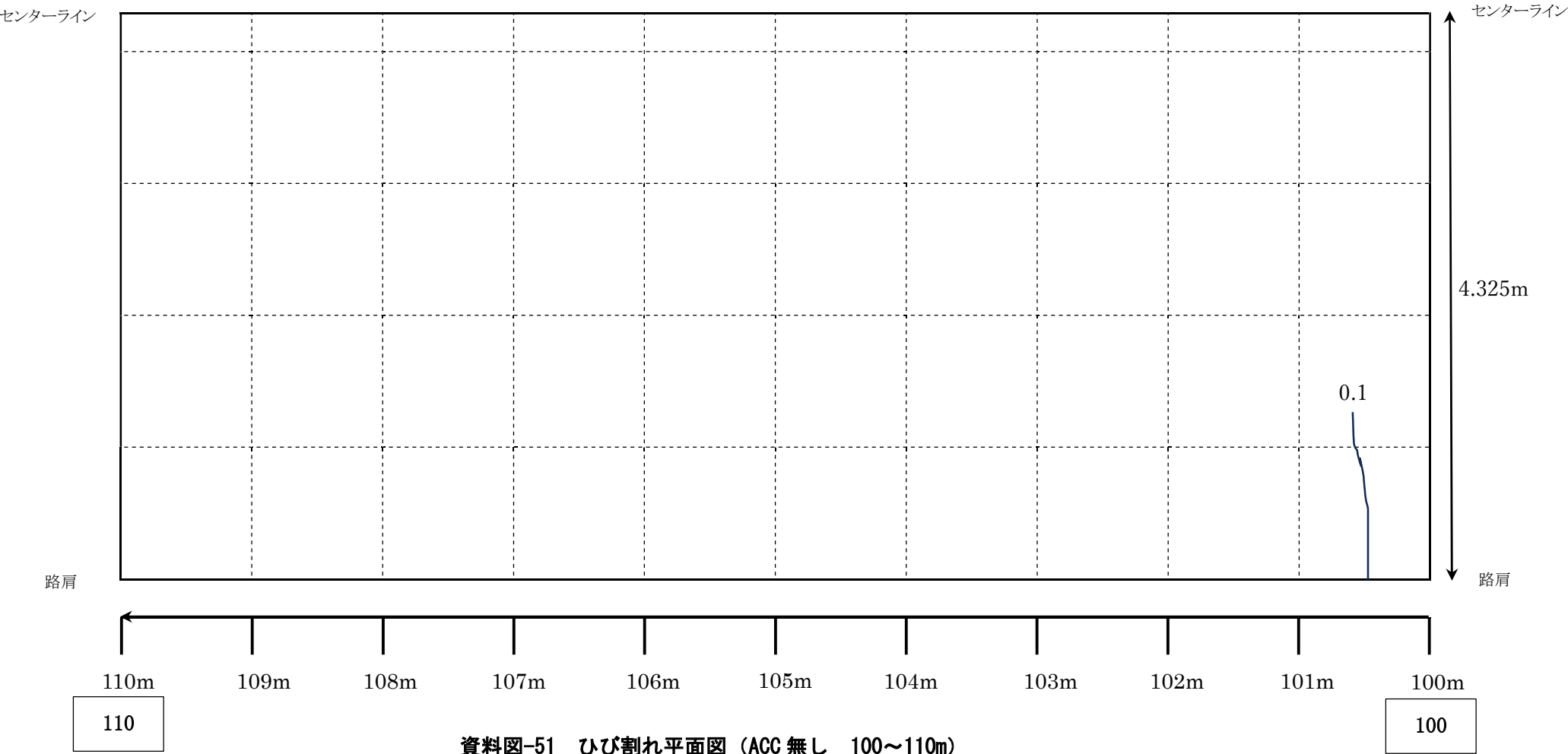
No. 80-90



No. 90-100

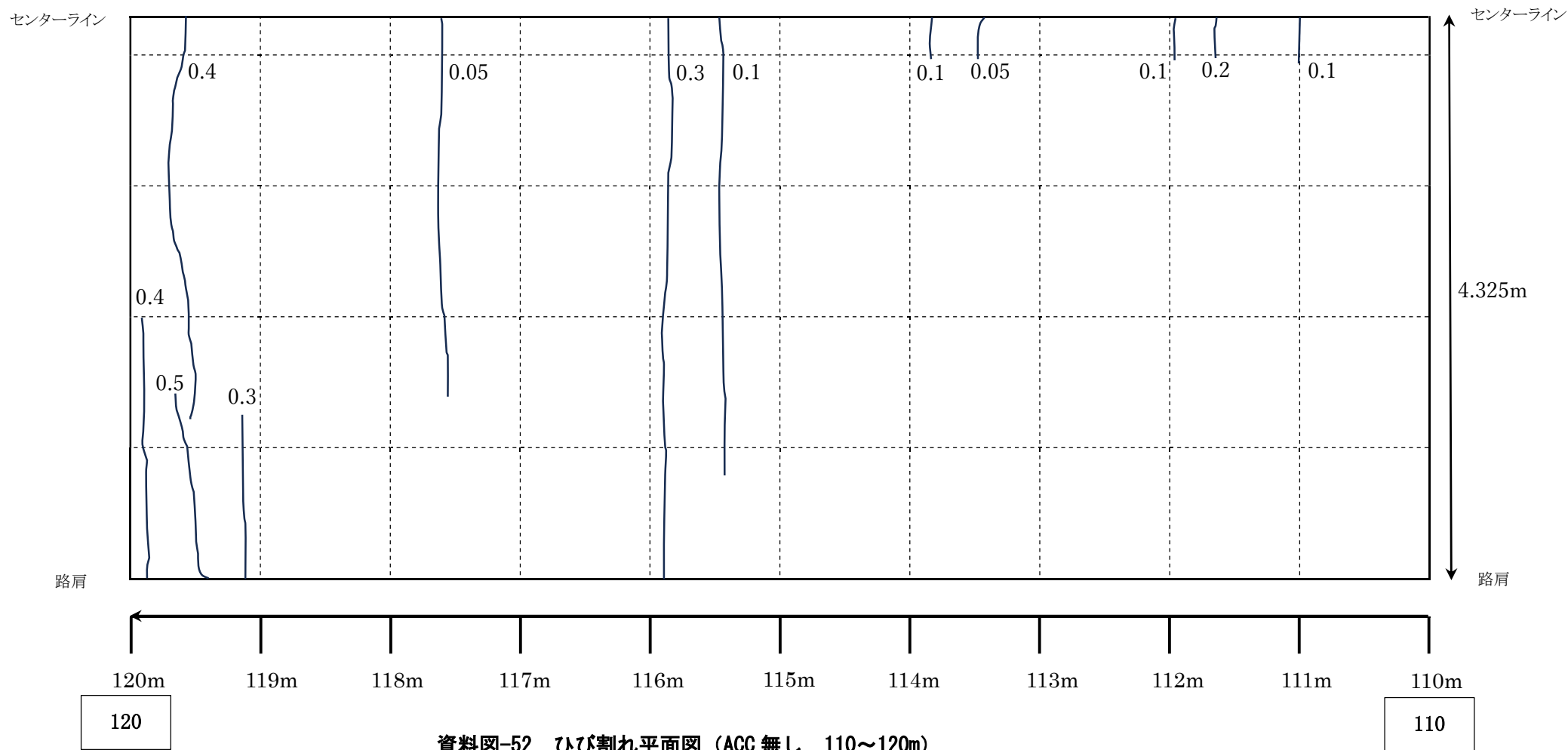


No. 100-110

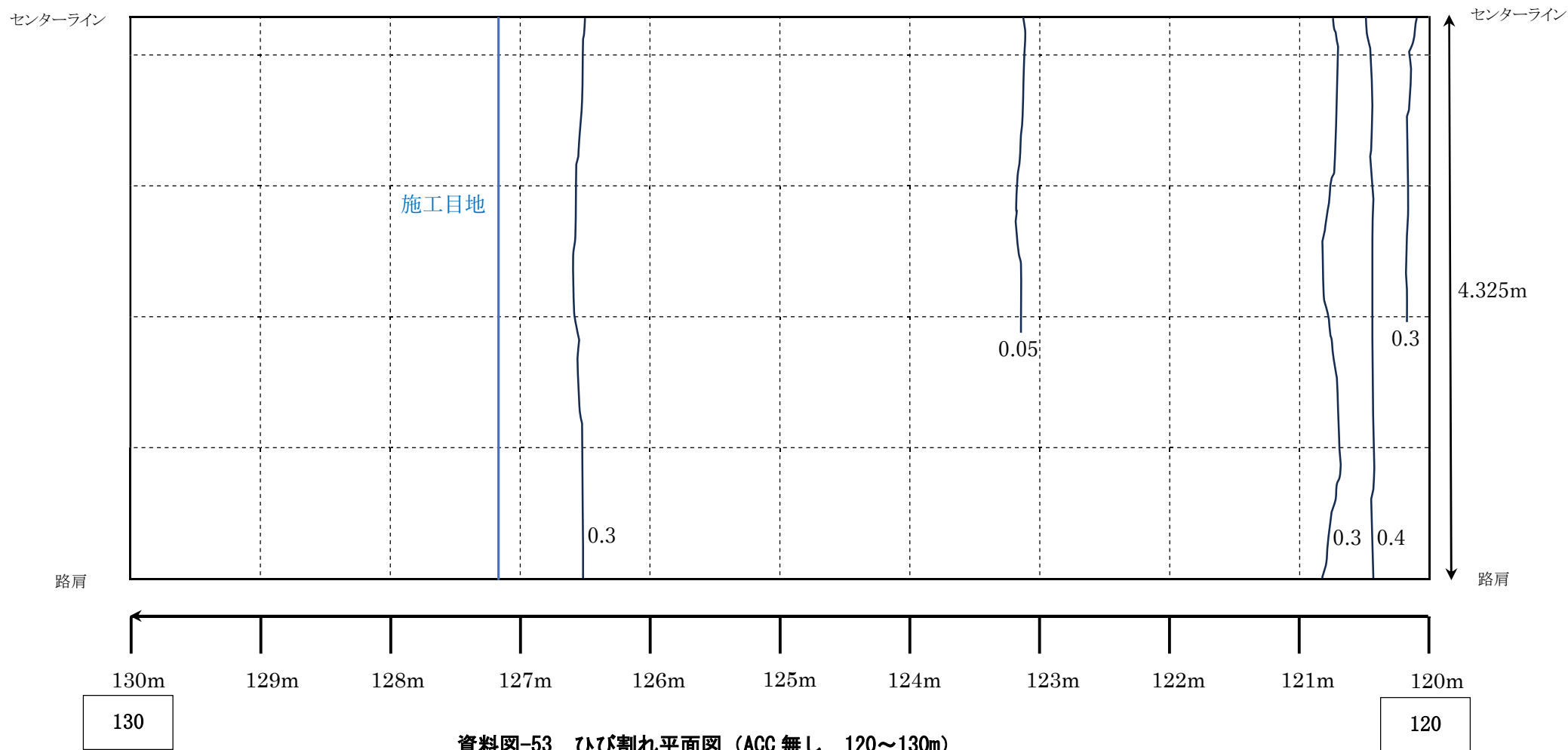


資料図-51 ひび割れ平面図 (ACC無し 100~110m)

No. 110-120

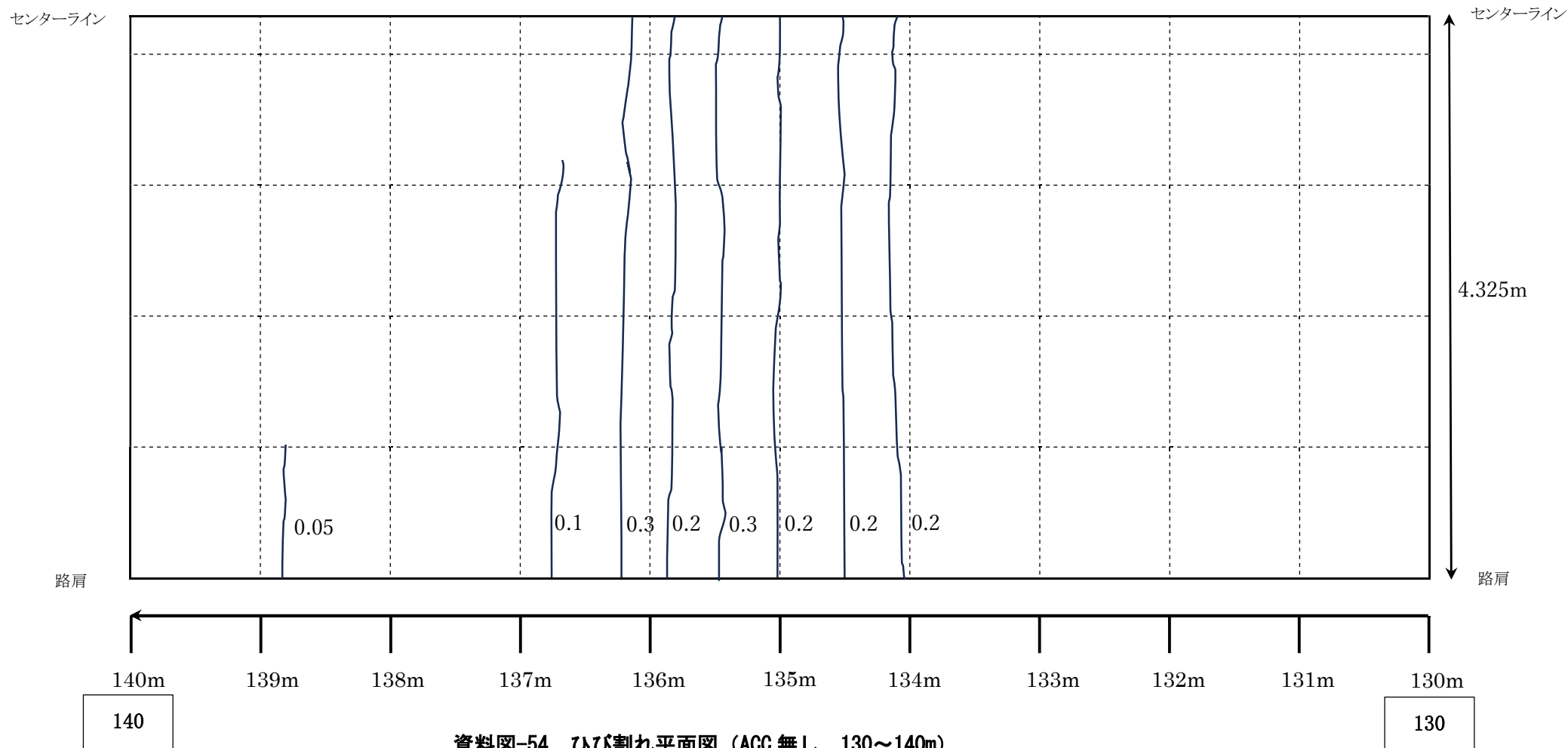


No. 120-130



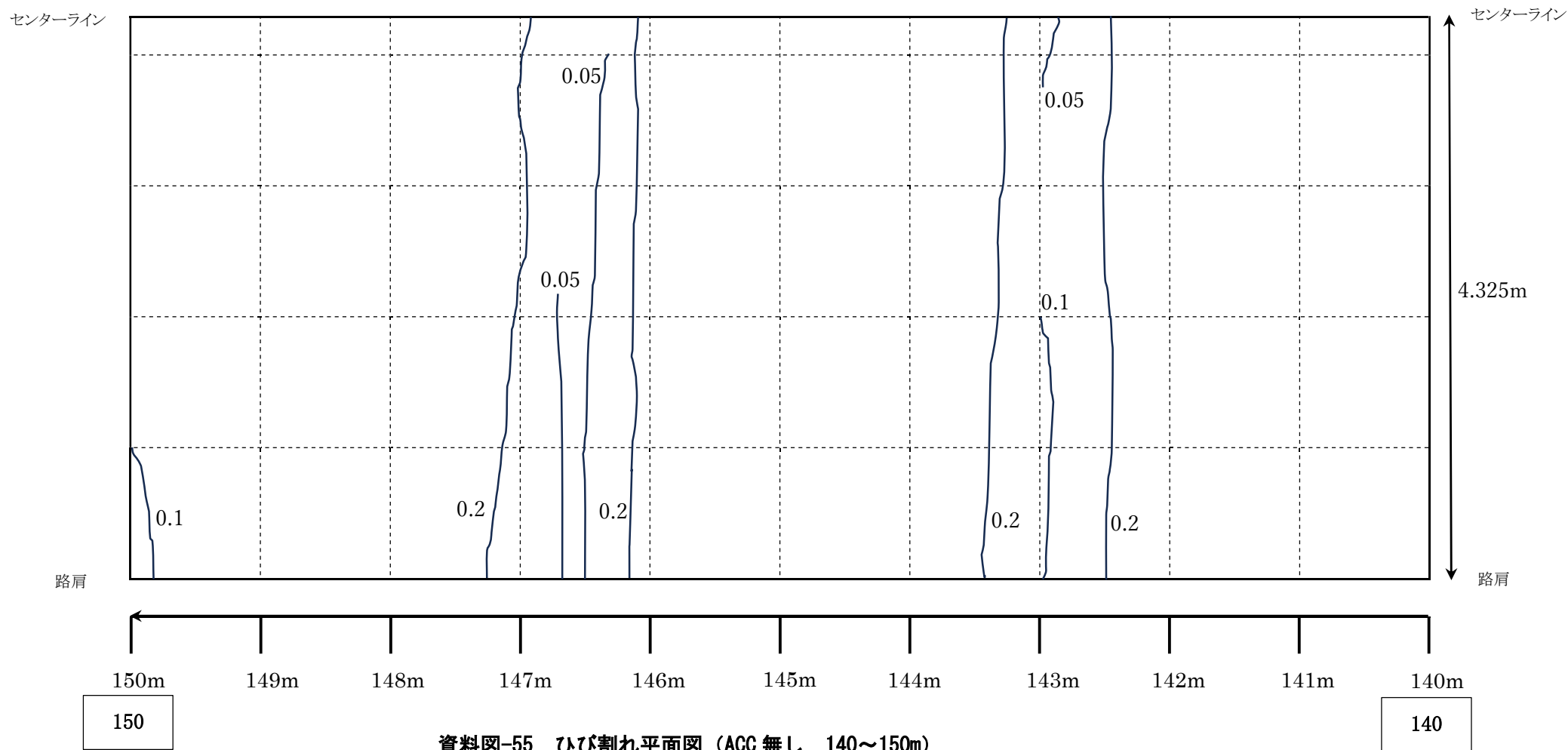
資料図-53 ひび割れ平面図 (ACC無し 120~130m)

No. 130-140

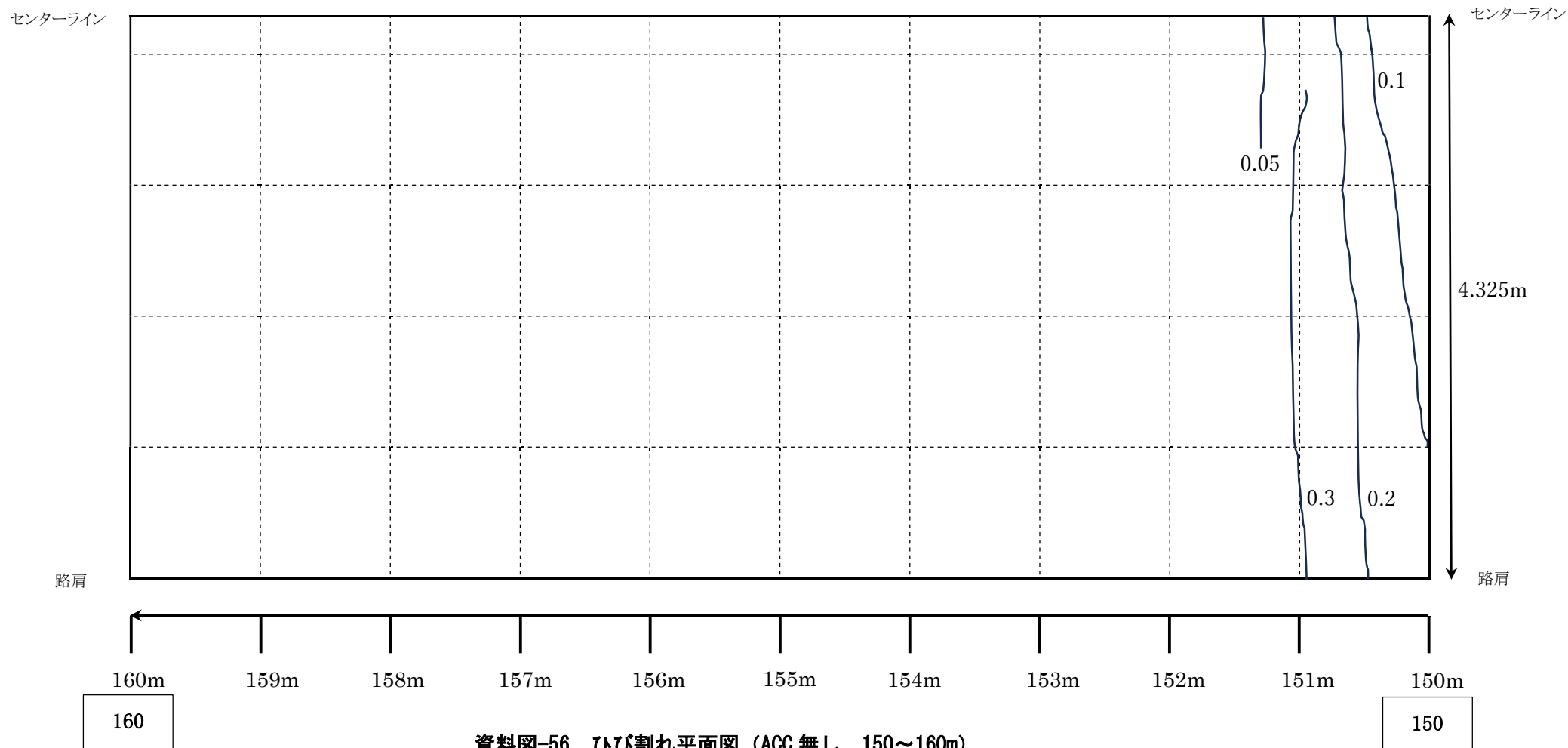


資料図-54 ひび割れ平面図 (ACC 無し 130~140m)

No. 140-150

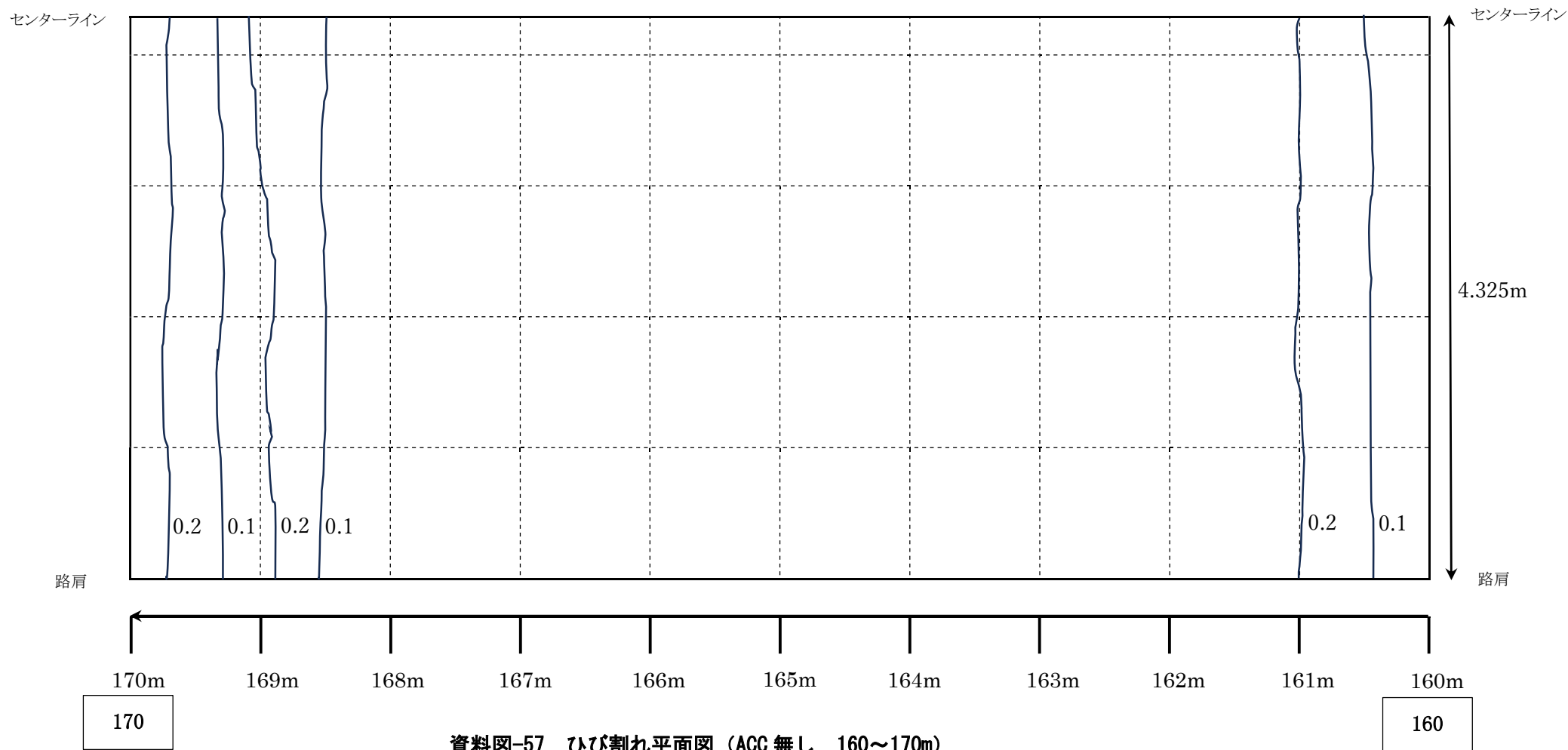


No. 150-160



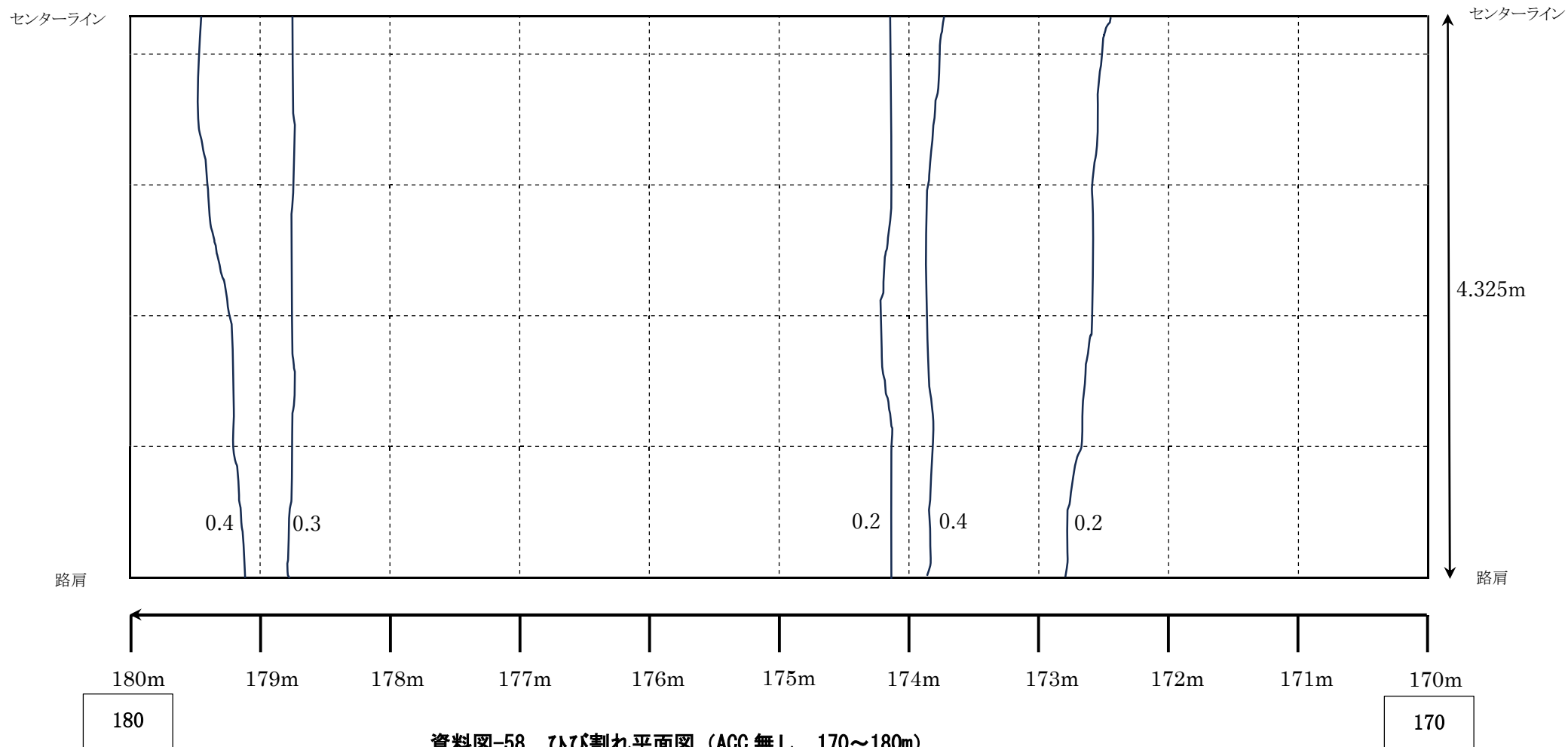
資料図-56 ひび割れ平面図 (ACC 無し 150~160m)

No. 160-170

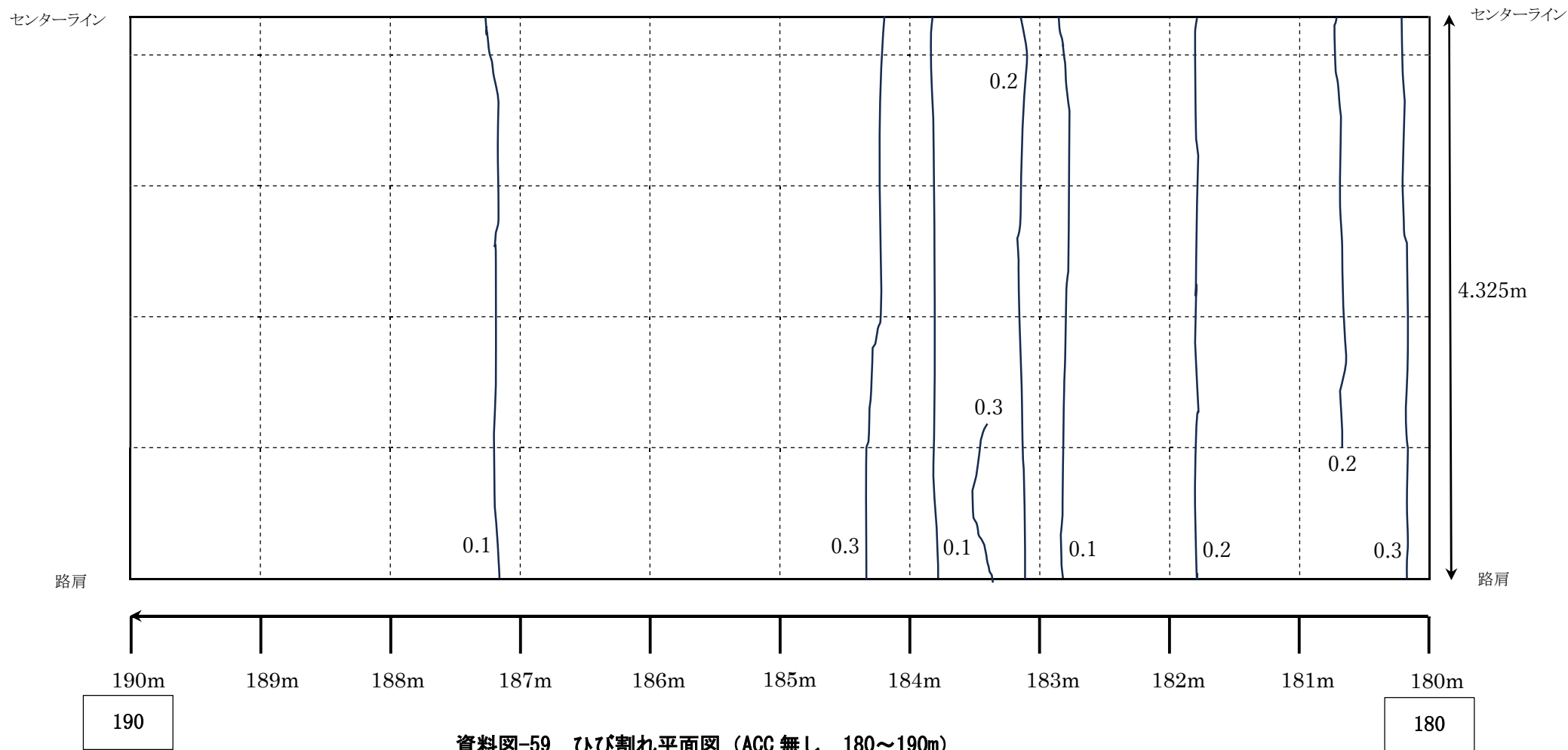


資料図-57 ひび割れ平面図 (ACC 無し 160～170m)

No. 170-180

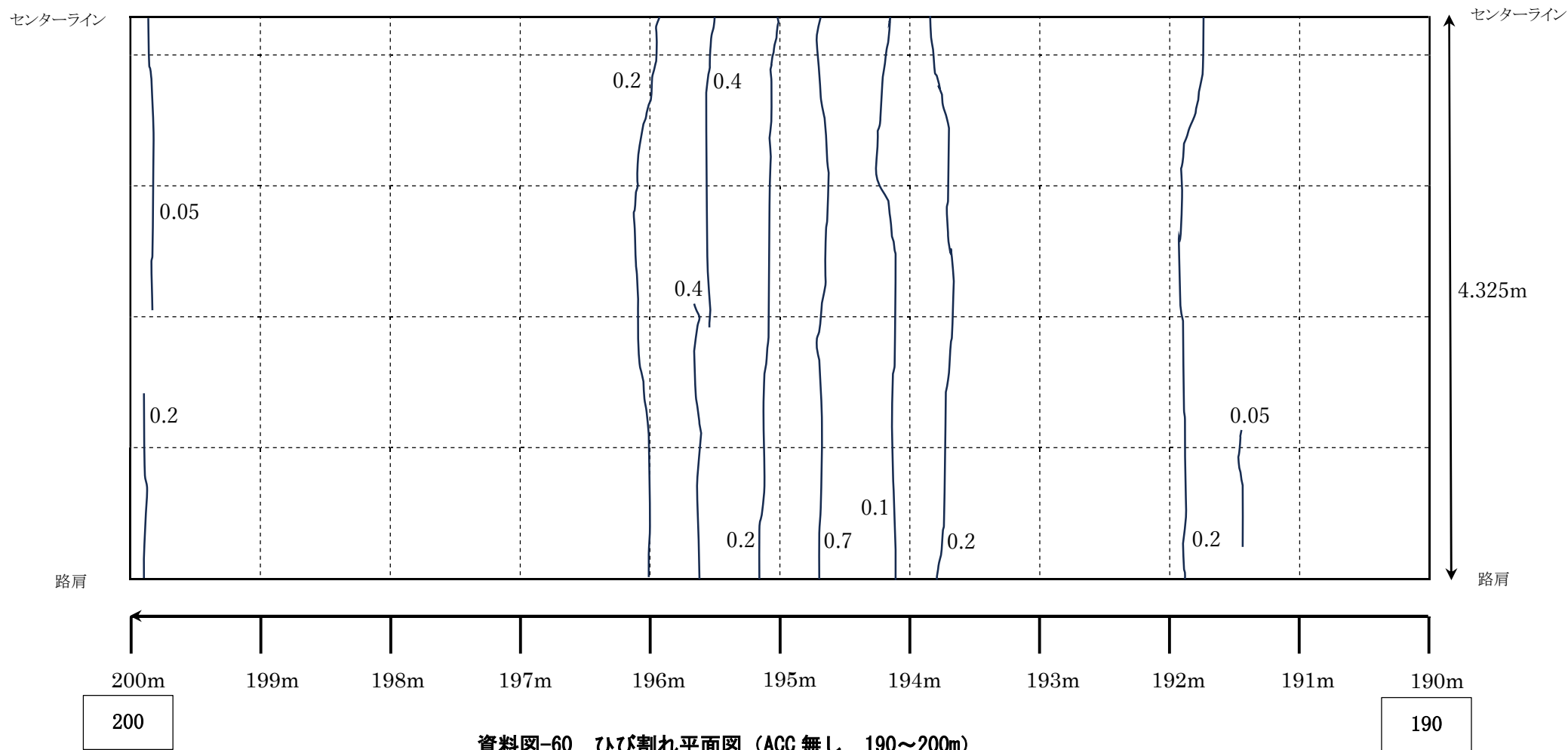


No. 180-190

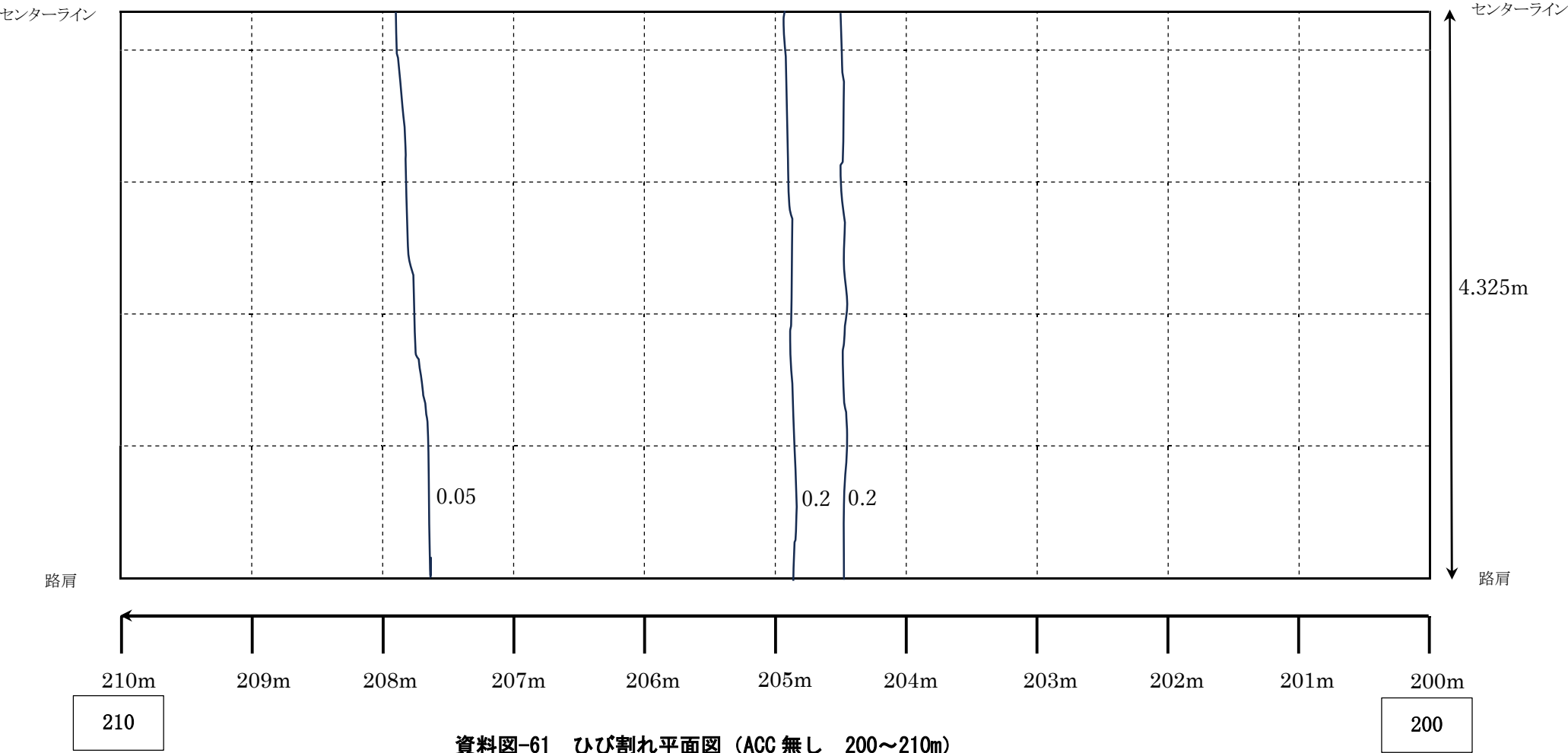


資料図-59 ひび割れ平面図 (ACC無し 180~190m)

No. 190-200

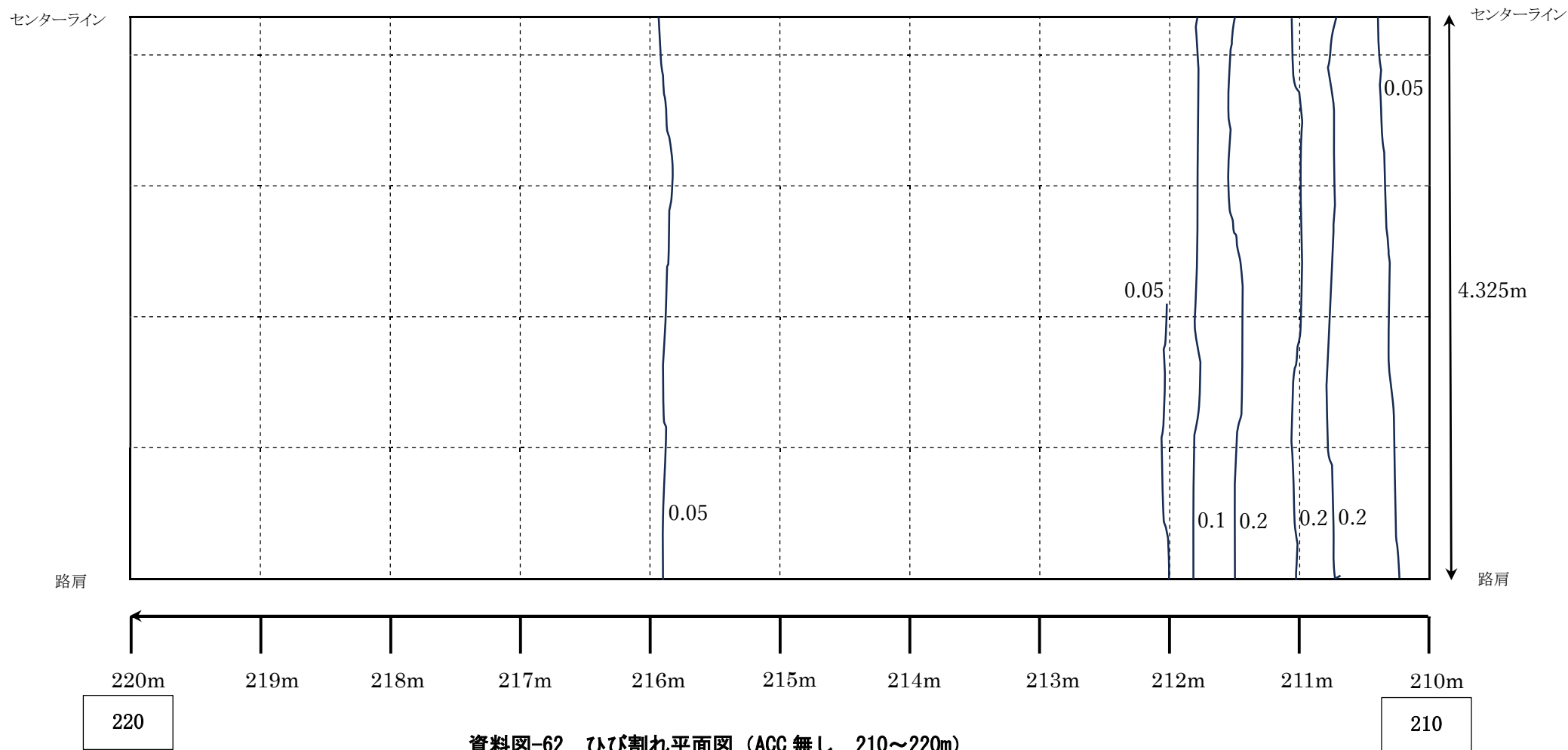


No. 200-210



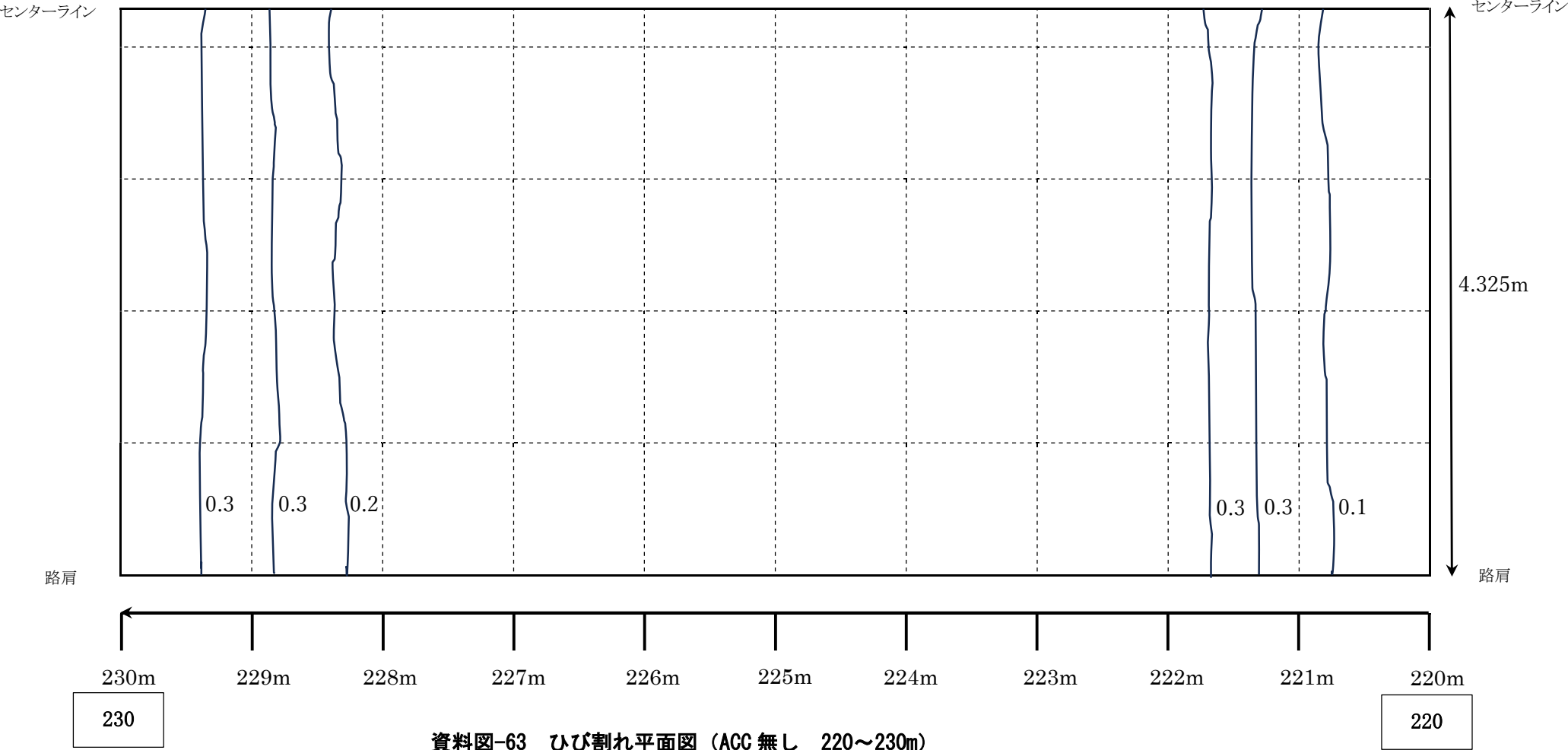
資料図-61 ひび割れ平面図 (ACC 無し 200~210m)

No. 210-220



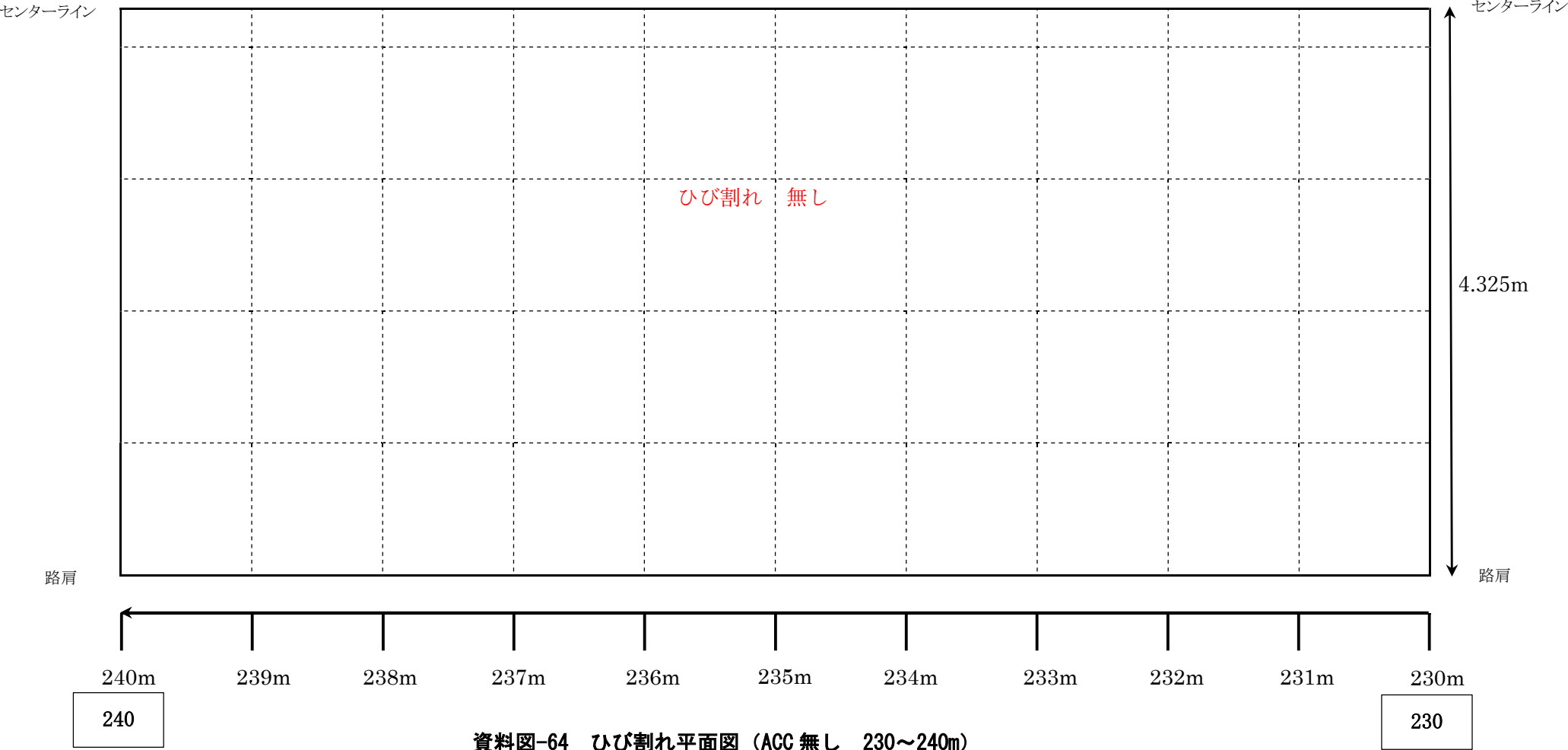
資料図-62 ひび割れ平面図 (ACC 無し 210~220m)

No. 220-230



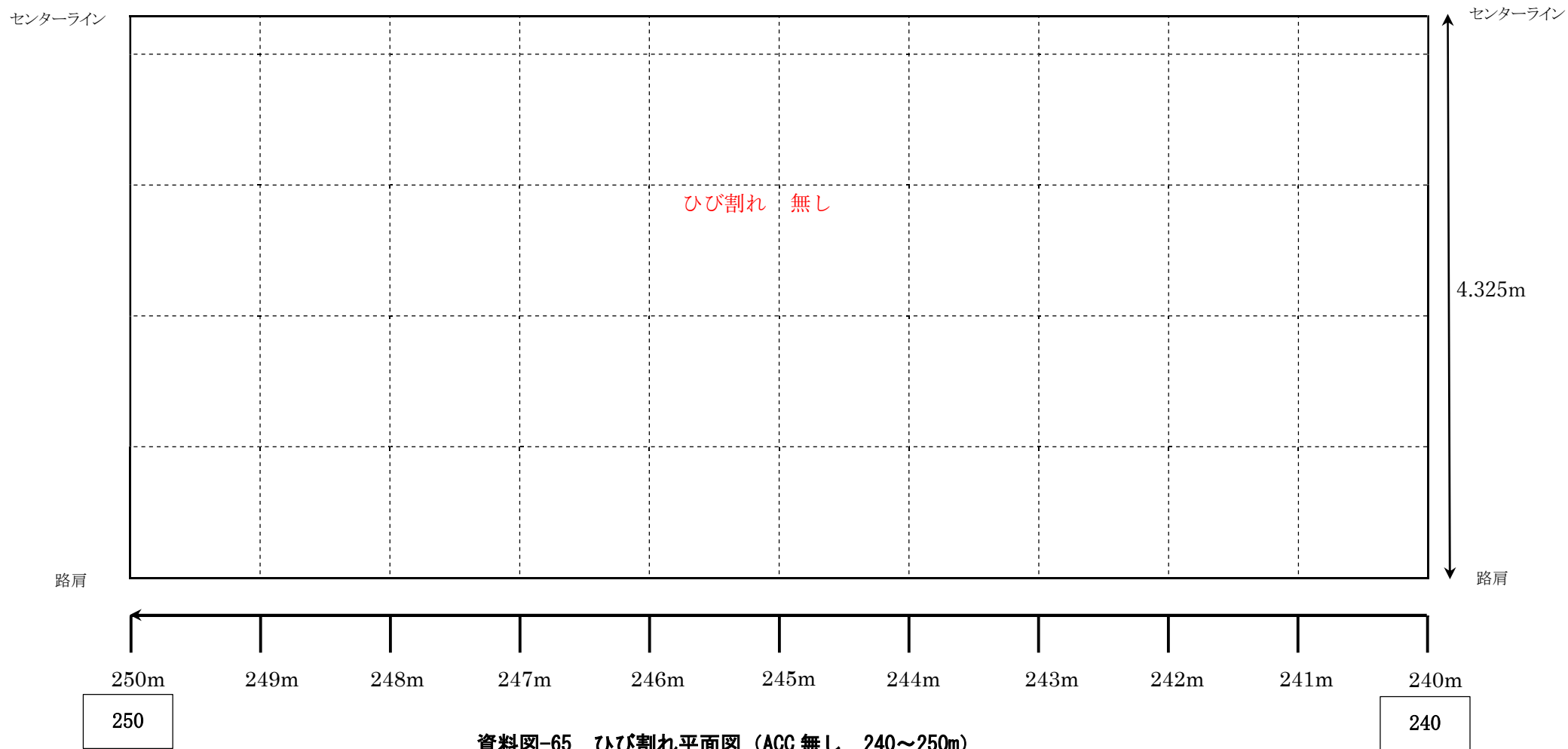
資料図-63 ひび割れ平面図 (ACC 無し 220~230m)

No. 230-240

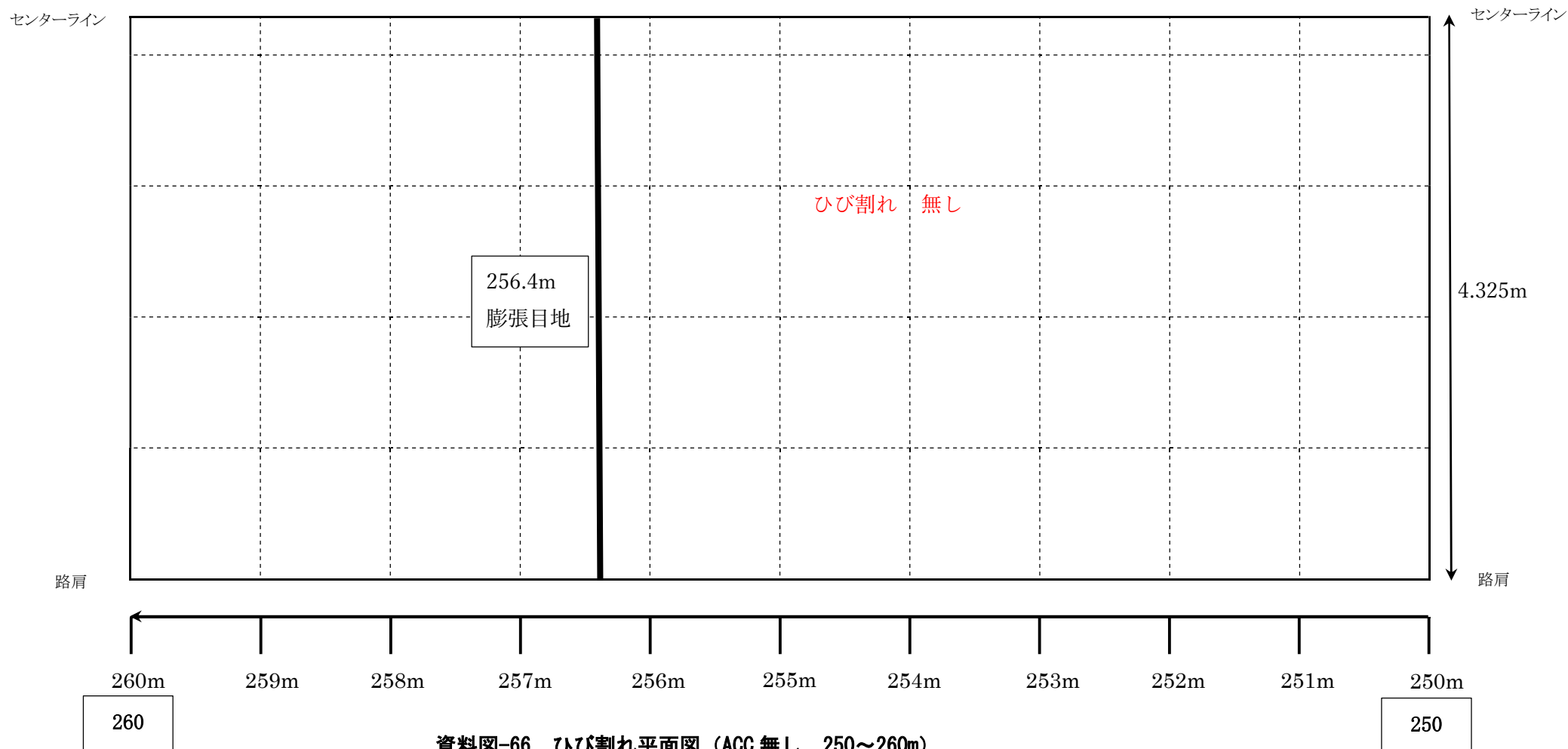


資料図-64 ひび割れ平面図 (ACC 無し 230~240m)

No. 240-250



No. 250-260



資料図-66 ひび割れ平面図 (ACC 無し 250~260m)

ISBN978-4 88175 181-7 C3358

日本海東北自動車道（秋田）内越地区改良舗装工事
連続鉄筋コンクリート舗装のアクティブクラックコントロールによるひび割れ調査報告

2024 年 3 月 11 日 発行

一般社団法人セメント協会
東京都中央区新富 2 丁目 15 番 5 号
RBM 築地ビル 2 階
電話 03 (5540) 6171 (代)

発行所 一般社団法人セメント協会 研究所
東京都北区豊島 4 丁目 17 番 33 号
電話 03 (3914) 2691 (代)

