

試験方法および評価方法

1. 試験の目的

「附属物(標識、照明施設等)点検要領(平成26年6月、国土交通省道路局)」においては、路面境界部の仕様(アスファルト、コンクリート等による被覆)、設置後の経過年数、路面付近で確認される腐食の状態等に基づいて、路面下において腐食が想定される場合には支柱の路面下の状況を掘削して確認する事としている。しかしながら、増加し続ける経年劣化と熟練技術者の減少等、様々な課題が存在する状況であり、点検結果の質を確保した上で作業の効率化を図るためには、点検支援技術の開発および普及のための環境整備が強く求められている。

このような技術については、本来、様々な形態の変状に対して、掘削することなく路面下の支柱の状況を見える化することが求められるところである。しかしながら、変状を検出する技術の原理や変状の特徴に応じて把握できる事象や誤差特性が異なるので、どのような技術を用いるとしても、その特徴を考慮して使用し、結果の解釈にも反映させることが求められる。

そこで国土交通省では、鋼製の附属物支柱の路面境界部以下における変状を把握するための非破壊検査技術について環境整備の一助となるよう、その使用条件、検査結果として用いられる指標、使用条件や変状の種類・状態に応じた検査結果の誤差特性などの特徴を比較できる資料(以下、「諸元表」という)について、共通とすべき比較項目やその比較の表示方法、その他含めるべき情報について検討を進めている。今回、検討の参考にするために、損傷の種類として腐食に特化にして、技術公募を行うものである。技術公募の目的は以下のとおりである。

1) 諸元表の構成、項目、表示方法を検討する参考にするために、対象とする構造や変状、計測原理や使用条件、使用条件や対象物や対象とする変状の特性に応じた誤差特性などについて、幅広く機器等の情報を収集すること。

2) 様々なパラメータが試験に影響を与えることが想定されるが、そのうちの一部について考慮できる試験を行い、その結果を整理することで、誤差特性等の表示方法を検討すること。

このため、今回の技術公募においては、技術の特徴や過去の検証実験結果等を事前調査票で収集する。また、最近の点検結果に基づく損傷形態の実状を踏まえ腐食を模した供試体を用いて、下記の試験区分を設定し、そこでの計測結果と供試体の模擬損傷との関係等を取りまとめて整理する。

すなわち、今回行う試験や作成する諸元表は、機器の認定を行ったり、各技術の性能に順位を付けたりするものではなく、試験で対象とする比較項目がそのまま諸元表の項目になるとは限らず、また、試験で対象とするパラメータや比較項目のみが諸元表になるとは限らないものである。

(1) 試験区分A

本試験区分は、鋼製の附属物支柱の路面境界部以下における変状(腐食の有無や程度等)の把握に関して、原理や特徴が明確であり、技術の適用条件、誤差の程度、及びこれらの背景となる過去の実証試験データが蓄積されている技術について、多様な供試体を用い、統一かつ幅広く整理した諸元表を検討するために必要なデータを得ることを目的とする。

なお、本試験に参加する技術に関する計測原理、特徴や開発者が提示する利用条件、本試験の結果等は、最終的に国土交通省が作成する諸元表の形で公表されることを前提としている。

(2) 試験区分B

本試験区分は、鋼製の附属物支柱の路面境界部以下における変状（腐食の有無等）の把握に関して、原理や特徴は明確であるものの、技術の適用条件、誤差の程度、及びこれらの背景となる過去の実証試験データの蓄積などが十分でない技術について、一層の技術開発を推進することを目的とする。

なお、本試験に参加する際の手続きは、試験区分Aと同様とするが、試験の実施については試験区分Aの技術を優先する。

また、最終的に国土交通省が作成する諸元表の形で公表されることを前提とはしていない。ただし、試験全体での結果分析等のため、試験区分Bのデータを使用する場合はある。

2. 試験の位置付け

本試験では、機器に求められる要求性能として、以下を想定している。

「原理や特徴が明確であること。並びに、技術の適用条件、誤差の程度及びこれらの根拠背景となる試験データが蓄積され、機器を利用しようとする者がこれらの情報が得られること。」

試験により性能を検証する場合、想定されるすべての条件を考慮することはできない。そこで、特定の条件を仮定したときに、開発者が示す適用条件や精度等がそのとおりに発揮されることを確認することになる。新技術の性能や特徴を明らかにするためには多角的に特徴を捉えられるように複数の条件での試験を行うことが考えられるが、例えば、以下のように段階的な試験を行う考え方が提案されている*1。これによると、本試験は、腐食事例を模した供試体を室内において計測することから、「基本性能試験」に該当する。

なお、今回行う試験や作成する諸元表は、機器の認定を行ったり、各技術の性能に順位を付けたりするものではない。

第1段階【事前調査】

- ・各技術開発者が、原理、適用範囲、精度等を明らかにしていることを確認するもの。

第2段階【基本性能試験】

- ・実際の構造物の形状や置かれる条件、損傷形状を単純化した供試体を作成し、計測を行うもの。

*1：国土総合技術研究所資料 第981号

<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0981.htm>

3. 試験方法

今回の試験は、鋼製の附属物支柱の路面境界部以下における変状の非破壊検査技術のうち、原理や特徴、技術の適用条件、誤差の程度、及びこれらの背景となる過去の実証試験データが蓄積されている技術であるか否かを確認する「(1)事前調査」、ならびに損傷を模した供試体を用いた試験（上記の「(2)基本性能試験」に相当するもの）を実施するものである。

(1) 事前調査

事前調査は、検査技術の原理や特徴、技術の適用条件、誤差の程度、及びこれらの背景となる過去の実証試験データの蓄積の程度を確認することを目的としており、応募者は以下に示す 1)～3)の項目について、様式-4により事前に申告しなければならない。

なお、試験区分Bに応募する技術については記載できる範囲でよい。また、事前調査資料で不明な点がある場合は、ヒアリング等を実施することがある。その場合は、実施時期、方法及び内容等について、別途通知する。

1) 試験区分

応募する試験区分について明らかにすること。なお、事前調査結果に基づいて試験区分は変更することがある。

2) 技術の概要

計測機器の計測原理や検出精度など、技術の特徴が明確となる事項を記述のこと。

【必須事項】

計測機器の計測原理

- (a) 対象とする損傷と計測原理
- (b) 入力値
- (c) 計測する応答
- (d) 計測応答の情報処理原理
- (e) 計測精度について公表されているデータの内容

【試験区分Aへの参加必須事項】

- (a) 検知できると考えられる損傷の種別と形状、その検出原理
- (b) 技術の適用条件、計測範囲（鋼管の厚さ、地表面からの深さ等）
- (c) 計測精度（実証データ等）
- (d) 採用実績や研究・実証実績
- (e) 計測する応答の種類、応答を受信する方法
- (f) 計測応答の情報処理原理
- (g) 計測や結果の解釈に要する事項や適用限界

3) 技術の詳細情報

① 検出対象物

計測機器の損傷検出対象物に関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 支柱本体構造別の適用性（適用可否、否の場合は原理としての判断及び検証データの有無を記載）
- (b) 支柱基部構造別の適用性（同上）
- (c) 各種材料への適用性（同上）
- (d) 支柱断面形状別の適用性（同上）
- (e) 支柱被覆別の適用性（同上）
- (f) 電気設備用開口部がある場合の適用性（同上）
- (g) 地際構造別の適用性（同上）
- (h) 試験体（人工キズ等）の適用性（同上）
- (i) 支柱外面および内面の損傷への適用性（同上）

② 計測条件

計測機器の計測条件に関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 計測機器寸法・重量
- (b) 環境条件の制約
- (c) 計測姿勢
- (d) 計測に必要な空間
- (e) 計測面の状態

- (f) 計測面の数
- (g) 計測位置特定のためのマーキング等の必要性
- (h) 計測にあたっての許認可事項
- (i) 対象物の磁性や残留応力等の影響

③ 予備情報

予備情報が必要な場合は、予備情報に関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 予備情報の必要性
- (b) 予備情報の種類
- (c) 予備情報の影響

④ キャリブレーション

キャリブレーションに関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) キャリブレーション実施の必要性
- (b) キャリブレーションの方法
- (c) キャリブレーションの基準としている対象物
- (d) キャリブレーションの所要時間
- (e) 計測値の感度調整方法

⑤ 計測手順

計測作業全体及び個々の供試体を対象に、計測方法に関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 計測作業項目
- (b) 計測手順
- (c) 作業時間

⑥ 結果の出力

計測値の出力に関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 現地での計測結果の出力方法
- (b) 現地での検査結果（検出した不具合等）の表示の可否
- (c) 計測当日に提出可能な計測結果及び検査結果
- (d) 現地での計測結果の改ざん防止の方法

⑦ 検査結果の報告

検査結果の報告に関する次の各項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 検査結果の作成期間
- (b) 検査結果の報告方法
- (c) 現地計測値と後日提出の検査結果の同一性の証明方法

⑧ 実施体制

計測を実施する体制に関する次の項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 人員体制

⑨ 分解能

計測技術の分解能に関する次の項目について、事前に明らかにすること。

- (a) 支柱の腐食程度について、最小板厚mm単位での検出可否
- (b) 損傷の上下端深さ、最大減肉位置についてmm単位での検出可否
- (c) 測定範囲4区分（0° , 90° , 180° , 270° ）での検出可否

⑩ その他

その他、特筆すべき特徴等があれば記載すること。

(2) 基本性能試験

基本性能試験は、グラインダ等で人工的に変状させた支柱20体程度の供試体を対象に、応募者の技術を用い、変状（腐食、き裂）を検出するものである。

4. 基本性能試験概要

(1) 試験時期・場所

試験時期：対象技術の選定後、平成31年春頃を予定

試験場所：国土交通省が別途指定する屋内試験場所

(2) 対象とする路面境界部での変状検出技術

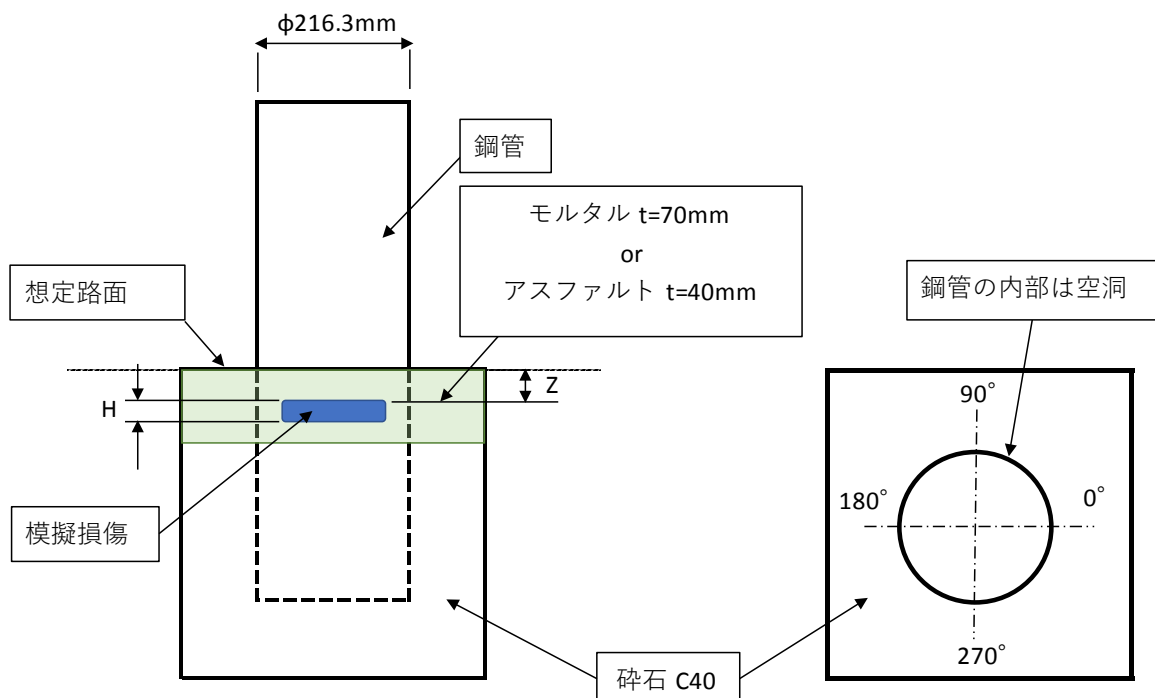
以下の検出が可能な技術を対象とする。

- ・ 道路附属物支柱の路面境界部で発生した支柱の変状に関して地上部から非掘削、非破壊で変状を検出できること。

5. 基本性能試験方法（案）

(1) 試験対象

- ・ 供試体： 下図に示すような供試体を想定している。
- ・ 支柱部： 外径 200mm 程度の丸鋼管（種類 STK400，亜鉛めっき仕上げ等）
肉厚 6mm 程度
長さ 800mm 程度
- ・ 基礎部： 下図に示すとおり、箱状の容器（コンクリート製を想定）に地表面近傍まで路盤材（C40）を充填し、上面はモルタルもしくはアスファルト等で覆う。なお、容器内は自然乾燥状態とする。
寸法： 400mm×400mm×400mm 程度
- ・ 損傷： 深さZおよび幅Hは試験のパラメータとする。



(2) 試験条件

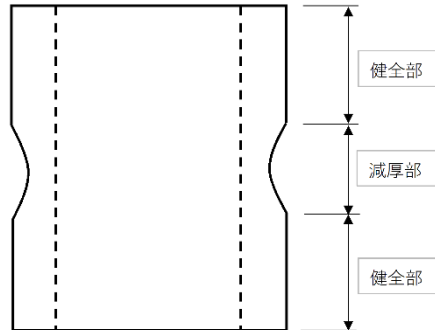
1) 試験環境について

- ・ 供試体は全て屋内で保管し、試験も屋内にて実施することにより、可能な範囲で気象、気温等の影響を排除する。埋設部は自然乾燥状態とする。
- ・ 供試体数 : 20 体程度
- ・ 供試体は床面にそれぞれ 1 m 以上の間隔で設置する。
- ・ 電源は提供しない。

2) 支柱鋼管の模擬変状について

標識・照明柱地際部に関する最近の点検・調査結果によれば、発生している損傷のほとんどが腐食であることから、腐食を模擬した鋼管肉厚の一部欠損を有する供試体を製作する。

- ・ 標準的な支柱鋼管の模擬変状は点検から多く見られる地表面から下側に 0mm～100mm 程度の位置に設定する。なお、全周にわたる減厚の程度については、点検での活用を想定していることから破断には至らない程度として、鋼管外面をグラインダ等により、最大減厚まで面的に緩やかな変化とする（下図参照）。なお、模擬変状の詳細な形状は、実際の腐食損傷の形状と加工の難易度を考慮して決定するが、実際に腐食した供試体についても準備する。
また、供試体作成時に磁化する可能性に対してはどのような脱磁処理が可能かについても検討のうえ、試験実施までに脱磁の実施の有無、方法について応募者に通知する。
- ・ 上記の腐食を想定した減厚の程度は、1 供試体においても母材厚の 25% 程度の減厚から貫通状態まで平面方向に (0° , 90° , 180° , 270°) に変化させた供試体も設定する。



3) 試験体の構造詳細について

- ・ 試験体は箱形のコンクリート製の外殻の中に砕石を充填し、鋼管を埋設する。砕石部分の内幅寸法を 400mm 程度とする。鋼管は採用実績が多い丸鋼管とする。
- ・ 鋼管は照明等に使用される鋼管を 800mm 程度の長さに切断し、切断面はディスクサンダー等によりバリを処理した程度の仕上げとする。
- ・ 鋼管の表面処理としては、照明柱等に用いられる一般的な塗装もしくは亜鉛メッキ塗装とする。
- ・ 鋼材の腐食物の発生等に起因する基礎部上面のモルタルあるいはアスファルトと鋼管の隙間については腐食状態によっても変化すると考える。このことを考慮し、意図的に隙間を設けた供試体についても設定する。なお、意図的に隙間を設けない試験体について、乾燥収縮等で自然に生じる隙間はそのままの状態とする。
- ・ 鋼管の底部は、不織布などを砕石の上に敷いた上に設置し埋設することにより、鋼管内部への異物の侵入を防止し、空洞状態を確保する。
- ・ 鋼管柱上部は、同様の金属もしくはプラスチック等のキャップで覆い、内部は不可

視の状態とする。

- ・ 鋼管には 0° , 90° , 180° , 270° のマーキングを行い計測位置の誤認を防止する。
- ・ 路面を模した表面処理は、アスファルトは常温合材を使用する。モルタルおよびアスファルトは施工時には鋼管柱に密着しているが、試験実施時には実際の状況に近く、乾燥収縮等により若干の隙間が空く部分が発生すると想定される。
- ・ また、アスファルト及びモルタルと鋼管柱の接触部分に目地などは設けず、塗装面に直接接触れる様態とする。

(3) 計測

- ・ 計測方法は、供試体における想定路面より高い位置からの計測に限るが、測点数は制限しない。
- ・ 供試体の磁性が計測結果に影響を及ぼす場合は、必要に応じて脱磁等の前処理を行ってもよい。
- ・ 供試体には予め、平面的に4方向 (0° , 90° , 180° , 270°) にマーキングされており、応募者は、1 供試体について上記の方向ごとに状況を報告する。
- ・ 変状に対する計測結果は残存板厚を報告する。また、変状の深さについては少なくとも 10mm 単位の精度で報告する。
- ・ 応募者が事前調査において報告した、計測出来ない条件に該当する供試体については、予め検査対象から除外する。この場合、計測及び解析結果の申告は不要となり、適用条件に適合する供試体の計測による解析結果のみが評価対象となる。なお、除外対象となる供試体は、試験前に計測者に書面にて伝える。

(4) 計測結果の報告

各技術で計測した変状について所定の様式により報告する。なお、別紙-2に報告書のイメージを例示する。

6. 試験結果の整理等について

(1) 供試体の解体および損傷状態の確認

国土交通省は、供試体中の支柱鋼管の変状は供試体作成時における厚さ等の計測記録、工程写真記録等で確認することを原則とする。

(2) 評価指標の整理

国土交通省は、別紙-3に示す評価指標を整理する。

また、計測結果の図表や可視化表示等の見やすさなど、各技術の優れた特徴などについても整理する。

(3) 諸元表の作成について

国土交通省は、以下の項目を記載した諸元表を作成する。

- ・ 技術名
- ・ 応募者名
- ・ 適用条件
- ・ 技術の特徴
- ・ 評価指標
- ・ その他特記事項

(4) 諸元表の公表について

試験区分Aに応募するものについては、公表に同意することを応募条件とし、全応募者の試験結果を公表する。

(5) 試験費用の負担について

- ・ 試験の実施に関する計測、データ整理、解析等に伴う費用については、応募者が負担する。
- ・ 供試体の計画、製作、保管・管理、諸元表の整理に伴う費用は、国土交通省が負担する。

1. 供試体情報（例示）

供試体番号	X
支柱外径 (mm)	216.3
母材厚 (mm)	5.8
上面仕様	モルタル (t=70mm)

供試体番号	Y
支柱外径 (mm)	216.3
母材厚 (mm)	5.8
上面仕様	モルタル (t=70mm)

供試体番号	Z
支柱外径 (mm)	216.3
母材厚 (mm)	5.8
上面仕様	モルタル (t=70mm)

2. 計測結果（例示）

位置	0 °	90 °	180 °	270 °
損傷の有無	有	無	有	有
損傷上端 (mm)	40		30	20
損傷下端 (mm)	60		50	50
最小板厚 (mm)	4.5		3.0	3.0
備考				

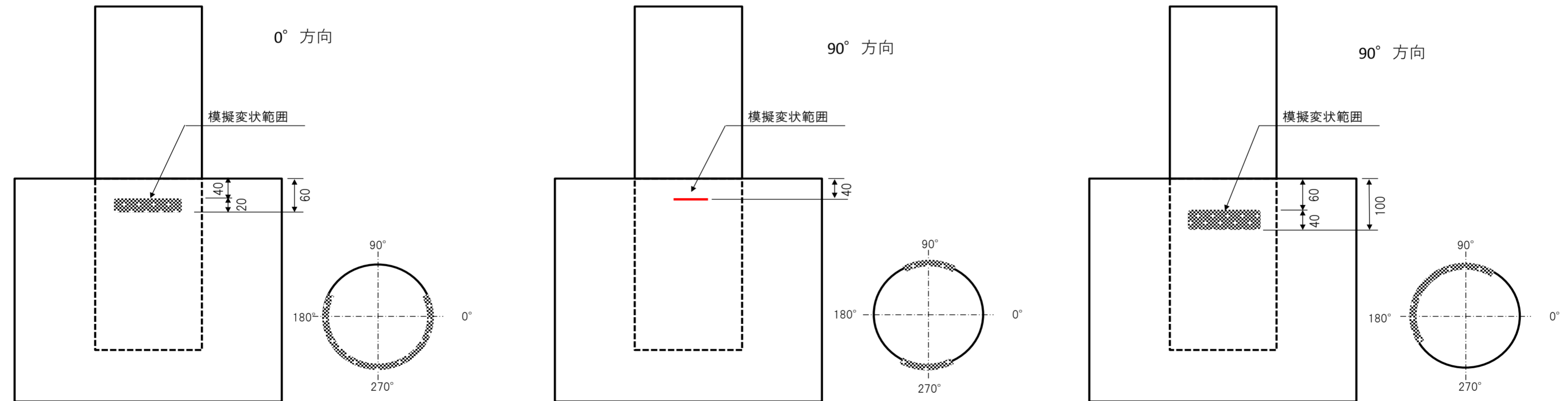
位置	0 °	90 °	180 °	270 °
損傷の有無	無	有	無	有
損傷上端 (mm)		40		60
損傷下端 (mm)		40		60
最小板厚 (mm)		2.0		0.0
備考		水平方向の き裂状		水平方向の き裂状

位置	0 °	90 °	180 °	270 °
損傷の有無	無	有	有	無
損傷上端 (mm)		60	70	
損傷下端 (mm)		100	90	
最小板厚 (mm)		3.0	0.0	
備考			貫通口 L=100mm	

注 1) 計測値が不明の場合、「－」を記載のこと。

注 2) 損傷がない場合には、損傷上端、損傷下端、最小板厚の記載は不要。

(参考) 変状のイメージ



性能評価項目及び評価指標（案）

性能評価項目		内容	評価指標	備考
基本性能試験で 確認する評価項目	品質	損傷の有無を正しく検出する割合により評価	正検出率	*1
		変状のある支柱を確実に検出することによる構造物の機能保持性	誤検出率（危険側）	*2
		変状のない支柱を変状があると判定しないことによる不要作業の排除性	誤検出率（安全側）	*3
	分解能	損傷の範囲	供試体と計測の差	水平方向および鉛直方向 別紙-4参照
		損傷の程度	供試体と計測の差	別紙-4参照
	客観性 再現性	変状の判定に関する客観性、同一事象に対して同一の判断をする再現性	同左	同一事象に対する計測結果のばらつき、計測結果の出力方法等

*1： 正検出率 = (正解数) / (全試験体数) 又は、正検出率 = (正解数) / (対象とする特徴を有する試験体)

*2： 誤検出率（危険側） = (見落数) / (変状あり試験体数)

*3： 誤検出率（安全側） = (誤検出数) / (変状なし試験体数)

ここで、

正検出数 : 変状の有無について、応募者の判別が正しかった試験体の数

誤検出数（危険側） : 「変状あり」の試験体に対し、応募者が「変状なし」と判別した試験体の数

誤検出数（安全側） : 「変状なし」の試験体に対し、応募者が「変状あり」と判別した試験体の数

諸元表の作成にあたっての特記事項

特記事項	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上記の評価指標については、機器の特徴、検測適用条件、供試体に付与した特性などにより場合分けして表現する事を予定している。 ・ ここで示した評価指標や今回試験条件以外にも、諸元表に記載する項目や標示方法は、事前調査で得られた情報などを元に検討することを予定している。 ・ 計測結果の図表や可視化表示等の見やすさなど、各技術の特徴などについても整理することを予定している。
------	--

計測結果整理表（案）

1. 供試体情報

供試体番号	x
支柱外径 (mm)	216.3
母材厚 (mm)	5.8
上面仕様	モルタル (t=70mm)

2. 計測結果（変状の状況）

	位置	0°	90°	180°	270°
計測結果	損傷の有無	有	無	有	有
	損傷上端 (mm)	40		30	20
	損傷下端 (mm)	60		50	50
	最小板厚 (mm)	4.5		3.0	3.0
供試体	損傷の有無	無	有	有	有
	損傷上端 (mm)		40	20	20
	損傷下端 (mm)		80	60	60
	最小板厚 (mm)		4.5	4.5	0.0
変状の有無	正検出			○	○
	誤検出 (危険側)		○		
	誤検出 (安全側)	○			
計測誤差	損傷上端 (mm)			10.0	0.0
	損傷幅 (mm)			-20.0	-10.0
	損傷程度 (%)	22	-22	26	

