

## 第5章 非破壊検査技術の性能評価手法の検証（提案と試行）

### 5.1 模擬供試体を使用した非破壊検査技術の基本性能の検証

#### 5.1.1 概要

検査を実施した非破壊検査技術の多くが定性的な評価をする検査技術であること、半数がキャリブレーションを必要とすることから、標準的な仕様で施工されたアンカー（以下、健全アンカー）の図面がある場合や、健全アンカーに対するキャリブレーションを実施することで、健全アンカーの計測結果との相对比较によって正答率が高くなることが想定される。しかし、実構造物へ非破壊検査技術を活用する場合、あと施工アンカーの施工図面がないことやキャリブレーションするための健全アンカーの選定が困難なことが想定され、キャリブレーションの有無が検査結果に及ぼす影響を事前に把握しておくことで、検査結果の信頼性を考慮した非破壊検査技術の活用が可能になると考えられる。そこで本節では、実橋への適用性を確認する前に予備情報を与えた状態で健全なアンカーや不具合を模擬したアンカーを混在させた模擬供試体②に対して非破壊検査を実施し、4章で実施した予備情報がない検査結果との比較によって、予備情報の有無が検査技術の基本性能に及ぼす影響について確認する。

#### 5.1.2 検証対象とした非破壊検査技術

非破壊検査技術の基本性能の検証では8技術について非破壊検査の検証を行った(表-5.1.1)。検査は共同研究者がそれぞれ行った。

表-5.1.1 検証対象技術一覧

検証対象技術	合計
技術 A、技術 B、技術 C、技術 D、技術 E、技術 G、技術 H、技術 I	8 技術

#### 5.1.3 検査に用いる供試体とあと施工アンカーに模擬する不具合等の種類

非破壊検査技術の基本性能の検証では、健全供試体と模擬供試体②を用いて健全なアンカーの図面やそのアンカーによる装置のキャリブレーション等の予備情報を与えた状態で検査を実施する。健全供試体に配置されたあと施工アンカー一覧を表-5.1.2、模擬供試体②に配置されたあと施工アンカー一覧を表-5.1.3、あと施工アンカーの配置箇所を図-5.1.1 に示す。

健全供試体には予備情報として検査機器のキャリブレーションに使用する健全アンカーを5本配置している。健全アンカーは樹脂カプセルで M16、樹脂注入で M16、M18、金属スリーブで M18、M24 のアンカーボルトについて、不具合等を模擬せず標準的な方法で施工している。なお、供試体数とあと施工アンカー配置数の都合で、一部検査用のあと施工アンカー（軸力の影響確認用）を健全供試体に配置している（37～40）。模擬供試体②には、予備情報を与えた後で非破壊検査を実施するための不具合を模擬したあと施工アンカーを配置している。模擬供試体②は版型で下向きに検査を行うものであるが、充填不足については上向きであと施工アンカーを施工した場合に生じる可能性のある未充填部（あと施工アンカー施工用削孔の奥側に未充填部が存在する状態）も模擬している。また、次節で使用する軸力を

導入したあと施工アンカーも配置している。

表-5.1.2 健全供試体のあと施工アンカー一覧

No.	アンカー種別	アンカーの呼び径(mm)	施工方向	模擬した状態	樹脂充填率(%)
a	樹脂カプセル	M16	下向き	健全	100
b	樹脂注入	M16		健全	100
c		M18		健全	100
d		M16		健全	
e	金属スリーブ	M24		健全	
37	樹脂注入	M16	下向き	健全、軸力導入(トルク50%)	100
38				健全、軸力導入(トルク100%)	100
39	金属スリーブ	M16	下向き	健全、軸力導入(トルク50%)	
40				健全、軸力導入(トルク100%)	

表-5.1.3 模擬供試体②のあと施工アンカー一覧

No.	アンカー種別	アンカーの呼び径(mm)	施工方向	模擬した不具合(状態)	樹脂充填率(%)
1	樹脂カプセル	M16	下向き	鋼材長不足(10D→130mm)	100
2				鋼材長不足(10D→5D)	100
3				鋼材長不足(10D→2.5D)	100
4				鋼材破断	100
5				斜め削孔(5°)	100
6				充填不足(小)	75
7				充填不足(中)	50
8				充填不足(大)	25
9				健全	100
10				硬化不良	100
11				付着不良	100
12				鋼材腐食(全面)	100
13				削孔径大(φ19mm → φ26mm)	100
14				削孔長深(10D→12.5D)	100 <sup>※1</sup>
15				削孔長深	100
16	樹脂注入	M16	下向き	充填不足(小)	75
17				充填不足(中)	50
18				充填不足(大)	25
19				硬化不良	100
20				付着不良	100
21				健全	100
22			充填不足(中)、軸力導入(トルク50%)	50	
23			充填不足(中)、軸力導入(トルク100%)	50	
24			上向き(模擬)	充填不足(小)	75
25				充填不足(中)	50
26				充填不足(大)	25
27			M18	下向き	充填不足(小)
28	健全	100			
29	充てん不足(中)	50			
30	充てん不足(大)	25			
31	金属スリーブ	M16	下向き	健全	
32				拡張不足(半打込み)	
33				削孔径大(φ22.5mm→φ26.5mm)	
34				削孔径大(φ33.0mm→φ38mm)	
35				拡張不足(半打込み)	
36	M24	健全			

※1 標準削孔長時に100%に近くなる充填量とする。

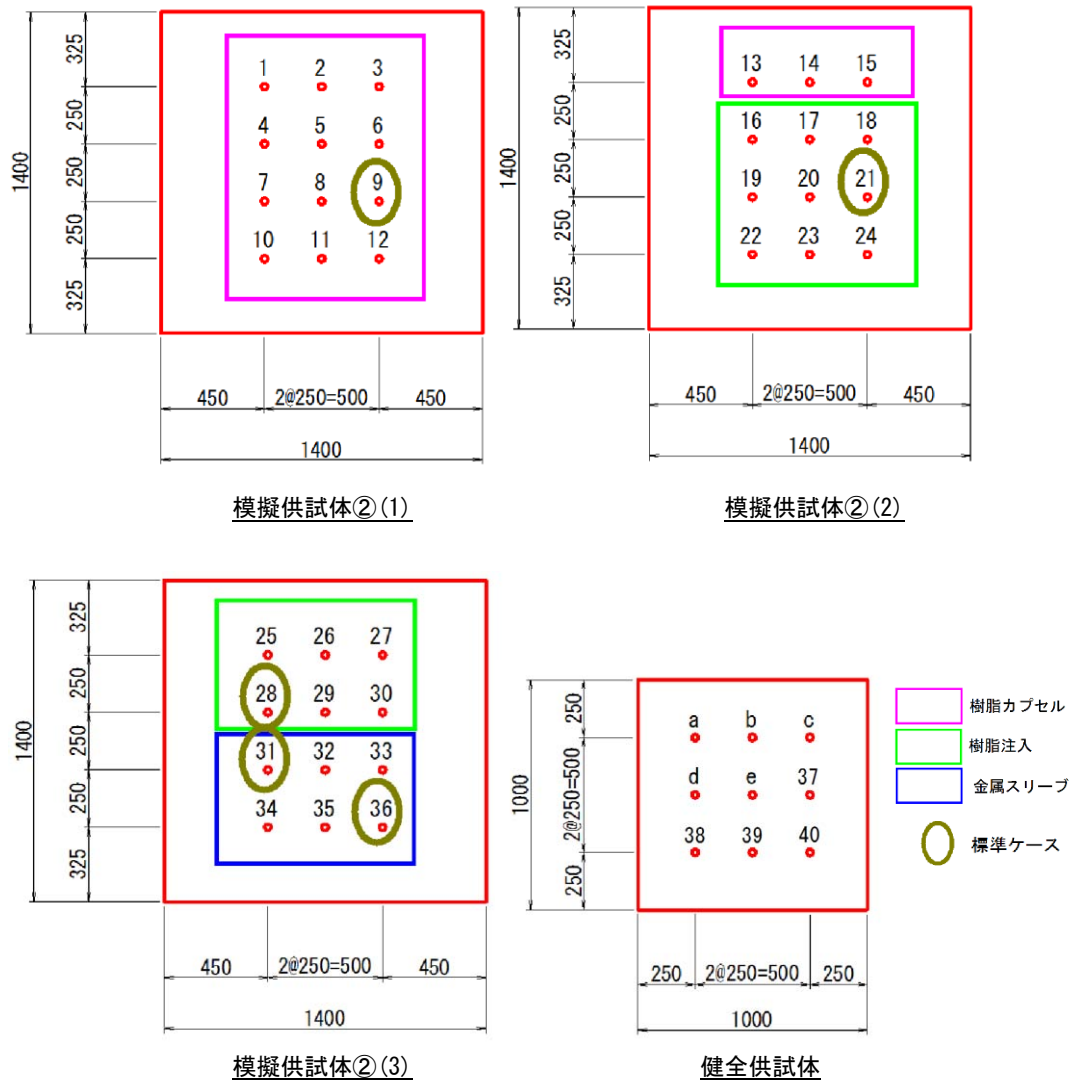


図-5.1.1 あと施工アンカー配置箇所

#### 5.1.4 検査条件

##### ①評価項目と着目点

評価項目と着目点は表-5.1.4 のとおりである。

表-5.1.4 評価項目と着目点

評価項目	着目点
予備情報(健全アンカーの図面又は健全アンカーによるキャリブレーションのデータ)の有無による検知性能	予備情報の有無が非破壊検査の検知性能や検査精度、作業性能に与える影響について把握する。

##### ②確認項目

表-5.1.4 で整理した評価項目が把握できるように表-5.1.5 のとおり検査項目を設定して実務を想定した検査要領書を作成し、この検査要領書に従って各共同研究者が非破壊検査を実施した。

表-5.1.5 検査要領の確認項目

確認項目	内容
1) あと施工アンカーボルト及びアンカー削孔の形状	①あと施工アンカーボルト鋼材長 ②あと施工アンカーの埋め込み長 ③あと施工アンカー削孔径 ④あと施工アンカー削孔長 ⑤接着系アンカーの樹脂充填状況 ⑥金属系アンカーの定着状況
2) あと施工アンカーボルトの健全性	①あと施工アンカーの引張耐力 ②あと施工アンカー仕様(標準もしくは非標準の判定) ③あと施工アンカーの健全性(変状・損傷の検出) ④検出した変状の種類、定量値
3) 検査条件	①検査の条件を詳細に明記(様式自由) ②使用した予備情報を明記 ③測定ごとに検査条件が異なる場合は、測定ごとに条件を記載
4) 検査精度の評価	①本検査の推定精度についての自社評価と根拠について記載 ②機器性能等の性能により測定が不可能な場合、その理由
5) 使用機器及び作業性	①使用機器の緒元 ②使用機器の写真 ③作業性 ④計測結果のとりまとめに要した時間

### ③検査時の予備情報

各共同研究者へ予備情報（健全アンカーの図面、検査前の健全アンカーを使用したキャリブレーション）の必要性の有無について事前に実施したアンケートに従って表-5.1.6 のとおり予備情報を与えた条件で検査を実施した。技術 C、技術 D、技術 E には図面のみ、それ以外の検査技術には両方の予備情報を与えた。

表-5.1.6 各共同研究者へ与えた予備情報

予備情報種類	技術 A	技術 B	技術 C	技術 D	技術 E	技術 G	技術 H	技術 I
図面	○	○	○	○	○	○	○	○
キャリブレーション	○	○	－	－	－	○	○	○

## 5.1.5 基本性能の検証結果

### ①用語の定義

結果の整理で使用する用語の定義は 4.2.1 と同様とする。

### ②検査結果の整理

共同研究者による検査結果を以下の通り整理した。

#### (1)検知可能なあと施工アンカー定着部の内部不具合等

各検査技術が検知可能なあと施工アンカー定着部の内部不具合等について、自己申告も含めて予備情報なしと予備情報ありで検査結果を比較・整理することで、予備情報が検査結果に及ぼす影響を確認する。表-5.1.7～表-5.1.8 のとおり整理した。

#### (2)あと施工アンカー定着部の内部不具合等の判定方法

予備情報がある場合の不具合等の判定方法について表-5.1.9～表-5.1.10 のとおり整理した。また、予備情報があることにより定量的に判定できる検査技術の分解能について表-5.1.11～表-5.1.12 のとおり整理した。

#### (3)あと施工アンカー定着部の内部不具合等の検査精度（正答率又は計測誤差）

予備情報がある場合の各確認項目に対する検査精度（正答率）について表-5.1.13～表-5.1.24、図-5.1.2～図-5.1.11 のとおり整理した。さらに、定量的に判定できる検査技術については、計測誤差により整理した。

#### (4)各検査技術の作業性能

予備情報がある場合の作業性について表-5.1.25、図-5.1.12、各検査技術の作業時間とあと施工アンカーの健全性の正答率との関係について表-5.1.26、図-5.1.13 のとおり整理した。



表-5.1.9 検知した内部不具合等の評価方法の整理（樹脂系）

検査項目	検査原理	定着方法		技術A		技術B		技術C		技術D		技術E		技術G		技術H		技術I		
		定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	
①	あと施工アンカーボルト 鋼材長の絶対値						○													—
							○													—
②	あと施工アンカーボルト 埋め込み長の絶対値						○													
③	あと施工アンカー 削孔径の絶対値																			
④	あと施工アンカー 削孔長さの絶対値																			
⑤-1	あと施工アンカー 樹脂充填状況	○					○													○
⑤-2	健全or否 充填率																			—
⑥	あと施工アンカーボルト 引張耐力の絶対値																			
⑦	あと施工アンカーボルト 健全性(健全or否)						○													○

○：評価可能  
—：未計測  
空欄：検査対象外

表-5.1.10 検知した内部不具合等の評価方法の整理（金属系）

検査項目	検査原理	定着方法		技術A		技術B		技術C		技術D		技術E		技術G		技術H		技術I		
		定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	定性的	定量的	
①	あと施工アンカーボルト 鋼材長の絶対値						○													—
							○													—
②	あと施工アンカーボルト 埋め込み長の絶対値						○													
③	あと施工アンカー 削孔径																			
④	あと施工アンカー 削孔長さ																			
⑤-1	あと施工アンカー スリーブ打込状況						○													○
⑤-2	健全or否 打込率																			
⑥	あと施工アンカーボルト 耐力(引張強度)																			
⑦	あと施工アンカーボルト 健全性(健全or否)						○													○

○：評価可能  
—：未計測  
空欄：検査対象外

表-5.1.11 検知した内部不具合の評価方法の整理（樹脂系）

検査項目	検査技術	定着方法	技術B
①	あと施工アンカーボルト 鋼材長の絶対値	樹脂系	1mm
②	あと施工アンカーボルト 埋め込み長の絶対値		1mm

表-5.1.12 検知した内部不具合の評価方法の整理（金属系）

検査項目	検査技術	定着方法	技術B
①	あと施工アンカーボルト 鋼材長の絶対値	金属系	1mm
②	あと施工アンカーボルト 埋め込み長の絶対値		1mm



表-5.1.13 あと施工アンカーボルト長さの検査精度（樹脂系）【定量的判定】

【単位:本】

計測誤差 (mm)	検査技術	技術B
~-51		
-50~-41		
-40~-31		
-30~-21		
-20~-11		
-10~-1		6
0		3
1~10		18
11~20		
21~30		
31~40		
41~50		
51~		1
合計		28

※実際のアンカーボルト鋼材長の絶対値に対する計測誤差  
 ※マイナスは短く評価、プラスは長く評価

表-5.1.14 あと施工アンカーボルト長さの検査精度（金属系）【定量的判定】

【単位:本】

計測誤差 (mm)	検査技術	技術B
~-51		
-50~-41		
-40~-31		
-30~-21		
-20~-11		
-10~-1		1
0		2
1~10		3
11~20		
21~30		
31~40		
41~50		
51~		
合計		6

※実際のアンカーボルト鋼材長の絶対値に対する計測誤差  
 ※マイナスは短く評価、プラスは長く評価

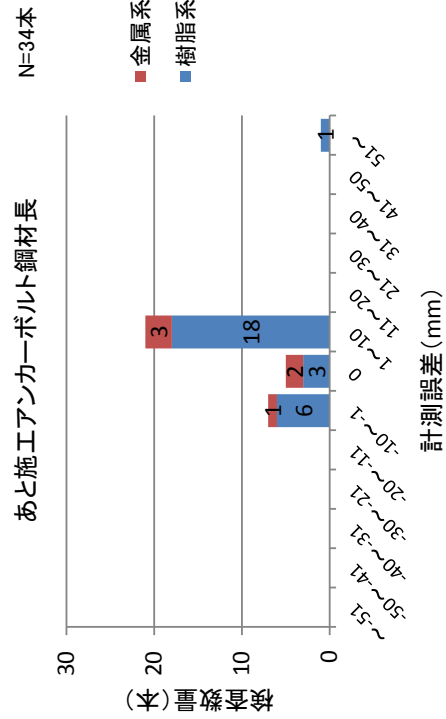


図-5.1.2 あと施工アンカーボルト長さの誤差分布（技術B）

表-5.1.15 あと施工アンカーボルト埋め込み長の検査精度（樹脂系）  
【定量的評価】

計測誤差 (mm)	検査技術	技術B
～51		
-50～-41		
-40～-31		
-30～-21		
-20～-11		
-10～-1		3
0		7
1～10		17
11～20		
21～30		
31～40		
41～50		
51～		1
合計		28

※実際のアンカーボルト埋め込み長の絶対値に対する計測誤差  
※マイナスは短く評価、プラスは長く評価

表-5.1.16 あと施工アンカーボルト埋め込み長の検査精度（金属系）  
【定量的評価】

計測誤差 (mm)	検査技術	技術B
～51mm		
-50～-41mm		
-40～-31mm		
-30～-21mm		
-20～-11mm		
-10～-1mm		1
0mm		
1～10mm		5
11～20mm		
21～30mm		
31～40mm		
41～50mm		
51mm～		
合計		6

※実際のアンカーボルト埋め込み長の絶対値に対する計測誤差  
※マイナスは短く評価、プラスは長く評価

あと施工アンカーボルト埋め込み長 N=34本

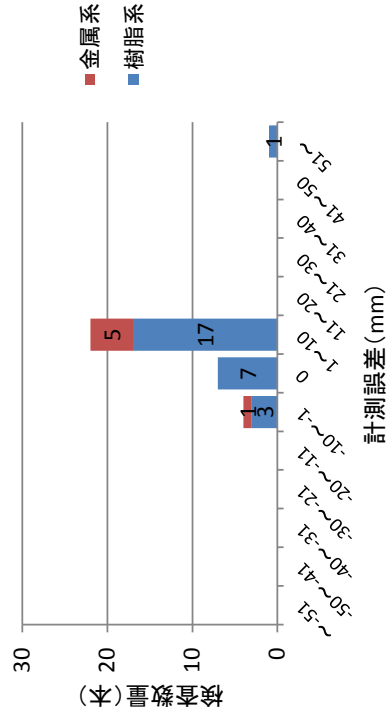


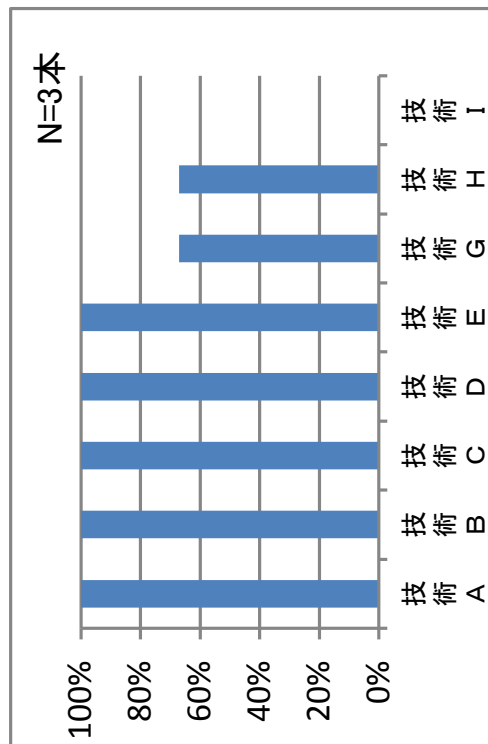
図-5.1.3 あと施工アンカーボルト埋め込み長の誤差分布（技術B）

表-5.1.17 あと施工アンカーボルト樹脂充填状況（健全 or 否） 「充填不足なし」 判定の正答率（樹脂系） 【定性的判定】

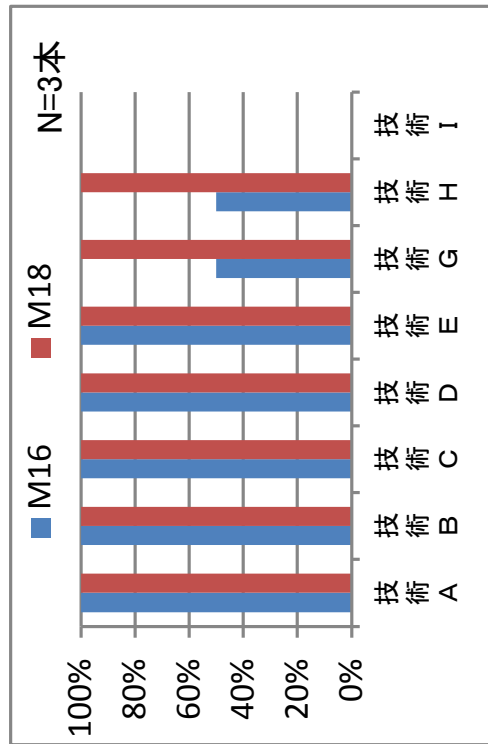
検査技術 検査条件	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I
全体	100%	100%	100%	100%	100%	67%	67%	0%
M16	100%	100%	100%	100%	100%	50%	50%	0%
M18	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%

アンカーの状態	検査結果	判定
健全	健全	正答
	否	空振
否 (健全外)	健全	見逃し
	否	正答 空振

健全:ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状がない状態  
 否(健全外):ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状が生じている状態  
 正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
 空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合



(1) 全体



(2) 径による分類

図-5.1.4 あと施工アンカーボルト樹脂充填状況（健全 or 否） 「充填不足なし」 判定の正答率（樹脂系） 【定性的判定】

表-5.1.18 あと施工アンカーボルト樹脂充填状況（健全 or 否） 「充填不足あり」判定の正答率（樹脂系） 【定性的判定】

検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I
検査条件								
全体	33%	33%	58%	58%	58%	92%	92%	92%
M16	22%	22%	56%	44%	56%	89%	89%	89%
M18	67%	67%	67%	100%	67%	100%	100%	100%

アンカーの状態	検査結果	判定
健全	健全	正答
	否	空振
否 (健全外)	健全	見逃し
	否(内容違い)	正答 空振

健全:ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状がない状態  
 否(健全外):ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状が生じている状態  
 正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
 空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合

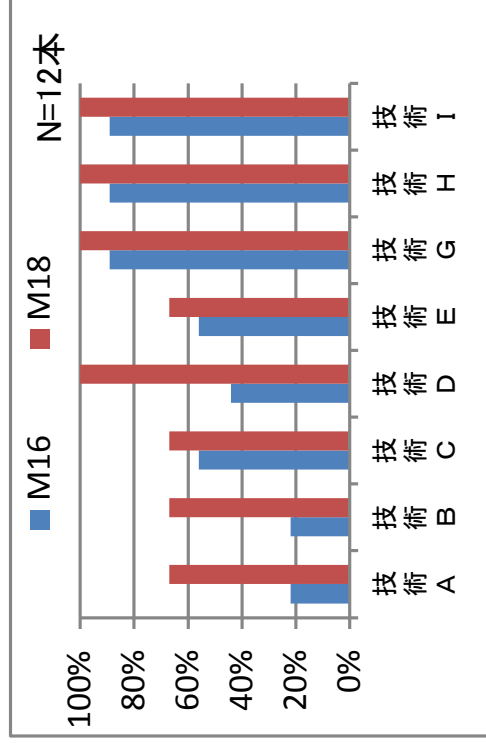
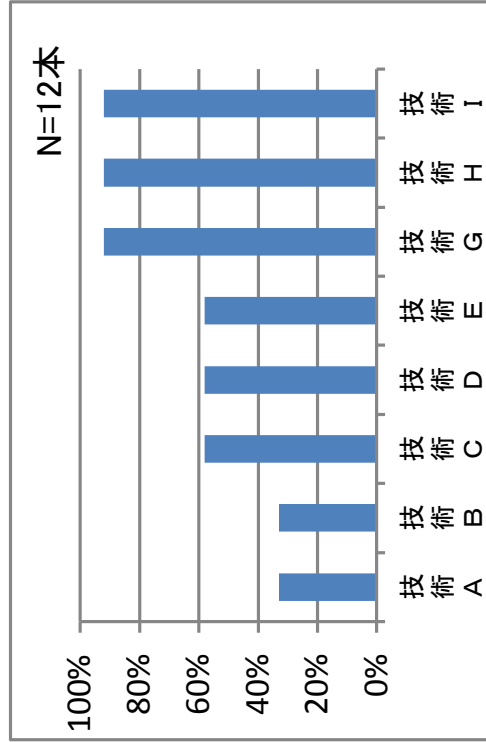


図-5.1.5 あと施工アンカーボルト樹脂充填状況（健全 or 否） 「充填不足あり」判定の正答率（樹脂系） 【定性的判定】

表-5.1.19 あと施工アンカーボルトスリーブ打込み状況（健全 or 否） 「打込み不足なし」 判定の正答率（金属系） 【定性的判定】

検査技術 検査条件	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I
全体	50%	100%	0%	50%	100%	0%	50%	0%
M16	100%	100%	0%	100%	100%	0%	0%	0%
M24	0%	100%	0%	0%	100%	0%	100%	0%

アンカーの状態	検査結果	判定
健全	健全	正答
	否	空振
否 (健全外)	健全	見逃し
	否 (内容違い)	正答 空振

健全:ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状がない状態  
 否(健全外):ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に要状が生じている状態  
 正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
 空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合

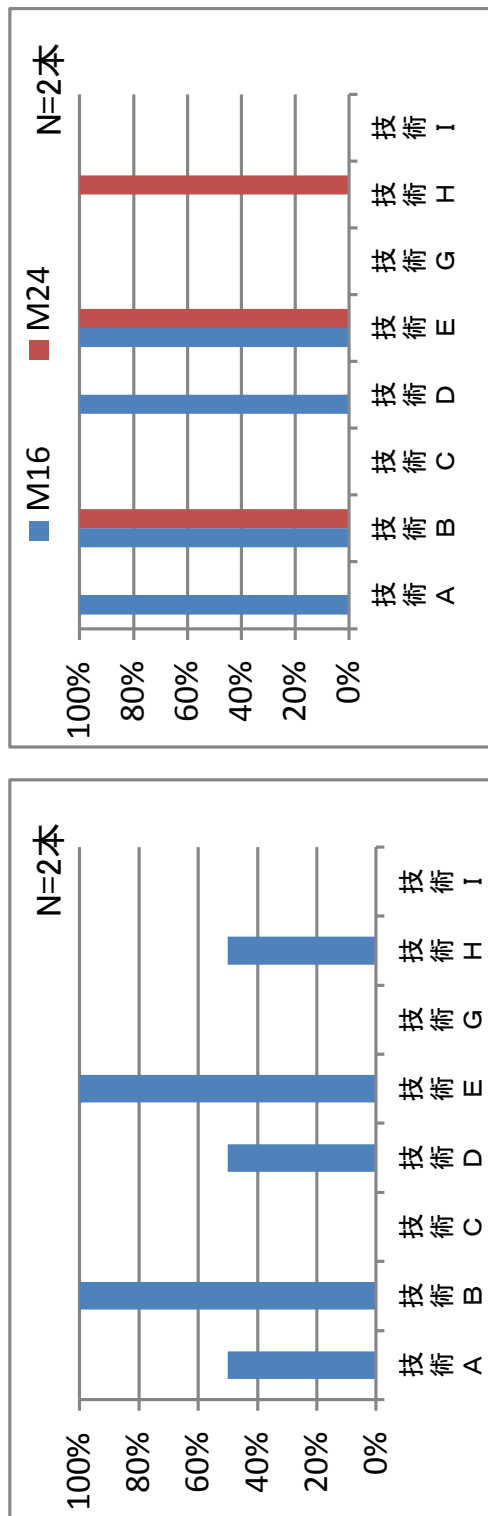


図-5.1.6 あと施工アンカーボルトスリーブ打込み（健全 or 否） 「打込み不足なし」 判定の正答率（金属系） 【定性的判定】

表-5.1.20 あと施工アンカーボルトスリーブ打込み状況（健全 or 否） 「打込み不足あり」判定の正答率（金属系） 【定性的判定】

検査技術 検査条件	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I
全体	0%	25%	100%	50%	25%	75%	100%	100%
M16	0%	0%	100%	0%	50%	100%	100%	100%
M24	0%	50%	100%	100%	0%	50%	100%	100%

アンカーの状態	検査結果	判定
健全	健全	正答
	否	空振
否 (健全外)	健全	見逃し
	否 (内容違い)	正答 空振

健全:ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状がない状態  
 否(健全外):ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状が生じている状態  
 正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
 空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合

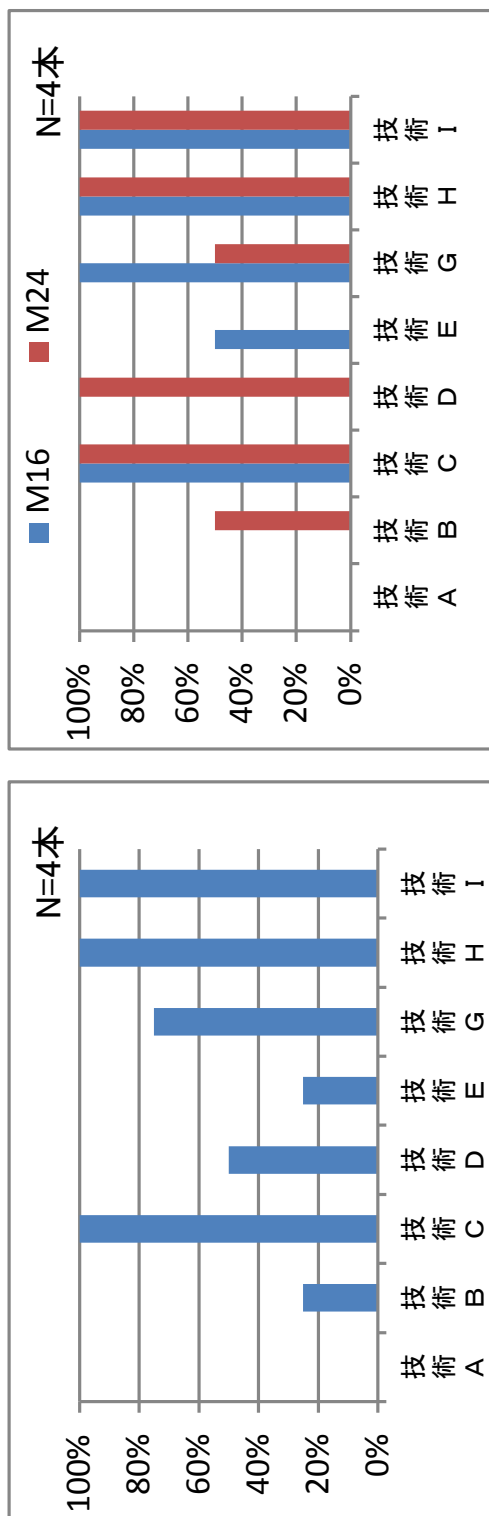


図-5.1.7 あと施工アンカーボルトスリーブ打込み（健全 or 否） 「打込み不足あり」判定の正答率（金属系） 【定性的判定】

表-5.1.21 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全アンカー」判定の正答率 (樹脂系)

検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I
検査結果	100% (3本/3本)	100% (3本/3本)	100% (3本/3本)	100% (3本/3本)	100% (3本/3本)	67% (2本/3本)	67% (2本/3本)	0% (0本/3本)
正答率 (正答数/健全本数)								

【定性的判定】

アンカーの状態	検査結果	判定
健全	健全	正答
否 (健全外)	否	空振
	健全	見逃し
	否	正答
	否(内容違い)	空振

表-5.1.22 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全外アンカー」判定の検知率 (樹脂系)

検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術F	技術G	技術H	技術I
①充填不足(損傷本数)	12本	12本	12本	12本	12本	12本	12本	12本
正答率 (正答数/損傷本数)	0% (0本/12本)	0% (0本/12本)	58% (7本/12本)	58% (7本/12本)	58% (7本/12本)	92% (11本/12本)	0% (0本/12本)	0% (0本/12本)
空振率 (空振数/損傷本数)	33% (4本/12本)	33% (4本/12本)	0% (0本/12本)	0% (0本/12本)	0% (0本/12本)	0% (0本/12本)	92% (11本/12本)	92% (11本/12本)
見逃し率 (見逃し数/損傷本数)	67% (8本/12本)	67% (8本/12本)	42% (5本/12本)	42% (5本/12本)	42% (5本/12本)	8% (1本/12本)	8% (1本/12本)	8% (1本/12本)
検知率 (正答数+空振数)/損傷本数	33% (4本/12本)	33% (4本/12本)	58% (7本/12本)	58% (7本/12本)	58% (7本/12本)	92% (11本/12本)	92% (11本/12本)	92% (11本/12本)
②その他不具合(損傷本数)	13本	13本	13本	13本	13本	13本	13本	13本
正答率 (正答数/損傷本数)	0% (0本/13本)	8% (1本/13本)	15% (2本/13本)	8% (1本/13本)	8% (1本/13本)	0% (0本/13本)	0% (0本/13本)	0% (0本/13本)
空振率 (空振数/損傷本数)	62% (8本/13本)	38% (5本/13本)	0% (0本/13本)	0% (0本/13本)	0% (0本/13本)	54% (7本/13本)	62% (8本/13本)	92% (12本/13本)
見逃し率 (見逃し数/損傷本数)	38% (5本/13本)	54% (7本/13本)	85% (11本/13本)	92% (12本/13本)	92% (12本/13本)	46% (6本/13本)	38% (5本/13本)	8% (1本/13本)
検知率 (正答数+空振数)/損傷本数	62% (8本/13本)	46% (6本/13本)	15% (2本/13本)	8% (1本/13本)	8% (1本/13本)	54% (7本/13本)	62% (8本/13本)	92% (12本/13本)

【定性的判定】

アンカーの状態	検査結果	判定
健全	健全	正答
否 (健全外)	否	空振
	健全	見逃し
	否	正答
	否(内容違い)	空振

健全:ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状がない状態

否(健全外):ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状が生じている状態

正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合

また、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合

空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合

または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合

見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合

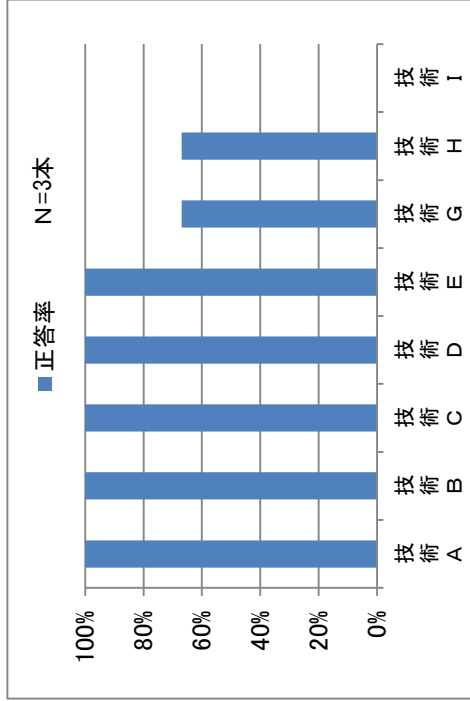
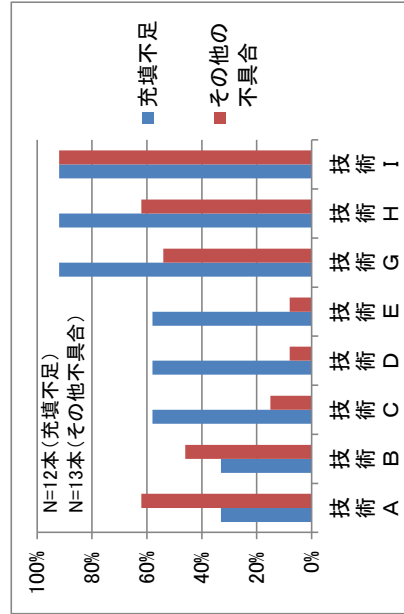
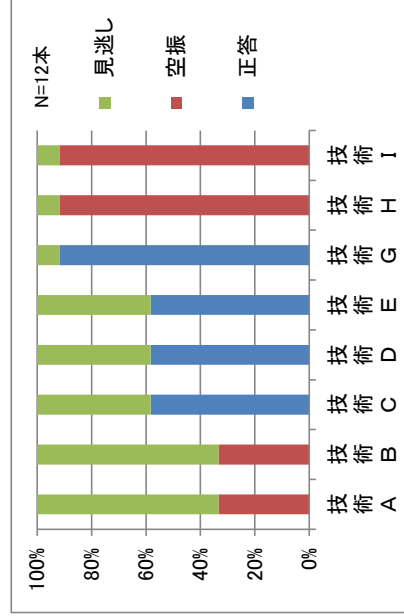


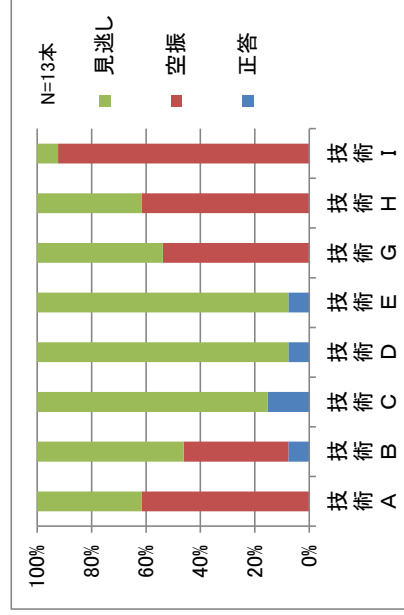
図-5.1.8 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全アンカー」判定の正答率 (樹脂系) 【定性的判定】



(1) 検知率 (全体)



(2) 検知率 (充填不足)



(3) 検知率 (充填不足除くその他不具合)

図-5.1.9 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全外アンカー」判定の検知率 (樹脂系) 【定性的判定】



表-5.1.23 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全アンカー」判定の正答率 (金属系) 【定性的判定】

検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I
検査結果	50% (1本/2本)	100% (2本/2本)	0% (0本/2本)	50% (1本/2本)	100% (2本/2本)	0% (0本/2本)	50% (1本/2本)	0% (0本/2本)
正答率								

表-5.1.24 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全外」判定の検知率 (金属系) 【定性的判定】

検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術F	技術G	技術H	技術I
検査結果	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本
①充填不足(損傷本数)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	1本 (2本/2本)
正答率 (正答数/損傷本数)	0%	0%	100%	50%	0%	100%	100%	0%
空振率 (空振数/損傷本数)	100%	100%	0%	50%	100%	0%	0%	0%
見逃し率 (見逃し数/損傷本数)	0%	0%	100%	50%	0%	100%	100%	100%
検知率 (正答数+空振数)/損傷本数	0%	0%	100%	50%	0%	100%	100%	100%
②その他不具合(損傷本数)	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本	2本
正答率 (正答数/損傷本数)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)	0本 (0本/2本)
空振率 (空振数/損傷本数)	0%	50%	100%	50%	50%	50%	100%	100%
見逃し率 (見逃し数/損傷本数)	100%	50%	0%	50%	50%	50%	0%	0%
検知率 (正答数+空振数)/損傷本数	0%	50%	100%	50%	50%	50%	100%	100%

健全:ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状がない状態  
 否(健全外):ボルト本体、樹脂充填、アンカー削孔等に変状が生じている状態  
 正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
 空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合

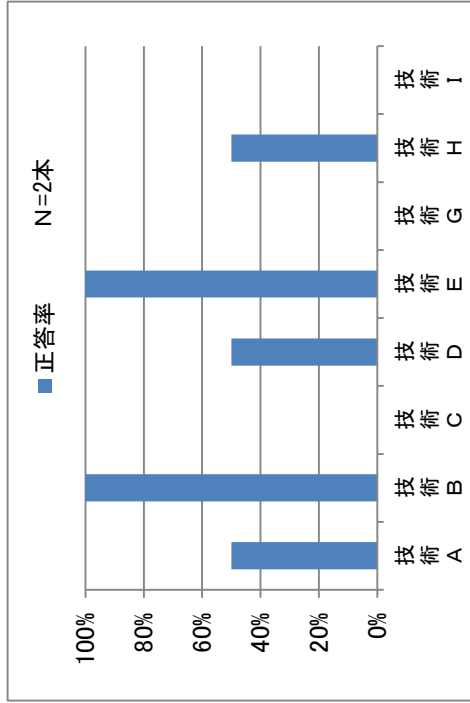
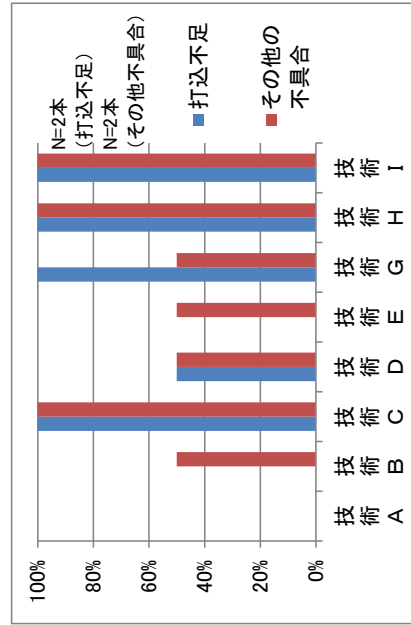
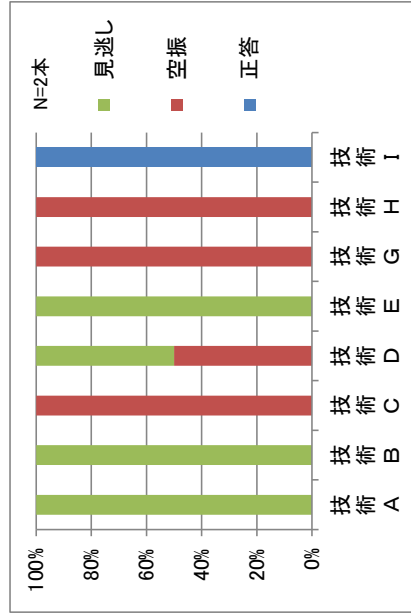


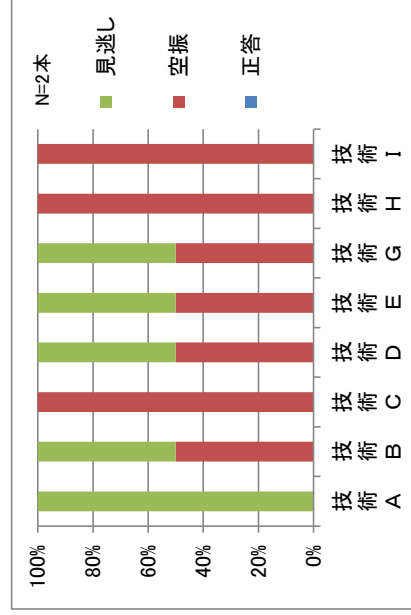
図-5.1.10 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全アンカー」判定の正答率 (金属系) 【定性的判定】



(1) 検知率 (全体)



(2) 検知率 (充填不足)



(3) 検知率 (充填不足除くその他不具合)

図-5.1.11 あと施工アンカーボルトの健全性 (健全 or 否) 「健全外アンカー」判定の正答率 (金属系) 【定性的判定】

表-5.1.25 各検査技術の使用検査機器及び作業性

評価項目	検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術F	技術G	技術H	技術I
作業性	検査機器の準備時間 (min)	5	10	0	1	1	12	30	60	6
	検査時間(1本当たり平均) (min)	1	1	1	1	1	8.6	1	1.5	1
	検査機器の撤去時間 (min)	5	10	0	0	0	0	1	1	0
	作業人数 (人)	2	3	2	2	2	2	3	3	3
	延べ作業時間 (min × 人)	125.3	195	80	81	81	110.4	226.5	384	153.3
アンカー本数 (本)	45	45	40	40	40	5	45	45	45	45
1本当たり作業時間 (本/min) ※2	3	4	2	2	2	22	5	9	3	6

※各検査技術により予備情報の有無、検査対象が異なるため本数は異なる。

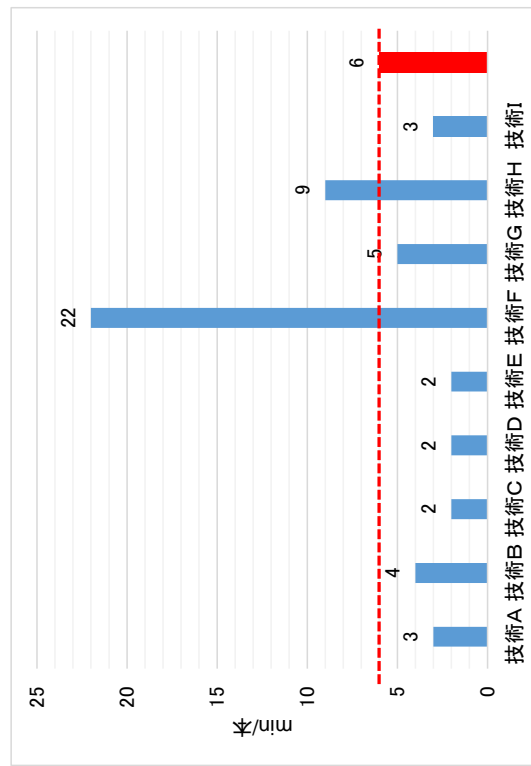


図-5.1.12 各検査技術のあと施工アンカーポルト 1本当たりの検査時間

表-5.1.26 各検査原理の作業時間とあと施工アンカーの健全性の正答率

評価項目	検査技術	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術F	技術G	技術H	技術I
1本当たり作業時間(本/min)		3	4	2	2	2	22	5	9	3
あと施工アンカーポルトの健全性 正答率(%)		47%	47%	47%	41%	41%	—	68%	76%	79%
※正答率は4章の結果と比較するために軸力を導入したあと施工アンカーポルトは対象外とした。 技術Fは模擬供試体②で検査を実施していないため、評価から除外した。										
								あと施工アンカーの健全性 正答率 平均値(%)		
								56%		

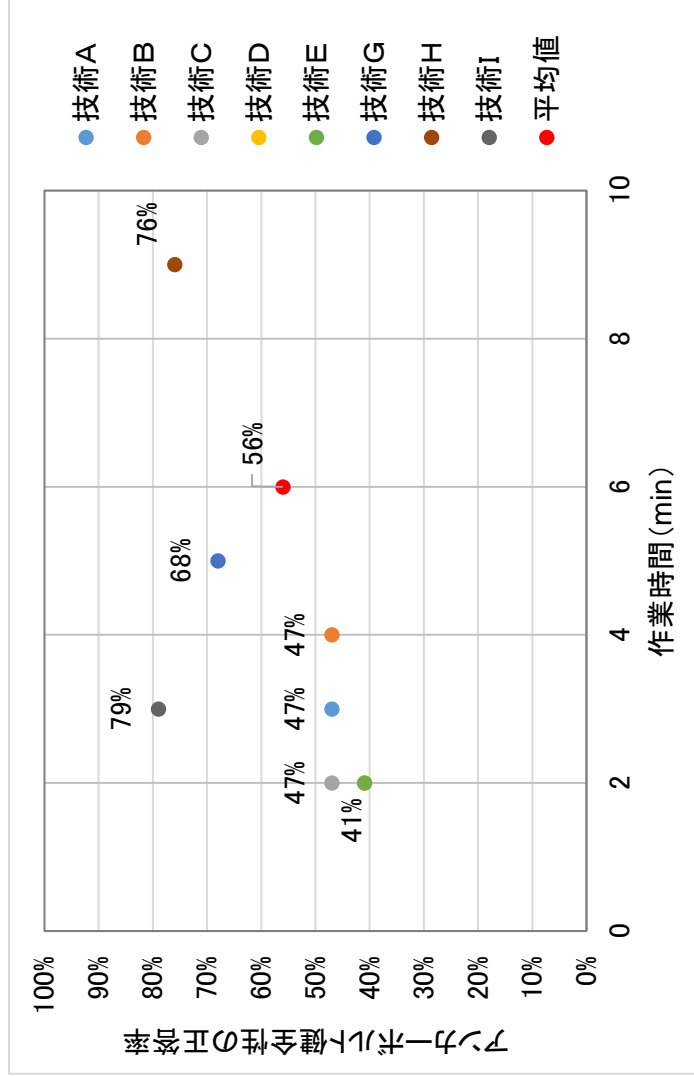


図-5.1.13 各検査原理の作業時間とあと施工アンカーの健全性の正答率との関係

### ③検査結果の考察

#### (1)予備情報の有無による検知可能な不具合及び検査精度への影響

各検査技術の予備情報の有無による検知可能な不具合への影響と検査精度への影響について整理した結果を表-5.1.27、表-5.1.28 に示す。

表-5.1.27では予備情報が与えられたことで検知できるようになった検査項目を緑色で示している。技術 B では予備情報なしではいずれの検査項目についても検知できていなかったが、予備情報ありではすべての検査項目が検知可能となっている。技術 A においても予備情報なしで検知できていた「樹脂充填状況（健全 or 否）」以外のすべての検査項目が検知可能となっている。技術 G、技術 H、技術 I においては「スリーブ打込み状況（健全 or 否）」が検知できるようになっている。これは、事前に実施したキャリブレーション用の健全アンカーの検査結果と各あと施工アンカーに対する検査結果を比較することで、応答値の異常等を捉えやすくなり、あと施工アンカーの健全性の判定等が容易になったためと考えられる。

表-5.1.27 の黄色着色部は、予備情報が与えられたことであと施工アンカー定着部に模擬された内部不具合等の検知率が上がった検査項目を示している。ほとんどの検査技術において、「充填不足あり」や「打込不足あり」、「健全外アンカー」に対する検知率が予備情報なしの場合と比較して高くなる傾向である。これは、各あと施工アンカーの検査結果を健全アンカーの検査結果と比較することで、健全アンカーと同様の検査結果を示さないあと施工アンカーを「健全外アンカー」と判断できるようになったためと考えられる。しかし、検査技術によっては樹脂充填率に異常がない場合は検査結果を異常と捉えられないこともあるため、予備情報によって必ずしも検知率が高くなるとは言えない。

表-5.1.28 に示すとおり、予備情報ありの検査において定量的判定を行ったのは技術 B のみであった。金属系については、「あと施工アンカーボルト鋼材長」のばらつきが大きくなったが、「あと施工アンカー埋め込み長」のばらつきは同程度であり、予備情報の有無による影響は明確ではなかった。一方で樹脂系については、予備情報なしの場合と比較して計測誤差のばらつきは小さくなり、「あと施工アンカーボルト鋼材長」、「あと施工アンカー埋め込み長」ともに概ね+10mm～-10mm の誤差範囲内になっており、樹脂系については予備情報の検査精度向上への有効性が高い結果となった。

表-5.1.27 予備情報の有無による検知可能な不具合及び検知率の比較

検査項目	技術A		技術B		技術C		技術D		技術E		技術G		技術H		技術I	
	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり
樹脂充填状況 (健全or否)	充填不足なし	74%	50%	100%	94%	100%	84%	100%	未実施	100%	100%	67%	100%	67%	78%	50%
	充填不足あり	0%	63%	33%	53%	58%	43%	58%		58%	39%	92%	31%	92%	24%	63%
スリーブ打込状況 (健全or否)	打込不足なし		25%	100%	60%	0%	60%	75%		75%		25%		25%		25%
	打込不足あり		50%	25%	40%	100%	40%	38%		38%		88%		88%		50%
接着系アンカーボルト の健全性(健全or否)	健全アンカー	100%		100%	63%	100%	100%	100%		100%	44%	67%	44%	67%	50%	0%
	健全外		48%	40%	33%	36%	43%	32%		32%	68%	72%	68%	76%	78%	92%
金属系アンカーボルト の健全性(健全or否)	健全アンカー		50%	100%	50%	0%	50%	50%		100%	17%	0%	17%	50%	33%	0%
	健全外		0%	25%	44%	100%	78%	50%		25%	78%	75%	78%	100%	56%	100%

※技術 F は計測対象が異なるため比較対象外としている。

予備情報により検知率が上がったケース  
 予備情報により検知可能になったケース

表-5.1.28 予備情報の有無による検査精度の比較【定量的判定】

あと施工アンカーボルト鋼材長		予備情報なし				あと施工アンカーボルト埋め込み長		予備情報なし			
		予備情報あり						予備情報あり			
		技術B		技術B				技術B		技術B	
計測誤差 (mm)	樹脂系		金属系		計測誤差 (mm)	樹脂系		金属系			
	予備なし	予備あり	予備なし	予備あり		予備なし	予備あり	予備なし	予備あり		
~-51	3				~-51	2					
-50~-41					-50~-41						
-40~-31	2				-40~-31	2					
-30~-21					-30~-21						
-20~-11					-20~-11	1					
-10~-1		6		1	-10~-1		3	2	1		
0		3		2	0		7	1			
1~10	33	18	15	3	1~10	29	17	12	5		
11~20	8				11~20	7					
21~30					21~30						
31~40	2				31~40	2					
41~50					41~50						
51~		1			51~	5	1				
合計	48	28	15	6	合計	48	28	15	6		

※検査精度の比較は「予備情報なし」と「予備情報あり」共に計測データがあるものを整理している。

## (2)予備情報の有無による作業性能への影響

各検査技術の予備情報の有無の作業時間とあと施工アンカーの健全性の正答率について比較した結果を図-5.1.14に示す。

作業時間は技術Dで変わらず、技術Cで1分長くなっているが、それ以外の検査技術ではあと施工アンカー1本当たりの検査時間は短くなる傾向である。また、技術C以外の検査技術では、作業時間が短くなってもあと施工アンカーの健全性の正答率は高くなる傾向である。非破壊検査技術の基礎的調査に引き続き2度目の検査であるため、検査の慣れの影響も含めて作業時間が短縮された可能性もあるが、予備情報が与えられたことで、その場で結果を判定できる検査技術において1本当たりの判定の時間を短縮できたことにより、作業時間が短くなった可能性も考えられる。

このように検査技術によっては予備情報が与えられることで検査精度が低下せずに作業性が向上する場合がある。一方、実構造物で検査を実施する場合、あと施工アンカーの施工図面がなく、現地での健全なアンカーの選定が困難で、予備情報がない状態で検査を実施するような状況も想定される。よって、予備情報の有無により検査性能に大きな差異を生じる検査技術について、事前にその原因について明らかにできるような性能評価手法とする必要がある。

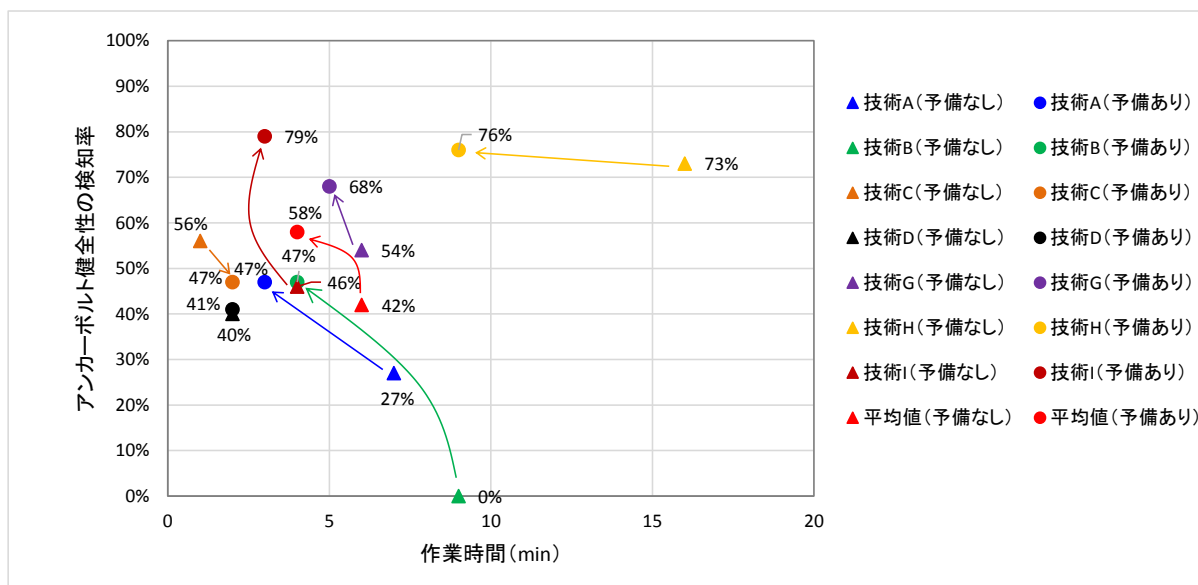


図-5.1.14 予備情報の有無による作業時間とあと施工アンカーの健全性の正答率の比較

#### ④性能評価手法に反映すべき事項

非破壊検査委技術の基本性能の検証では、予備情報を与えた状態で健全なアンカーや不具合を模擬したアンカーを混在させた模擬供試体②に対して非破壊検査を実施し、4章で実施した予備情報がない検査結果との比較によって、予備情報の有無が検査技術の基本性能に及ぼす影響について確認した。

予備情報が与えられることで検査精度や作業性はほとんどの検査技術で向上する傾向にあったが、検査技術によっては必ずしも有効とは限らないことが確認された。性能評価手法において非破壊検査技術の基本的な検査性能を評価するためには、本検討で実施したような予備情報の有無を条件とした検査を段階的に実施することで各非破壊検査技術の特性を把握できるものと考えらえる。

また、予備情報の有無によって検知可能な項目が変化することが確認された。非破壊検査を実造物に適用しようとする場合、その機器の検知対象や精度についてはカタログ等に示された情報や実績をもとに検査機器を選定するのが一般的である。そのため、その情報がどの程度の信頼性を持っているのか明確なことが重要である。非破壊検査技術の性能評価手法では、検査機器の性能が想定どおり発揮されるのか、また、発揮されない場合は何が要因であるのかについて、検査機器の原理や検査条件等に照らして評価できることが求められる。そのためには、事前に検査原理や機器の能力・性能（カタログ値）についての基礎的要件を明らかにしたうえで検査を実施し、検査機器が想定している性能の信頼性を確認する必要がある。

## 5.2 非破壊検査技術の実構造物への適用性の検証

### 5.2.1 概要

点検等で非破壊検査を活用する場合、あと施工アンカー周辺のコンクリートの表面の劣化やひび割れ、支障物等が存在している場合がある。また、あと施工アンカーはナットの締付けや接続される部材の荷重が作用することで、アンカーボルトに軸力が導入されている場合がある。非破壊検査技術の実構造物への適用性の検証では、実構造物において想定される構造物の状態や条件等が検査性能に及ぼす影響を検証する。ここでは、実部材供試体を用いて、新たに不具合を模擬して施工したあと施工アンカーと既設のあと施工アンカーに対して非破壊検査を実施し、コンクリートの劣化やひび割れ、支障物等の存在が検査結果へ与える影響について検証する。また、あと施工アンカーに軸力を導入した状態で検査を実施することで、軸力の導入レベルや軸力が導入されているボルトに不具合が生じている場合の影響について検証する。

### 5.2.2 検証対象とした非破壊検査技術

非破壊検査技術の実構造物への適用性の検証では 9 技術について非破壊検査の検証を行った（表-5.2.1）。検査は共同研究者がそれぞれ行った。

表-5.2.1 検証対象技術一覧（適用性の検証）

検証対象技術	合計
技術 A、技術 B、技術 C、技術 D、技術 E、技術 F、技術 G、技術 H、技術 I	9 技術

※技術 F の引張試験法については、既設あと施工アンカーボルトに対する検査のみ実施。



### 5.2.3 検査対象とした供試体とあと施工アンカー

#### ①実部材供試体の新設あと施工アンカー

コンクリート表面の劣化やひび割れ等の変状が非破壊検査の検知性能や計測精度へ及ぼす影響について確認するために実部材供試体に設置した新設あと施工アンカーについて非破壊検査を実施する。検査に使用したあと施工アンカーは図-5.2.1No.41～50 である。No.41～No.50 に模擬した不具合は表-5.2.2 のとおりである。

表-5.2.2 模擬したあと施工アンカー健全供試体

No.	アンカー種別	ボルト呼び径(mm)	施工方向	模擬した状態	樹脂充填率(%)
42	樹脂注入	M16	下向き	表面の劣化+充填不足(小)	75
43				表面の劣化+充填不足(中)	50
44				表面の劣化+充填不足(大)	25
46				表面の劣化	100
41				表面の劣化+ひび割れ部	100
47				表面の劣化+へりあき部	100
45				表面の劣化+支障物近接	100
48				金属スリーブ	M16
49	表面の劣化+打込み量1/2				
50	樹脂カプセル	M22	下向き	表面の劣化 既設施工アンカー仕様 ※1	100

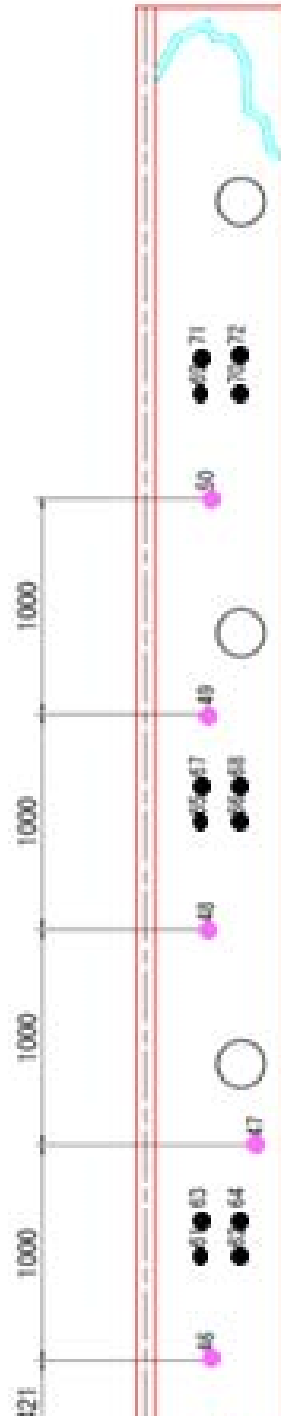
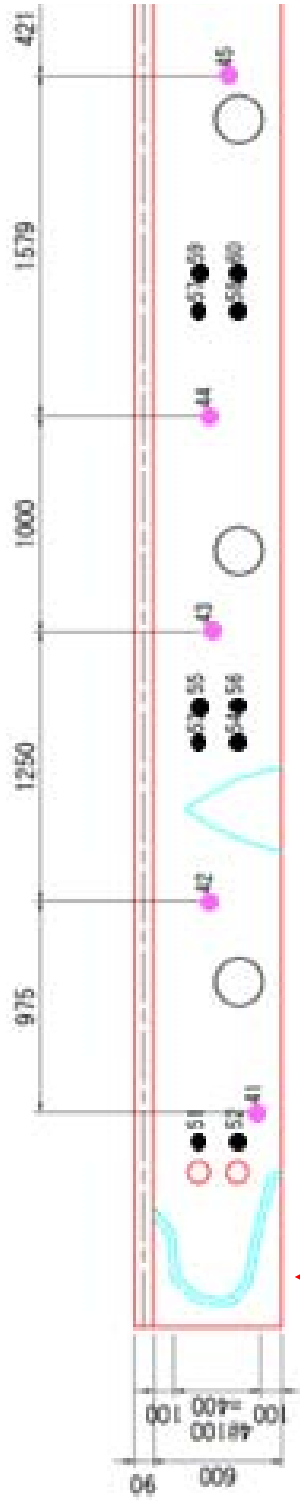
※1 既設のあと施工アンカーを解体調査して同仕様で施工

#### ②実部材供試体の既設あと施工アンカー

経年劣化したコンクリートやあと施工アンカーが検査結果へ与える影響について確認し、実構造物への適用性を検証するために実部材供試体に供用中から設置されている既設あと施工アンカーについて非破壊検査を実施する。検査に使用したあと施工アンカーは図-5.2.1NO.51～72 である。なお、既設あと施工アンカーに対する検査は、予備情報を与えた検査条件とするために図-3.2.25 に示した既設のあと施工アンカーと同じ仕様の新設あと施工アンカー(表-5.2.2 の NO.50) を設置し、検査前にそのアンカーを検査することでキャリブレーションを行った。

#### ③軸力を導入したあと施工アンカー

あと施工アンカーボルトに軸力が導入された状態が検査結果に与える影響について確認し、実構造物への適用性を検証するために軸力を導入したあと施工アンカーに対して検査を実施する。軸力の管理はトルク法で実施するものとし、アンカーボルト降伏耐力の70%に相当する締付軸力をトルク100%と定義し、トルク50%、100%導入したあと施工アンカーについて検査を実施した。また、一部のトルクを導入したあと施工アンカーには充填不足も模擬した。検査に使用したあと施工アンカーは表-5.1.2 NO.37～40、表-5.1.3 NO.22～23 である。



● 既設アンカーボルト  
● 新設アンカーボルト

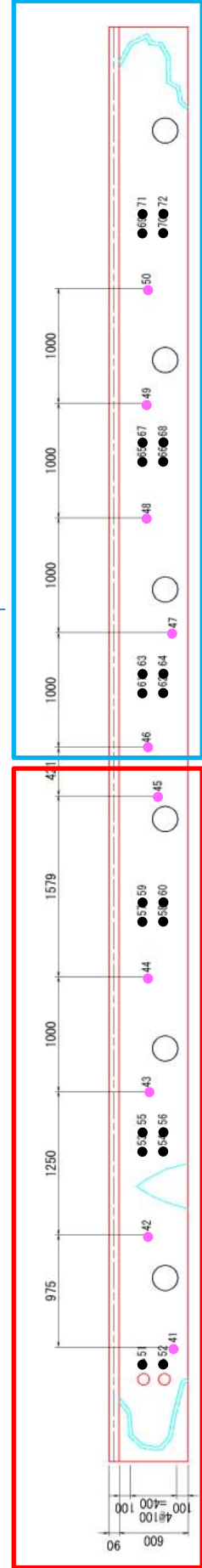


図-5.2.1 実部材供試体あと施工アンカー配置図

## 5.2.4 検査条件

### ①評価項目と着目点

評価項目と着目点は表-5.2.3 のとおりである。

表-5.2.3 評価項目と着目点

検証項目	着目点
コンクリートの表面劣化やひび割れ、支障物等が存在する場合の検知性能	コンクリートの劣化やひび割れ等の変状の有無が非破壊検査結果に与える影響について把握する。
あと施工アンカーに軸力が導入されている場合の検知性能	あと施工アンカーの軸力の有無が非破壊検査結果に与える影響について把握する。

### ②検査項目

5.1.4②の表-5.1.5 と同様とした。

## 5.2.5 適用性能の検証結果

### ①検査結果の整理

(1)コンクリートの劣化やひび割れ等の変状の有無が検査結果へ与える影響

実部材供試体の新規に模擬したあと施工アンカーボルトを用いてコンクリート表面の劣化やひび割れ等の変状が検査結果へ及ぼす影響について表-5.2.4～表-5.2.5、図-5.2.2～図-5.2.3 のとおり整理した。なお、表-5.2.4 と表-5.2.5 では検査結果の比較のため、模擬供試体②で実施した結果を併せて表記している。

また、実環境によって経年劣化したあと施工アンカーボルトへの適用性を確認するために実部材供試体の既設あと施工アンカーボルトの内部の状態について検知可能か整理した。表-5.2.6 に示すように既設あとアンカーの検査を実施したのち、検査結果の検証がすべて網羅できるように解体する既設あと施工アンカーを選定し、図-5.2.4、表-5.2.7、写真-5.2.1～写真-5.2.6 に示すように解体調査を実施した。その後、解体調査結果と非破壊検査の結果を照合した。照合結果を表-5.2.8、図-5.2.5 のとおり整理した。

(2)あと施工アンカーボルトに導入された軸力の有無が非破壊検査結果へ与える影響

あと施工アンカーボルトに軸力を導入した場合の検査結果へ及ぼす影響について表-5.2.9～表-5.2.10、図-5.2.6～図-5.2.7 のとおり整理した。なお、検査結果の比較のため軸力が導入されておらず、同様の不具合を模擬した（または健全な）あと施工アンカーに対する結果も表記している。

### ②検査結果の考察

(1) コンクリートの劣化やひび割れ等の変状の有無が検査結果へ与える影響

1)コンクリートの劣化やひび割れ等の影響

樹脂系アンカーの場合、図-5.2.2 に示すとおり、正答率は模擬供試体の場合とほぼ同様の傾向を示している。見逃し率は技術 A と技術 B で小さくなっているものの顕著な差

は見られず、本研究で対象とした検査技術においては、コンクリート表面の劣化（表面が経年劣化により骨材まわりのゆるみや空隙が目立つ状態）による検知率への影響は小さいと考えられる。

金属系アンカーにおいては、検知率は検査技術によって模擬供試体の場合と変動しており、コンクリート表面の劣化による影響は明確ではない。

表-5.2.4 に示すとおり、実部材にひび割れや、支柱基礎箱抜き等が存在する位置に不具合を模擬した場合の検知性能は、ひび割れ部、支障物近接、へりあき部の全ての箇所を検知できている検査技術は技術 A、技術 B、技術 C、技術 D である。項目別で見ると影響が大きかったのはひび割れ部とへりあき部であり、支障物近接では影響が小さい。ひび割れ部やへりあき部では計測機器の入力値又は応答値がそれらの影響を受けやすいものと考えられるが、検査データが少なく想定した損傷パターンも限定されているためこれらの影響については、更に検証が必要である。

## 2) 実環境による経年劣化を受けた既設アンカーボルトに対する検知性能

表-5.2.8、図-5.2.5 に示すとおり、全ての検査技術において変状がなかったアンカーボルトについては検知できていたが、空振を含めて既設あと施工アンカーに生じている変状を検知できていたのは技術 H のみである。ほとんどの検査技術において既設あと施工アンカーに硬化不良や付着不良等の変状が生じている場合の検知率は低くなっており、実構造物への適用性を事前に確認することの重要性が再認識させられる結果である。

## (2) あと施工アンカーボルトに導入された軸力の有無が非破壊検査結果へ与える影響

図-5.2.6(3)のとおり、健全なあと施工アンカーボルトについては軸力が導入されている状態でもほとんどの検査技術で 100% 検知ができていたのに対し、樹脂の充填不足の不具合を模擬して軸力が導入されている場合にはほとんどの技術で見逃しが多い結果である。これは、ボルトに軸力が作用していることで、検査時の応答値等に変化が生じ、適切に結果を評価できないためと考えられる。実構造物では軸力が導入されているあと施工アンカーは多く存在するため、軸力が及ぼす影響を事前に把握しておくことが重要である。

## ③ 評価試験法に反映すべき事項

非破壊検査技術の実構造物への適用性の検証では、実部材供試体を用いて、新たに不具合を模擬して施工したあと施工アンカーと既設のあと施工アンカーに対して非破壊検査を実施し、コンクリートの劣化やひび割れ、支障物等の存在が検査結果へ与える影響について検証した。また、あと施工アンカーに軸力を導入した状態で検査を実施することで、軸力の導入レベルや軸力が導入されているボルトに不具合が生じている場合の影響について検証した。

あと施工アンカーがコンクリート表面の劣化やひび割れ等の変状が生じている箇所またはその周辺に施工されている場合、それらが検査結果に影響を及ぼし、その程度は変状の種類や検査技術の種類によって異なることが確認された。また、実部材供試体にもともと施工されたアンカーボルトに対して非破壊検査を行った場合、模擬供試体で検査を行った

場合よりも検知性能が低下することが確認された。実部材供試体は、老朽化して撤去された部材の一部を用いているものであり、模擬供試体に設置されたあと施工アンカーに対する検査よりも実構造物における検査の方が、検査の難易度が高いことを認識させるものであった。このように、実構造物では様々な要因によって検査精度に影響を及ぼすことが考えられるため、非破壊検査技術の性能評価手法では模擬供試体に対する検査のみではなく、実構造物の条件をできる限り再現した供試体を用いて検査を実施することで、模擬供試体との検査精度の差や、その結果に影響を与える条件などを明確にできるような方法とする必要がある。

また、あと施工アンカーボルトに軸力が導入されていることで、不具合が生じているあと施工アンカーに対する検査精度に大きく影響することが確認された。今回の検討では、軸力が導入されたあと施工アンカーボルトに模擬した不具合は、樹脂の充填不足のみであったが、性能評価手法では、様々な不具合と組み合わせて検査を行うことで、それぞれの不具合に対する軸力の影響を明確にできる方法とする必要がある。

表-5.2.4 コンクリートの劣化や変状等による検知性能（樹脂系）

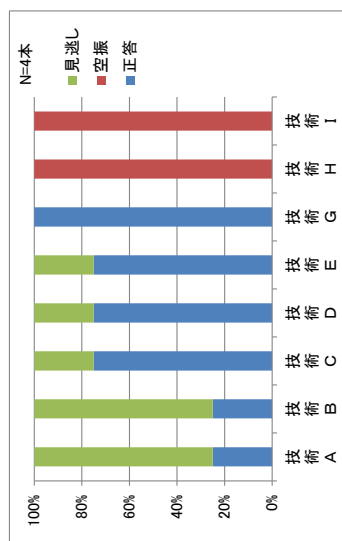
供試体種類	No.	影響項目	変状ケース	定着方法	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I	
模擬供試体	21	なし(比較対象)	なし	樹脂系	○	○	○	○	○	○	△	△	
	16	なし(比較対象)	充填不足(小)		×	×	×	×	×	×	○	△	△
	17	なし(比較対象)	充填不足(中)		×	×	×	○	○	○	○	△	△
	18	なし(比較対象)	充填不足(大)		×	×	×	○	○	○	○	△	△
実部材供試体	41	表面の劣化+ひび割れ部	なし		○	○	○	○	○	△	△	○	△
	45	表面の劣化+支障物近接	なし		○	○	○	○	○	○	○	○	△
	47	表面の劣化+へりあき部	なし		○	○	○	○	○	○	△	△	△
	46	表面の劣化	なし		○	○	○	○	○	△	△	○	△
	42	表面の劣化	充填不足(小)		△	×	×	○	○	×	○	△	△
	43	表面の劣化	充填不足(中)		△	△	○	○	○	○	○	△	△
	44	表面の劣化	充填不足(大)		△	△	○	○	○	○	○	△	△

○：正答 △：空振 ×：見逃し

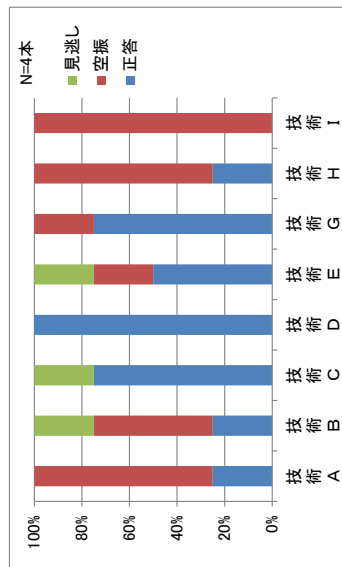
正答：健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外でない場合

空振：健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合

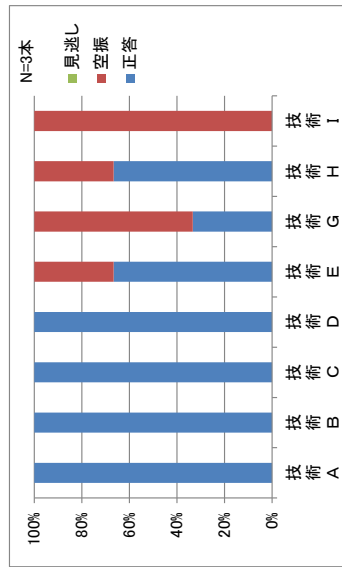
見逃し：健全外アンカーの検査結果が健全である場合



(1) 模擬供試体 (影響項目：なし)



(2) 実部材供試体 (影響項目：表面の劣化)



(3) 実部材供試体 (影響項目：表面の劣化+ひび割れ部+支障物近接+へりあき部)

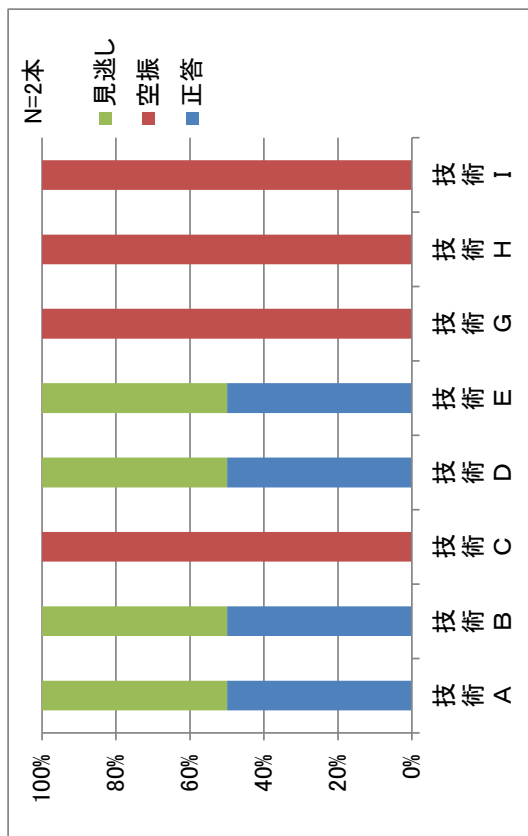
図-5.2.2 コンクリートの劣化や変状等による検知率（樹脂系）

表-5.2.5 コンクリートの劣化や変状等による検知性能（金属系）

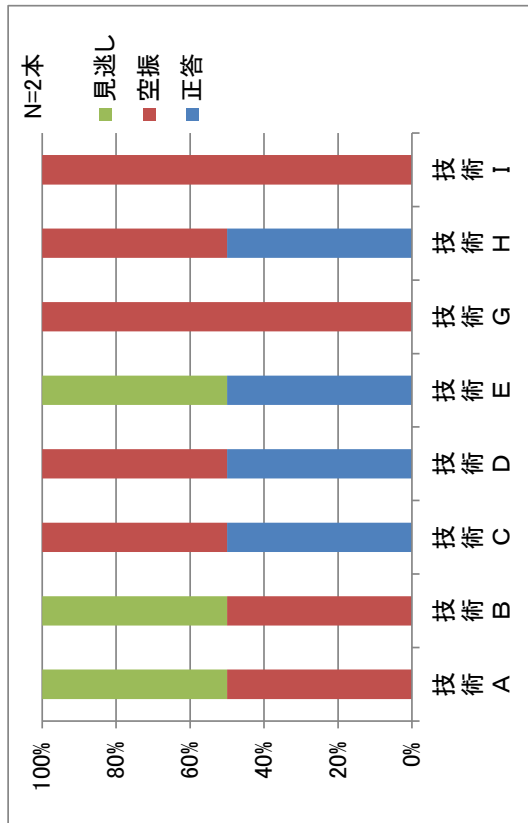
供試体種類	No.	影響項目	変状ケース	定着方法	技術								
					技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I	
模擬供試体	31	なし(比較対象)	なし	金属系	○	○	△	○	○	△	△	△	△
	32	なし(比較対象)	拡張不足(半打込み)		×	×	△	×	×	△	△	△	△
実部材供試体	48	表面の劣化	なし		△	△	○	○	○	△	△	○	△
	49	表面の劣化	拡張不足(半打込み)		×	×	△	△	×	△	△	△	△

○：正答 △：空振 ×：見逃し

正答：健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外でない場合  
 空振：健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し：健全外アンカーの検査結果が健全である場合



(1) 模擬供試体 (影響項目：なし)



(2) 実部材供試体 (影響項目：表面の劣化)

図-5.2.3 コンクリートの劣化や変状等による検知率（金属系）

表-5.2.6 実部材供試体の既設あと施工アンカーの検査結果（健全 or 否）

供試体種類	No.	アンカー種類	技術A		技術B		技術C		技術D		技術E		技術F		技術G		技術H		技術I		合計 否件数	解体調査 対象
			健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否	健全or否	否		
	51	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	3	
	52	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	4	○
	53	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	3	
	54	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	2	
	55	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	3	
	56	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	0	
	57	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	3	
	58	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	59	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	3	○
	60	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	2	
	61	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	62	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	63	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	2	
	64	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	4	○
	65	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	66	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	2	
	67	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	68	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	2	
	69	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	3	○
	70	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	71	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	1	
	72	樹脂カプセル	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	健全	否	0	○

実部材  
供試体

◇解体調査実施箇所の選定理由  
 NO.52、NO.64：検査結果において否判定が多い箇所  
 NO.59、NO.69：各者の検査結果の検証が全て網羅できるように選定  
 NO.72：比較の対象として全ての技術が標準と回答している箇所



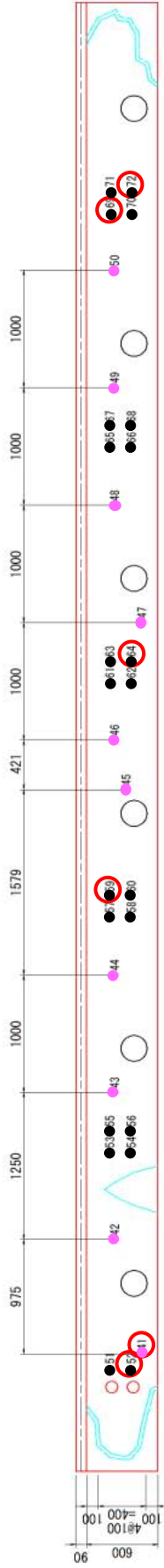


図-5.2.4 既設あと施工アンカー解体箇所

- 既設アンカーボルト
- 新設アンカーボルト
- 解体調査 (φ100 L=250 コア採取)

表-5.2.7 既設あと施工アンカーの解体調査結果

変状種別	確認方法	NO.					
		52	59	64	69	72	
鋼材長不足	鋼材長計測(mm)	250	250	252	250	250	
斜め削孔	充填状況目視・計測	14°	なし	なし	なし	なし	
鋼材腐食・破断	目視・計測	あり	なし	なし	なし	なし	
充填不足	目視・計測	なし	先端充填不足	接着剤の偏り	接着剤の偏り	なし	
硬化不良	目視・触診	あり	なし	なし	なし	なし	
付着不良	目視・触診	あり	なし	なし	なし	なし	
削孔径大	削孔径計測(mm)	50	28.7~30.3	28.5	28.3	28.1	
削孔長深	削孔長計測(mm)	170	185	187	185	182	
コンクリート劣化	目視・触診	なし	なし	気泡	なし	なし	
その他		既設鉄筋切断	既設鉄筋切断	既設鉄筋切断	既設鉄筋切断	既設鉄筋切断	

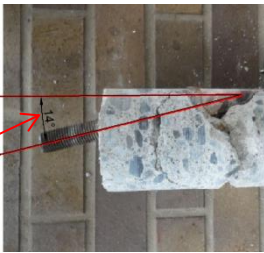









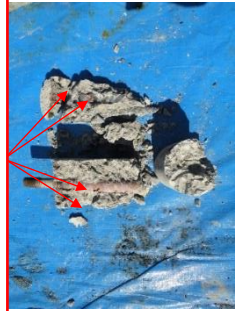


<p>斜め打設 (14°)</p> 	<p>充填材の未硬化</p> 	<p>再削孔の拡径(最大50mm)</p> 	<p>中間部の拡径</p> 	<p>先端充填不足</p> 	<p>鉛直鉄筋切断</p> 	<p>写真-5.2.2 解体後 (NO. 59)</p>
<p>接着剤の偏り</p> 	<p>鉛直鉄筋切断</p> 	<p>写真-5.2.3 解体後 (NO. 64)</p>	<p>接着剤の偏り</p> 	<p>鉛直鉄筋切断</p> 	<p>写真-5.2.4 解体後 (NO. 69)</p>	<p>写真-5.2.6 解体後 (NO. 5.1)</p>
<p>接着剤の剥がれ (充填不良ではない)</p> 	<p>接着剤剥がれ (充填不良ではない)</p> 	<p>写真-5.2.5 解体後 (NO. 72)</p>	<p>接着剤の充填不足なし</p> 	<p>写真-5.2.5 解体後 (NO. 72)</p>		

表-5.2.8 既設あと施工アンカーの非破壊検査結果と解体調査との照合結果

供試体種類	No.	アンカー種類	確認された変状	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術F	技術G	技術H	技術I
実部材 供試体	52	樹脂カプセル	硬化不良、付着不良	×	×	△	×	△	△	△	△	×
	59	樹脂カプセル	充てん不足(先端)	×	×	×	△	×	×	×	△	○
	64	樹脂カプセル	付着不良(偏り)	×	△	×	×	△	×	○	△	×
	69	樹脂カプセル	付着不良(偏り)	△	×	×	△	×	×	×	△	×
	72	樹脂カプセル	なし	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○：正答 △：空振 ×：見逃し

正答：健全アンカーの検査結果が健全である場合

または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
または、健全アンカーの検査結果が健全外である場合

空振：健全アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
または、健全外アンカーの検査結果が健全である場合

見逃し：健全外アンカーの検査結果が健全である場合

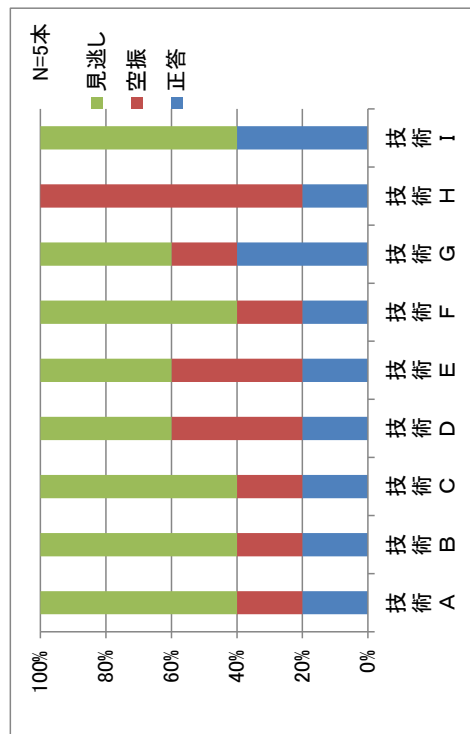


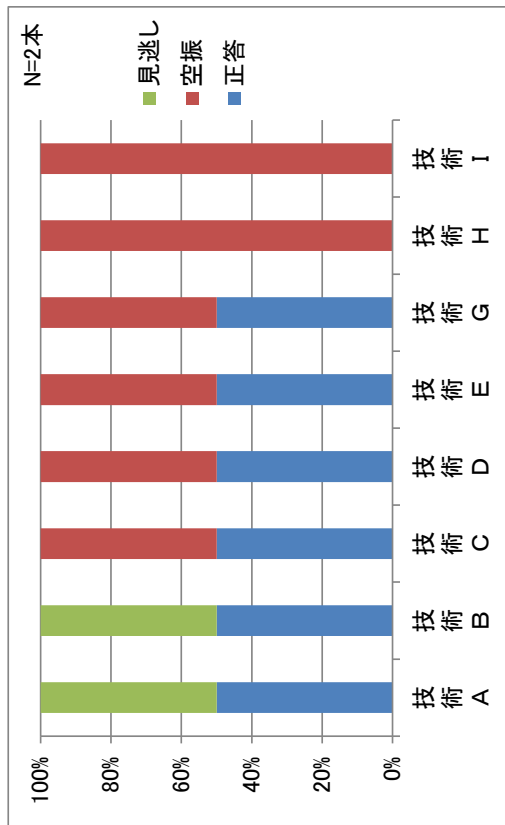
図-5.2.5 既設あと施工アンカーの変状の検知率

表-5.2.9 軸力の有無による検知性能

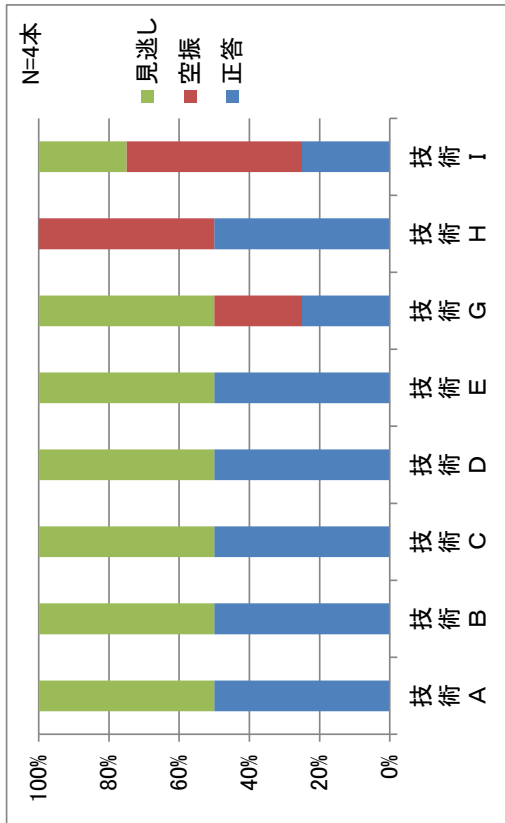
供試体種類	No.	影響項目	変状ケース	定着方法	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I	
健全供試体	21	なし(比較対象)	なし	樹脂系	○	○	○	○	○	△	△	△	
	37	軸力導入(トルク50%)	なし		○	○	○	○	○	○	○	○	○
	38	軸力導入(トルク100%)	なし		○	○	○	○	○	○	△	○	△
模擬供試体	17	なし(比較対象)	充填不足(中)		×	×	△	△	△	△	○	△	△
	22	軸力導入(トルク50%)	充填不足(中)		×	×	×	×	×	×	×	△	△
	23	軸力導入(トルク100%)	充填不足(中)		×	×	×	×	×	×	×	△	×

○：正答 △：空振 ×：見逃し

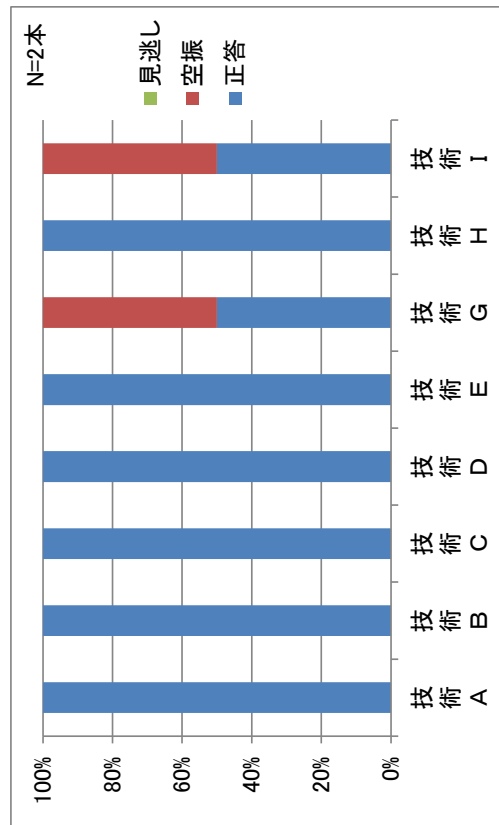
正答：健全アンカーの検査結果が健全である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合  
 空振：健全アンカーの検査結果が健全外である場合  
 または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合  
 見逃し：健全外アンカーの検査結果が健全である場合



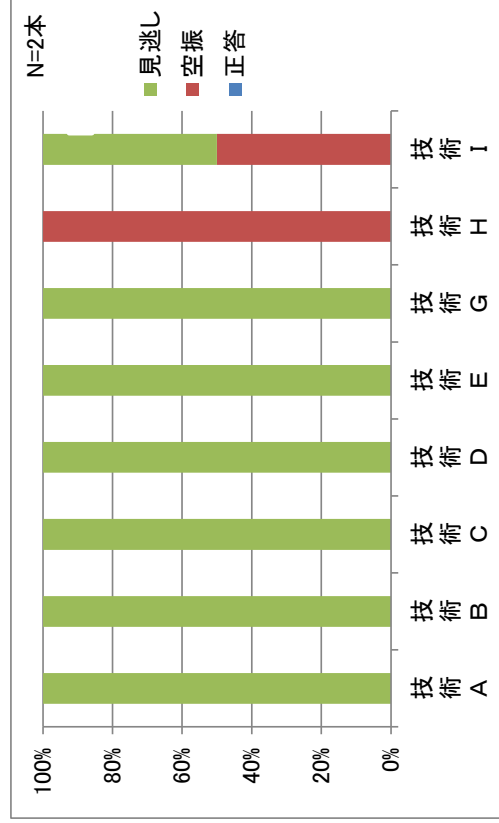
(1) 模擬供試体 (軸力なし)



(2) 模擬供試体 (軸力あり)



(3) 模擬供試体 (軸力あり+健全)



(4) 模擬供試体 (軸力あり+充填不足)

図-5.2.6 軸力の有無による検知率 (樹脂系)

表-5.2.10 軸力の有無による検知性能 (金属系)

供試体種類	No.	影響項目	変状ケース	定着方法	技術A	技術B	技術C	技術D	技術E	技術G	技術H	技術I	
健全供試体 模擬供試体	31	なし(比較対象)	なし	金属系	○	○	△	○	○	△	△	△	
	39	軸力導入(トルク50%)	なし		○	○	△	○	○	△	○	○	△
	40	軸力導入(トルク100%)	なし		○	△	△	○	○	○	○	○	△

正答:健全アンカーの検査結果が健全である場合

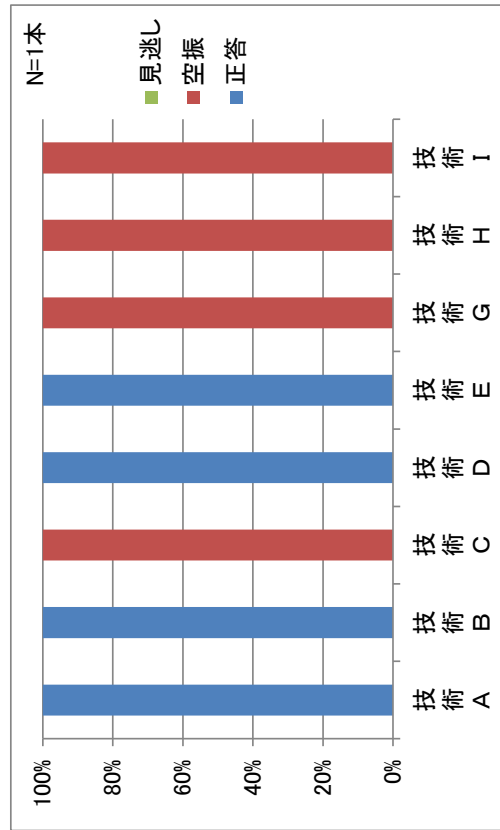
または、健全外アンカーの検査結果が健全外で不具合の内容が一致している場合

空振:健全アンカーの検査結果が健全外である場合

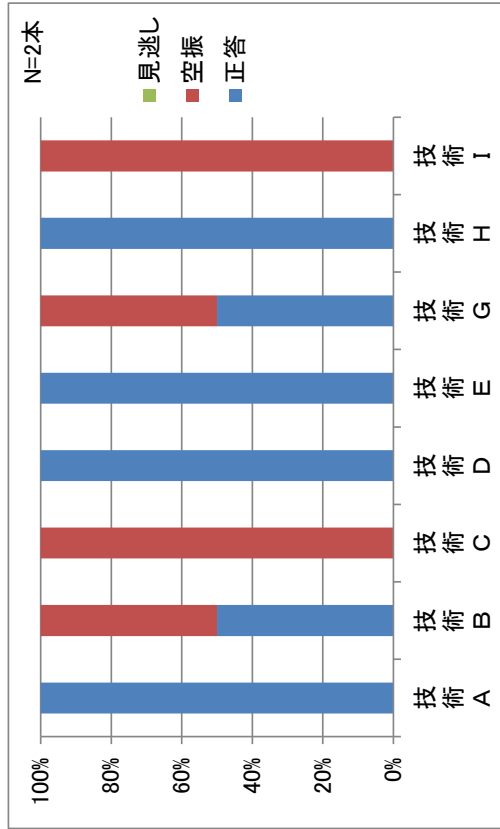
または、健全外アンカーの検査結果が健全外であっても不具合の内容が一致していない場合

見逃し:健全外アンカーの検査結果が健全である場合

○ : 正答 △ : 空振 × : 見逃し



(1) 模擬供試体 (軸力なし)



(2) 模擬供試体 (軸力あり)

図-5.2.7 軸力の有無による検知率 (金属系)