

3.5 天頂部接着系ボルトの施工出来形調査

— 目 次 —

3.5.1. 覆工コンクリートコア調査概要	274
3.5.2. 覆工コンクリートコア調査箇所	275
3.5.3. 覆工コンクリートコアの断面写真 【調査結果例】	276
3.5.4. コアのX線・CT分析	277
3.5.5. 引抜試験で引き抜けた天頂部接着系ボルトの削孔内部状況(M16)	278
3.5.6. コア調査結果	281
3.5.7. 内視鏡観察調査	283
3.5.8. 内視鏡観察による出来形の傾向	284
3.5.9. 接着系ボルトの埋込み長	287

3.5.1. 覆工コンクリートコア調査概要

(1) 調査方法

外径 125 mmのコアドリルを使用して、天頂部接着系ボルト部を含む覆工コンクリートのコアを採取、切断した。そして採取したコアの孔周囲の状況を目視観察した。

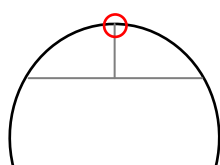
(2) 実施期間

2012 (平成 24) 年 12 月 ~ 2013 (平成 25) 年 2 月

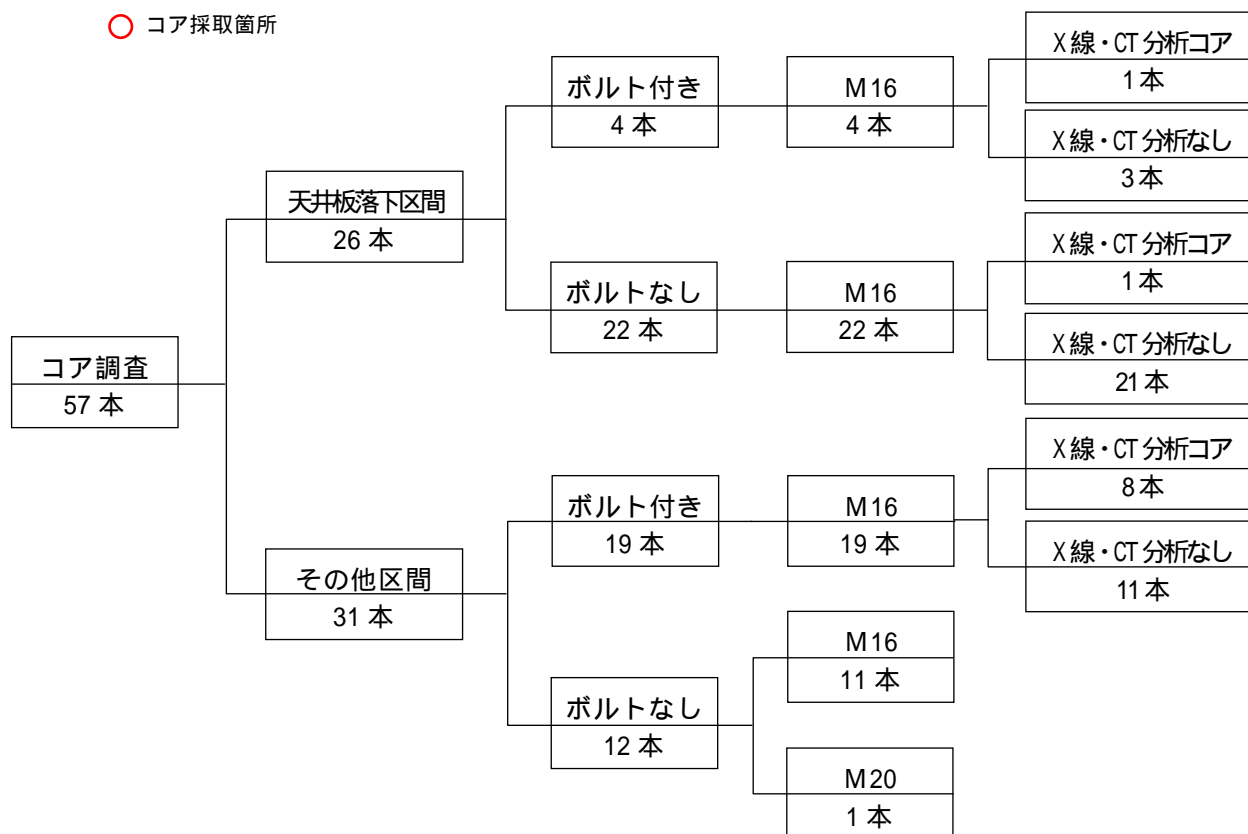
(3) 調査箇所 調査数量

天井板落下区間：漏水が多かった箇所を中心に採取

その他の区間：天井板落下区間より東京側で、引抜強度が弱いボルトを中心に採取



○ コア採取箇所

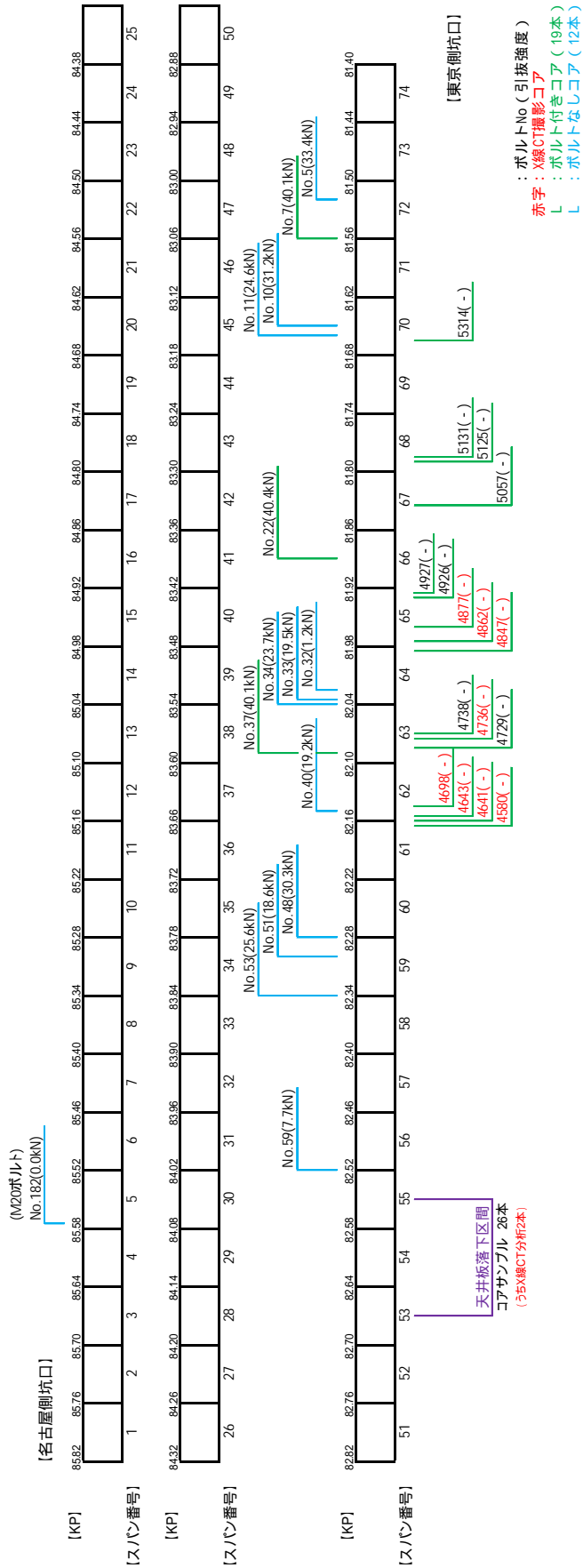


(接着系ボルトをボルトと表記)

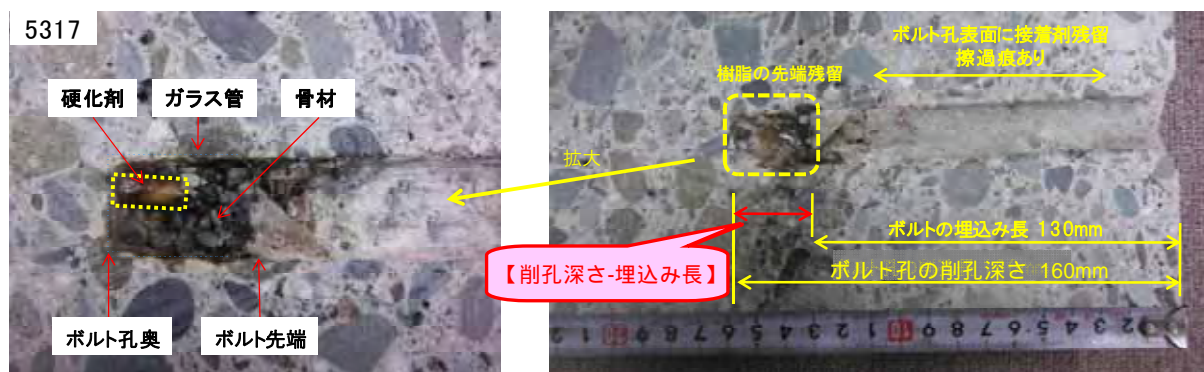
(4) 調査項目

- ・ボルト孔の径、削孔深さ、ボルトの埋込み長
- ・ボルト孔周囲のコンクリートの状況
- ・ボルト孔内壁の状況
- ・ボルト孔内の接着剤の状況

3.5.2. 覆工コンクリートコア調査箇所



3.5.3. 覆工コンクリートコアの断面写真【調査結果例】



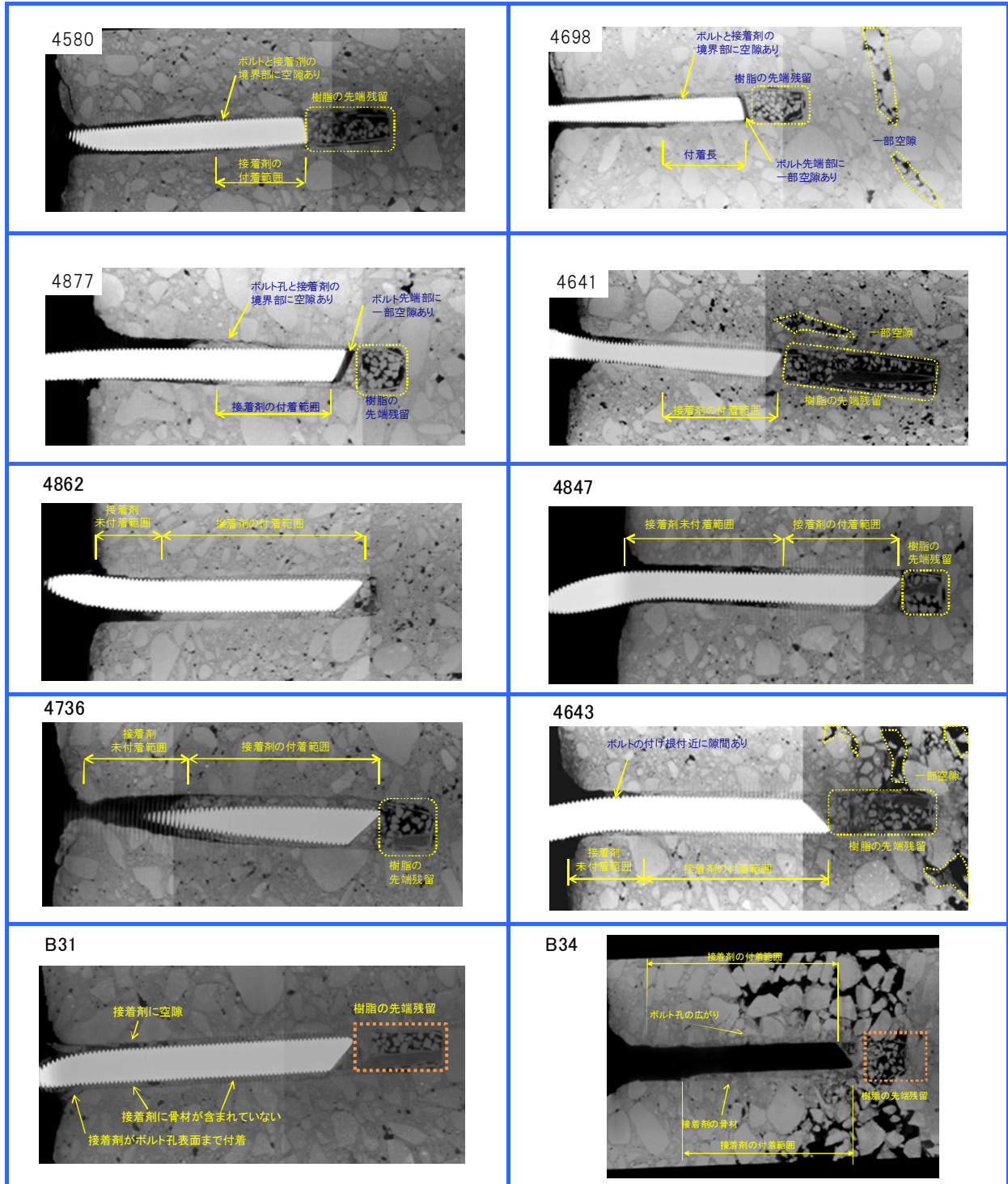
調査内容	調査結果
接着系ボルト孔の削孔径	19.3mm
接着系ボルト孔の削孔深さ	160mm
接着系ボルトの埋込み長	130mm
接着系ボルト孔周囲のコンクリートの状況	健全な状態
接着系ボルト孔内壁の状況	ボルト孔表面に接着剤が残留、擦過痕あり
接着系ボルト孔内の接着剤の状況	樹脂・硬化剤・ガラス管・骨材が残存(30mm)の先端残留あり(ボルト先端部の樹脂が完全に攪拌されずに残存)

※【材料承認願に添付された材料パンフレットの推奨値】

削孔径：19mm、削孔深さ：130mm（コンクリートの場合の最適深さ）

3.5.4. コアのX線・CT分析

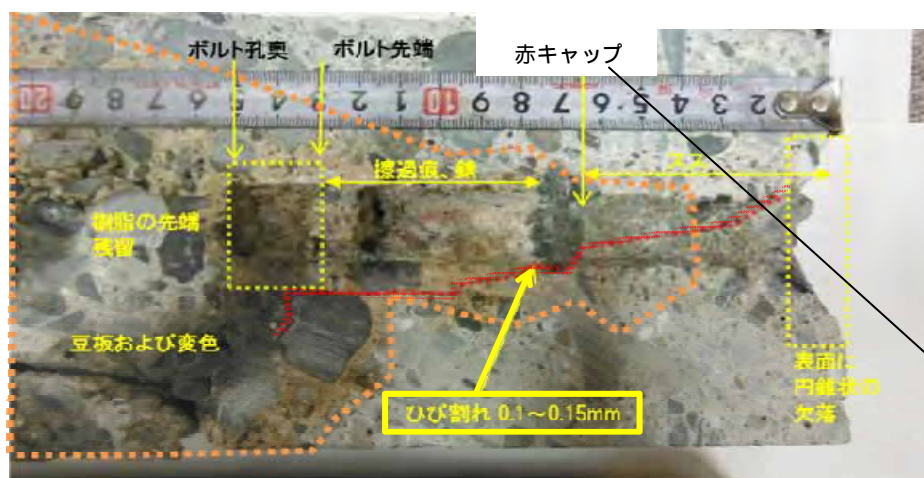
- ・ 接着剤の付着範囲は、40～100mmであった。
- ・ コンクリートコアに部分的な空隙が存在したものは、10本中4本であった。



3.5.5. 引抜試験で引き抜けた天頂部接着系ボルトの削孔内部状況(M16)

ここでは、引抜試験で引き抜けたM16 ボルト 11 本の削孔内部状況を観察した。

- ・削孔深さと埋込み長が一致していないことにより樹脂等が削孔先端に残留しているボルトが、11 本中 9 本存在した。
- ・削孔深さと埋込み長が概ね一致しているボルトは、削孔深さが 90~95 mm と材料承認願に添付されていた材料パンフレットの 130mm に比べ、浅い。
- ・ボルト孔にクラックが生じていたコアが、1ヶ所存在する。(当初から存在したのか、引抜試験の結果であるかは分からない。)
- ・ボルト先端部の樹脂が変色^{※1}しているボルトが、11 本中 4 本存在する。



1 変色とは、コンクリートコアの観察結果から、ボルト先端部の樹脂が茶褐色に変色しているものを示す。



レジンカプセル

番号		引抜強度	削孔径	削孔深さ	埋込み長	ボルト孔底-ボルト先端	黒ずみ付着長	内部の状況			
試験番号※1	ボルト番号※2	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	一部空隙	クラック	樹脂先端残留	樹脂先端変色
53	4295	25.6	19.2	152	120	32	35	-	-	有 (32mm)	-
51	4356	18.6	19.2	148	117	31	35	-	-	有 (31mm)	有
48	4432	30.3	19.8	153	133	20	45	-	-	有 (20mm)	-
40	4650	19.2	19.8	90	90	0	0	有 (表面)	-	-	-
34	4780	23.7	19.5	150	130	20	65	有 (先端)	有 (0.1~0.15mm) ボルト軸方向	有 (20mm)	-
33	4797	19.5	19.5	157	130	27	55	-	-	有 (20mm)	-
32	4805	1.2	19.5	95	95	0	20	-	-	-	-
11	5317	24.6	19.5	160	130	30	35	-	-	有 (30mm)	-
10	5350	31.2	19.4	165	135	30	30	-	-	有 (30mm)	有
5	5510	33.4	19.7	150	145	5	42	-	-	有(5mm)	有
59	5952	7.7	19.5	165	130	35	40	-	-	有 (35mm)	有

- 1 引抜試験対象ボルトの番号で、試験対象ボルトに東京側から名古屋側に向かって順に付加されたもの。
- 2 ボルト番号 1～5860：天井板落下区間及びその東京側約100mを除く区間におけるボルトの通し番号で、排気側のボルトに対して名古屋側坑口から東京側坑口に向かって順に付加されたもの。
ボルト番号 5861以降：天井板落下区間及びその東京側約100mの区間内におけるボルトの通し番号で、排気側のボルトに対して名古屋側坑口から東京側坑口に向かって順に付加されたもの。

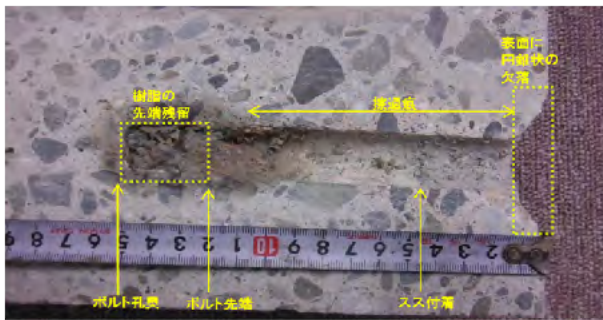


写真-1 ボルト番号4295

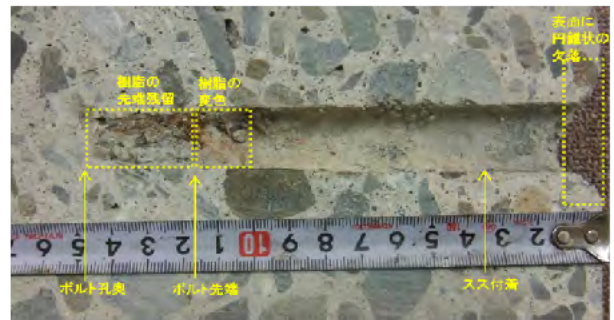


写真-2 ボルト番号4356

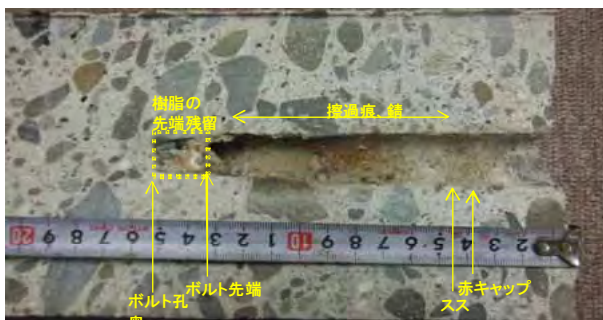


写真-3 ボルト番号4432

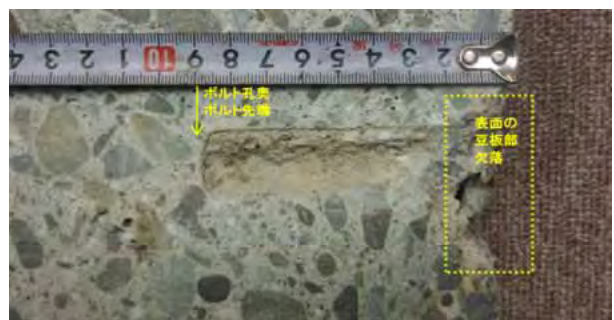


写真-4 ボルト番号4650



写真-5 ボルト番号4780

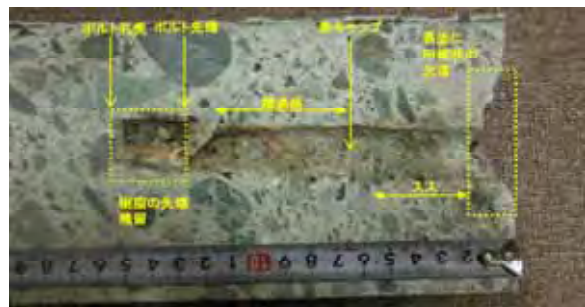


写真-6 ボルト番号4797



写真-7 ボルト番号4805



写真-8 ボルト番号5317

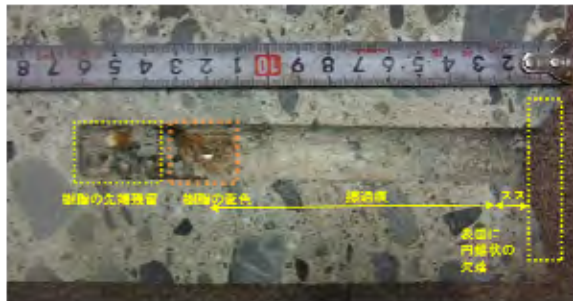


写真-9 ボルト番号5350

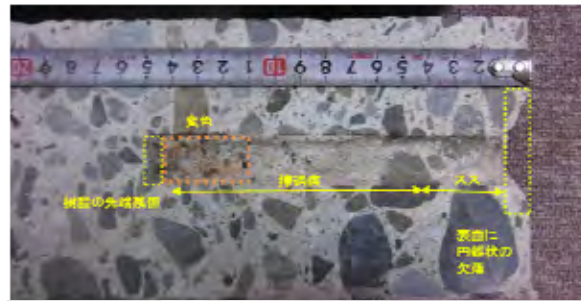


写真-10 ボルト番号5510

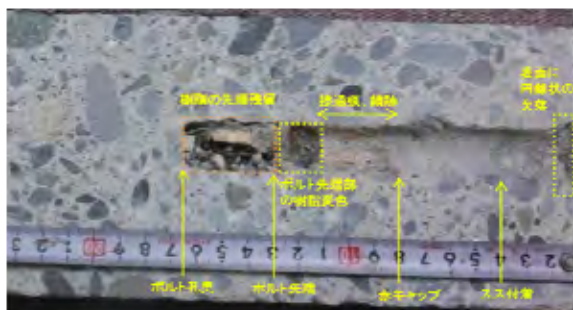
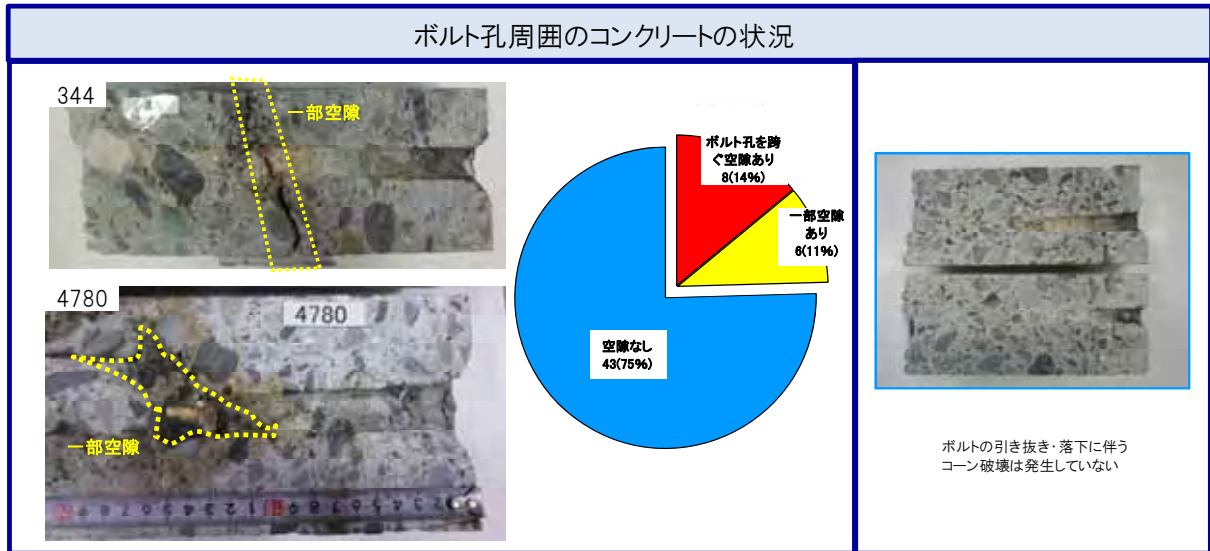


写真-11 ボルト番号5952

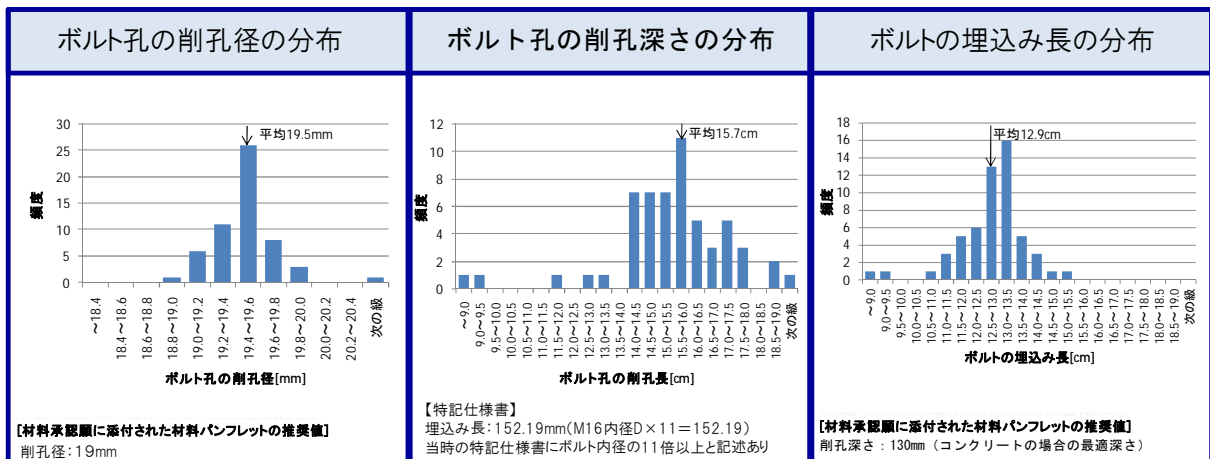
3.5.6. コア調査結果

(1) 接着系ボルト孔周囲のコンクリートの状況



- ・ 採取したコアの 25% (14/57 本) に、コンクリート内に一部空隙が存在した。
- ・ 採取したコアの 14% (8/57 本) に、ボルト孔を跨ぐ一部空隙が存在した。
- ・ ボルトなしコアの全数 (34 本) で、コーン破壊は発生していなかった。
- ・ コア採取時に背面からの漏水を確認したものもあった。

(2) 接着系ボルト孔の削孔径・削孔深さ・埋込み長



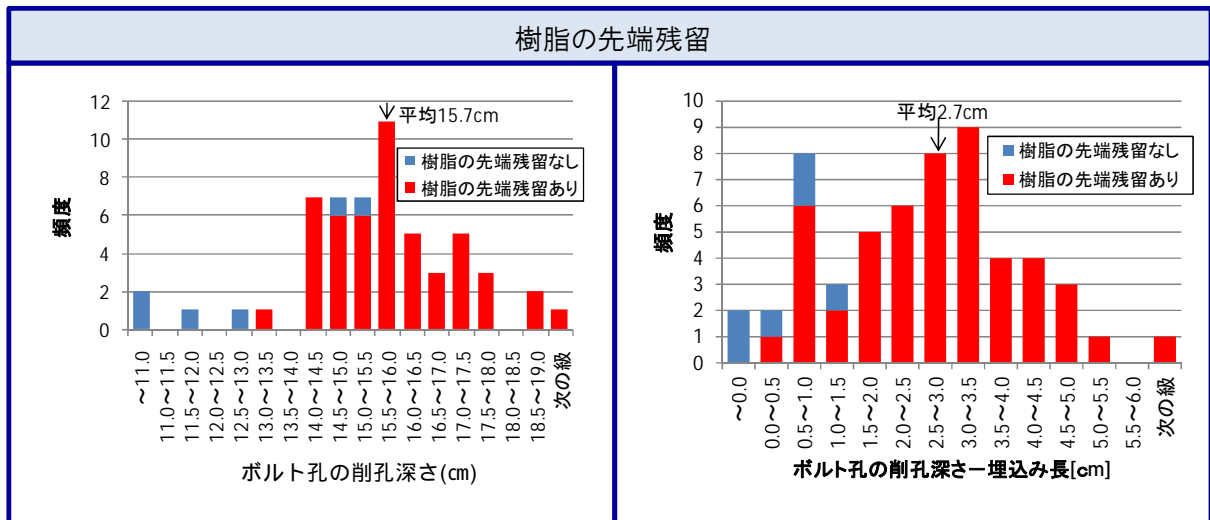
◆ 覆工コンクリートから採取したコアサンプル 5 6 本の計測結果の平均値

- ・ ボルト孔の削孔径は、平均 19.5mm であった。
- ・ ボルト孔の削孔深さは、平均 15.7cm であった。
- ・ ボルト孔の削孔深さが、9.5cm 未満のものもあった。
- ・ ボルトの埋込み長は、平均 12.9cm であった。

※ 調査結果は、57本からM20ボルト1本を除いている。

※ ボルトの埋込み長の定義は、3.5.9. による。

(3) 樹脂の先端残留頻度

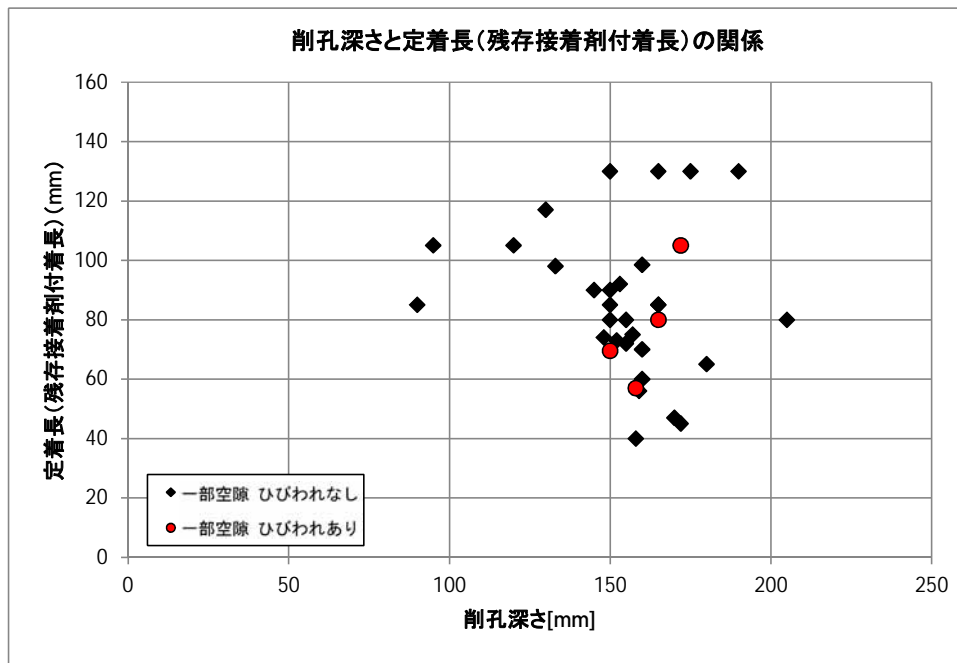


- ・ ボルト孔とボルト先端の距離が 0.5cm 以上のコアで、樹脂の先端残留が確認された。
- ・ ボルト孔底からボルト先端までの距離が 5cm を上回るものも存在した。

※調査結果は、57本から M20 ボルト 1本を除いている。

(4) 削孔深さと定着長との関係 (採取コア 57 検体)

- ・ 採取したコア 57 本のうち、残存接着剤が確認出来た 34 本の観察記録 (引抜試験を実施した 11 本含む) から、削孔深さと定着長*の関係
- ・ コアサンプリングからは、削孔深さと残存接着剤付着長の相関は明確でない。
- ・ 34 本のうち、ひびわれ、一部空隙は 4 本 (12%) 見られる。



※定着長(残存接着剤付着長) : 接着系ボルトの先端カット部(16 mm)から接着剤の残存が確認された長さ。

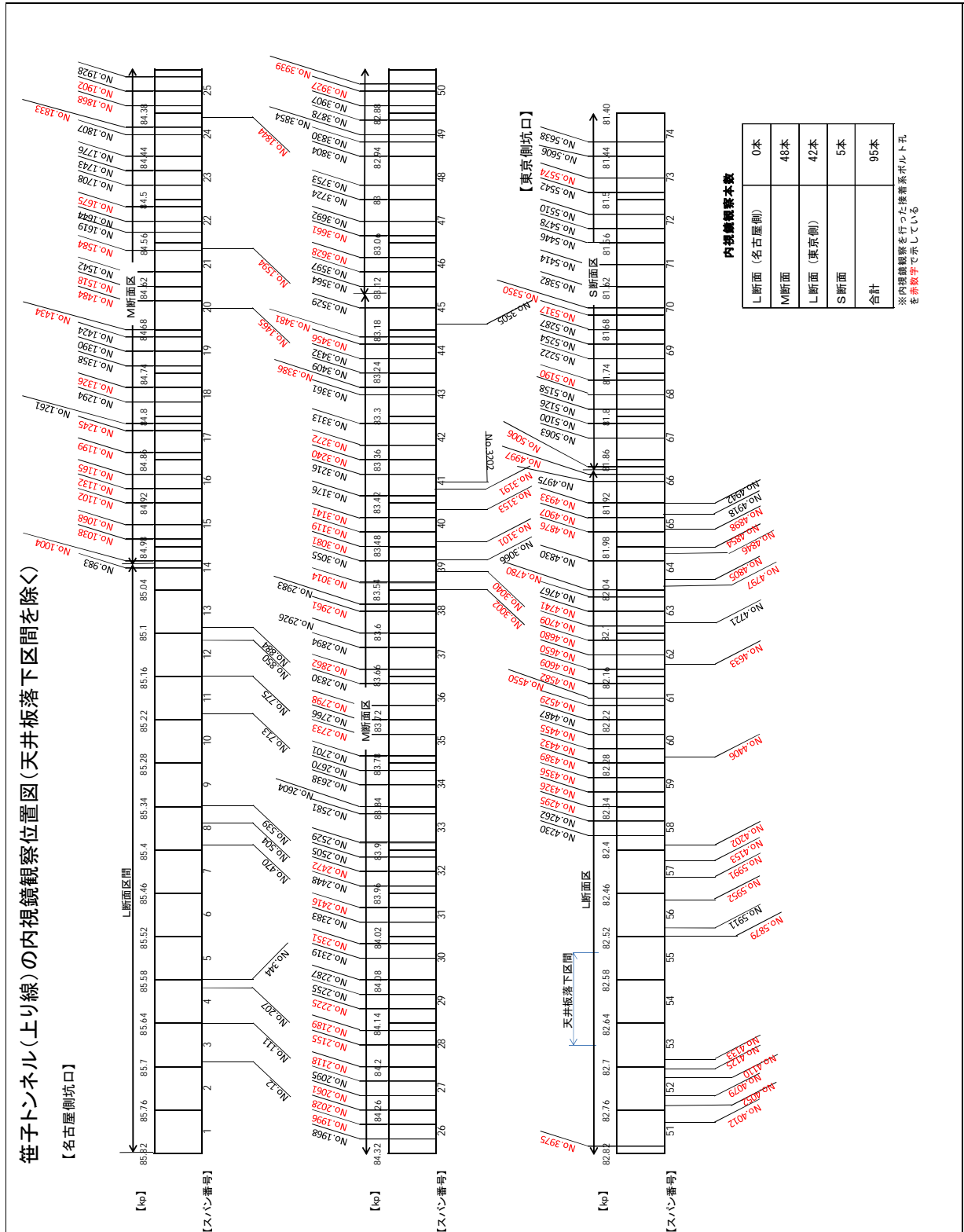
3.5.7. 内視鏡観察調査

(1) 調査方法

3.2.3.1 調査方法を参照

(2) 調査位置

各ダクト断面で内視鏡観察を行った接着系ボルト孔の位置を以下に示す。

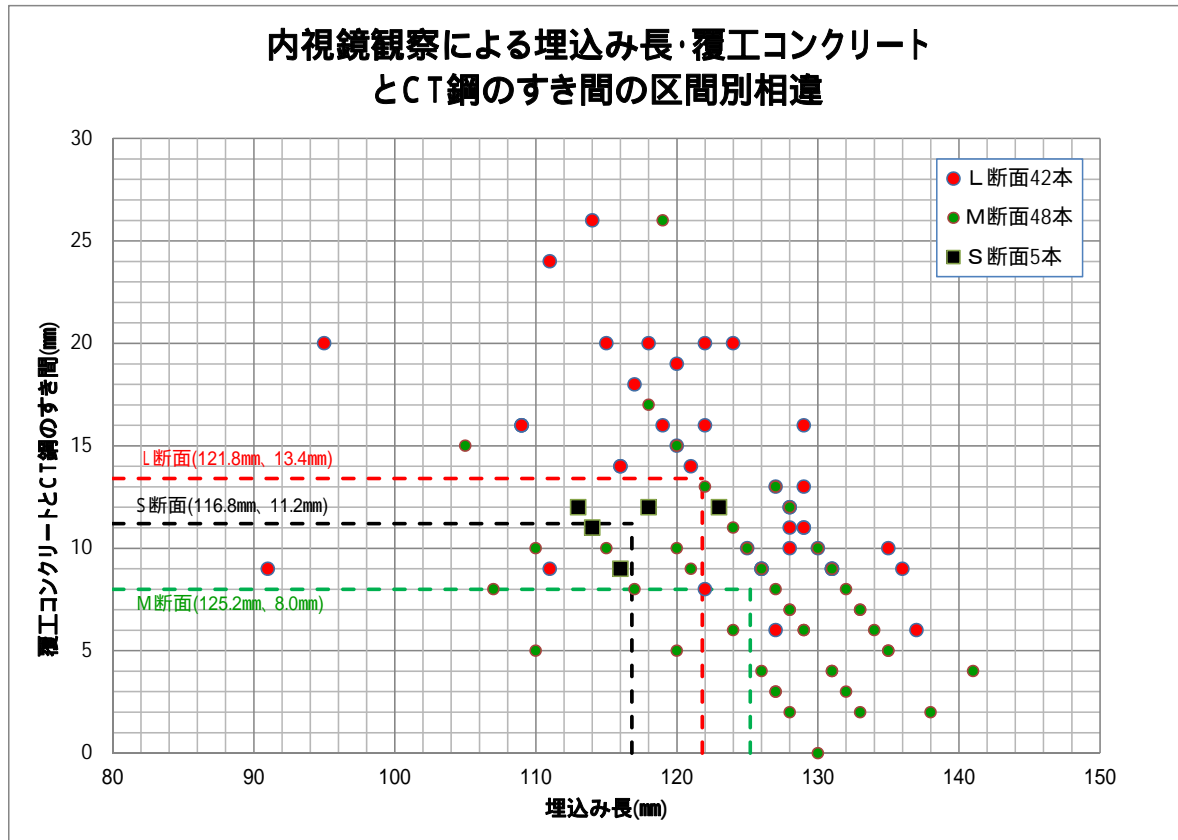


3.5.8. 内視鏡観察による出来形の傾向

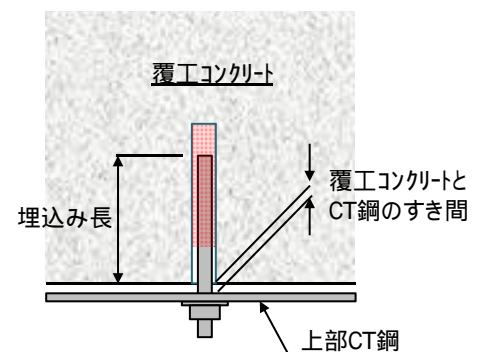
(1)ダクト断面別の接着系ボルトの埋込み長・覆工コンクリートとCT鋼のすき間

- ・ボルトの平均埋込み長は、116～125 mmであり、長い順に M>L>S 断面である。
- ・覆工コンクリートとCT鋼のすき間※1は、L断面が平均13.4 mmと最大であり、M断面は平均8.0 mmと最小である。

※1 引抜試験時に覆工コンクリートとCT鋼の隙間をボルト位置にて定規で計測



	平均埋込み長	覆工コンクリートとCT鋼のすき間
L断面	121.8mm	13.4 mm
M断面	125.2mm	8.0 mm
S断面	116.8mm	11.2 mm

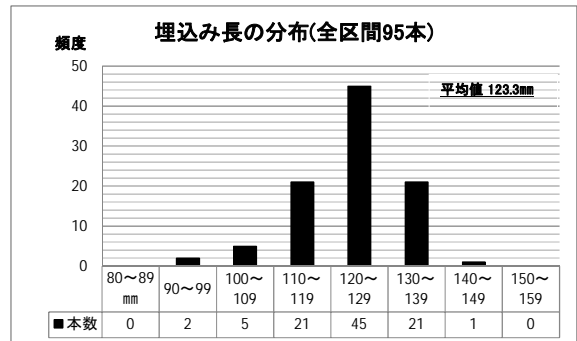
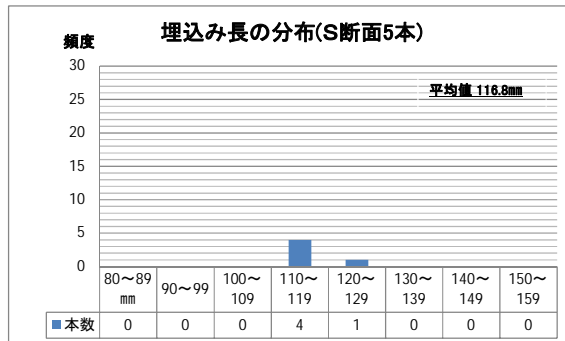
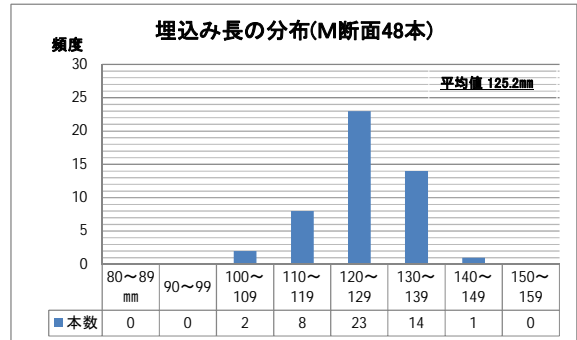
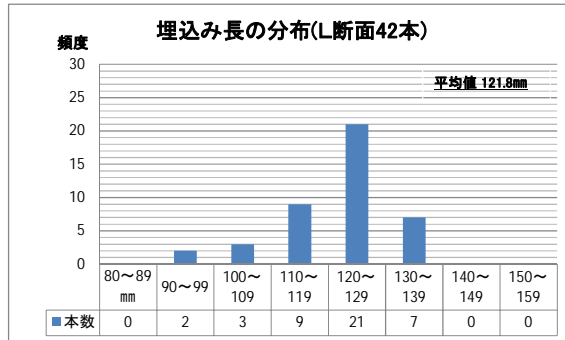


※サンプル数は、引抜試験を行い引き抜けた天頂部接着系ボルトのうち、内視鏡観察を行いデータが得られたL・M・S断面の95本とした。

※ボルトの埋込み長の定義は、3.5.9. による。

(2)ダクト断面別の接着系ボルト埋込み長の分布【内視鏡観察】

- ・内視鏡観察による全ボルトの平均埋込み長は 123.3 mmである。
- ・全ボルトの埋込み長の分布は 110～139 mmに集中している。



※サンプル数は、引抜試験を行い引き抜けた天頂部接着系ボルトのうち、内視鏡観察を行いデータが得られたL・M・S断面の95本とした。

※名古屋側のL断面の接着系ボルトはM20であるため除外した。

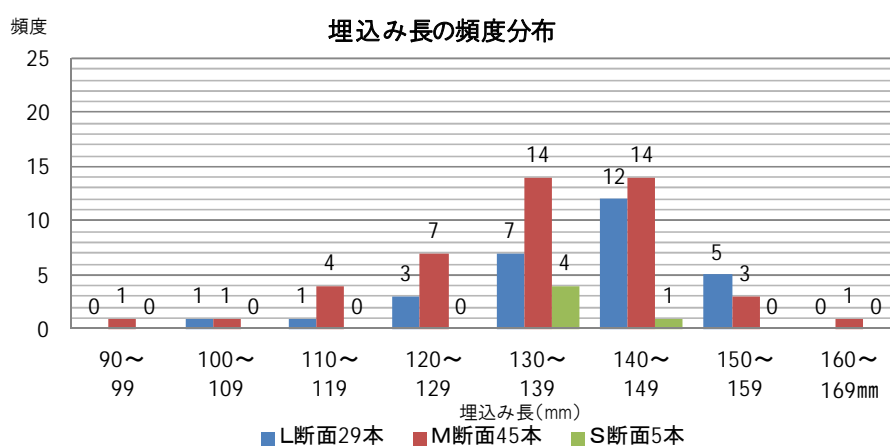
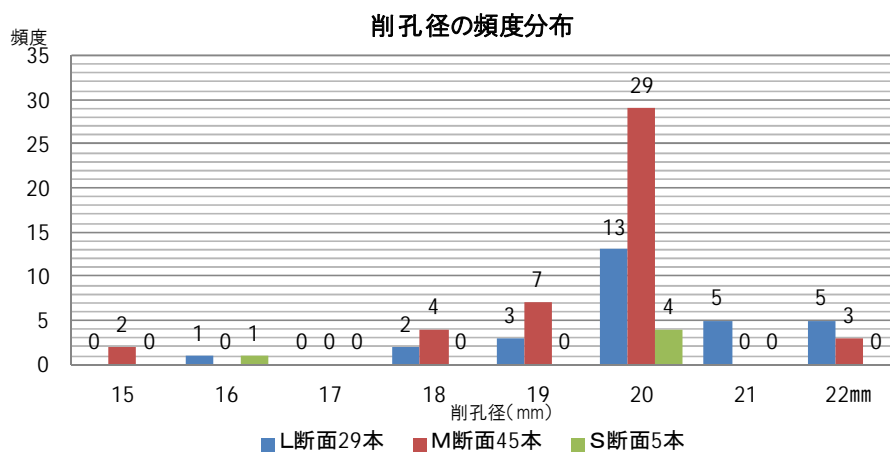
※ボルトの埋込み長の定義は、3.5.9. による。

(3)ダクト断面別の削孔径と接着系ボルト埋込み長の傾向

- ・接着系ボルトの平均埋込み長は 136 mmである。
- ・平均削孔径は、L、M 及び S 断面で顕著な差異は見られず 19.8 mmと材料承認願に添付されたカタログ値(=19 mm)から大きく逸脱していなかった。

【区間別の平均値】

	埋込み長 (mm)	削孔径 (mm)	サンプル数
L 断面	138.1	20.1	29
M 断面	135.1	19.6	45
S 断面	134.9	19.2	5
平均	136.2	19.8	計 79



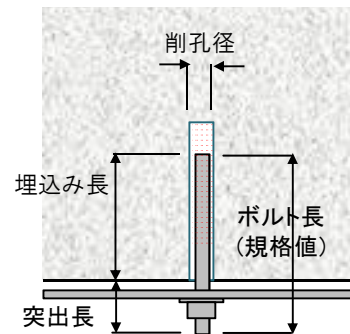
※ サンプル数は、引抜試験において引き抜けた 79 本(ランダムサンプリング分で突出長の計測不良による異常値 1 本除外)とした。

※ ボルトの埋込み長の定義は、3.5.9. による。

3.5.9. 接着系ボルトの埋込み長

(1) 接着系ボルトの埋込み長

- ・接着系ボルトの埋込み長は、引抜試験前に実施した外観調査において計測したボルト突出長を、ボルト長（規格値）から減じることにより求めた。
- ・また、削孔径は、内視鏡観察調査時にデジタルノギスにより検出した値である。

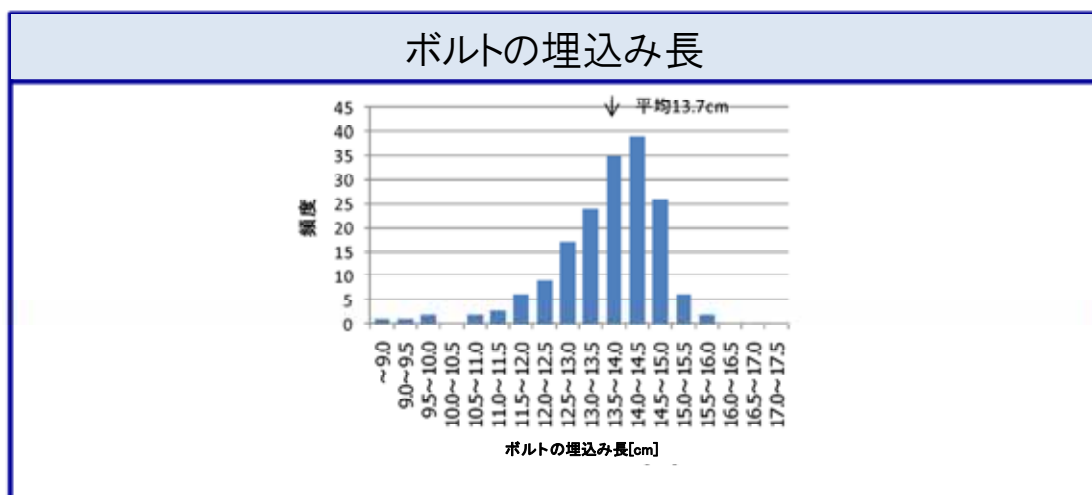


ボルト観察（引抜試験前）による埋込み長の調査結果

調査数：173 本^{※1}（引抜試験 185 本－M20 ボルト 11 本－計測不能箇所^{※2} 1 本）

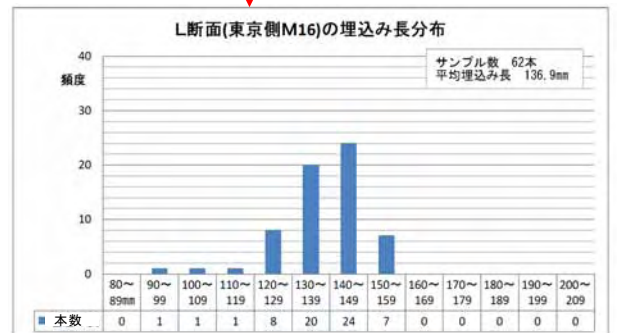
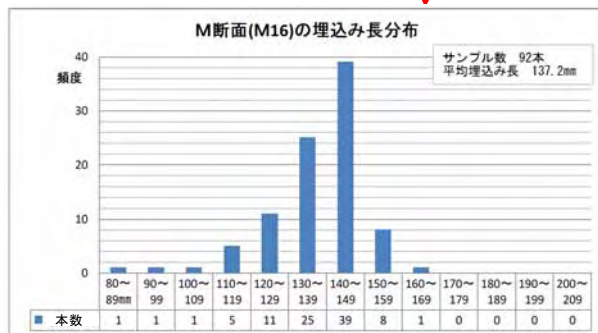
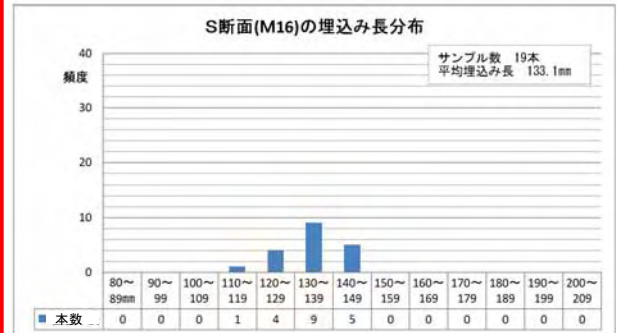
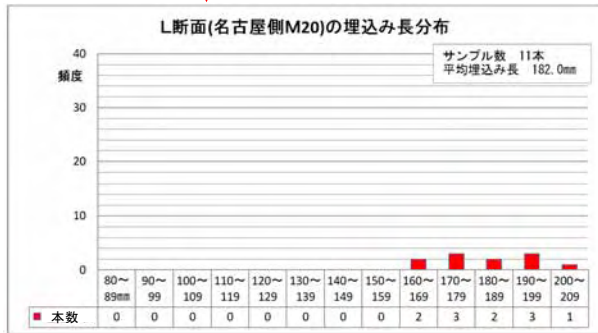
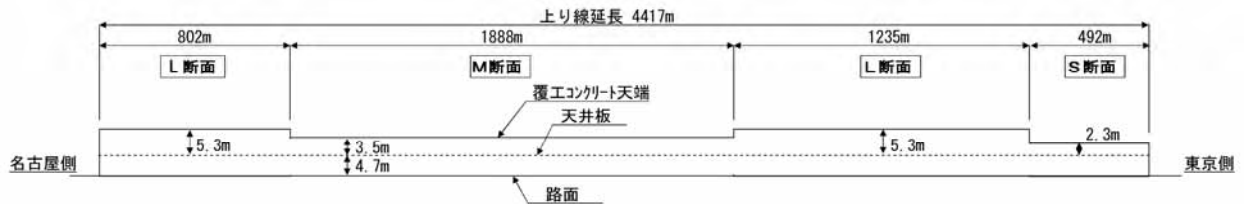
※1 サンプルの分類については、3.6.3 を参照

※2 突出長の計測不良による異常値 1 本除く



(2)ダクト断面別の接着系ボルトの埋込み長の分布

- ・ L断面(名古屋側)は、M20 が使用されており平均埋込み長は 182 mmと長い。
- ・ M16 が使用されている他の断面は、埋込み長 130~140 mmをピークとしている。
- ・ M断面とL断面(東京側)の平均埋込み長は 137 mmと同等であり、S断面が 133 mmとやや短い。
- ・ M16 の最小埋込み長は 89 mm、最大埋込み長も 160 mmといずれもM断面にある。



※サンプル数は引抜試験を行った 184 本(突出長の計測不良による異常値 1 本除く)とした。