

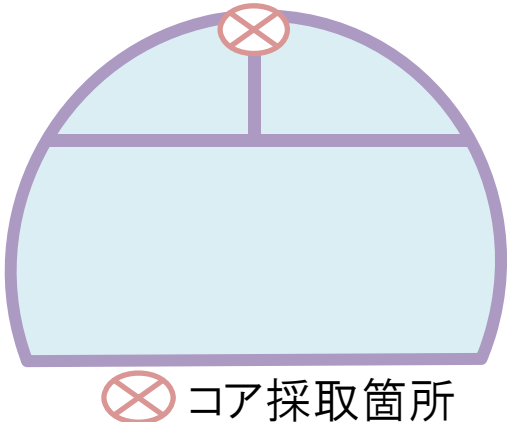
覆エコンクリートコア等の観察

【目的】

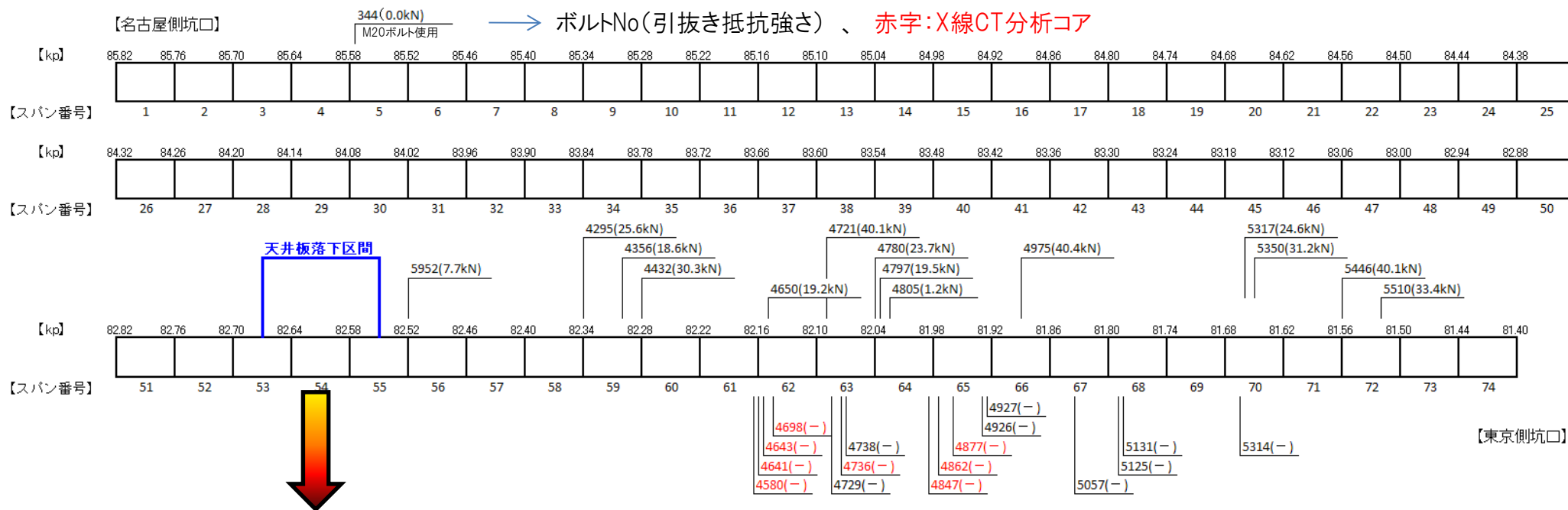
接着系アンカーボルトが定着していた覆エコンクリートからコアサンプリングし、削孔長、接着剤の付着等の状況を把握したもの

平成25年3月27日(水)

1. 覆工コンクリートコア調査概要

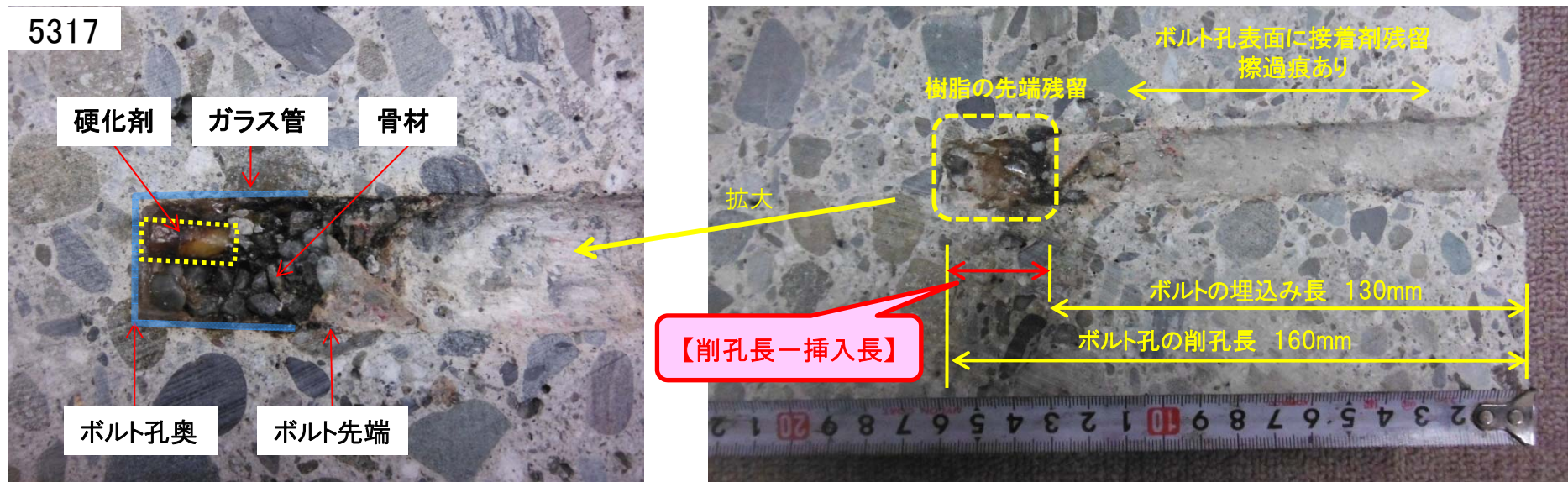
調査方法	<ul style="list-style-type: none"> ・ 覆工コンクリート天井板の頂部アンカーボルト部から引抜き抵抗力が低かったもの、覆工コンクリートに漏水が見られるものを中心に、外径φ125mmのコアドリルを使用してコンクリートコアを採取、切断。 ・ アンカーボルト孔周囲の状況を目視観察。 												
実施期間	平成24年12月～平成25年2月												
調査箇所 調査数量	<p>ボルト付きコア: 打音試験の結果に着目して選定 ボルトなしコア: 引抜き強度、錆の有無、定着長に着目して選定</p> <div style="display: flex; align-items: center;">  <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>調査箇所</th> <th>数量</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>天井板落下区間</td> <td>ボルト付き 4本 ボルトなし 22本</td> <td>X線CT分析コア 2本含む</td> </tr> <tr> <td>その他区間</td> <td>ボルト付き19本 ボルトなし12本</td> <td>M20ボルト箇所 1本含む X線CT分析コア 8本含む</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>57本</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 10px;">⊗ コア採取箇所</p>	調査箇所	数量	備考	天井板落下区間	ボルト付き 4本 ボルトなし 22本	X線CT分析コア 2本含む	その他区間	ボルト付き19本 ボルトなし12本	M20ボルト箇所 1本含む X線CT分析コア 8本含む	合計	57本	
調査箇所	数量	備考											
天井板落下区間	ボルト付き 4本 ボルトなし 22本	X線CT分析コア 2本含む											
その他区間	ボルト付き19本 ボルトなし12本	M20ボルト箇所 1本含む X線CT分析コア 8本含む											
合計	57本												
調査項目	<ul style="list-style-type: none"> ・ ボルト孔の径、削孔長、ボルトの挿入長 ・ 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 												

2. 覆エコンクリートコア調査箇所



コアサンプル 26本
(うちX線CT分析2本)

3. 覆エコンクリートコアの断面写真【調査結果例】

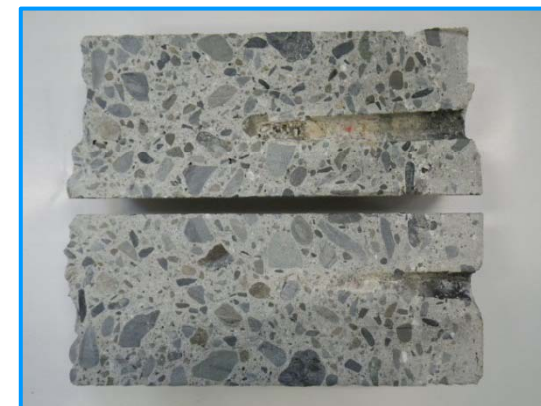
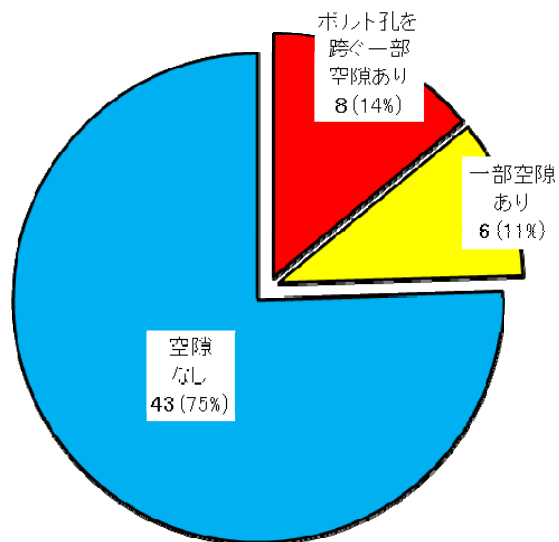
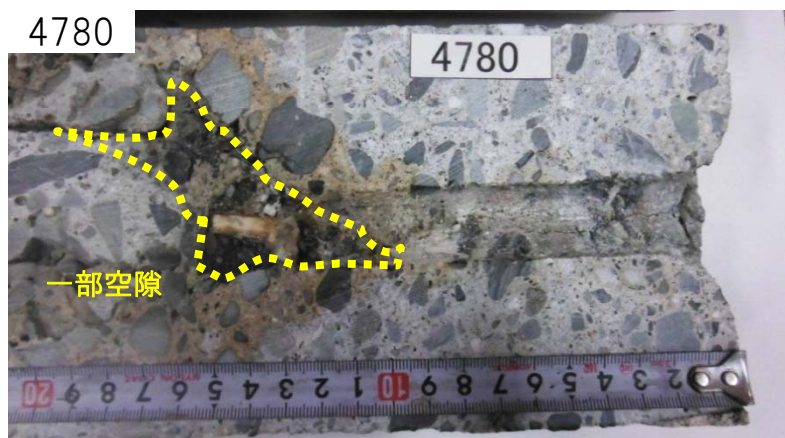


調査内容	調査結果
ボルト孔の削孔径	19.3mm
ボルト孔の削孔長	160mm
ボルトの埋込み長	130mm
ボルト孔周囲のコンクリートの状況	健全な状態
ボルト孔内壁の状況	ボルト孔表面に接着剤が残留、擦過痕あり
ボルト孔内の接着剤の状況	樹脂の先端残留あり(ボルト先端部の樹脂が完全に攪拌されずに残存) 硬化剤・ガラス管・骨材が残存(30mm)

※【メーカーカタログからの推奨値】削孔径:19mm、削孔長:130mm(コンクリートの場合の最適深さ)

4. コア調査結果 【ボルト孔周囲のコンクリートの状況】

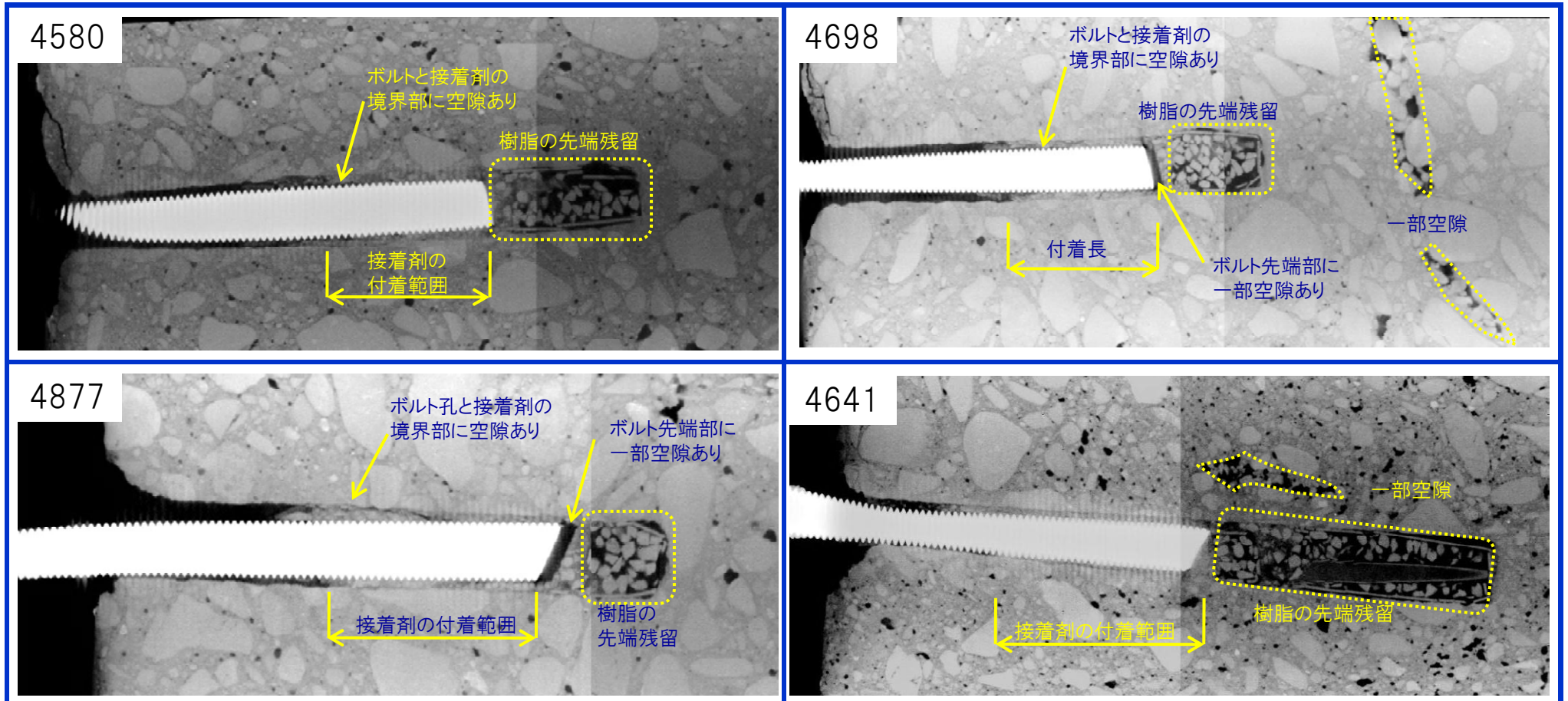
ボルト孔周囲のコンクリートの状況



ボルトの引き抜き・落下に伴うコーン破壊は発生していない

- ・ 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。
- ・ サンプルング時に背面からの漏水を確認した。

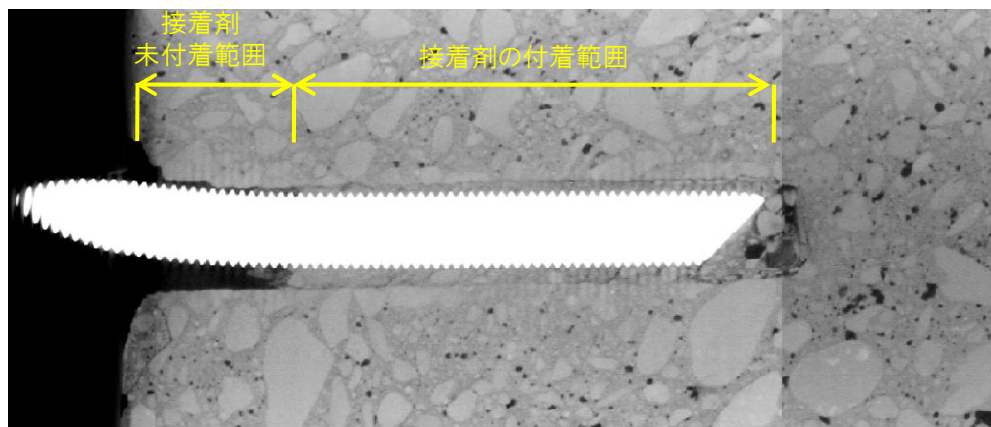
5. コア調査結果 【X線・CT分析結果】



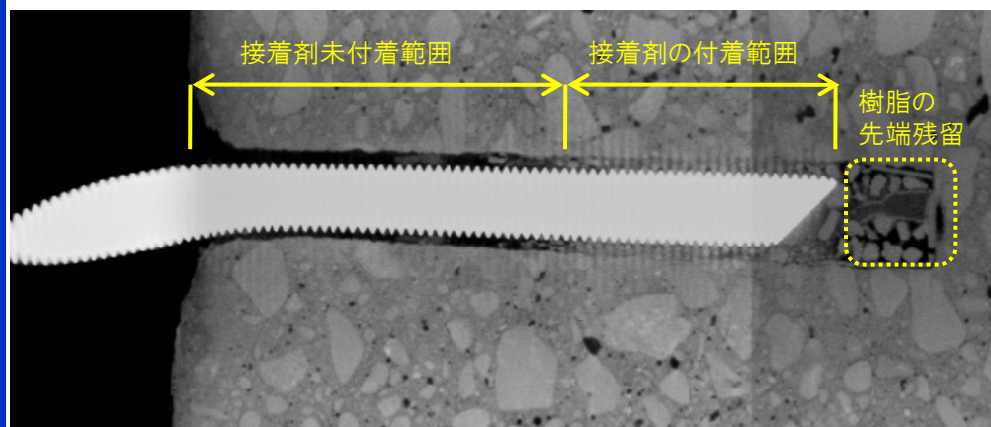
- ・ 接着剤の付着範囲は、いずれも40～60mmと短い。
- ・ ボルト孔(ボルト)と接着剤の境界部の空隙が、3/4本で確認された。
- ・ ボルト先端部の空洞が、2/4本で確認された。
- ・ コンクリート部材に一部空隙が2/4本で確認された。

5. コア調査結果【X線・CT分析結果】

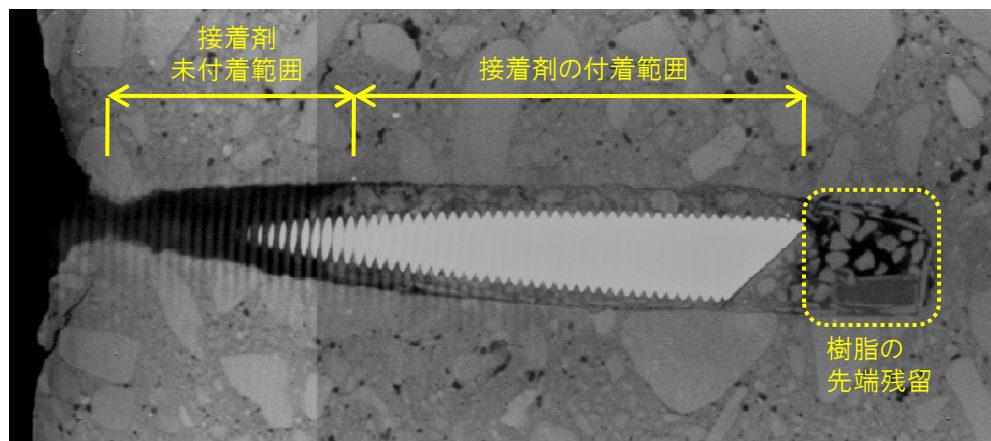
4862



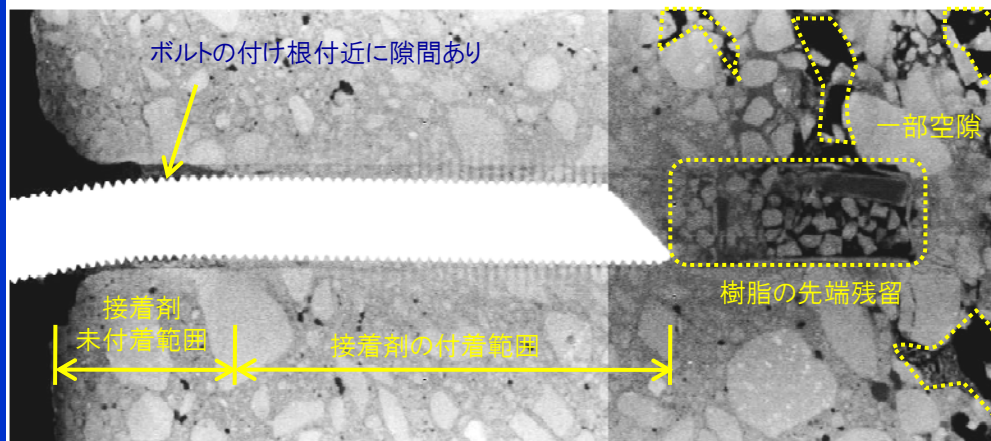
4847



4736

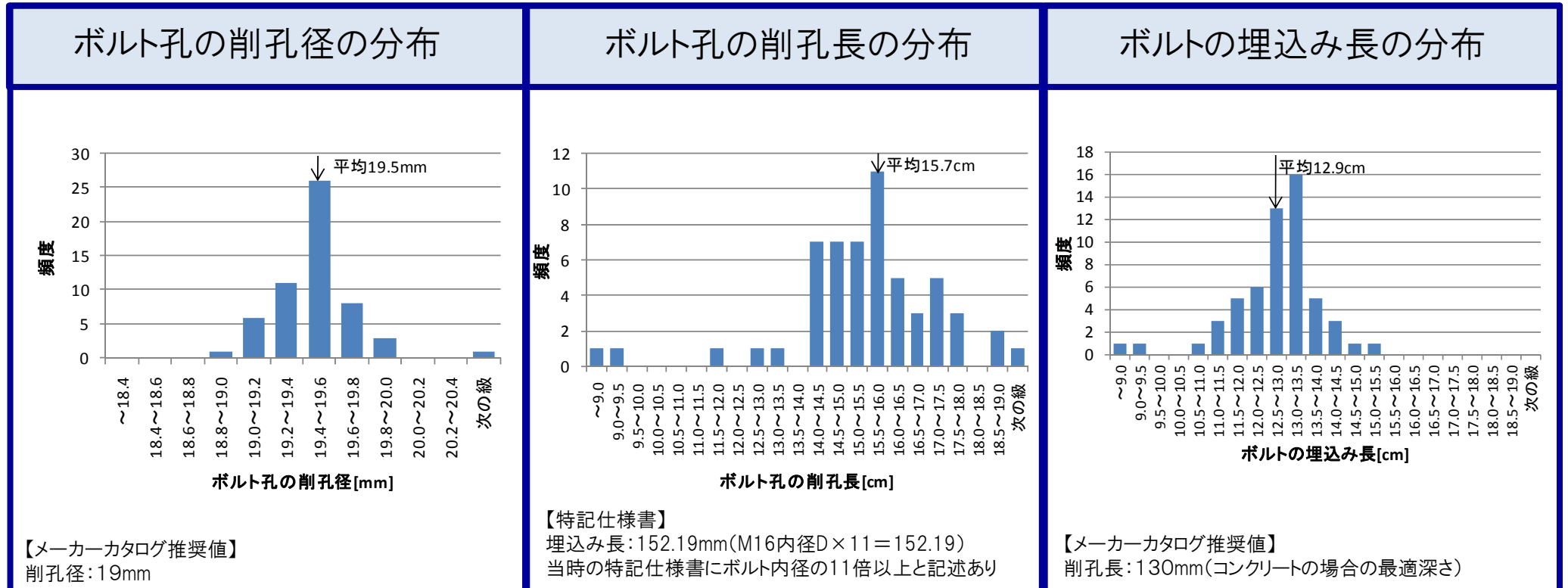


4643



- ・ 接着剤の付着範囲は、2/4本が90～100mm、2/4本が50～70mmであった。
- ・ 比較的接着剤の付着範囲が広いものでも、ボルトの付け根付近に接着剤の未付着範囲が存在した。
- ・ コンクリート部材に一部空隙が2/4本で確認された。

6. コア調査結果 【ボルト孔の削孔径・削孔長・ボルト孔の埋込み長】



◆ 覆工コンクリートから採取したコアサンプル56本の計測結果の平均値

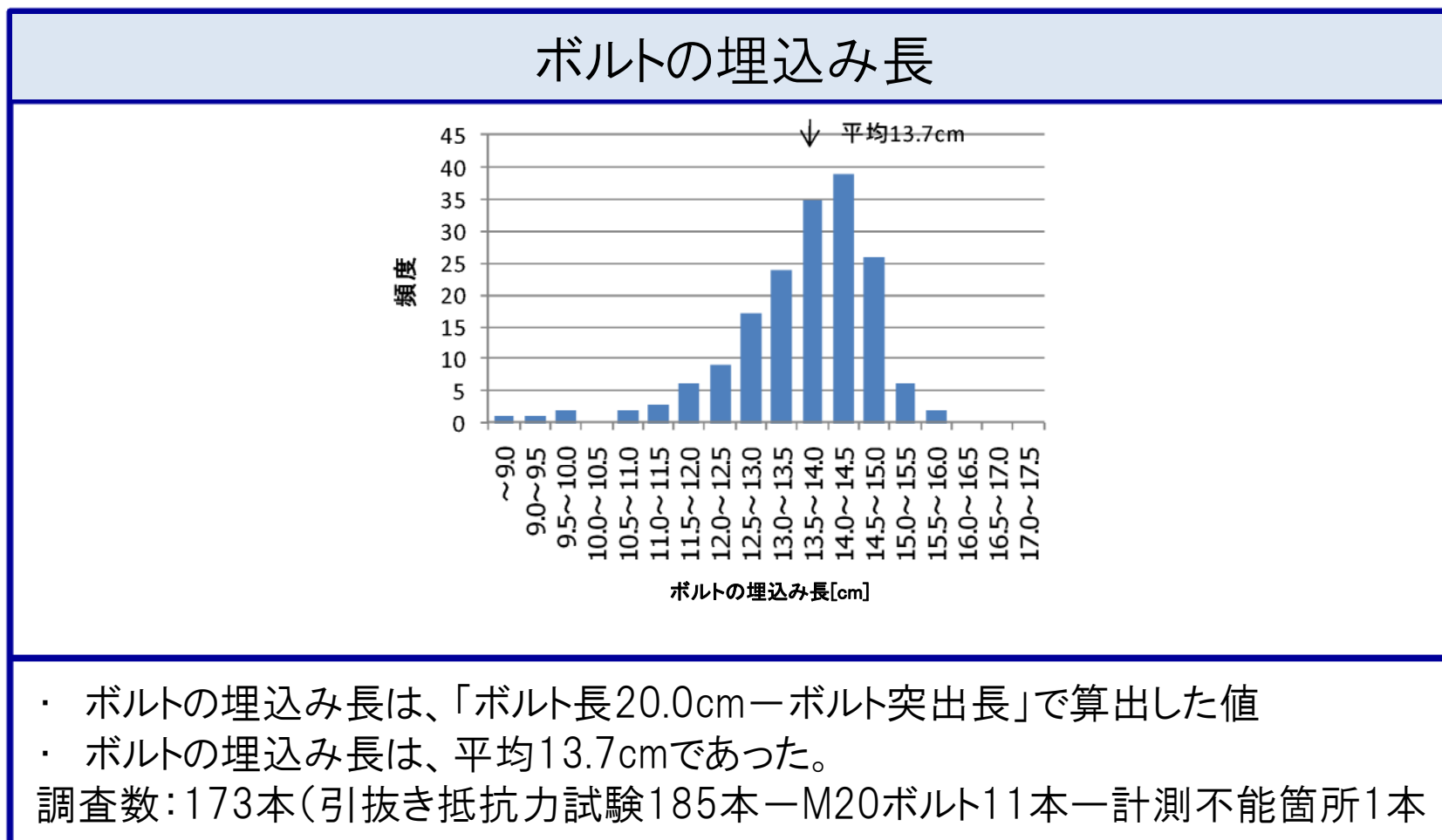
- ・ ボルト孔の削孔径は、平均19.5mmであった。
- ・ ボルト孔の削孔長は、平均15.7cmであった。
- ・ ボルト孔の削孔長が、9.5cm未満のものもあった。
- ・ ボルトの埋込み長は、平均12.9cmであった。

※) 調査結果は、57本からM20ボルト1本を除いている。

7. 引抜き抵抗力試験前の観察調査結果【ボルト観察】

ボルト観察(引き抜き抵抗力試験前)による調査結果

引抜き抵抗力試験を実施したボルトのうち、M20ボルトを除く調査結果



8. 引抜き抵抗試験で引抜かれたボルトの削孔内部状況

- ・過掘りにより樹脂が削孔先端に残留しているボルトが、9本/11本存在する。
- ・過掘りがないボルトは、元々削孔長が短い。
→ 削孔長90～95mm（最適は130mm）
- ・ボルト軸方向にクラックを生じているボルトが1ヶ所存在する。（当初から存在したのか、引抜き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しているボルトが、4本/11本存在する。



ボルト番号		引抜き抵抗力 (kN)	削孔径 (mm)	削孔長 (mm)	埋込み長 (mm)	過掘り長 (mm)	スス付着長 (mm)	内部の状況			
試験	NEXCO							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

8. 引抜き抵抗試験で引抜かれたボルトの削孔内部状況

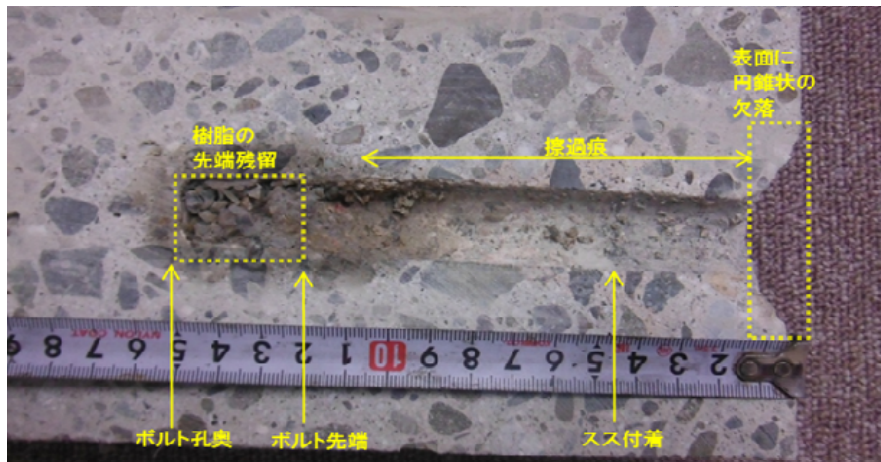


写真-1 ボルト番号4295

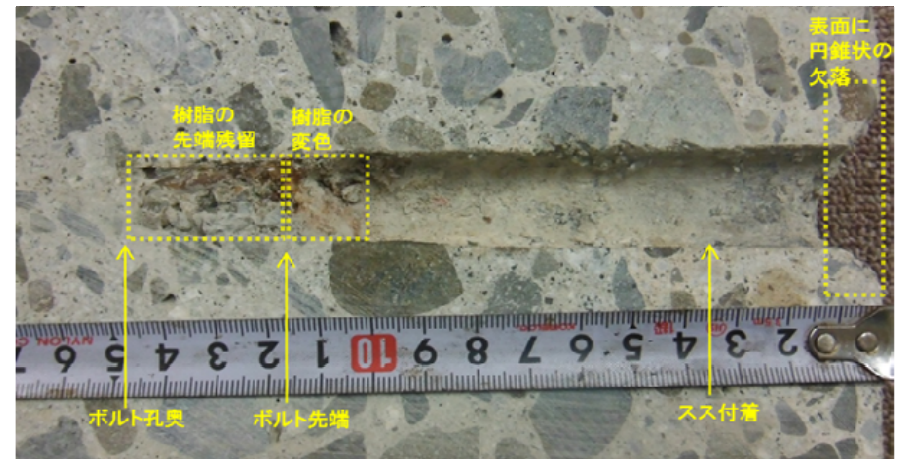


写真-2 ボルト番号4356

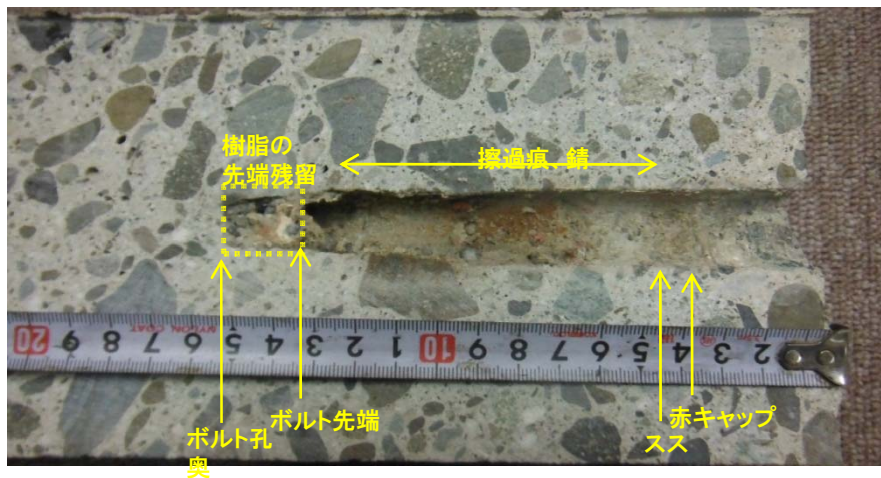


写真-3 ボルト番号4432

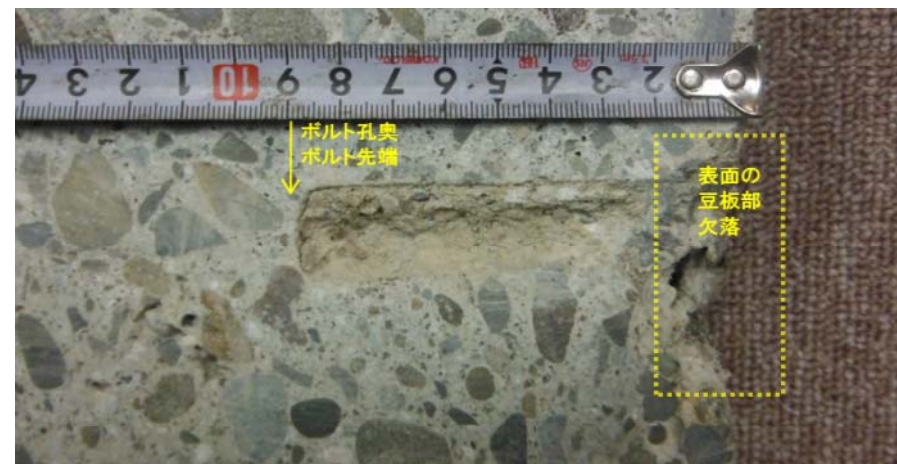


写真-4 ボルト番号4650

8. 引抜き抵抗試験で引抜かれたボルトの削孔内部状況



写真-5 ボルト番号4780

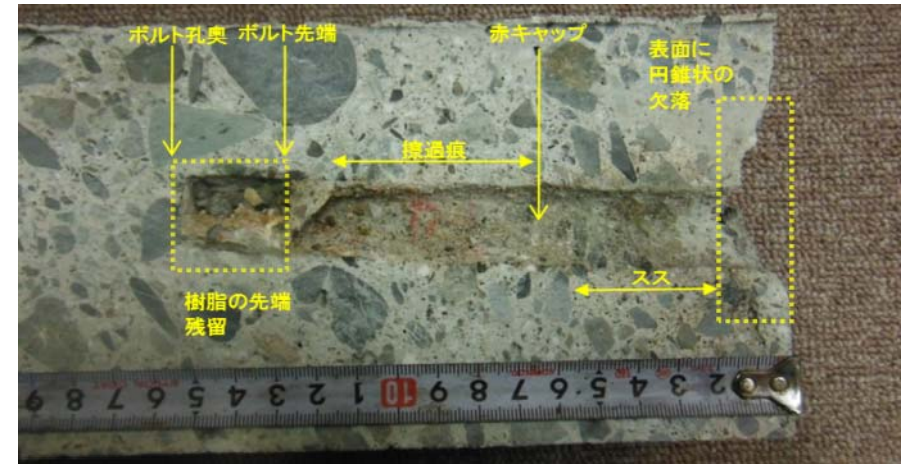


写真-6 ボルト番号4797



写真-7 ボルト番号4805



写真-8 ボルト番号5317

8. 引抜き抵抗試験で引抜かれたボルトの削孔内部状況

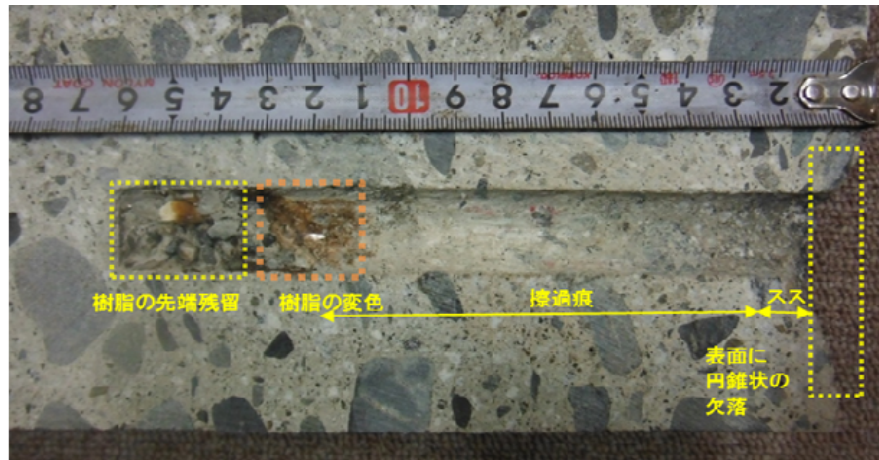


写真-9 ボルト番号5350

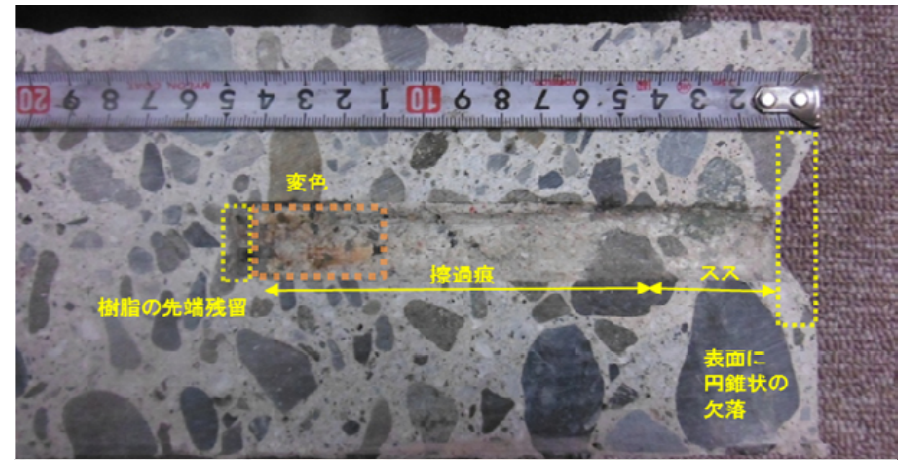


写真-10 ボルト番号5510

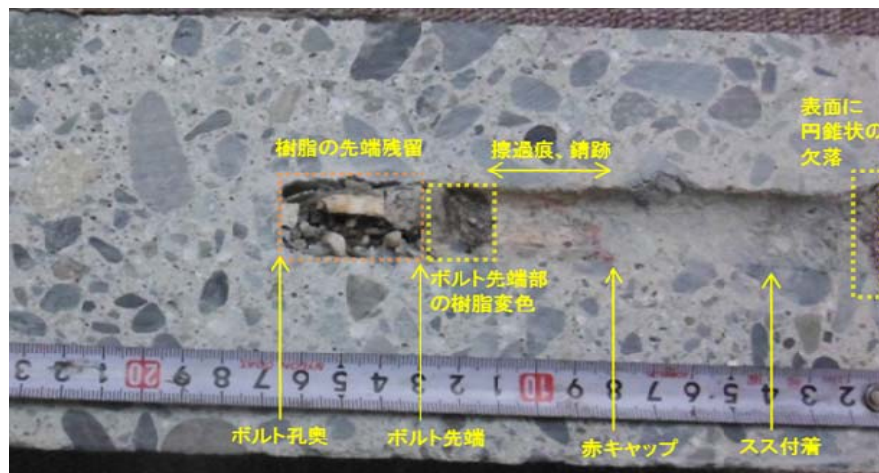
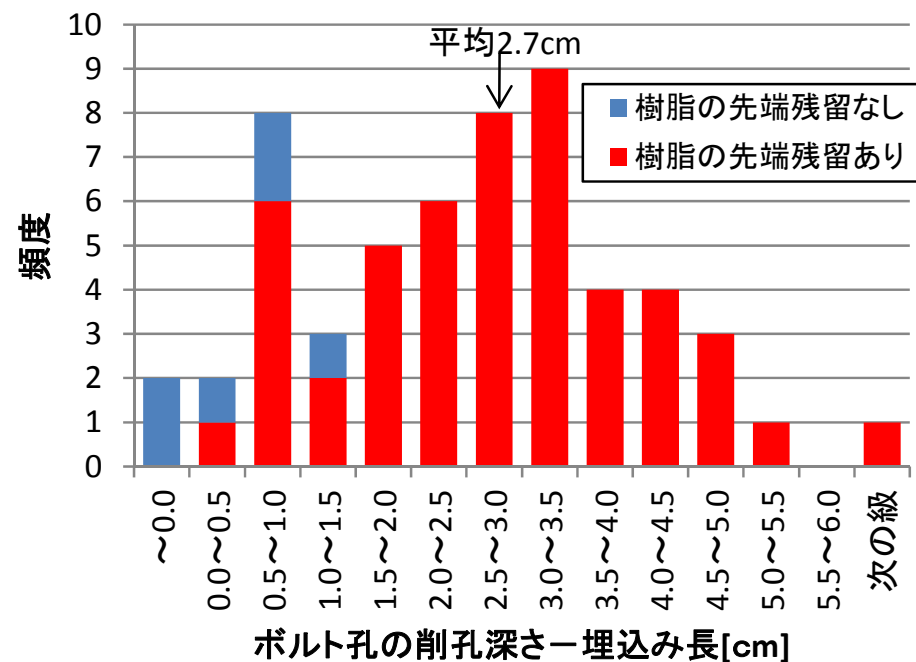
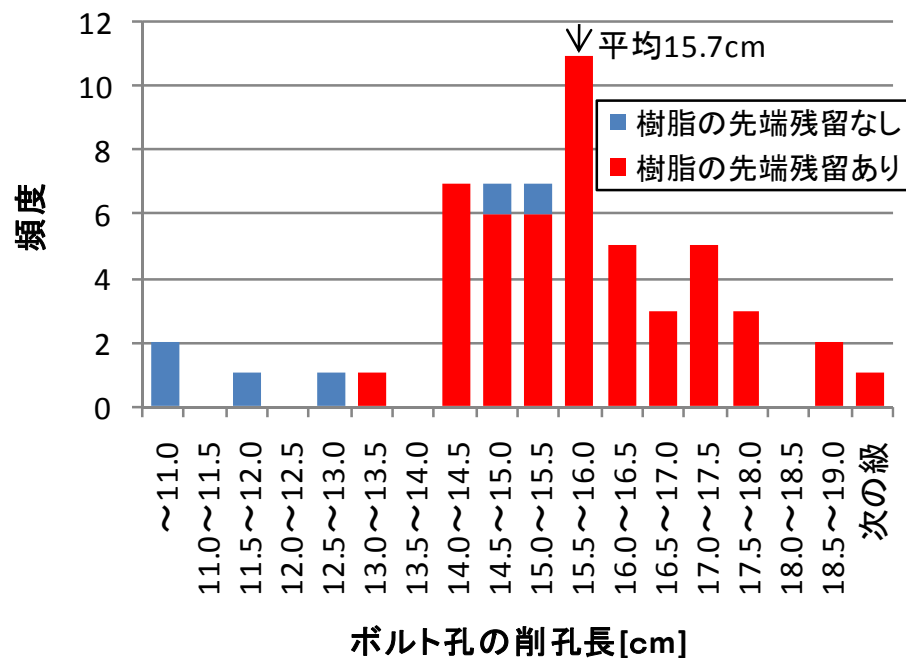


写真-11 ボルト番号5952

9. 調査結果【樹脂の先端残留頻度】

樹脂の先端残留

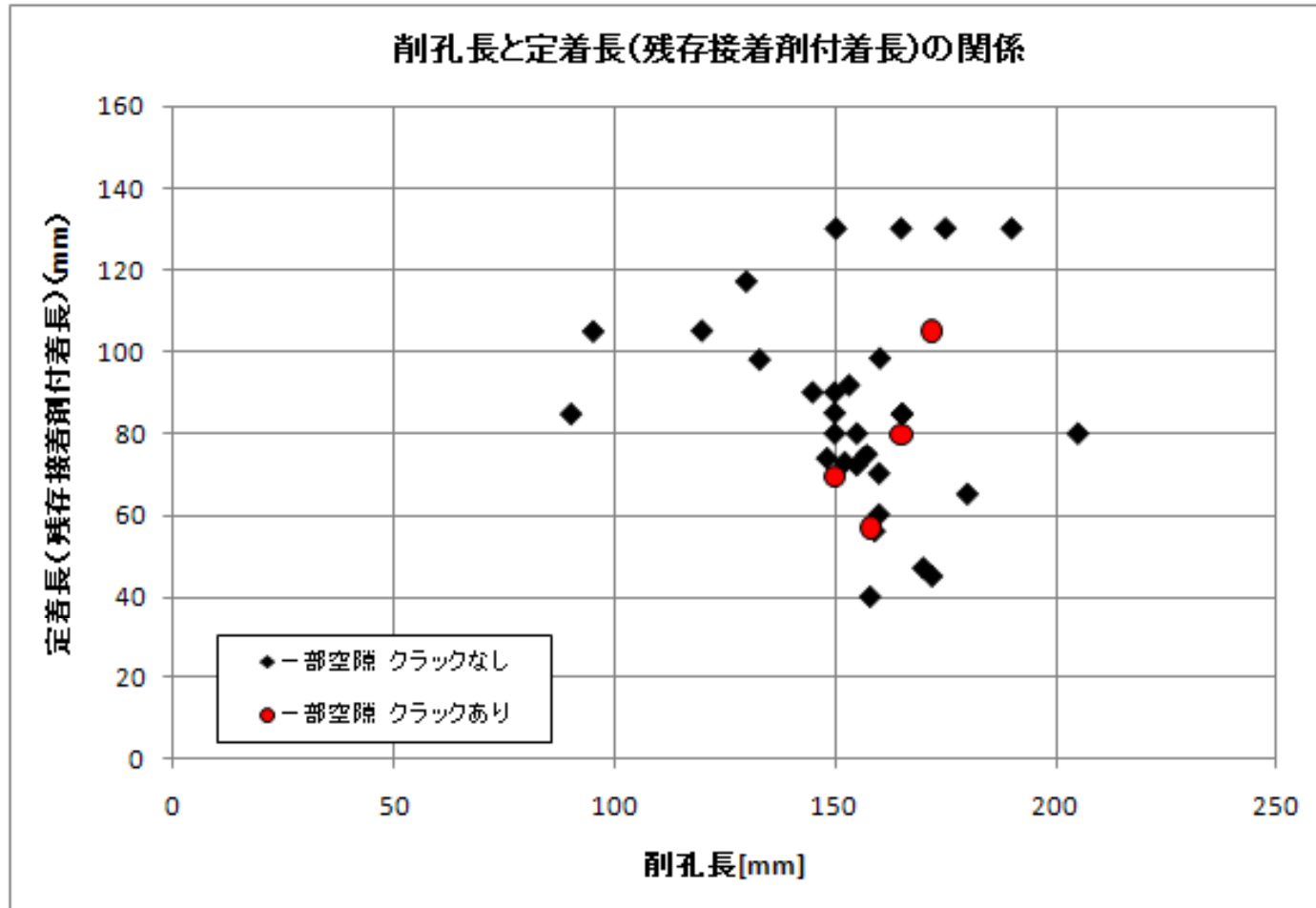


- ・ ボルト孔とボルト先端の距離が0.5cm以上のコアで、樹脂の先端残留が確認された。
- ・ ボルト孔奥からボルト先端までの距離が5cmを上回るものも存在した。

※) 調査結果は、57本からM20ボルト1本を除いている。

10. 削孔長と定着長との関係【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（引抜き抵抗試験を実施した11本含む）から、削孔長と定着長*の関係

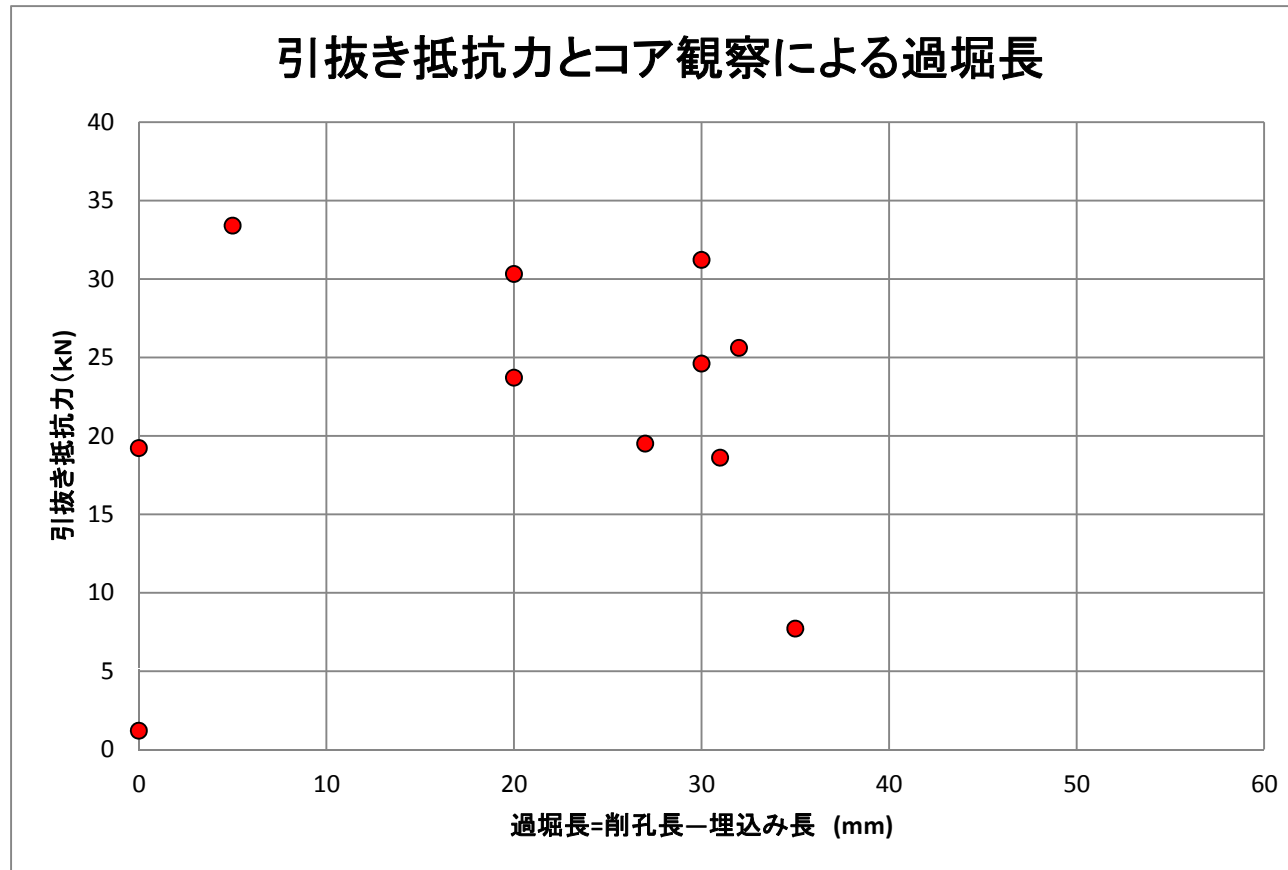


- ◆コアサンプリングからは、削孔長と接着剤付着長の相関は明確でない。
- ◆34本のうち、クラック、一部空隙は4本(12%)見られる。

*定着長(残存接着剤付着長): アンカーボルトの先端から接着剤の残存が確認された長さ。

11. 引抜き抵抗力和過掘長との関係分析【コアサンプリング】

- ・採取したコア57本から引抜き抵抗力和試験を実施した全11本のうち、過掘りのないボルトは2本。
- ・30mm程度、過掘りされているボルトが多い。
- ・過掘りがゼロでも、引抜き抵抗力和が極めて低いボルトが存在する。
- ・引抜き抵抗力和が、ボルト1本当たりの作用荷重12.2kNを下回るボルトが2本存在する。

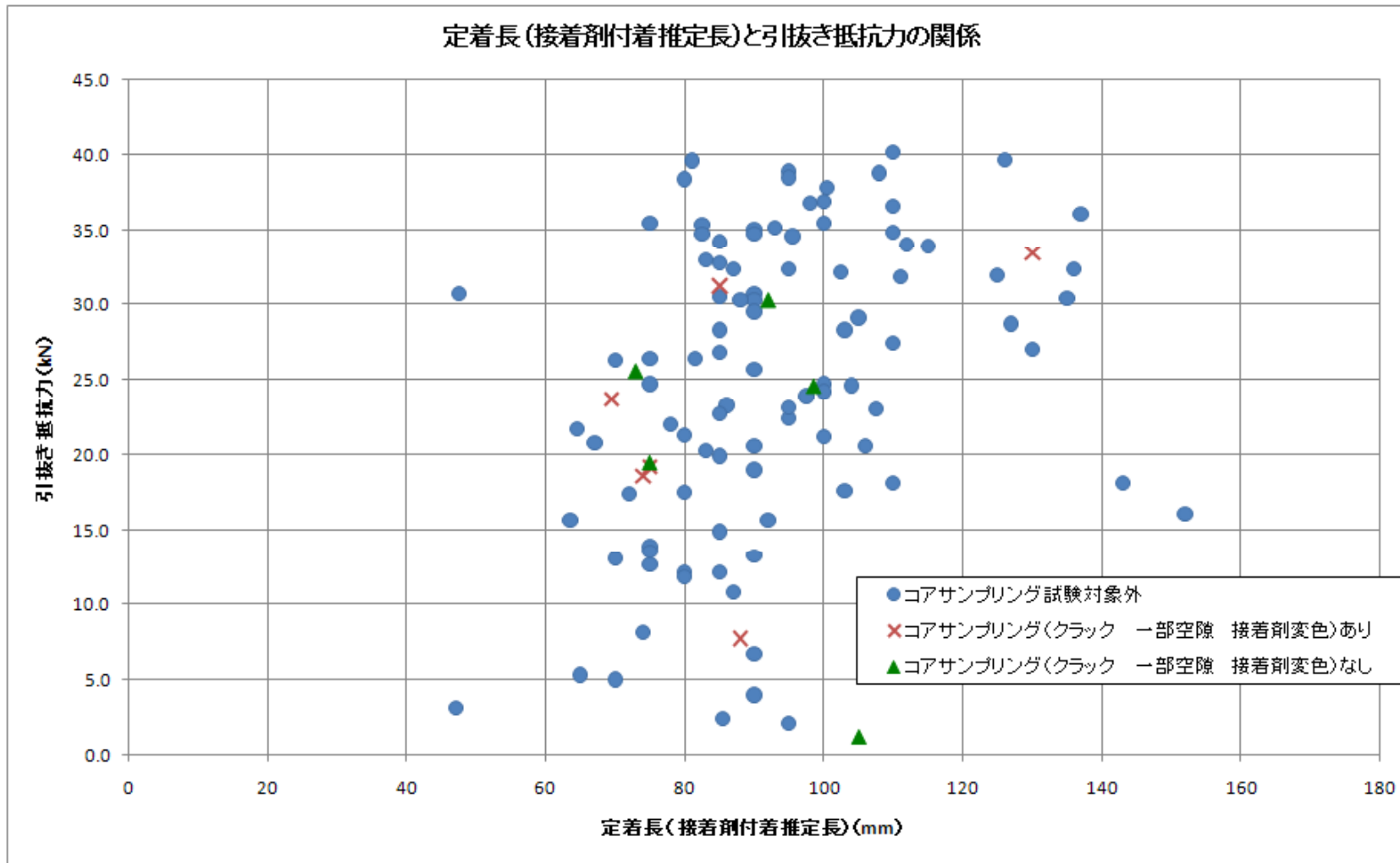


サンプル数が少なく、
相関性を論じるには
至らない。

・散布図のサンプル11本は、引抜き抵抗力和試験により引抜けたボルトで、かつオーバーコアリングによりコア観察を行ったボルトである。

12. 引抜き抵抗力と有効定着長との関係分析【コアサンプリング】

- ・散布図のサンプル数: 引抜き抵抗力試験で引抜けた113本から、M20ボルト6本を除いた107本を対象として散布図を作成。



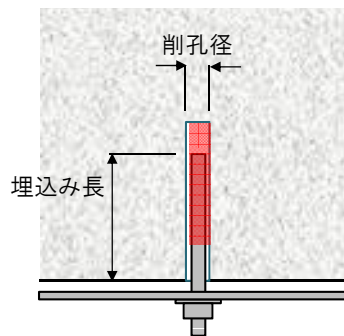
相関性は、
明確でない。

- ・引抜けたボルトのコアサンプリング11本のうち、過掘りを除き、クラック、一部空隙、接着剤変色が確認されたボルトは6本であった。
- ・母材(覆工コンクリート)の設計基準強度は、20N/mm²である。
- ※1定着長: ボルトの先端部から黒すすまでの区間の長さ(接着剤付着推定長)

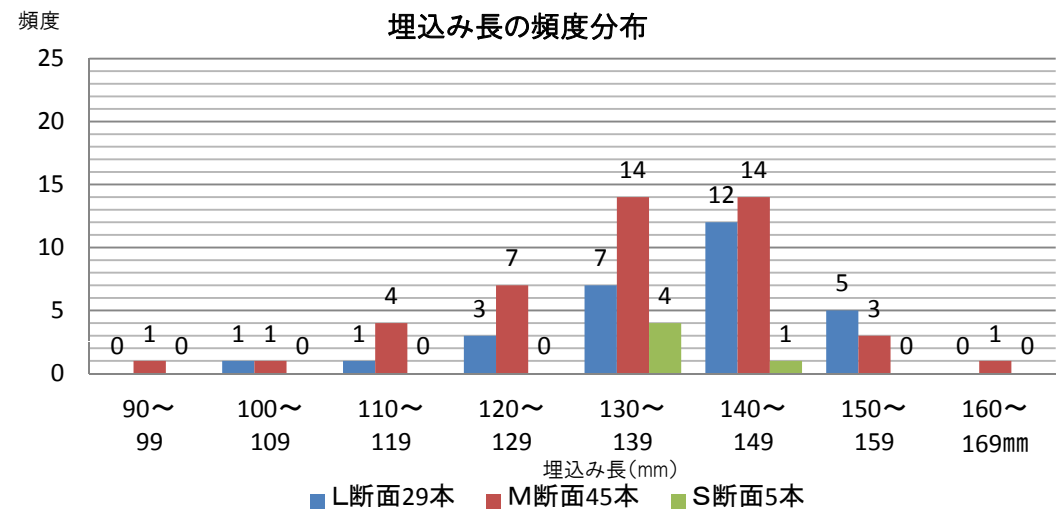
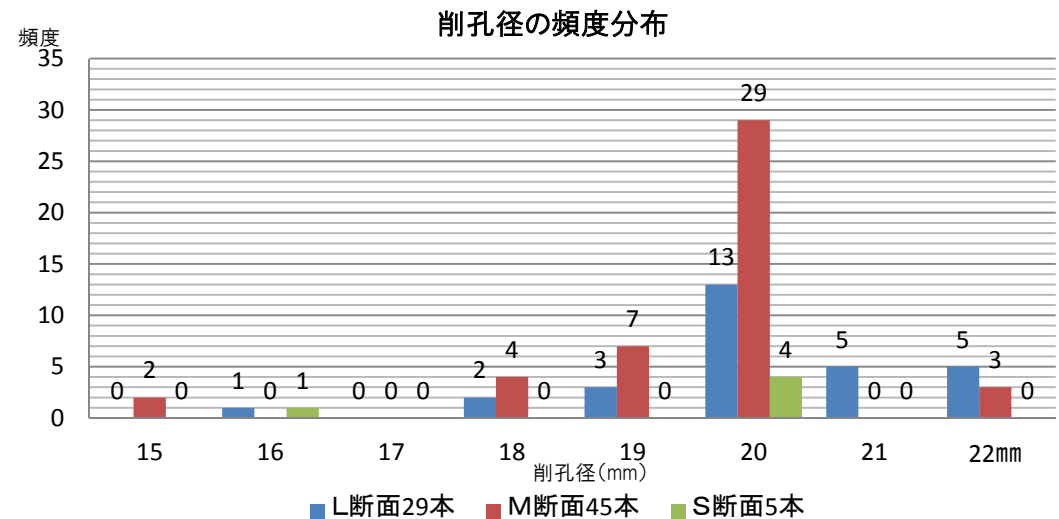
13. ダクト断面別の削孔径とボルト埋込み長の傾向

- ・ボルトの平均埋込み長は136mmであり、L、M及びS断面で、顕著な差異は見られない。
- ・平均削孔径は、19.8mmとカタログ値(=19mm)から大きく逸脱していなかった。
- ・よって、L断面が特殊な削孔径や埋込み長であるわけではない。

【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



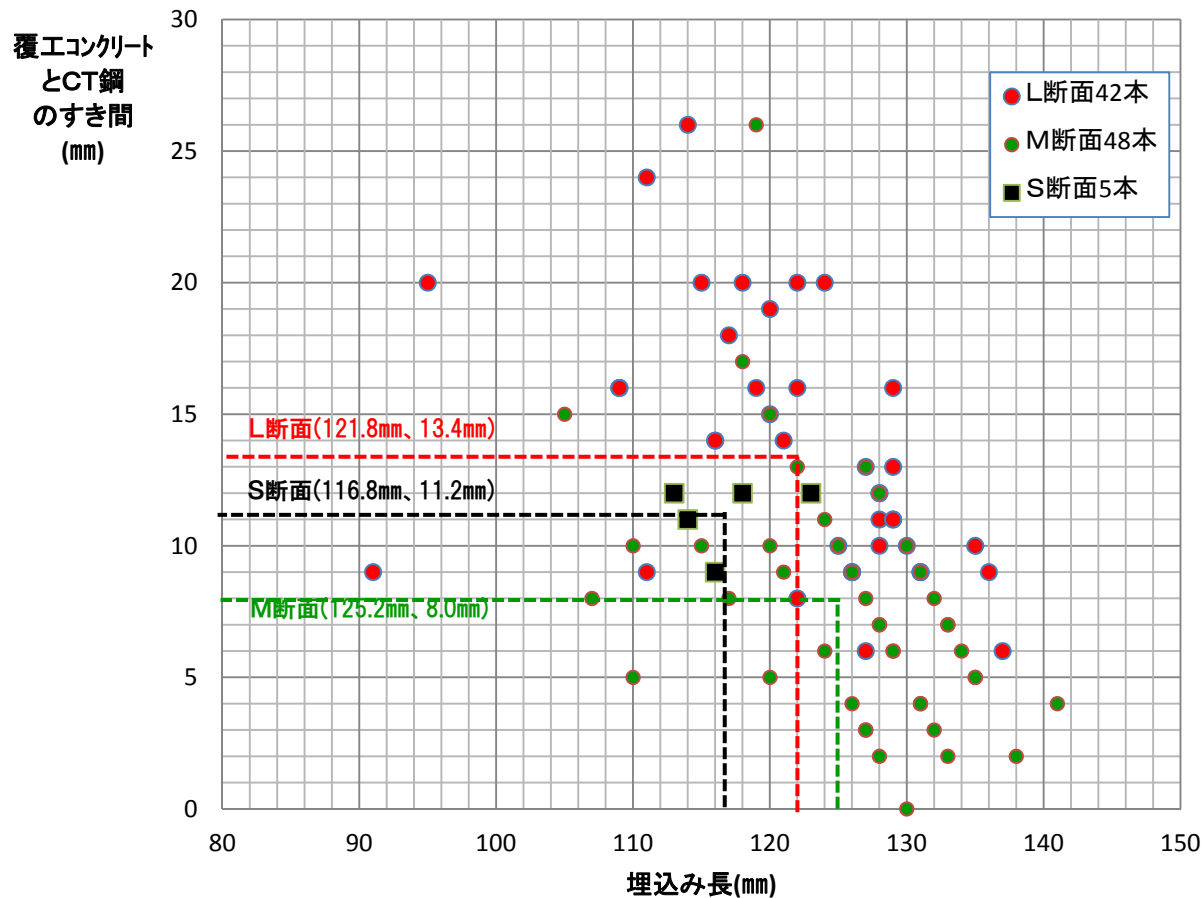
※ 埋込み長は、引抜き抵抗力試験時検測(ボルト長-ボルト突出長)より推定した。
 ※ 削孔径は、内視鏡調査時にデジタルノギスにより検測した値である。
 ※ サンプル数は、ランダムサンプリングにより引抜き抵抗力試験を行い、引抜けた79本(異常値1本除外)とした。



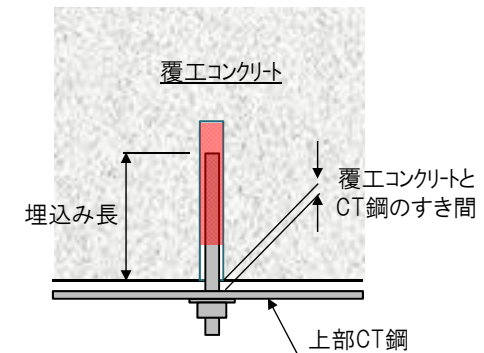
14. ダクト断面別のボルト部出来形の傾向【CCDカメラ観察】

- ・ボルトの平均埋込み長は、116～125mm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鋼のすき間は、L断面が平均13.4mmと最大であり、M断面は平均8.0mmと最小である。

内視鏡による埋込み長・すき間の断面別相違



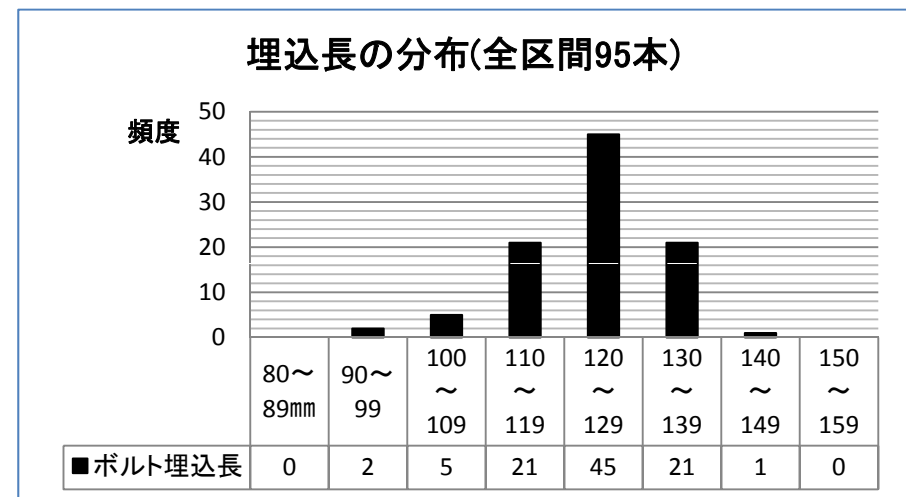
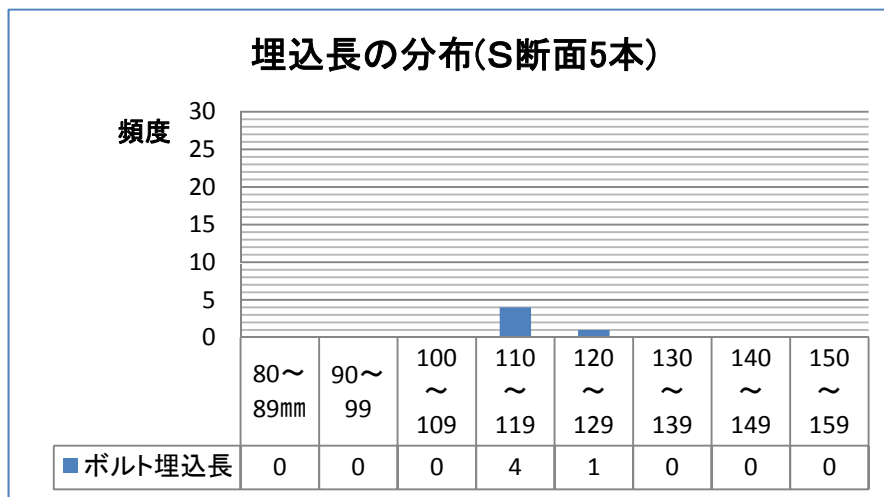
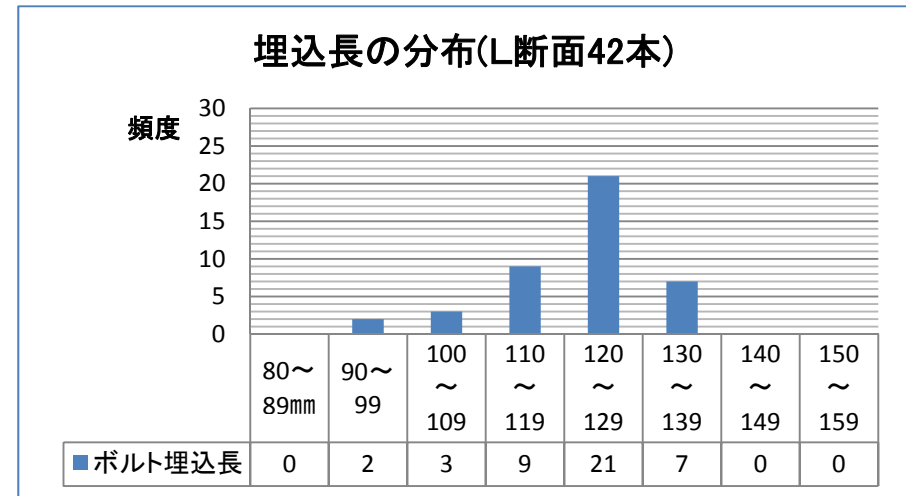
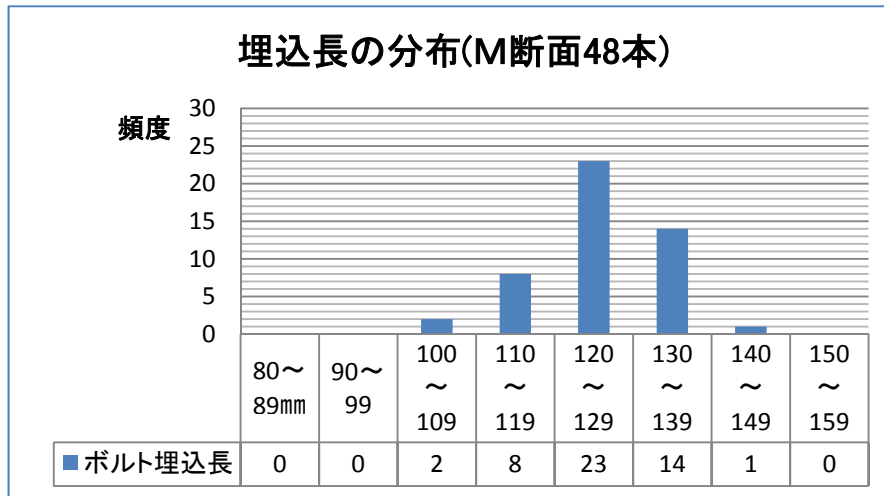
	埋込み長	覆工コンクリートとCT鋼のすき間
L断面	121.8mm	13.4mm
M断面	125.2mm	8.0mm
S断面	116.8mm	11.2mm



※サンプル数は、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。
 ※L断面で、甲府側はM20であるため除外した。

15. ダクト断面別のボルト埋込長の分布【CCDカメラ観察】

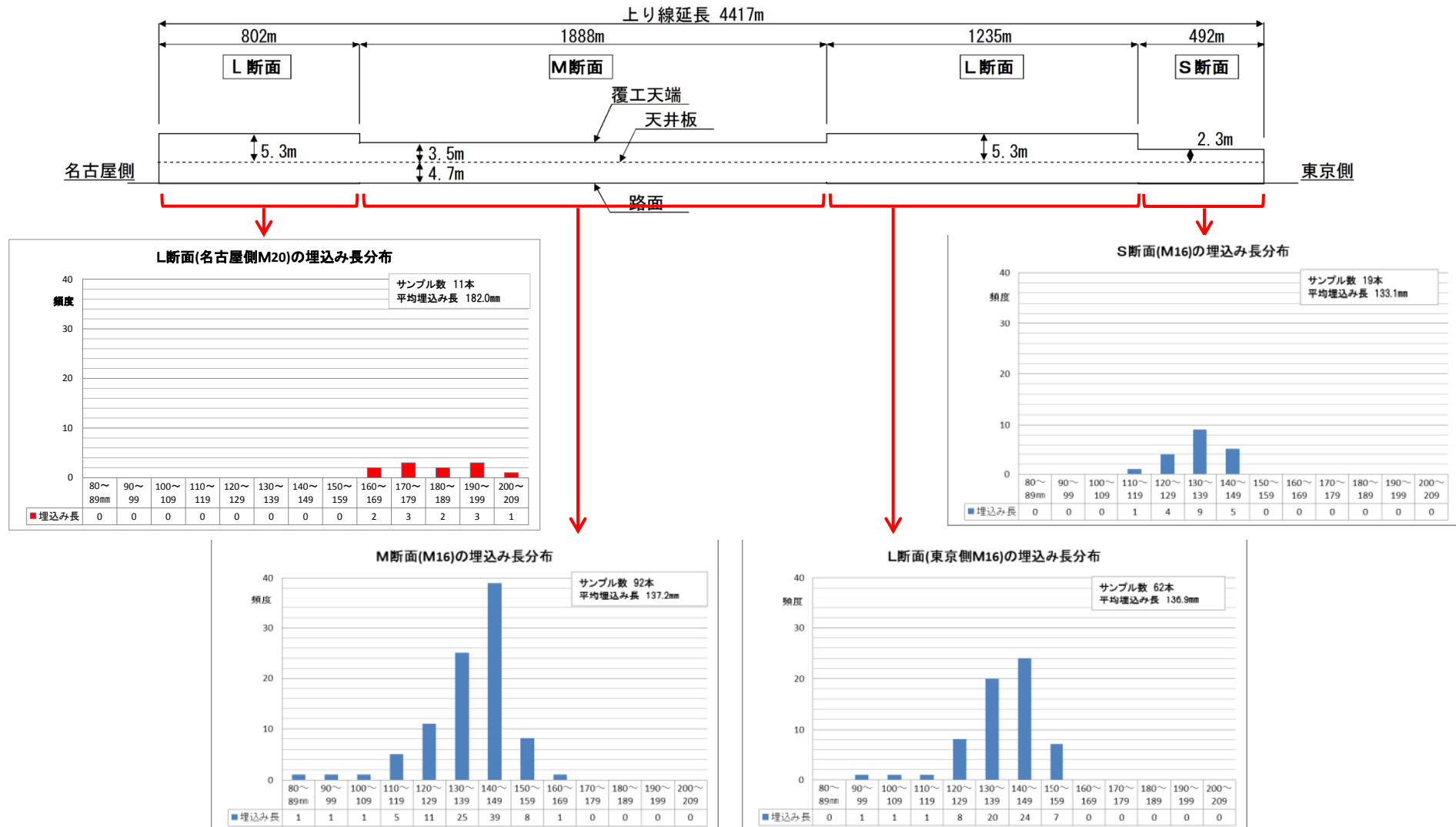
・内視鏡観察による全ボルトの平均埋込長は123.3mmであり、110～139mmに大半が分布している。



※サンプル数は、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。
 ※L断面で、甲府側はM20であるため除外した。

16. ダクト断面別のボルトの埋込み長の分布

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



※ サンプル数は引抜き抵抗試験を行った184本(異常値1本除く)とし、埋込み長は【ボルト長-突出長】で求めた。

17. まとめ

1) X線・CT分析

- ◆X線・CT分析により、コア切断時のダメージなしで、ボルト/接着剤/コンクリートの付着状況、ボルトの緩み、削孔の状況、カプセルの残存状況などが把握可能であった。
- ・ ボルト孔の削孔長が160～200mmのものが、8本中4本確認された。
- ・ 樹脂の先端残留が、8本中7本確認された。
- ・ コンクリート部材のクラック、一部空隙、または接着剤の変色が8本中4本確認された。うち2本がボルトに近接する変状であった。
- ・ ボルト(ボルト孔)と接着剤の境界部に空隙が認められるものもある。

18. まとめ

2)コア観察

- ・ 削孔径は、概ね18.8mm～20.0mmに収まっておりバラつきは小さい。
- ・ アンカーボルト孔の削孔長平均値は157mmとなり、工事の特記仕様書に記載した「埋め込み深さは内径の11倍(152.19mm)以上」と符合するが、バラつきが見られる。
- ・ アンカーボルトの埋込み長の平均値は129.4mmとなり、設計及びパンフレットに記載の値(130mm)と符合するが、バラつきが見られる。
- ・ 削孔長が埋込み長より長い場合は、孔の先端部分に接着剤の樹脂等の残留が見られる。
- ・ 削孔長と定着長との有意な相関は見られない。
- ・ 埋込み長は、L,M,Sの各断面において顕著な差は見られない。