

引抜き抵抗力試験結果

【目的】

接着系アンカーボルトの性状確認を目的とした引抜き抵抗力試験結果を行い、引抜き抵抗力、接着剤付着長、付着強度等をまとめたもの

平成25年3月27日(水)

1. アンカーボルト引抜き抵抗試験の概要

目的

本試験は、接着系アンカーボルトの特性についてデータを収集し、天井板落下事故との関わりや同種事故の再発防止策等の検討に資する目的で現地での以下の試験を行うものである。

- ・接着系アンカーボルトの引抜き抵抗力の確認。

本日報告する試験の内容

- 1) 対象区間：笹子トンネル上り線全線（天井板落下区間を除く）
- 2) 実施期間：平成24年12月18日 ～ 平成24年12月30日

試験を実施したアンカーボルト箇所数

	内容	実施数
当初試験	トンネル全体でランダムな配置となるように配慮して実施(天井板落下区間とその前後区間を除く)	141箇所
追加試験	天井板落下区間の前後区間や当初引抜き抵抗試験で抵抗力の低い箇所など	44箇所

打音試験



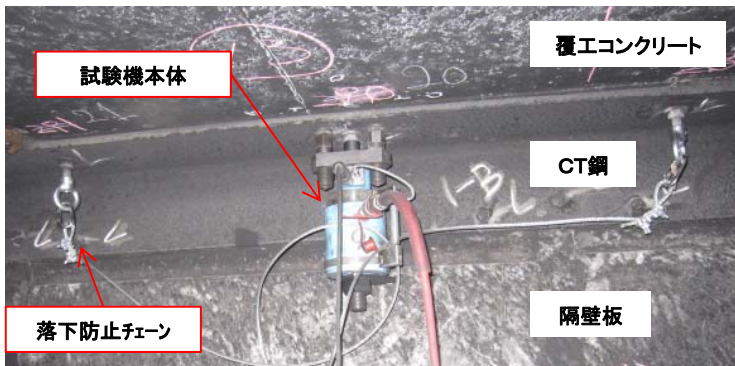
引抜き抵抗試験

- ・引抜き抵抗試験
- ・試験終了後の観察(引抜けたアンカーボルト及び孔内)

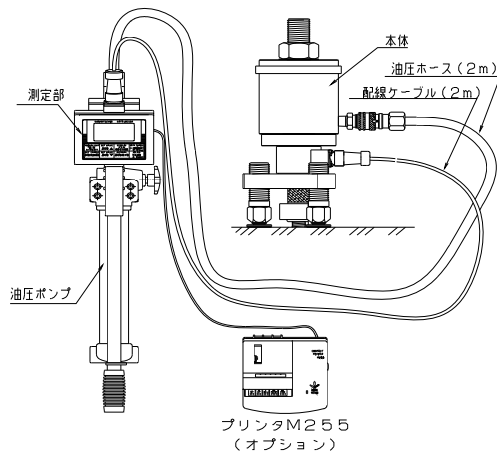
試験の実施手順

2. 引抜き抵抗試験の方法

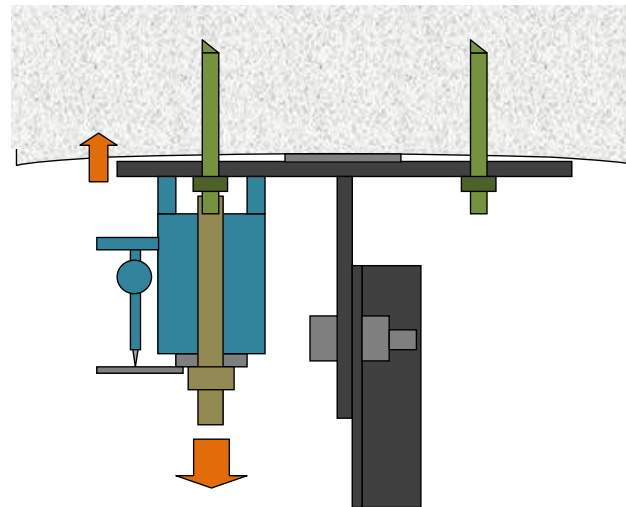
- ・センターホールジャッキを用い、アンカーボルトの引抜き抵抗試験を実施。
- ・試験は、吊り材締結ボルトとの干渉を避けるため、東京方向に向かって左側(走行車線側、排気ダクト側)で行う。また安全確保のため、CT鋼の上から実施。
- ・アンカーボルト材料の降伏点応力度相当(40kN)を目標に载荷を行い、引抜き抵抗力の測定及び、载荷荷重変位曲線やアンカーボルトの変位量を記録。



引抜き抵抗試験の実施

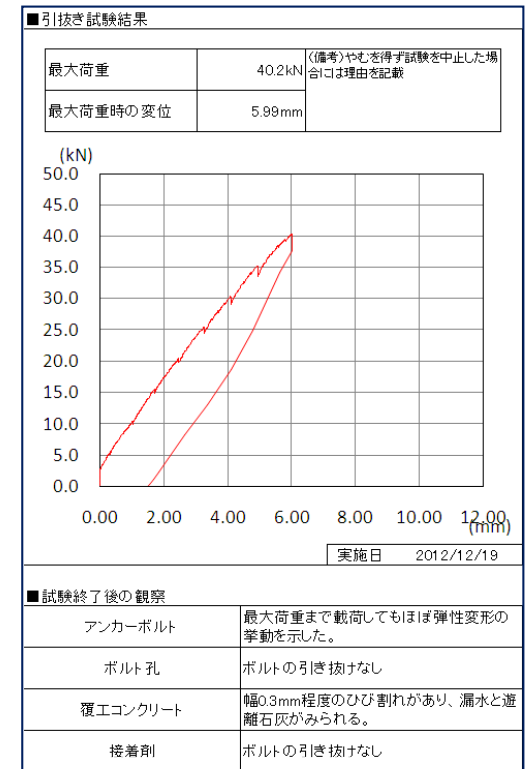


引抜き抵抗試験の使用機材



- ・引抜き抵抗試験は、上部CT鋼が外せないため、CT鋼フランジの上から実施
- ・変位の計測は、変位計を試験機本体側面に固定する間接変位測定法とした。
- ・試験開始初期の測定結果には、これら計測方法が影響することに注意する必要がある。

試験機設置図



試験記録表の記録例

3. 引抜き抵抗力試験の結果(1)

・引抜き抵抗力試験結果を、3つのランクに分類。

Aランク: 40.0kN以上【設計作用荷重に対する安全率※3.3以上】

Bランク: 12.2kN以上～40.0kN未満【設計荷重に対する安全率1.0以上～3.3未満】

Cランク: 12.2kN未満【設計荷重に対する安全率1.0未満】

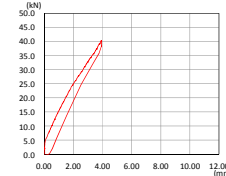
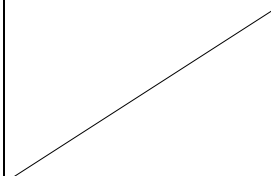
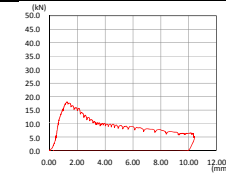

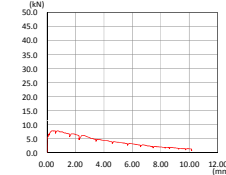

(※安全率: 各アンカーボルトが均一に荷重を分担していた場合の当初設計荷重に対する安全率)

・ランダムサンプリング(139箇所)で、Aランクが42%、Bランクが52%、Cランクが6%。

・引抜き抵抗力試験の結果、十分な強度を有するアンカーボルトもある一方で、強度が不足しているものも確認された。

■引抜き抵抗力試験結果(183箇所)

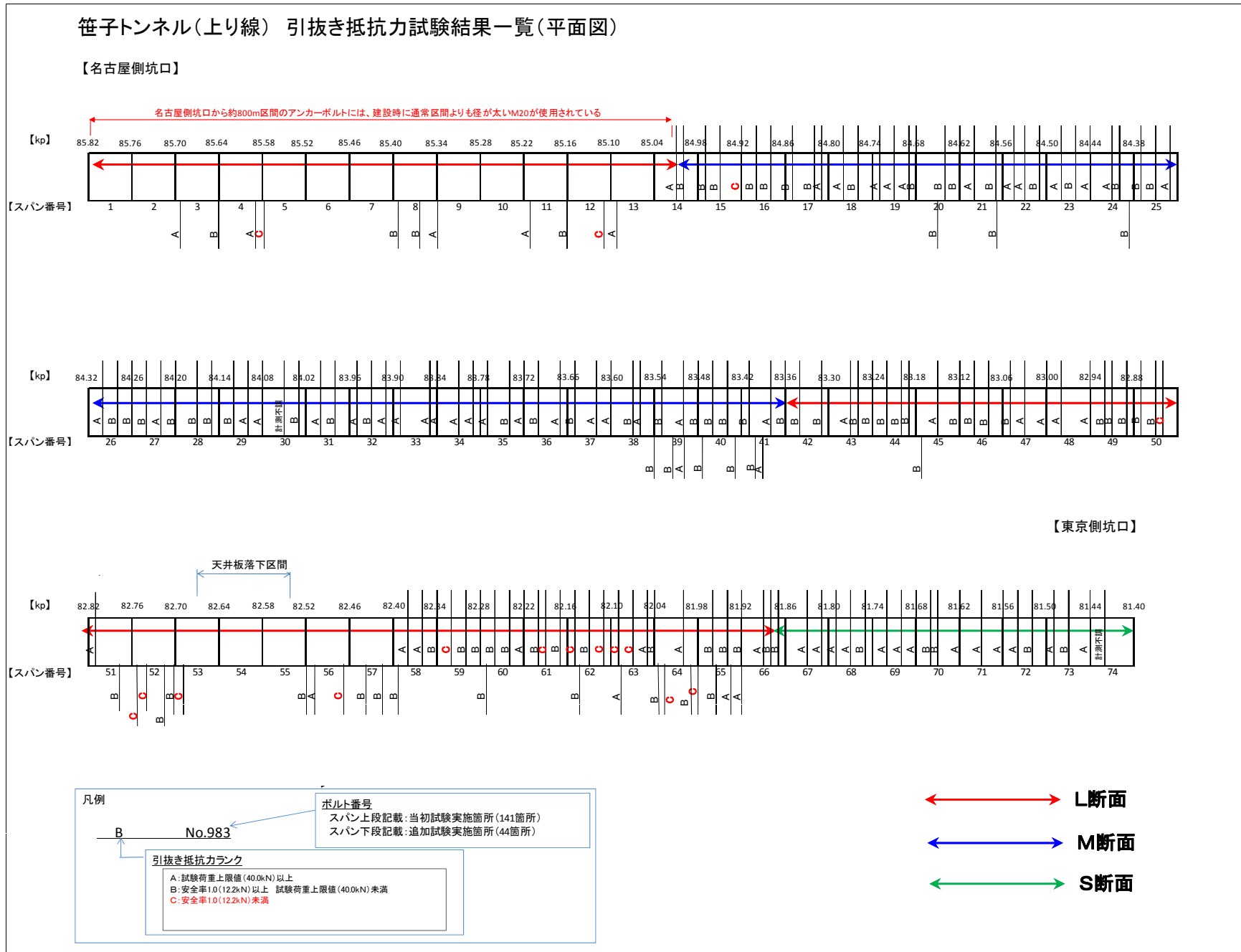
引抜き抵抗力試験の結果

引抜き抵抗力 ランク	箇所数 割合			引抜き抵抗力試験結果 グラフ(一般例)	引抜けたアンカー写真 (一般例)
	当初試験 (ランダムサンプリング) (139箇所※)	追加試験 (44箇所)	合計 (183箇所※)		
A 40kN以上 【安全率※3.3以上～】 アンカーボルト材料の降伏点近く、 試験荷重の上限と定めた値	59 箇所	11 箇所	70 箇所		
	42 %	25 %	38 %		
B 12.2kN以上～40kN未満 【安全率1.0以上～3.3未満】	72 箇所	25 箇所	97 箇所		
	52 %	57 %	53 %		
C 12.2kN未満 【安全率1.0未満】	8 箇所	8 箇所	16 箇所		
	6 %	18 %	9 %		

※当初試験141箇所中、2箇所のアンカーボルトが計測不能(試験番号No. 1, No. 129)により集計対象から外した。合計では185箇所から、183箇所になった。

※※安全率: 各アンカーボルトが均一に荷重を分担していたとした場合の設計作用荷重(12.2kN/本)に対する安全率。

3. 引抜き抵抗試験の結果(2)



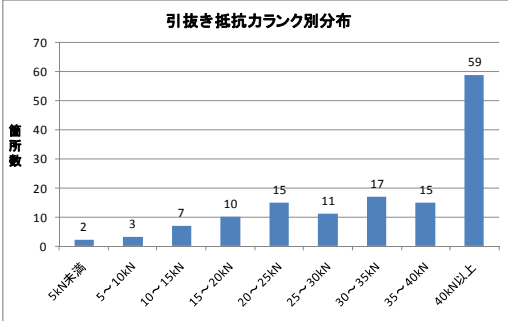
3. 引抜き抵抗力試験の結果(3)

- ・当初試験139箇所での引抜き抵抗力は、中央値35.5kN。中央値でみると、設計荷重に対する安全率※は2.9程度となっている。

(※安全率: 各アンカーボルトが均一に荷重を分担していた場合の当初設計荷重に対する安全率)

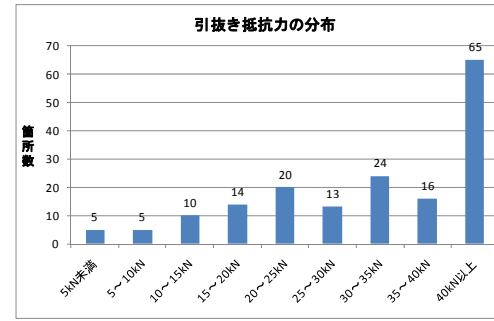
- ・試験で引抜けなかったアンカーボルトを打ち切った引抜き抵抗力とした場合、平均値は31.8kN。この平均値でみると、安全率は2.6程度となっている。
- ・全体として安全率は確保されているものの、全183箇所中16箇所では安全率1.0(12.2kN)以下のボルトがあった。

・当初試験139箇所



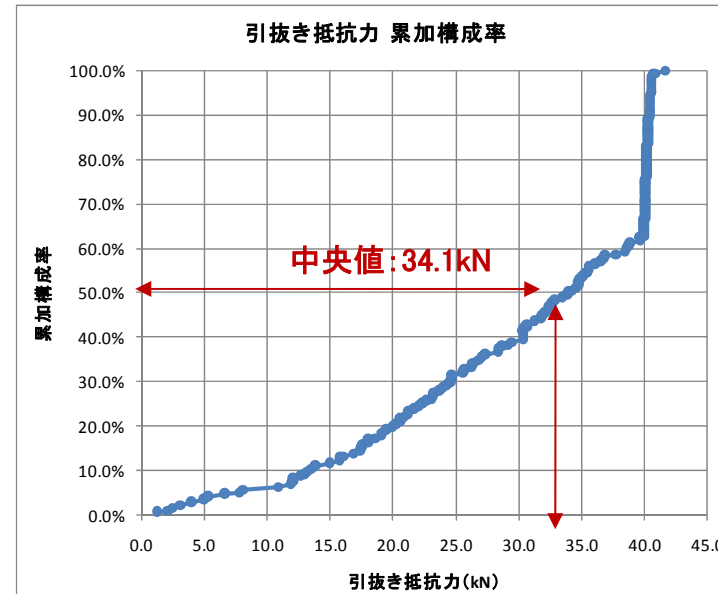
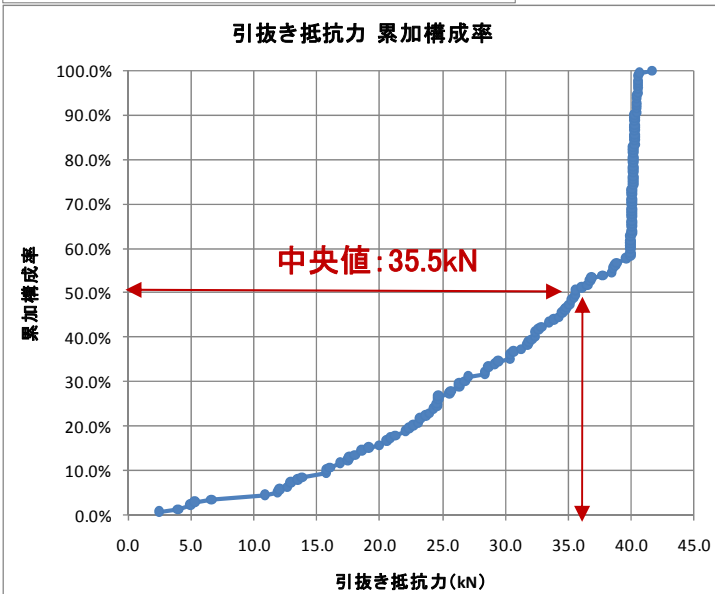
引抜き抵抗力	kN
中央値	35.5
平均値	31.8

・(参考)当初試験と追加試験の全サンプル172箇所※



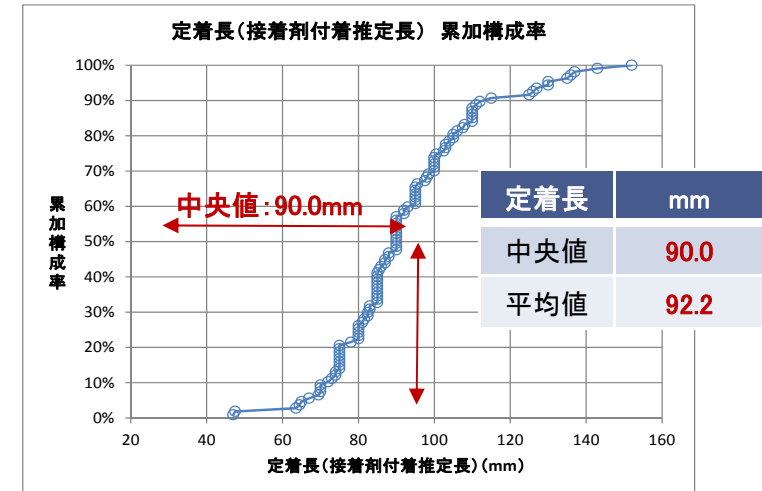
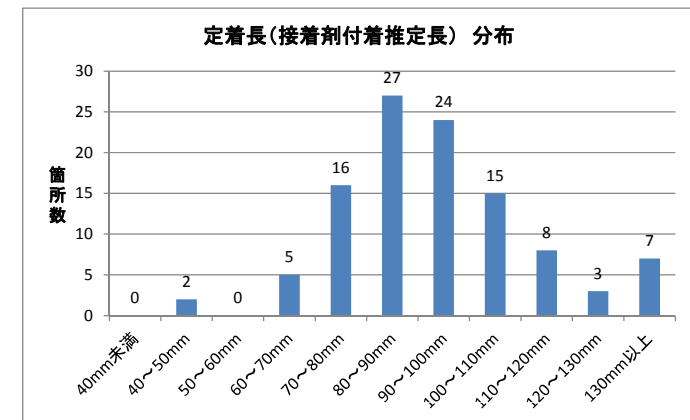
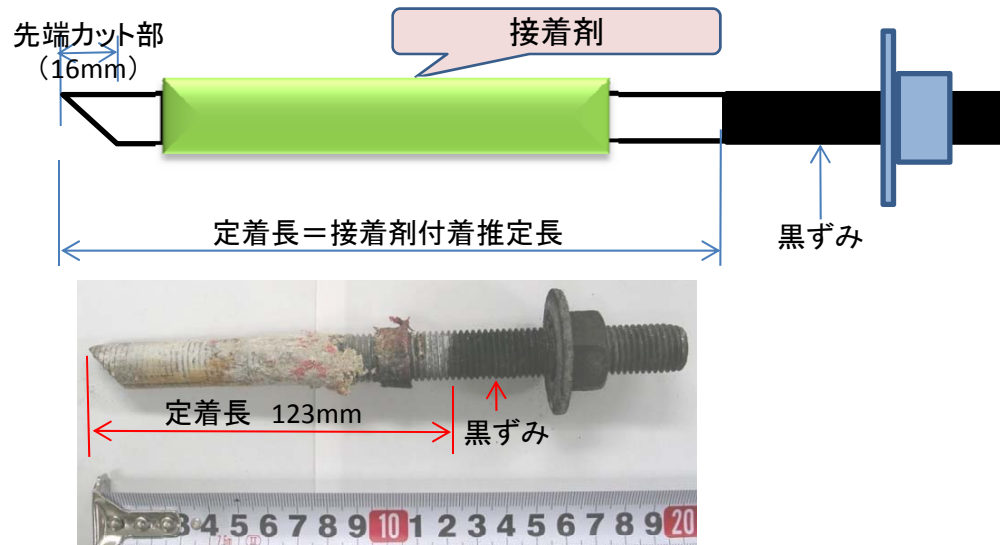
※M20ボルト11本も対象外とした箇所数。

引抜き抵抗力	kN
中央値	34.1
平均値	30.4



3. 引抜き抵抗試験の結果(4)

- ・引抜けたアンカーボルト107本※を観察。接着剤が付着していたと想定される区間(先端から黒ずみまでの区間)、ボルト側に残存した接着剤区間が観察された。
- ・ボルト孔内をCCDカメラ観察で観察。アンカーボルト側の先端部から接着剤の塊を含み黒ずみが付着している位置で、接着剤が付着していたことが確認された。
- ・これらの観察結果から、接着剤区間(先端から黒ずみまでの区間)の長さを定着長とする。
- ・引抜けたアンカーボルトでは、定着長の平均値92.2mm、中央値90.0mm。平均値は、当初設計定着長(130mm)の71%相当。



各区分名	区分の説明
定着長 (接着剤付着推定長)	CCDカメラ観察などにより接着剤が付着していたことが確認される区間の長さで、先端部から接着剤の塊を含み黒ずみが付着している位置までの長さ
先端カット部	ボルト先端の斜めカット部(長さ16mm)

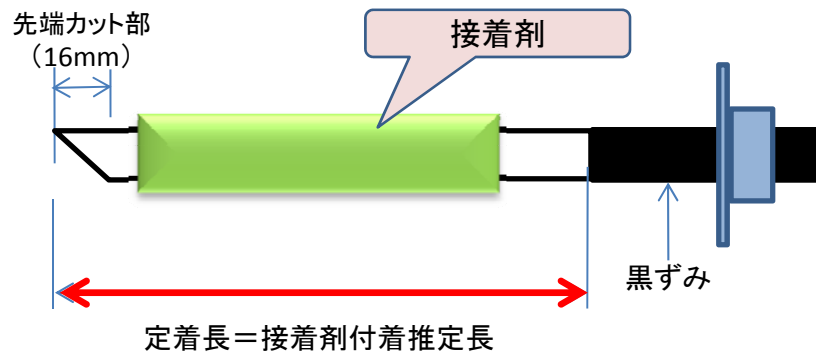
※引抜き抵抗試験で引抜けた113本からM20ボルトを6本を除いた107本を対象。

3. 引抜き抵抗試験の結果(5)

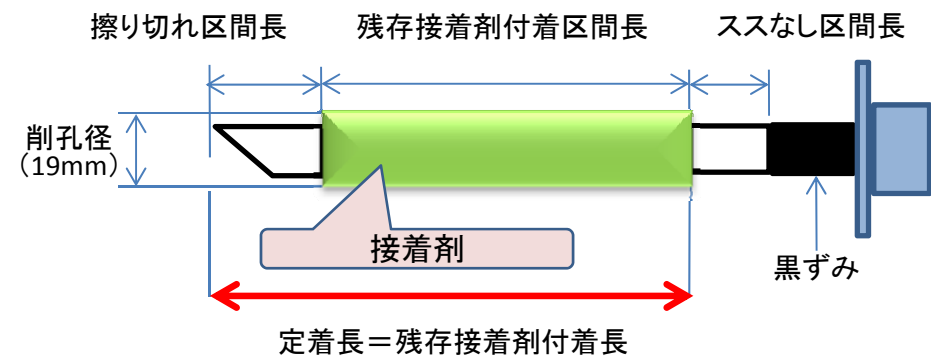
- ・引抜き抵抗試験でCランクに分類されたボルトについて、その定着長について着目した。

引抜き抵抗カ ランク	箇所数 割合			引抜き抵抗カ試験結果 グラフ(一般例)	引抜けたアンカー写真 (一般例)
	当初試験 (ランダムサンプリング) (139箇所 [※])	追加試験 (44箇所)	合計 (183箇所 [※])		
C	12.2kN未満 【安全率1.0未満】	8 箇所	8 箇所		
		6 %	18 %		

① 定着長を黒ずみ以外の場所とした場合



② 定着長を残留接着剤付着長とした場合

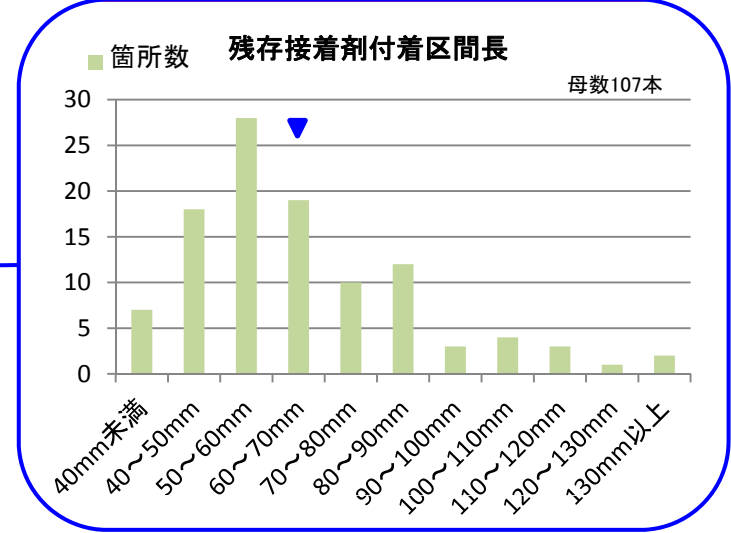
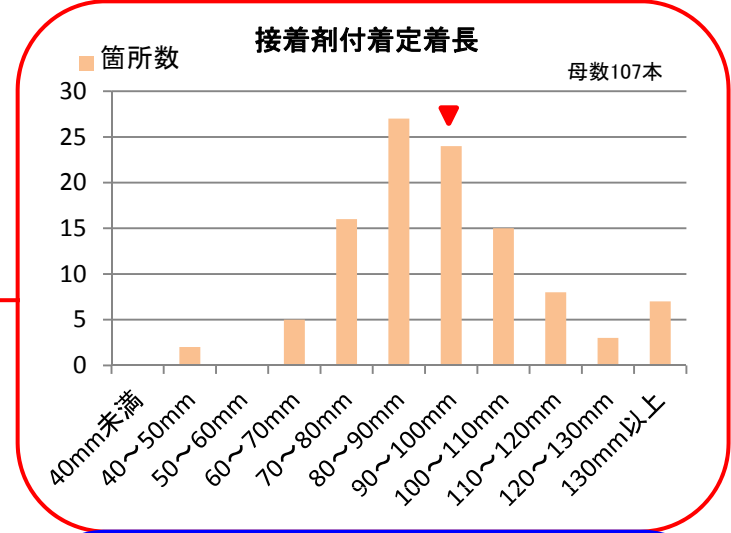


◆ 次ページに、その集計結果を示す。

3. 引抜き抵抗試験の結果(5)

・サンプル数: 引抜き抵抗試験で引抜けた113本から、M20ボルト6本を除いた107本を対象に集計。

試験NO	通しNO	ボルトNO (西坑口からの)	引き抜き抵抗試験結果(kN)				
			引き抜き抵抗力(kN)	キャップ長 (写真判読mm)	ボルト錆領域長(mm)	【黒ずみ以外の長さ】 接着剤付着定着長(mm)	残存接着剤付着区間長 (mm)
1	29	4854	3.1	40	20	47	28
2	32	4805	1.2	80	0	105	73.5
3	36	4741	2.4	40	40	85.5	41
4	38	4709	4.0	50	45	90	37.5
5	39	4680	11.8	55	20	80	45
6	42	4609	5.0	40	40	70	30
7	44	4550	5.3	45	0	65	51
8	52	4326	12.1	50	0	80	48.5
9	59	5952	7.7	75	0	88	40
10	62	4133	2.1	45	15	95	30
11	65	4079	12.1	55	15	85	58
12	66	4052	8.1	40	10	74	40
13	69	3939	6.7	50	0	90	43
14	170	1102	10.8	75	15	87	55
15	176	850	0.0	0	60	160	0
16	182	344	0.0	40	10	70	35



Cランクボルト	定着長	mm
	50パーセンタイル値	85.3
	平均値	81.5
	残存定着長	mm
50パーセンタイル値	42.0	
平均値	44.3	

定着長	mm
中央値	90.0
平均値	92.2
残存定着長	mm
中央値	60.0
平均値	65.3

定着長	mm
中央値からの差	-4.8
平均値からの差	-10.7
残存定着長	mm
中央値からの差	-18.0
平均値からの差	-20.9

Cランクボルトの定着長は、明らかに短い事が判明した。

3. 引抜き抵抗力試験の結果(6)

引抜き抵抗力試験結果によるボルトの機能分類の定義

- ・引抜き抵抗力試験でボルトのP- δ 曲線や引抜き抵抗力等に着目し、ボルトの機能分類を行った。定義は以下のとおりである。

◆強度が出ているボルト 健全なボルト

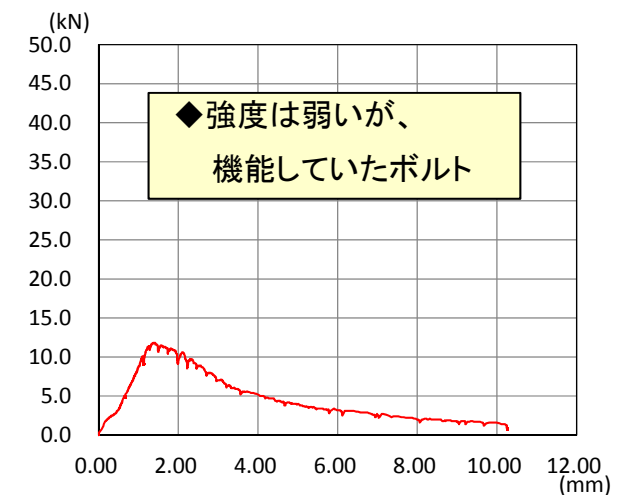
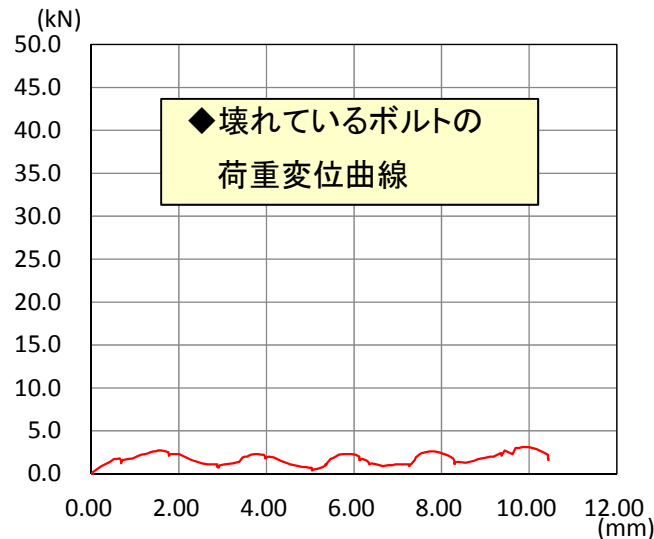
引抜き抵抗力試験で、Aランク(引き抜き抵抗力: 40.0kN以上)に属するボルト

◆壊れているボルト

引抜き抵抗力試験で、Cランク(引き抜き抵抗力: 12.2kN未満)に属するボルトで、P- δ 曲線から最大荷重のピーク値が明確に現れずに引抜けたボルト

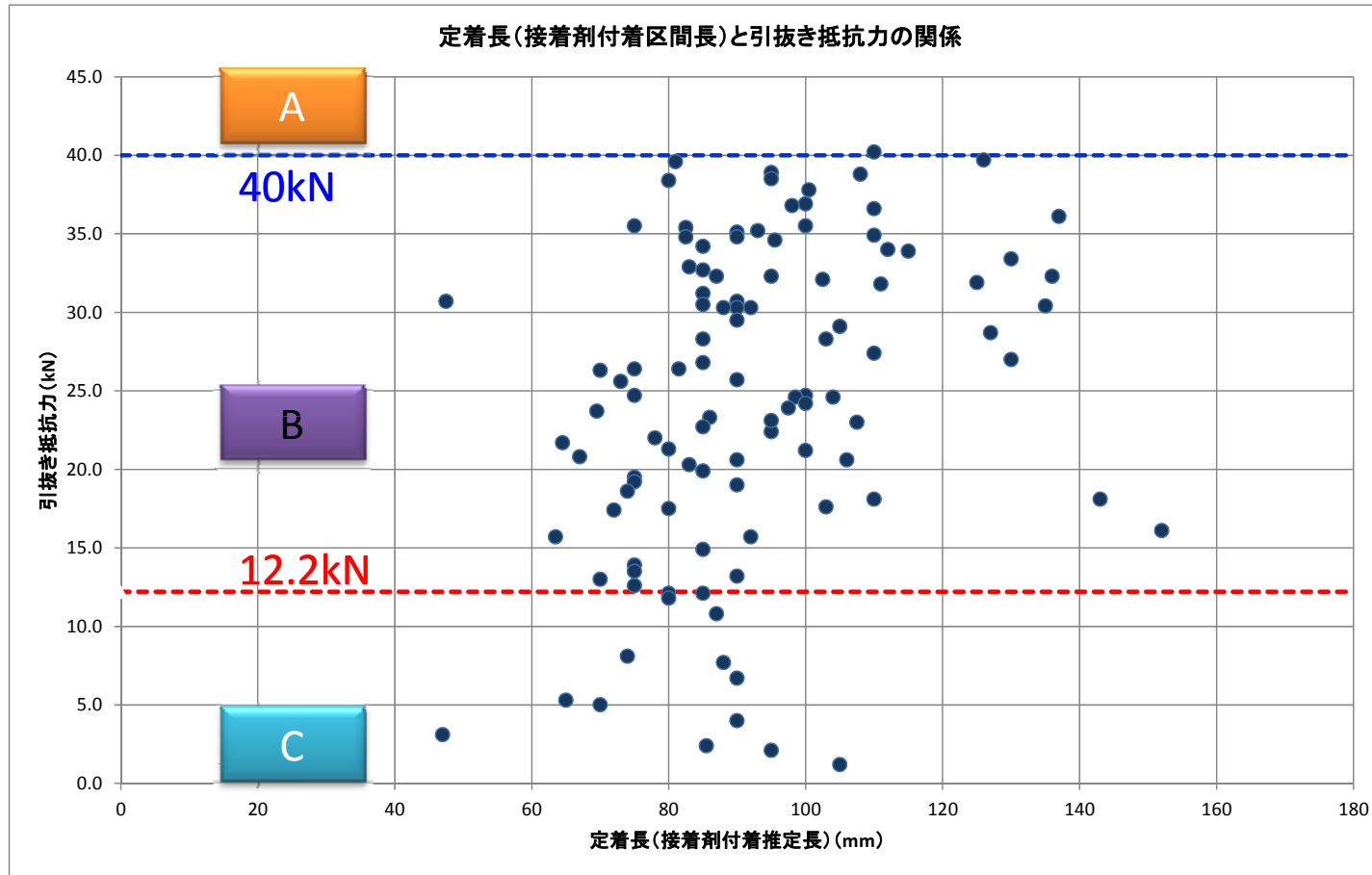
◆強度は弱いですが、機能していたボルト

引抜き抵抗力試験で、Cランク(引き抜き抵抗力: 12.2kN未満)に属するボルトで、P- δ 曲線から最大荷重のピーク値が現れて引抜けたボルト

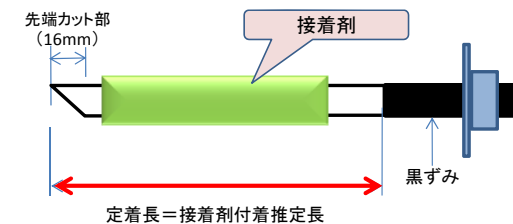


5. 引抜き抵抗力和定着長(接着剤付着推定長)の関係

- ・ランクA,B,Cの区分と比率は本資料のP3を参照
- ・引抜き抵抗力和定着長(接着剤付着推定長)には相関関係がみられない。
- ・Cランクのボルトには、定着長(接着剤付着推定長)がBランクのように長いものはみられない。



- ※ サンプルは、引抜き抵抗力試験で引抜けたM16ボルト107本を対象とした。
- ※ 定着長は、先端カット部(16mm)を含めた接着剤付着推定長とした。

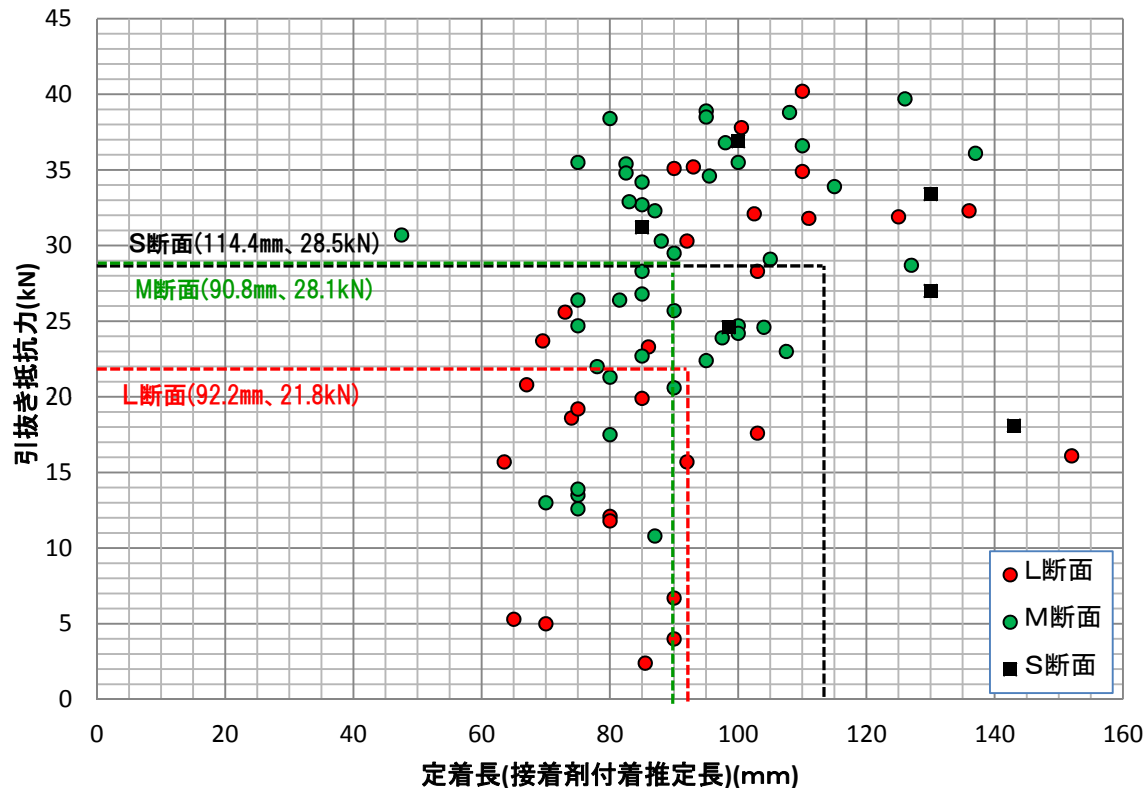


6. ダクト断面別のボルト引抜き抵抗と定着長の関係

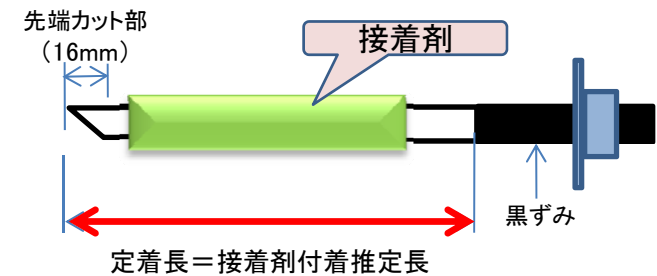
6-1 定着長を接着剤付着推定長とした場合

- ・L断面は、M・S断面に比べ引抜き抵抗が約6kN低い。
- ・S断面は、L・M断面に比べ、平均の定着長(接着剤付着推定長)が20mm以上長い。
- ・L断面は、定着長(接着剤付着推定長)がM断面と同等であるものの、引抜き抵抗が大きく異なる。

引抜き抵抗と定着長(接着剤付着推定長)のダクト断面別の傾向



	平均定着長 (接着剤付着推定長)	平均引抜き抵抗
L断面	92.2mm	21.8kN
M断面	90.8mm	28.1kN
S断面	114.4mm	28.5kN



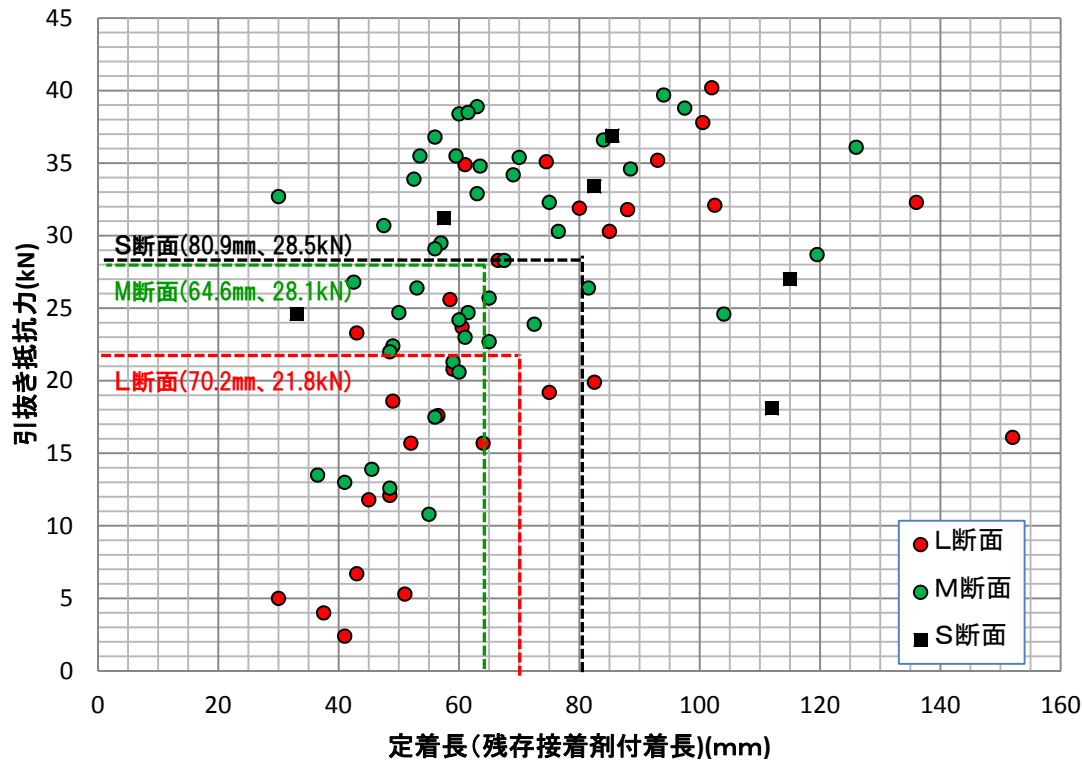
※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。
 ※ 定着長は、先端カット部(16mm)を含めた接着剤付着推定長とした。

6. ダクト断面別のボルト引抜き抵抗と定着長の関係

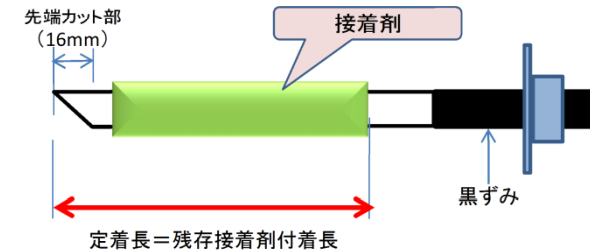
6-2 定着長を残留接着剤付着長とした場合

- ・L断面は、M・S断面に比べ引抜き抵抗が約6kN小さい。
- ・M断面は、平均定着長が64.6mmと最小であるものの、引抜き抵抗はL断面を上回る。

引抜き抵抗と定着長ダクト区間の傾向



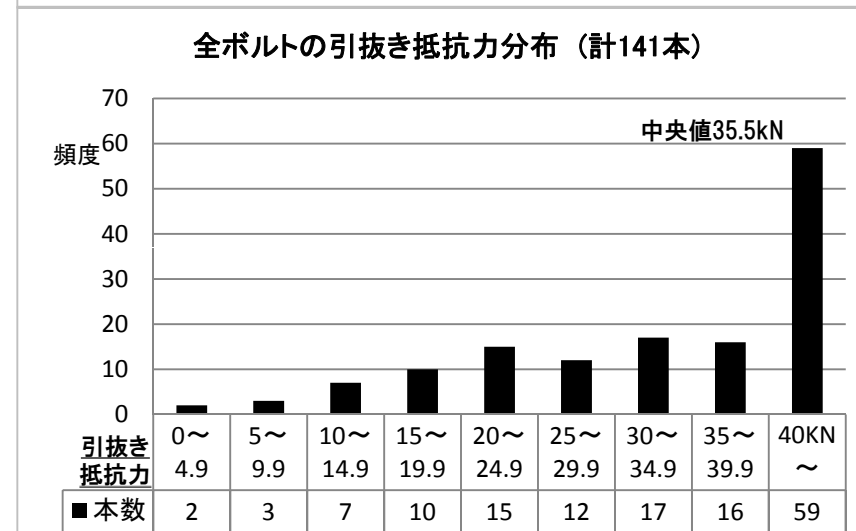
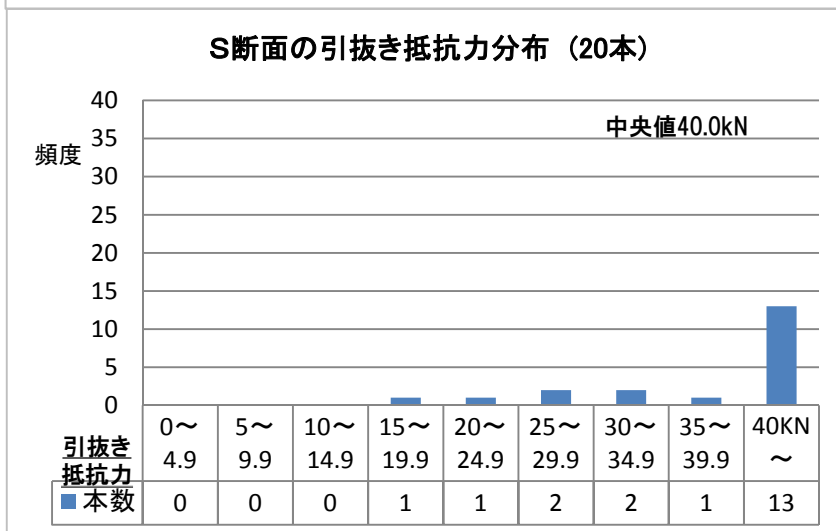
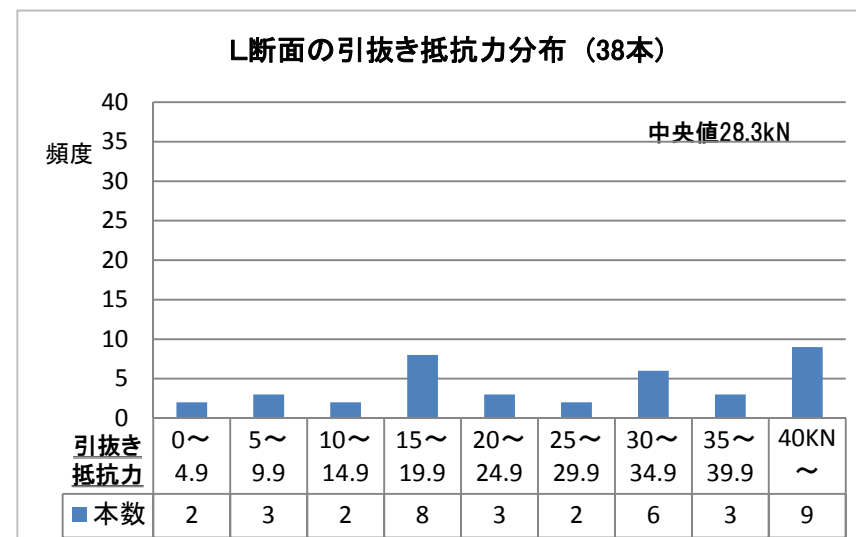
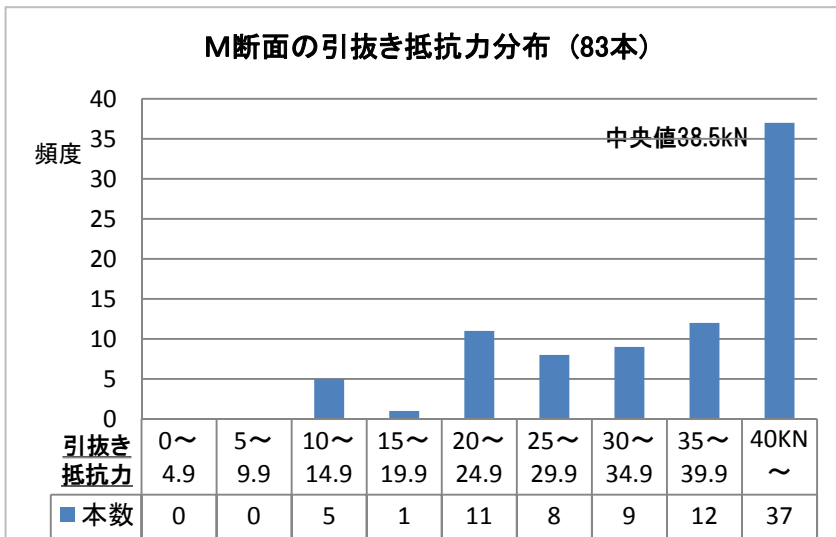
	平均定着長 (残留接着剤付着長)	平均引抜き抵抗
L断面	70.2mm	21.8kN
M断面	64.6mm	28.1kN
S断面	80.9mm	28.5kN



※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト143本のうち、引き抜けた80本を対象とした。
 ※ 定着長: ボルトの先端部から接着剤が付着しているまでの長さ(残留接着剤付着長)とした。

7. ダクト断面別のボルト引抜き抵抗力の分布

- ・S断面のボルトは、健全な比率が高く、次いでM断面が高い。
- ・L断面のボルトは、広範囲に引抜き抵抗力がばらついており、不健全なボルトが多く存在する。
- ・L断面のボルト引抜き抵抗力の中央値は、他の断面より10kN以上低い。

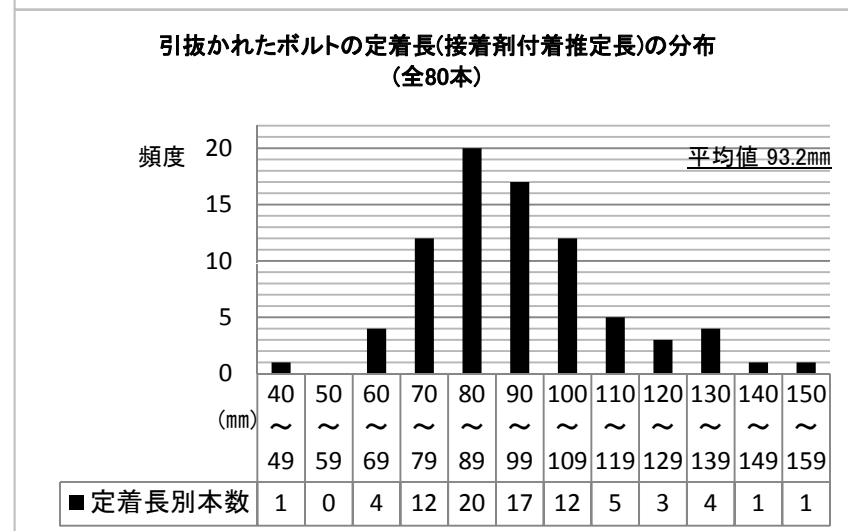
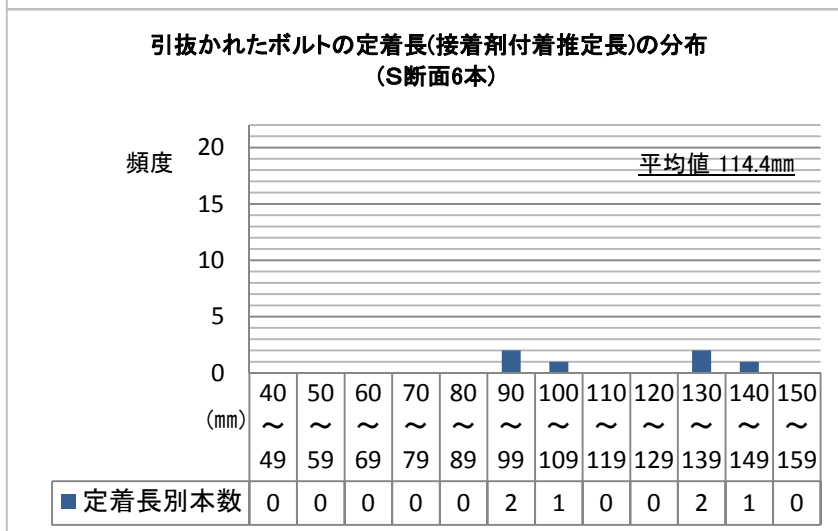
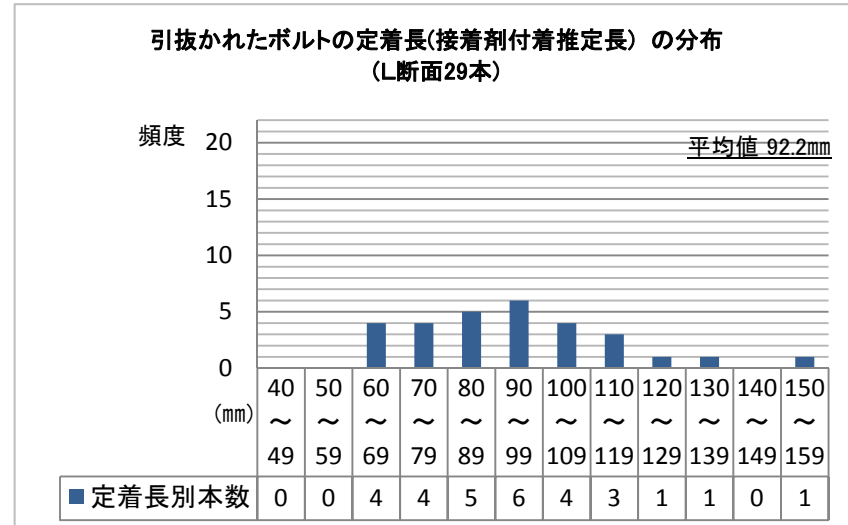
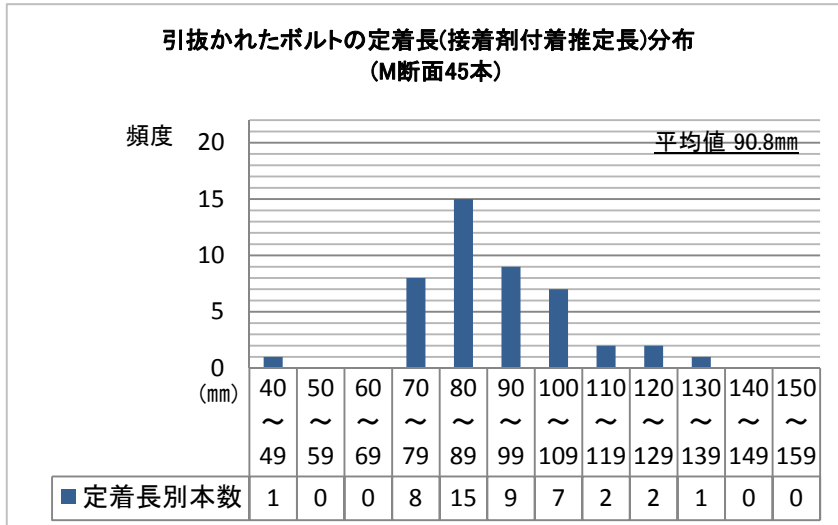


※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗力試験を行ったM16ボルト141本を対象としている。

8. ダクト断面別の定着長の分布

8-1. 定着長を接着剤付着推定長とした場合

- ・全ボルトの定着長(接着剤付着推定長)の平均値は93mmであり、設計での130mmを下回っている。
- ・全ボルトの定着長(接着剤付着推定長)は、およそ80~100mmにピークを有する。
- ・L断面のボルトの定着長(接着剤付着推定長)は、明確なピークがなく、広範囲に分散している。

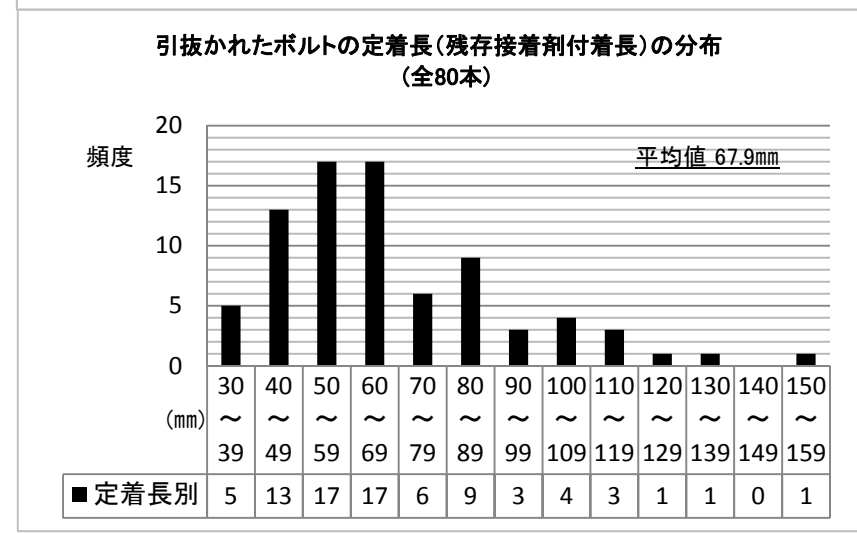
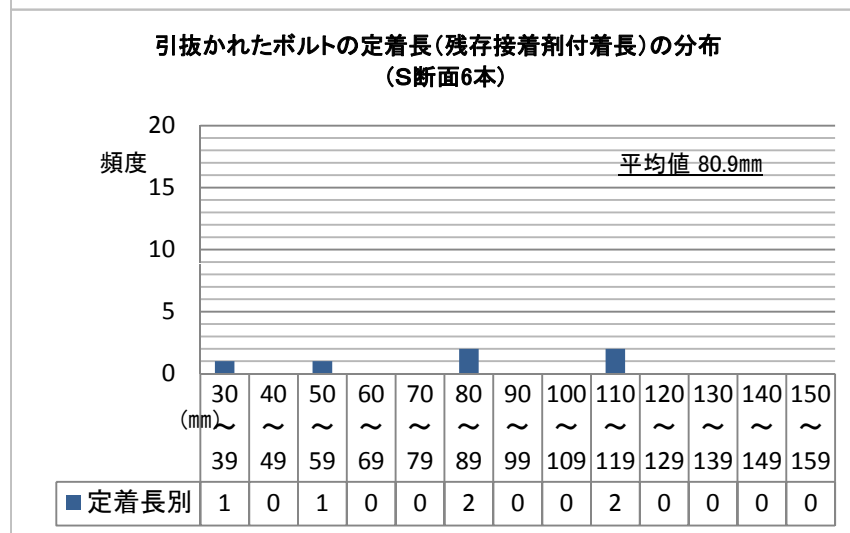
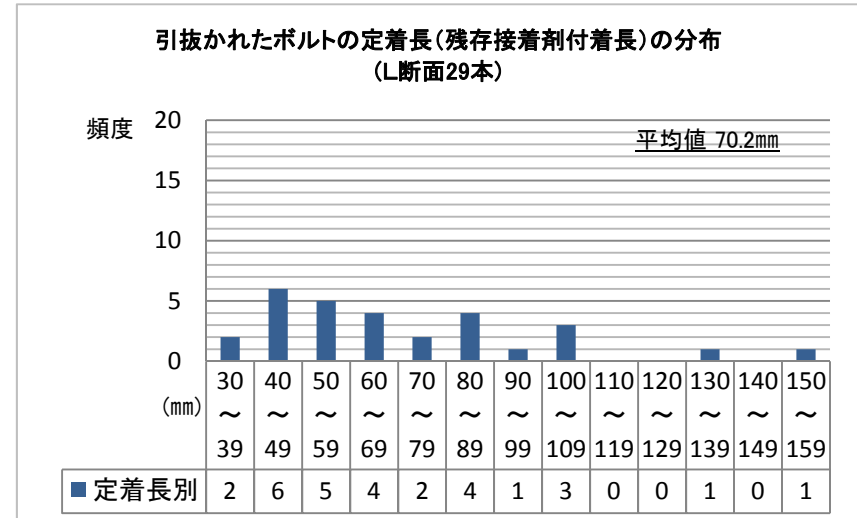
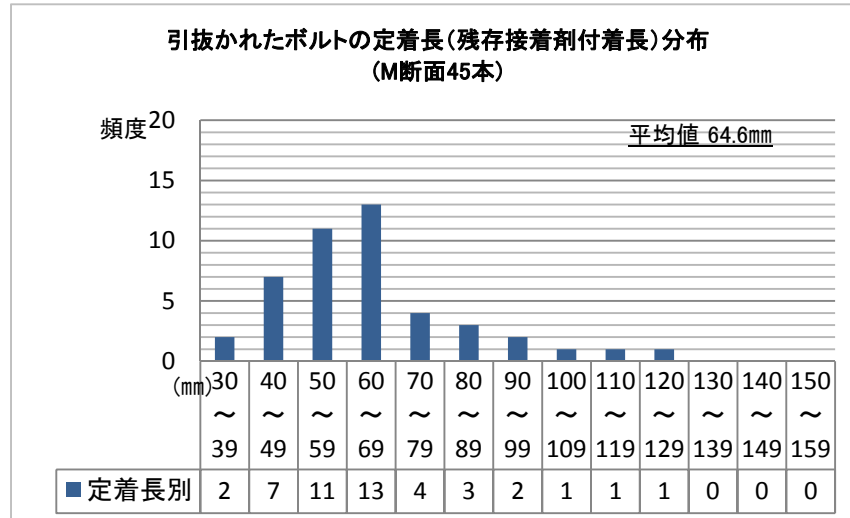


※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。
 ※ 定着長は、先端カット部(16mm)を含めた接着剤付着推定長とした。

8. ダクト断面別の定着長の分布

8-2. 定着長を残存接着剤付着長とした場合

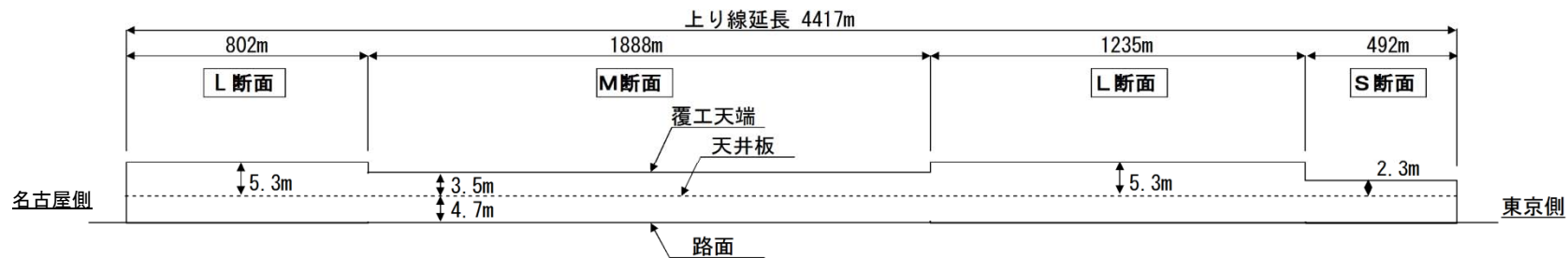
- ・全ボルトの定着長(残存接着剤付着長)の平均値は68mmであり、設計での130mmを下回っている。
- ・全ボルトの定着長(残存接着剤付着長)は、およそ50~70mmにピークを有する。
- ・L断面のボルトの定着長(残存接着剤付着長)は、明確なピークがなく、広範囲に分散している。



※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。
 ※ 定着長:ボルトの先端部から接着剤が付着しているまでの長さ(残存接着剤付着長)とした。

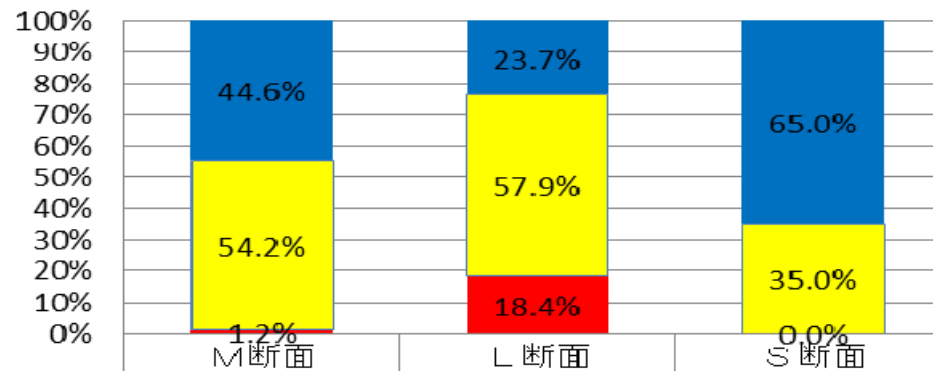
9. ダクト断面別のボルト引抜き抵抗力の傾向

- ・L断面は、Aランクの比率が低く、Cランク(引抜き抵抗力12.2kN未満)の比率が高い。
- ・S断面は、Aランクの比率が高く、Cランクがない。
- ・M断面は、L断面とS断面の中間的なランクを呈する。



名古屋側L断面は、M20で施工されているため、集計を除外した。

ダクト区間別のボルト健全度

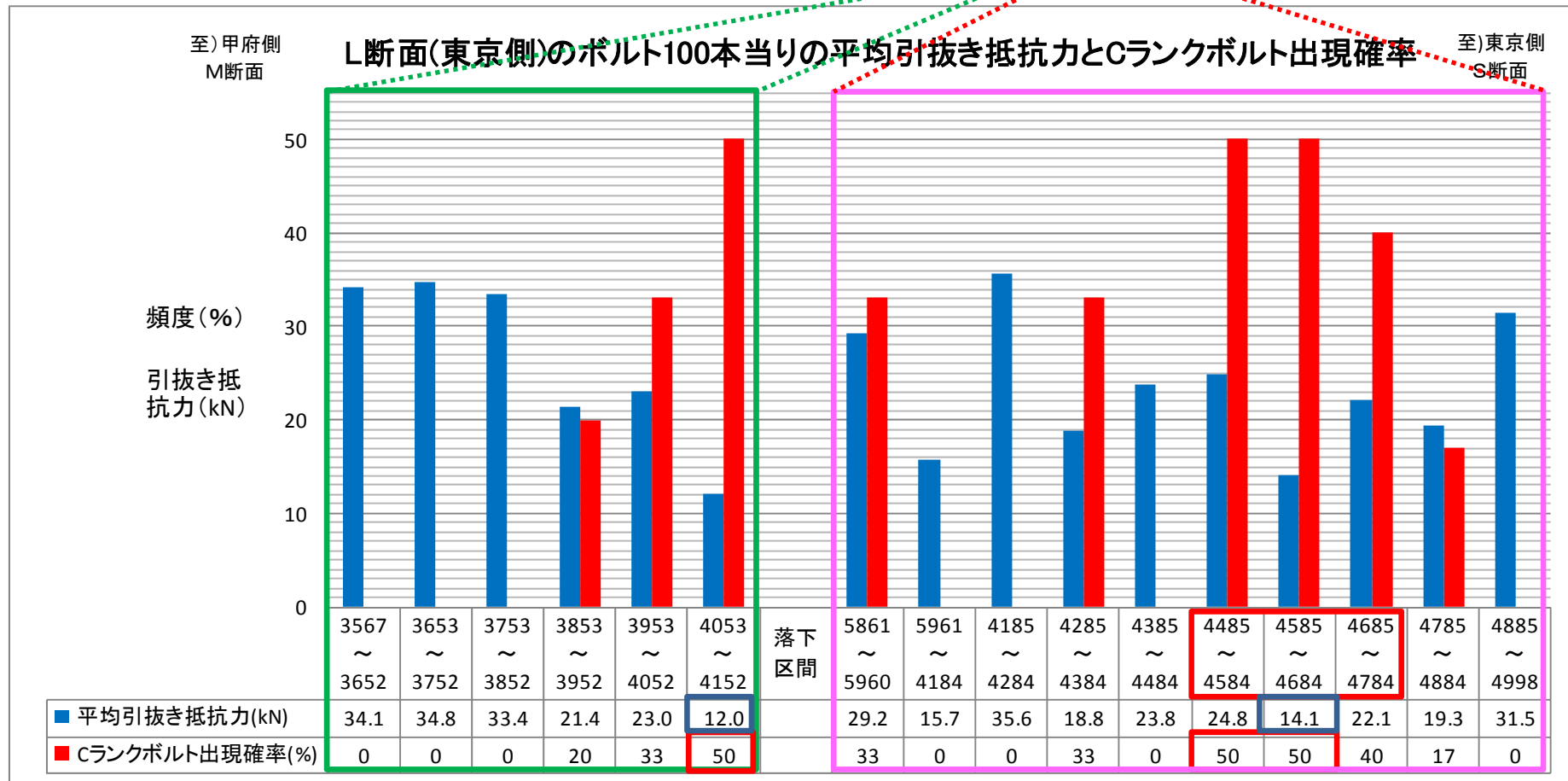
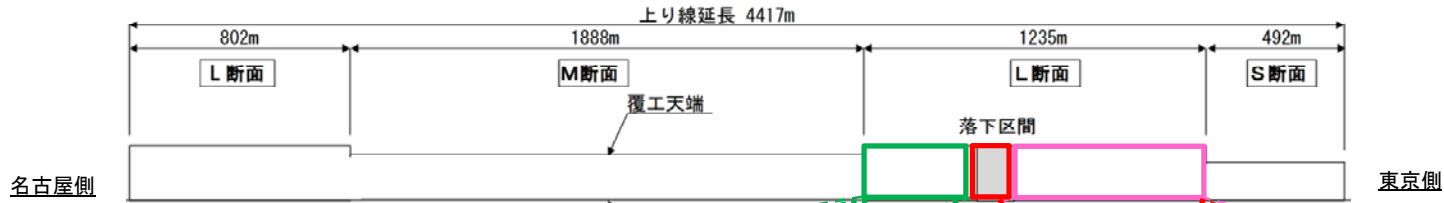


■ A: (P ≥ 40kN)	37	9	13
■ B: (P = 12.2 ~ 39.9kN)	45	22	7
■ C: (P ≤ 12.2kN)	1	7	0

※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗力試験を行ったM16ボルト141本を対象としている。

10. L断面(東京側)のボルト引抜き抵抗カランクの傾向

- ・L断面(東京側)のうち引抜き抵抗カが12.2kN未満のボルトは、落下区間前後及び4500～4600番ボルト付近に分布する。
- ・それらの区間では、Cランクボルト(12.2kN未満)が50%確率で出現し、平均的なボルト引抜き抵抗カも12～14kNと設計荷重(=12.2kN/本)にほぼ等しい。
- ・上記2区間以外の区間では、Cランクボルト(12.2kN未満)出現確率が低いとともに、ボルトの平均的な引抜き抵抗カも20kN以上あった。



11. 単位面積あたりの付着強度の分析(1)

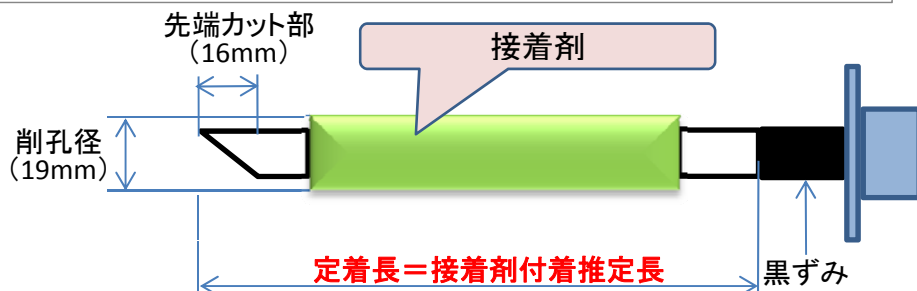
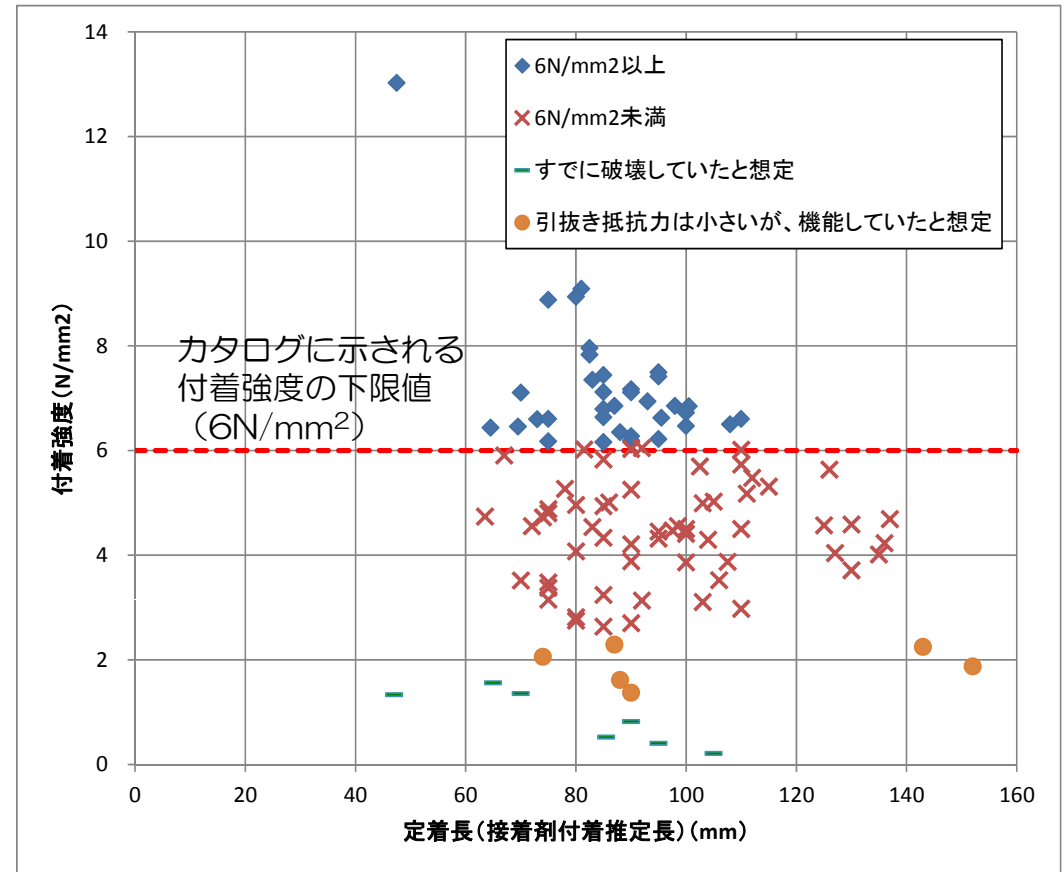
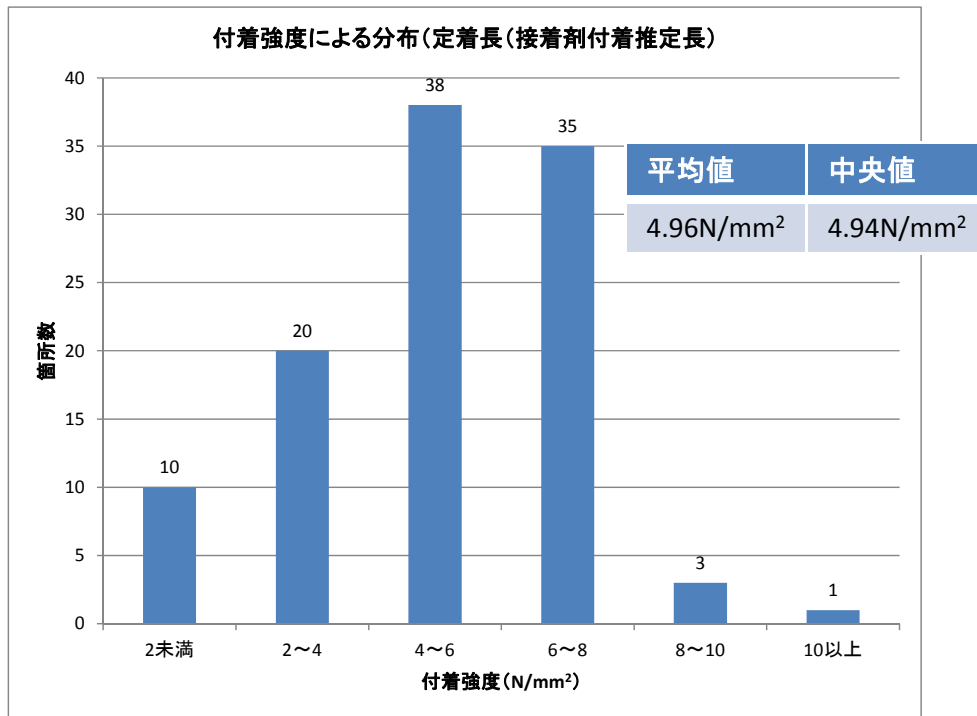
付着強度は、定着長の考え方に依存するため、ここでは3パターンの定着長の考えにより、付着強度を算出した。

定着長	定義	説明図
① 接着剤付着推定長	先端カット部を含め、黒ずみまでの区間を定着長とする。	<p>先端カット部 (16mm) 削孔径 (19mm) 接着剤 黒ずみ 定着長 = 接着剤付着推定長</p>
② 残存接着剤付着長	先端カット部を含め、接着剤の付着が認められた区間を定着長とする。	<p>先端カット部 (16mm) 削孔径 (19mm) 接着剤 黒ずみ 定着長: 残存接着剤付着長</p>
③ 残存接着剤付着区間長	接着剤の付着がない区間 (擦り切れ区間) から接着剤の付着が認められた区間を定着長とする。	<p>先端カット部 (16mm) 削孔径 (19mm) 接着剤 黒ずみ 定着長 = 残存接着剤付着区間長</p>

11. 単位面積あたりの付着強度の分析(2)

せん断抵抗面積 = 接着剤付着推定長 × 削孔径せん断抵抗周長 とした場合

ほとんどのボルトで、カタログに示される付着強度の下限値 (6N/mm²) を下回る



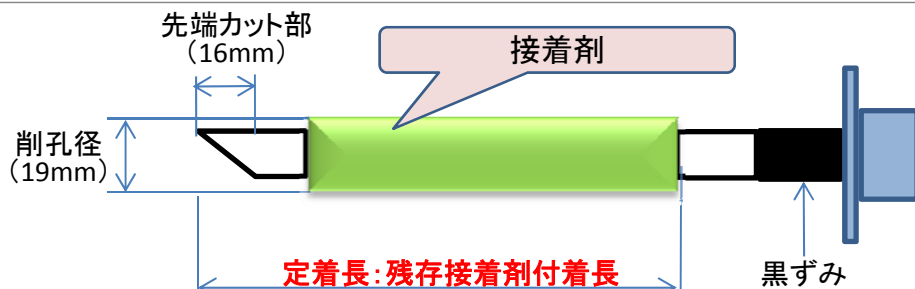
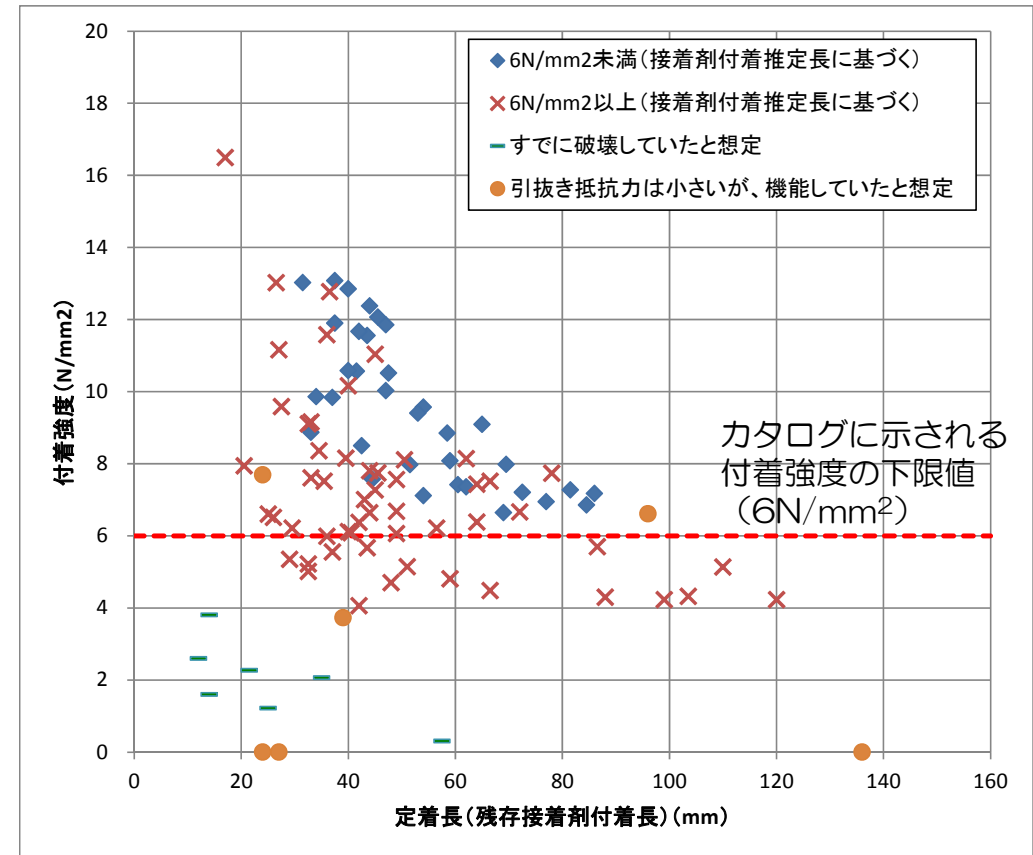
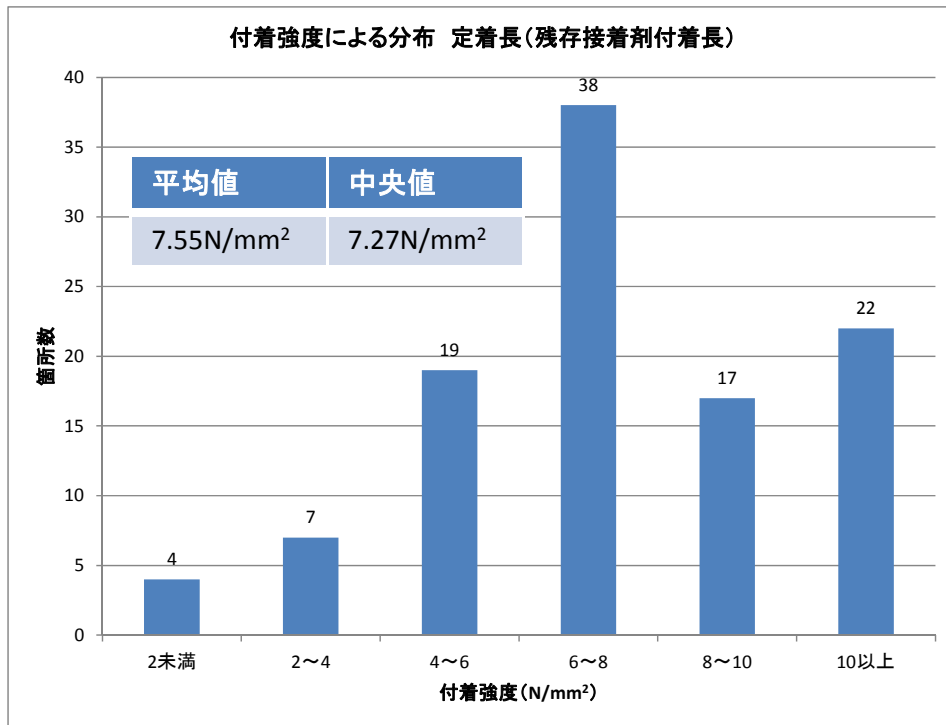
・散布図のサンプル数: 引抜き抵抗試験で引抜けた113本から、M20ボルト6本を除いた107本を対象に集計。

※1定着長: 先端カット部(16mm)を含めた接着剤付着推定長を定着長とした場合の長さとし、単位面積のうち有効定着長分は削孔径19mmの周長を乗じ、テーパ部分は周長の1/2を乗じた。

11. 単位面積あたりの付着強度の分析(3)

せん断抵抗面積を残存接着剤付着長 × 削孔径せん断抵抗周長 とした場合

- ・単位面積※1あたりの付着強度は、6～8N/mm²以上の分布が最多
- ・カタログに示される付着強度(6N/mm²)以下のものは約3割である。



・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本を対象に集計。

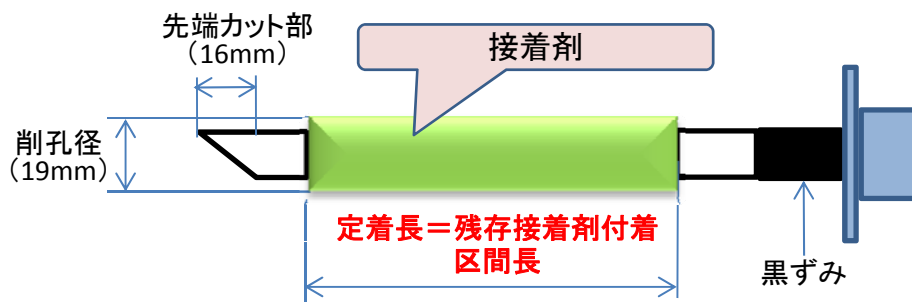
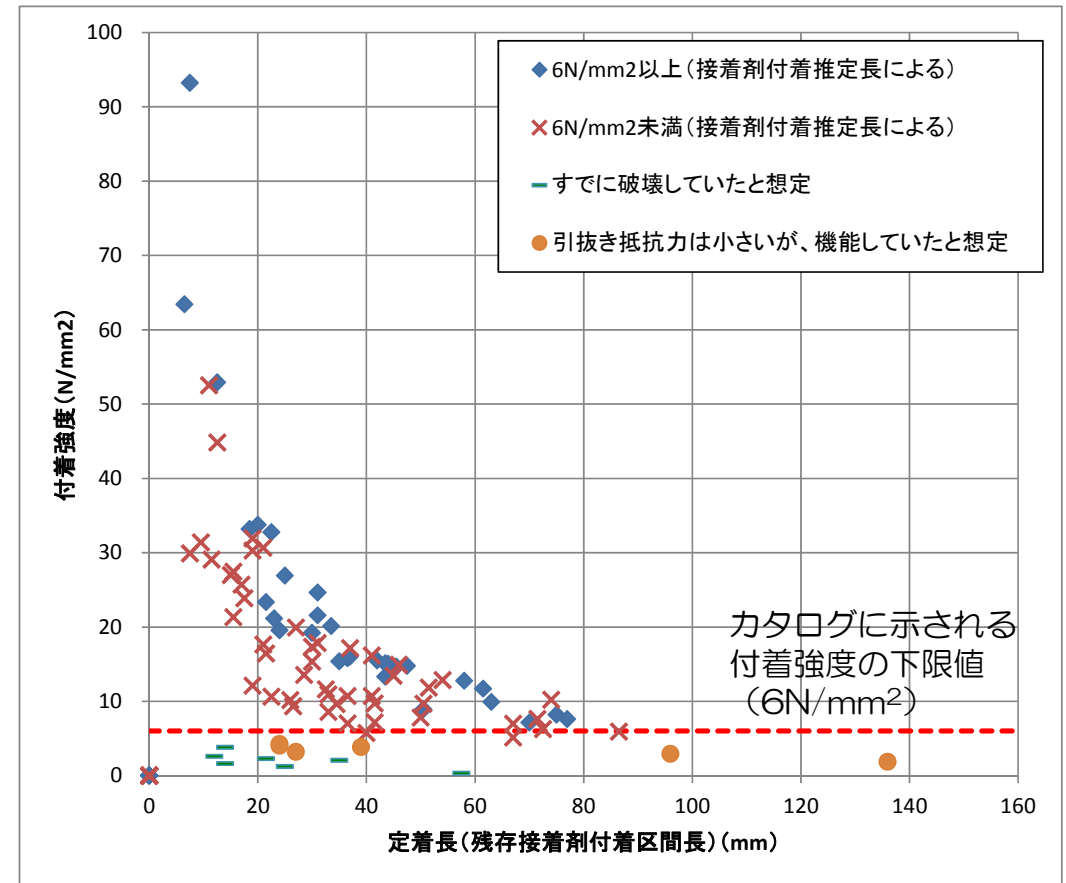
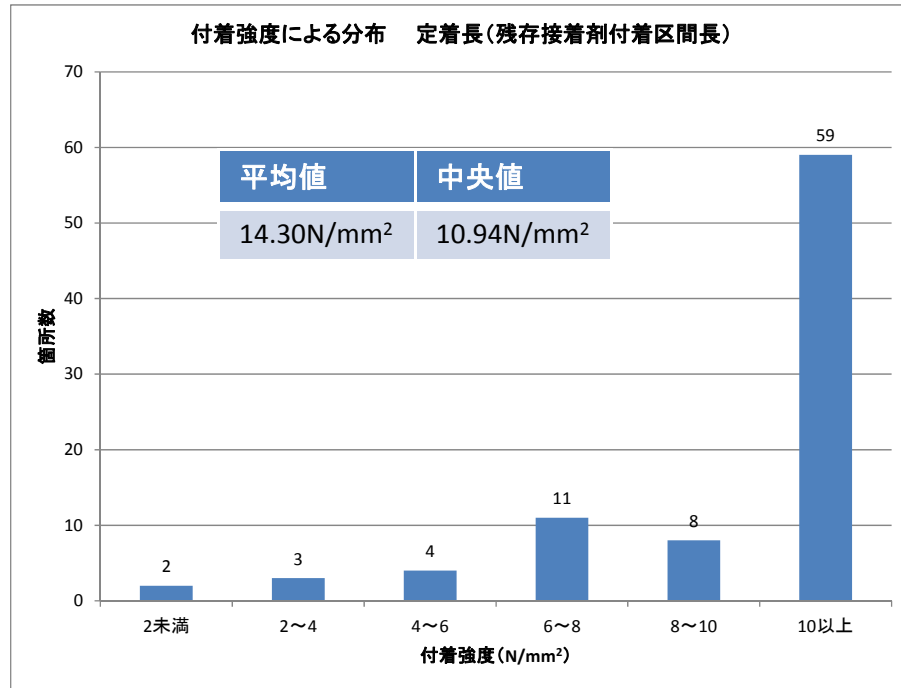
※1定着長: 先端カット部(16mm)を含めた残存接着剤付着長を定着長とした場合の長さとし、単位面積のうち先端カット部(16mm)を除いた定着長分は削孔径19mmの周長を乗じ、先端カット部は周長の1/2を乗じた。また、室内試験の定着長は、残存接着剤付着長を定着長とみなして付着強度を算定した。

1.1. 単位面積あたりの付着強度の分析(4)

せん断抵抗面積 = 残存接着剤付着区間長 × 削孔径せん断抵抗周長 とした場合

ほとんどのボルトで、カタログに示される付着強度の下限値 (6N/mm²) を上回る。

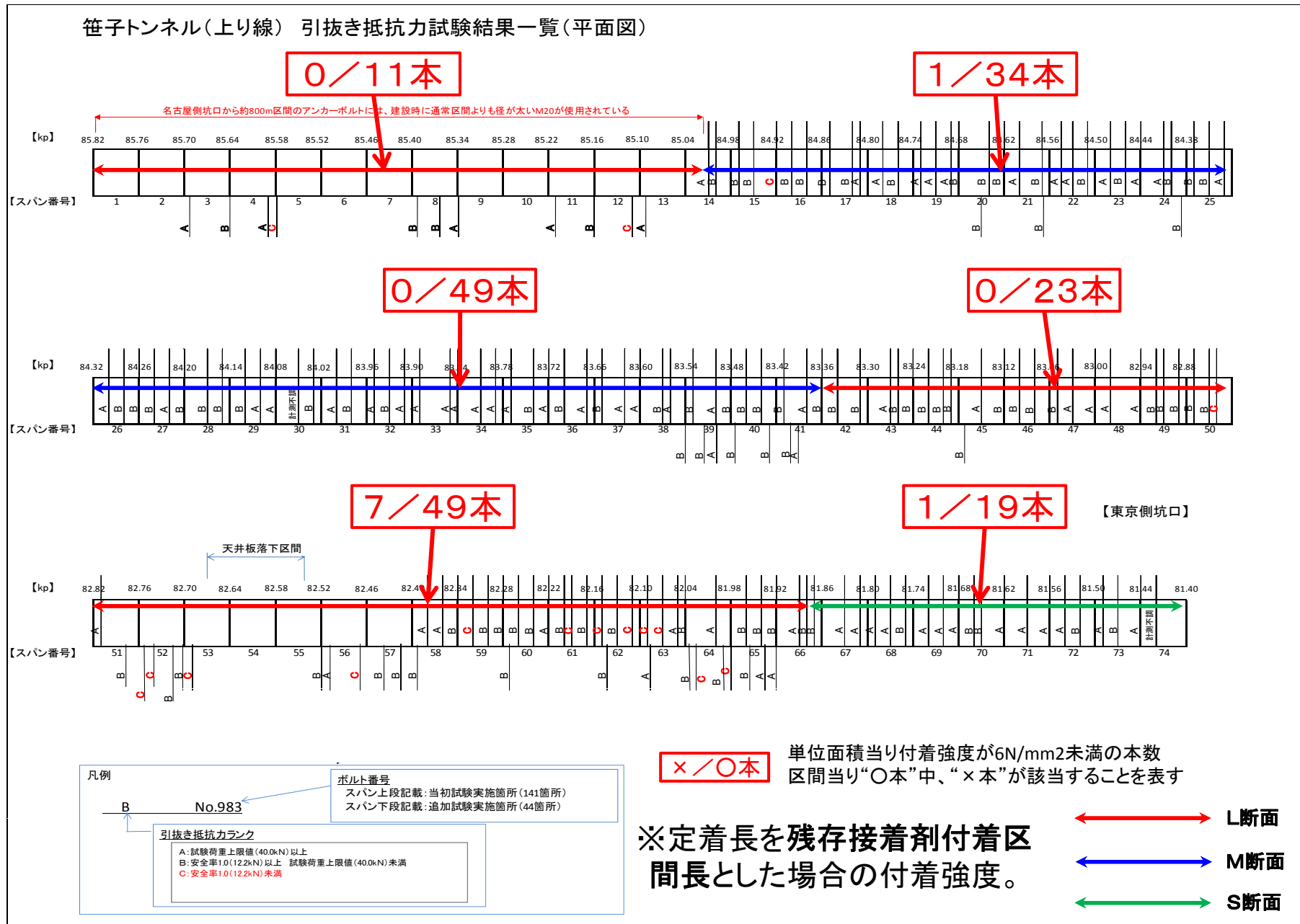
一方で、せん断抵抗面積を小さく見積もっても6N/mm²を下回るボルトがあり、付着強度の低下の可能性がうかがえる。



・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本を対象に、残存接着剤付着区間長が認められた87本を対象。

※1定着長: 残存接着剤付着区間長を定着長とした場合の長さとした。

12. 単位面積当たり付着強度の低いボルトの分布

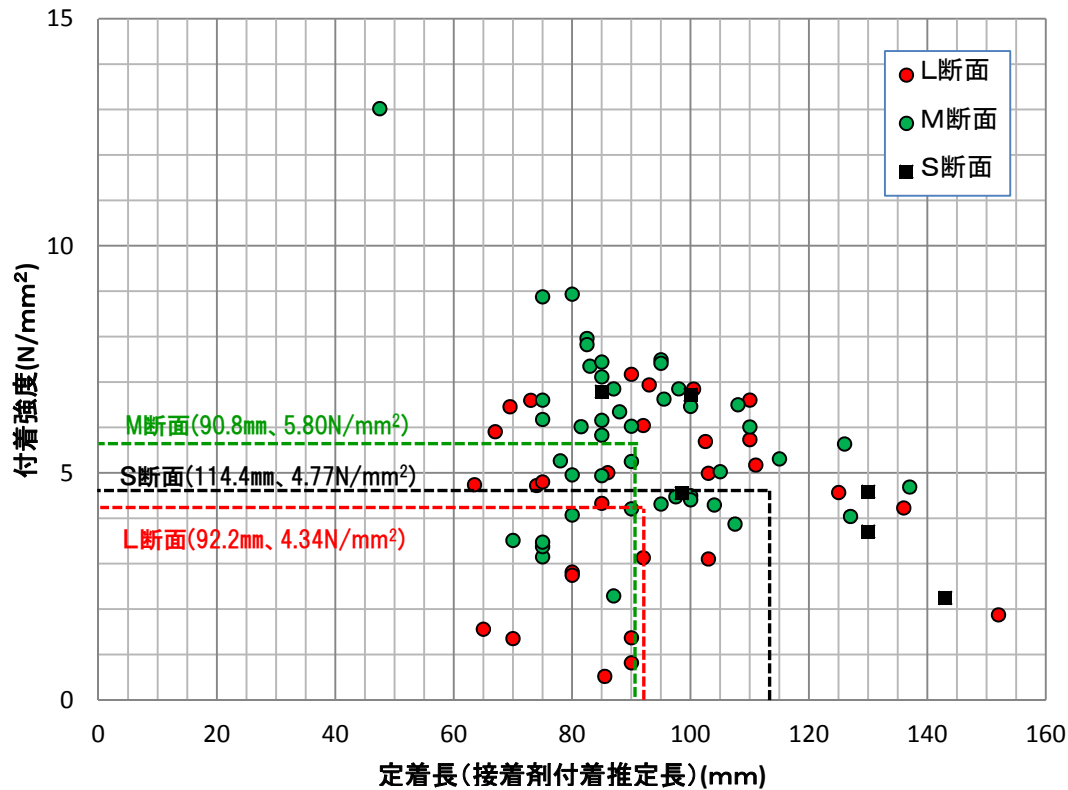


13. ダクト断面別の付着強度と定着長との関係

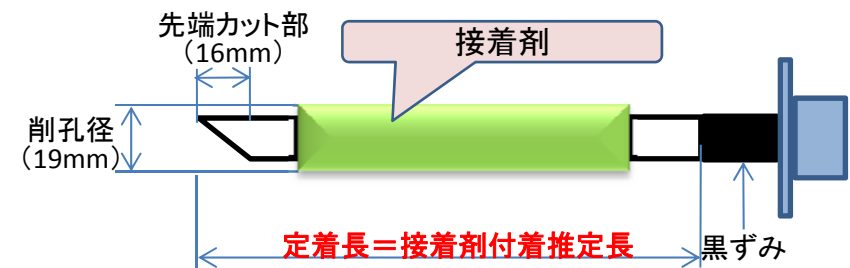
13-1. 定着長を接着剤付着推定長とした場合の関係

- ・L断面の付着強度 4.34N/mm^2 は、M・S断面の付着強度の $0.74\sim 0.91$ 倍と低い。
- ・M断面は、L断面に比べ、定着長(接着剤付着推定長)は大差ないものの付着強度は高い。
- ・S断面は、定着長(接着剤付着推定長)が 114.4mm と長く、付着強度自体は高くない。

付着強度と定着長(接着剤付着推定長)のダクト断面の傾向



	平均定着長 (接着剤付着推定長)	付着強度
L断面	92.2mm	4.34N/mm^2
M断面	90.8mm	5.80N/mm^2
S断面	114.4mm	4.77N/mm^2



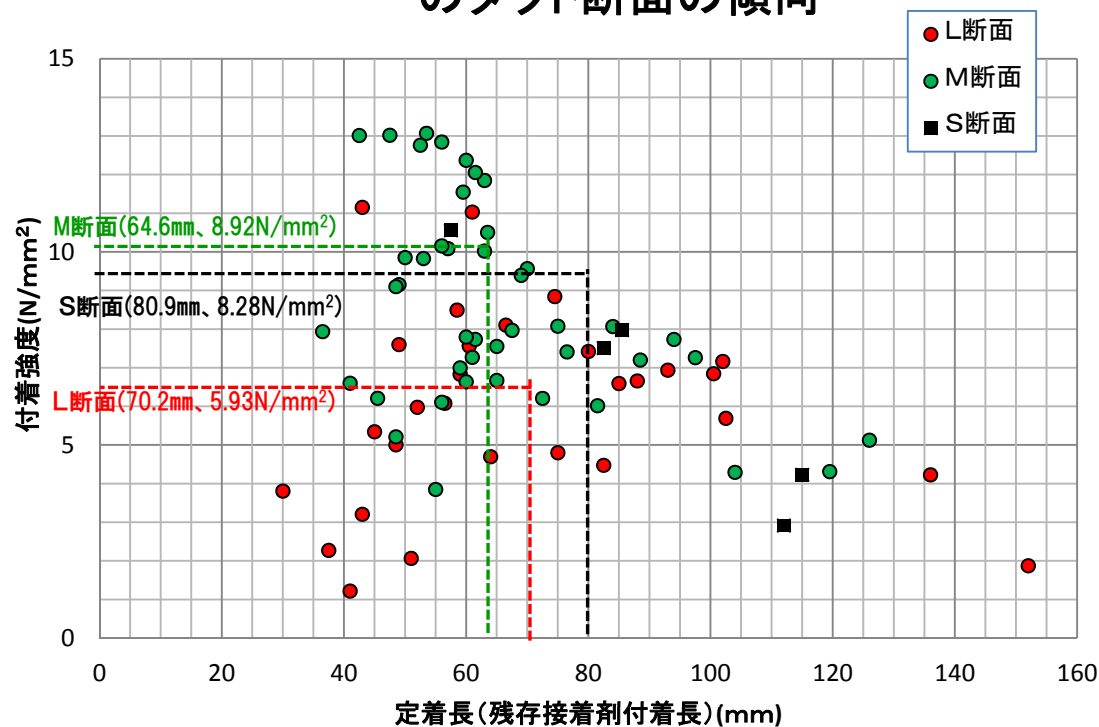
- ※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。
- ※ 定着長は、先端カット部(16mm)を含めた接着剤付着推定長とした。

13. ダクト断面別の付着強度と定着長との関係

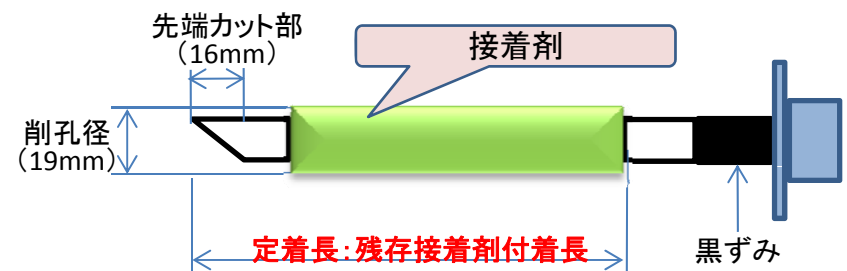
13-2. 定着長を残存接着剤付着長とした場合

- ・L断面の付着強度 5.93N/mm^2 は、M・S断面の付着強度の約7割と低い。
- ・M断面は、L断面に比べ定着長(残存接着剤付着長)は短いものの、付着強度は高い。
- ・S断面は、定着長(残存接着剤付着長)が 80.9mm と長く、付着強度はそれ程高くない。

付着強度と定着長(残存接着剤付着長)
のダクト断面の傾向



	平均定着長 (残存接着剤付着長)	付着強度
L断面	70.2mm	5.93N/mm^2
M断面	64.6mm	8.92N/mm^2
S断面	80.9mm	8.28N/mm^2

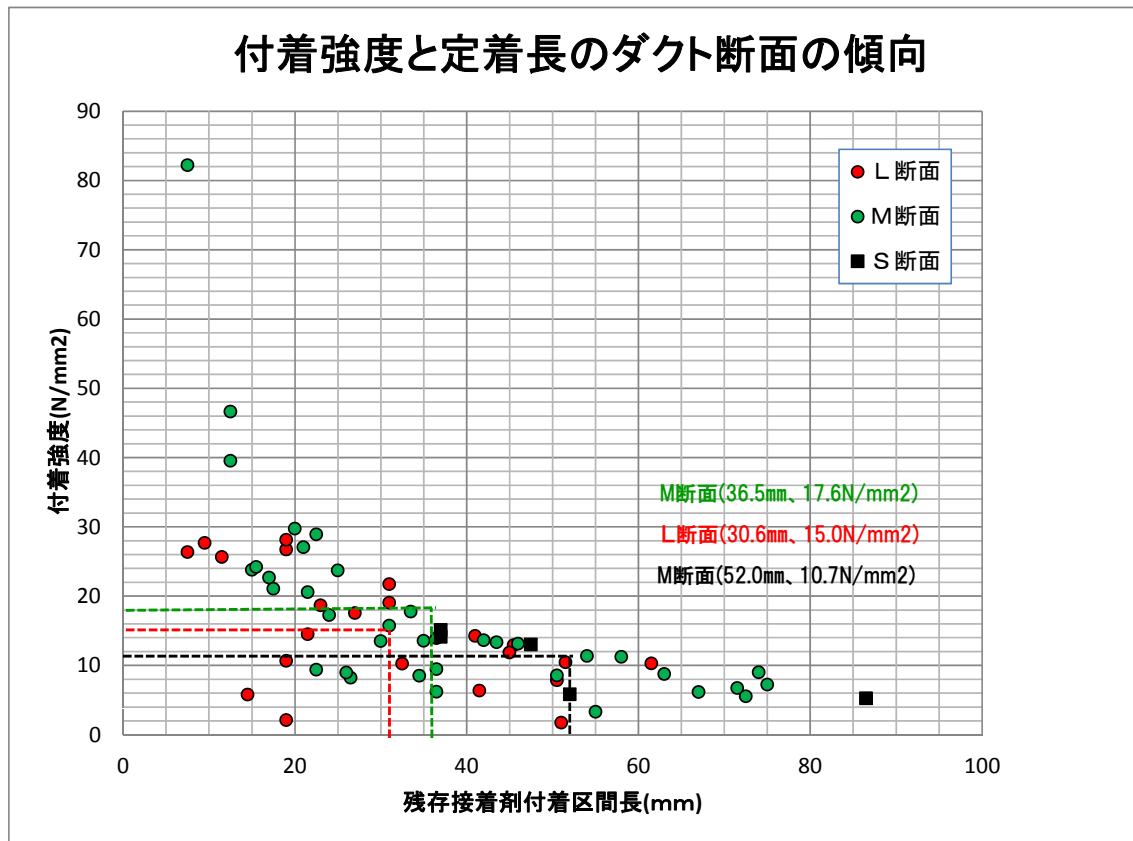


※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。
 ※ 定着長: ボルトの先端部から接着剤が付着しているまでの長さ(残存接着剤付着長)とした。

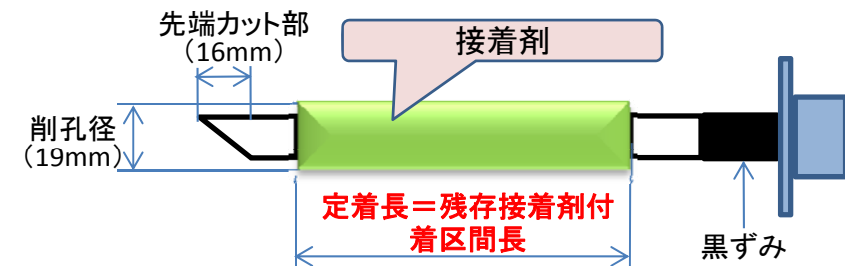
13. ダクト断面別の付着強度と定着長との関係

13-3. 定着長を残存接着剤付着区間長とした場合

- ・L断面の平均定着長(残存接着剤付着区間長)は30.6mmであり、M・S断面より小さい。
- ・S断面は、平均定着長が52.0mmと長いが付着強度はL・M断面より低い。
- ・カタログの付着強度の下限値6.0N/mm²を下回るボルトも存在する。



	平均定着長 (残存接着剤付着区間長)	付着強度
L断面	30.6mm	15.02N/mm ²
M断面	36.5mm	17.58N/mm ²
S断面	52.0mm	10.67N/mm ²

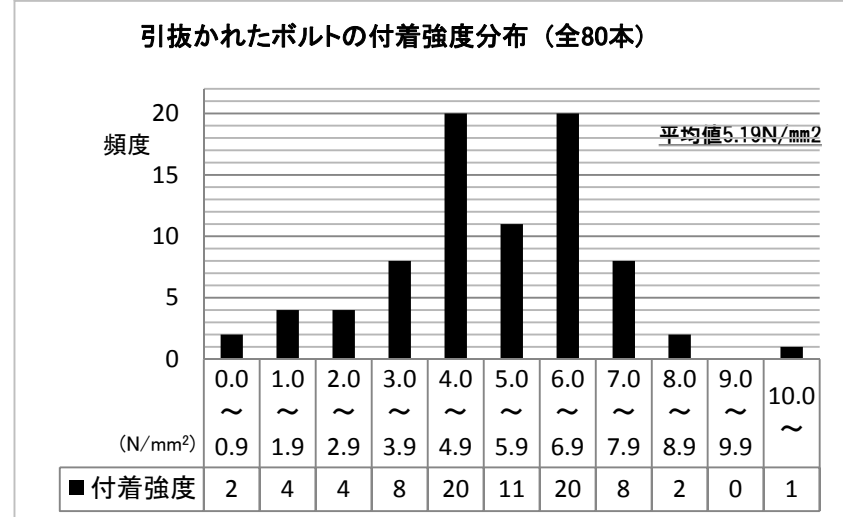
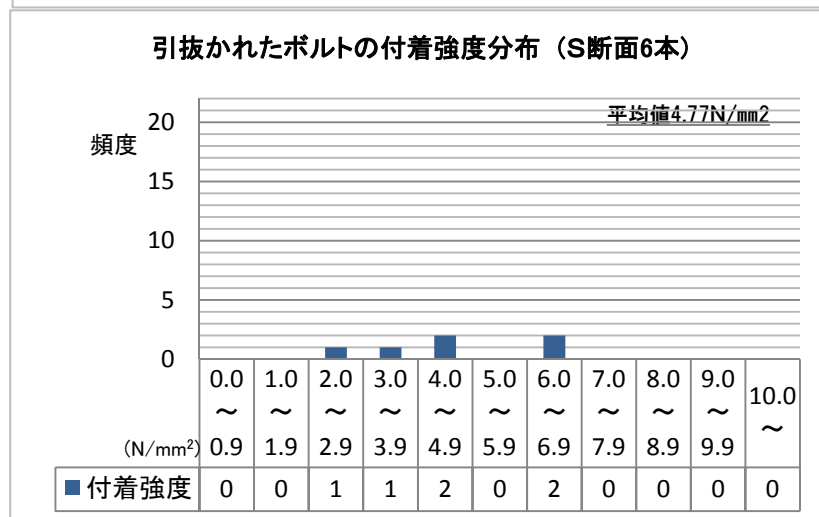
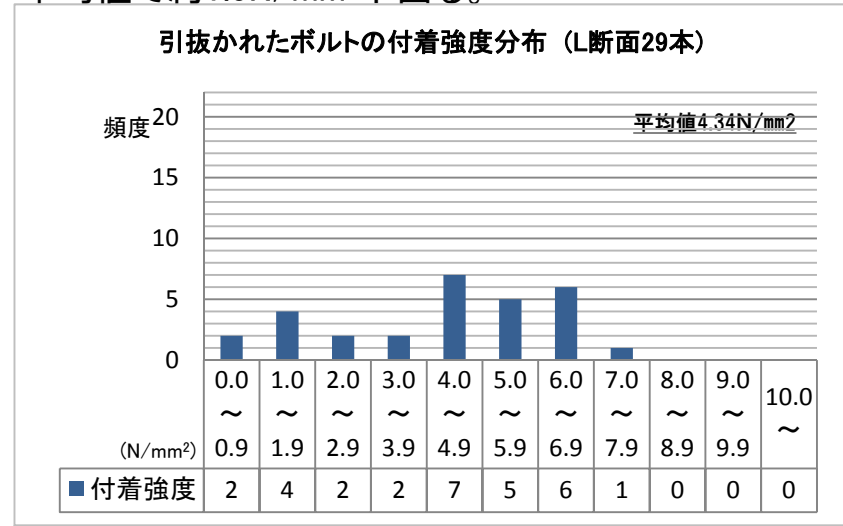
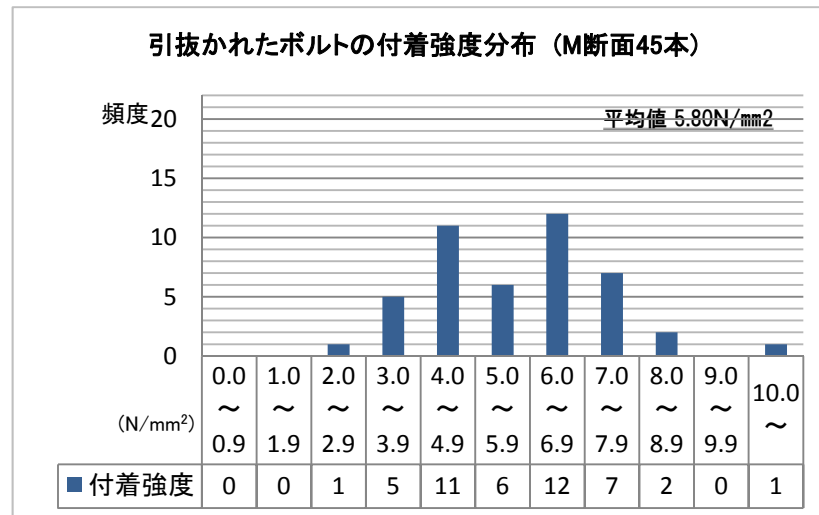


- ※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本でかつ接着剤の残存が認められた64本を対象とした。
- ※ 定着長: 先端の擦り切れ部を除いた接着剤が付着しているまでの長さ(残存接着剤付着区間長)とした。

14. ダクト断面別のボルトの付着強度の分析

14-1. 定着長を接着剤付着推定長とした場合の関係

- ・全ボルトの付着強度は平均値で約5.2N/mm²であり、カタログ最小値の6.0N/mm²を下回っている。
- ・付着強度は、およそ4~7N/mm²にピークが見られる。
- ・L断面のボルトは、付着強度の低い方向に分散し、M断面に比べ平均値で約1.5N/mm²下回る。



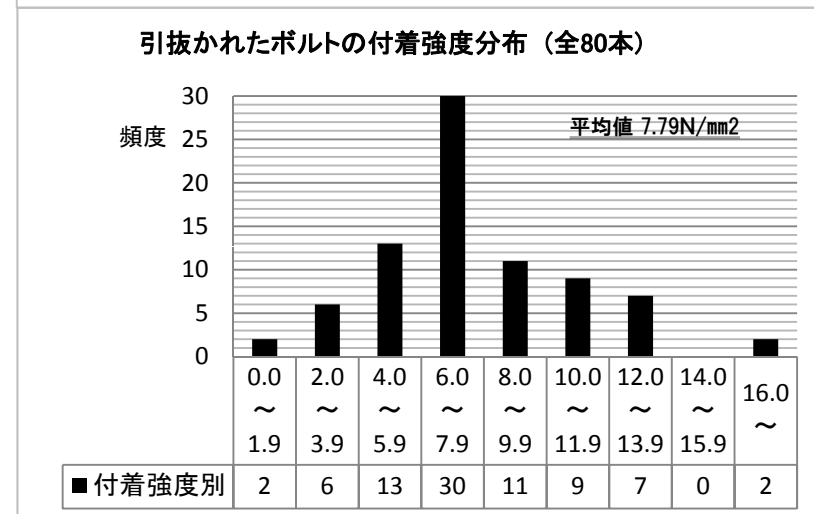
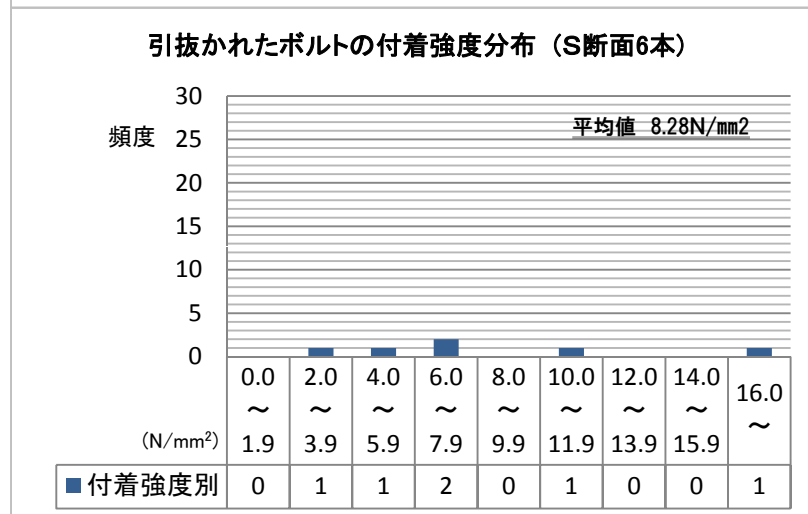
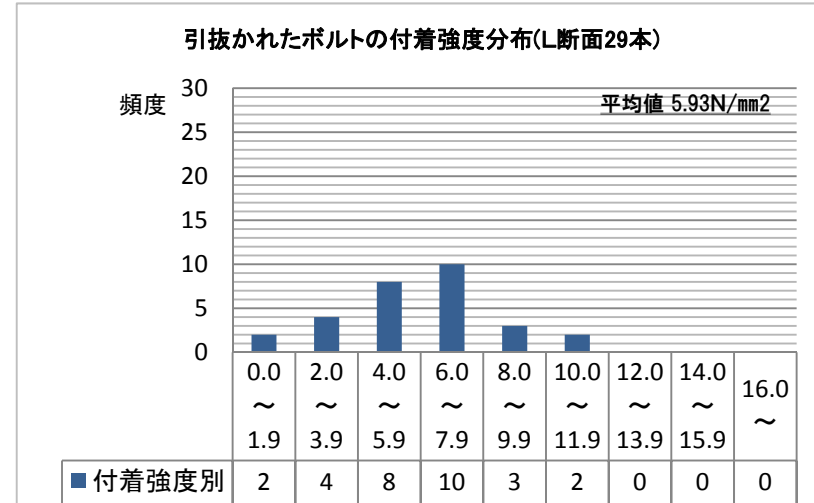
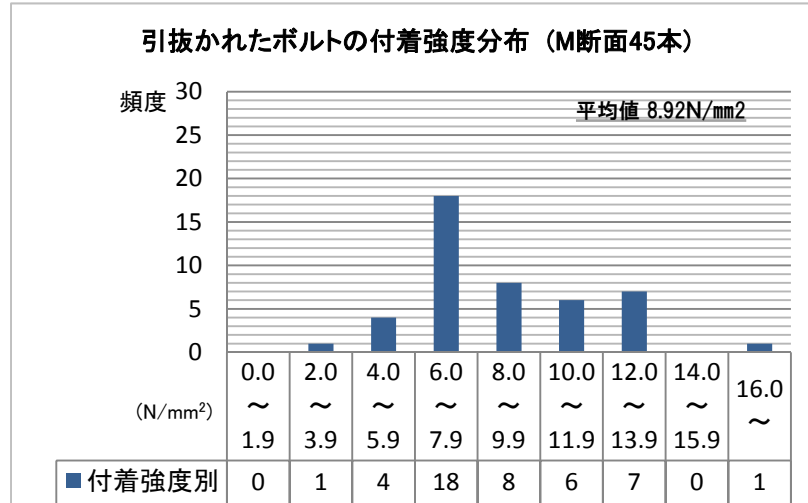
※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。

※ 定着長は、先端カット部(16mm)を含めた接着剤付着推定長とした。

14. ダクト断面別のボルトの付着強度の分析

14-2. 定着長を残存接着剤付着長とした場合

- ・全ボルトの付着強度は平均値で約7.8N/mm²であり、設計に用いた8.0N/mm²に近い。
- ・付着強度は、およそ6~8N/mm²にピークが見られる。
- ・L断面のボルトは、付着強度の低い方向に分散し、全平均値より付着強度が約2.0N/mm²下回る。



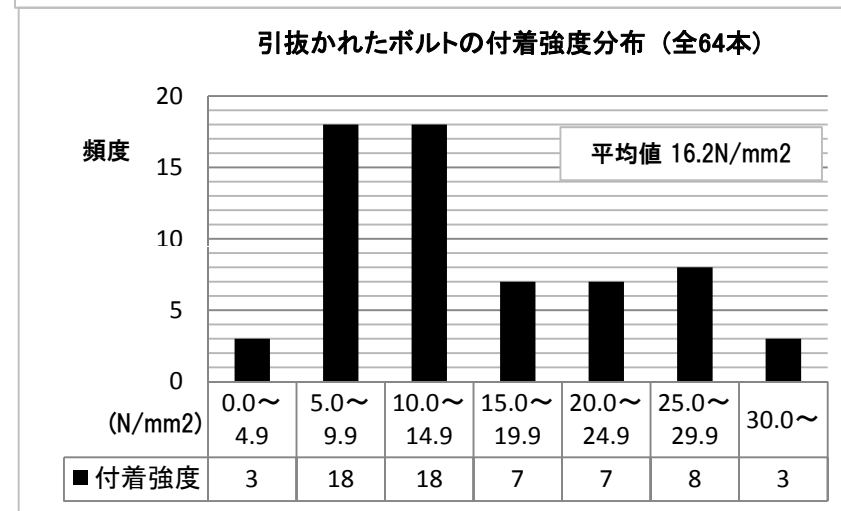
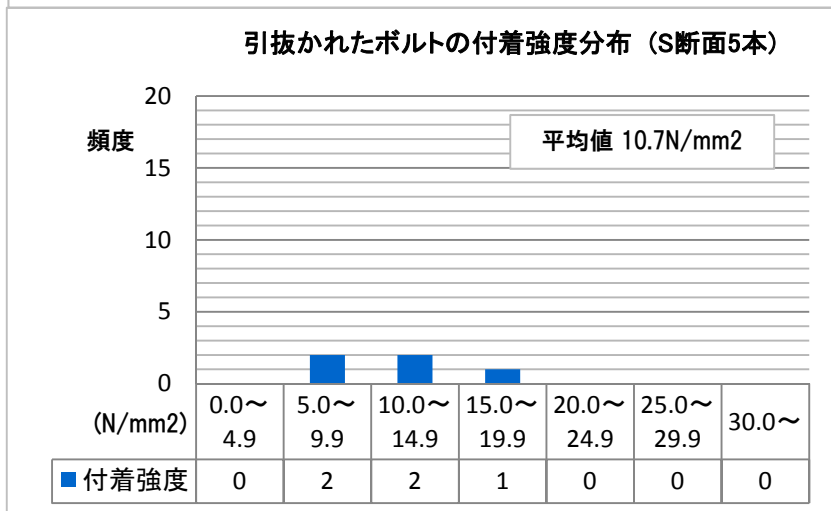
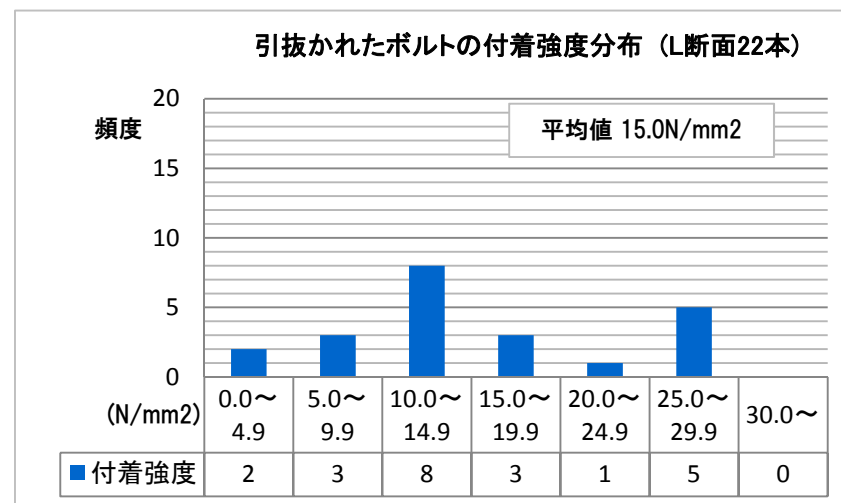
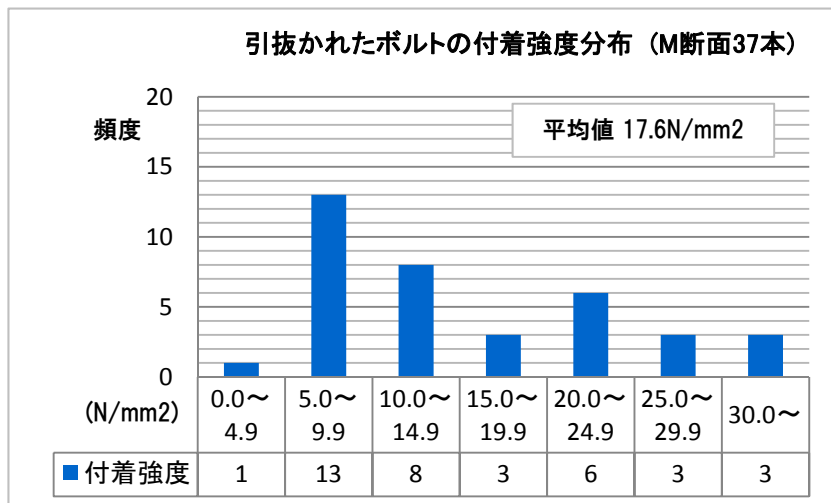
※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本を対象とした。

※ 定着長:ボルトの先端部から接着剤が付着しているまでの長さ(残存接着剤付着長)とした。

14. ダクト断面別のボルトの付着強度の分析

14-3. 定着長を残存接着剤付着区間長とした場合

- ・全ボルトの付着強度は平均値で約16.2N/mm²であり、設計に用いた8.0N/mm²の2倍である。
- ・付着強度は、およそ5～15N/mm²にピークが見られる。
- ・L断面では、付着強度が5.0N/mm²未満のボルトがみられる。



※ ランダムサンプリングにより引抜き抵抗試験を行ったM16ボルト141本のうち、引き抜けた80本でかつ接着剤の残存が認められた64本を対象とした。
 ※ 定着長: 先端の擦り切れ部を除いた接着剤が付着しているまでの長さ(残存接着剤付着区間長)とした。

15. まとめ

- ◆ランダムサンプリングしたアンカーボルト(139箇所)の引抜き抵抗力は、B(72箇所:52%)、C(8箇所:6%)ランクのような当初規定した強度よりも低いボルトがあった。
- ◆引抜き抵抗力と接着剤の定着長との明らかな相関を断じることはできない。
- ◆引抜けたアンカーボルト107本の接着剤付着推定長は、47～152mmの範囲で、平均92.2mmとなっており、平均値では、設計定着長130mmと比べて短い。
また、定着長(残存接着剤付着長)は、平均で67.9mmであり、定着長(接着剤付着推定長)より、更に約24mm小さい。
- ◆L断面は相対的に、M・S断面よりも引抜き抵抗力が低い傾向。
- ◆付着強度は定着長のとり方に依存するが、定着長を接着剤付着推定長とした場合、平均で4.96N/mm²、定着長を残存接着剤付着長とした場合、平均で7.55N/mm²であり、設計値の8N/mm²、カタログ値の6N/mm²よりも下回るものがある。
- ◆定着長を残存接着剤付着区間長とした場合、付着強度がカタログ値の6N/mm²よりも低い箇所はL断面(東京側)に集中しており、接着剤の攪拌不足や経年劣化などによる強度低下の可能性が考えられる。