

2.2 施工（トンネル本体、天井板）

[中日本高速道路(株) 報告資料]

— 目 次 —

2.2.1. 笹子トンネルにおける天井板構造の設計施工の実施体制	38
2.2.2. 笹子トンネル建設時の使用材料・特記仕様書等	39
2.2.3. 笹子トンネル（上り線）建設当時の接着系アンカー引抜試験	57
2.2.4. 笹子トンネル（上り線）アンカーボルト追加および代替の実績	60

2.2.1. 笹子トンネルにおける天井板構造の設計施工の実施体制

2.2.1.1 設計業務発注者及び受注者

調査等件名	報告書提出	発注者	受注者
中央自動車道 大月～勝沼間トンネル諸設備詳細設計	1974(昭和 49)年 3月	日本道路公団 東京建設局	(株)パシフィックコンサルタンツ
中央自動車道 笹子トンネル S 断面天井板変更詳細設計	1976(昭和 51)年 7月	日本道路公団 東京第二建設局 笹子トンネル工事 事務所	(株)パシフィックコンサルタンツ

下段の業務は S 断面の変更詳細設計であるが、設計報告書としては全断面分の記述がある (L 断面を含む)。ただし、L 断面の応力照査等の記載は含まれていなかった。

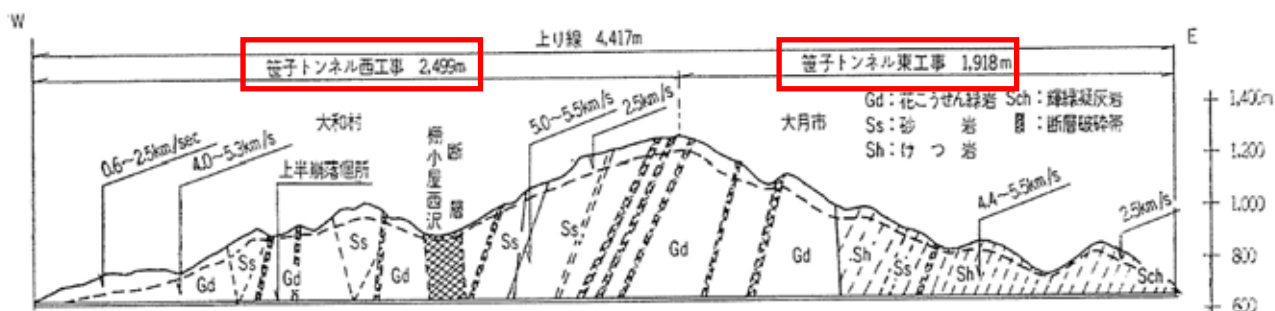
2.2.1.2 施工管理員

東京第二建設局 笹子トンネル工事事務所 笹子工事区

(株)パシフィックコンサルタンツ

2.2.1.3 天井板建設時の施工体制

	工事名	工期	発注者	受注者	施工区分	一次下請
上り線	笹子トンネル 東内装天井板 工事 (以下、東 工事)	1976 (昭和 51) 年 8 月～1977 (昭和 52) 年 9 月	日本道路公団 東京第二建設 局	大成建設 株・株大林組 共同企業体	大成建設 株	建設ファスナー(株)
下り線					株大林組	株マンテン
上り線	笹子トンネル 西内装天井板 工事 (以下、西 工事)	1976 (昭和 51) 年 8 月～1977 (昭和 52) 年 9	日本道路公団 東京第二建設 局	前田建設工 業株・飛鳥建 設(株)共同企 業体	飛鳥建設 株	建設ファスナー(株)
下り線					前田建設 工業(株)	株マンテン



2.2.2. 笹子トンネル建設時の使用材料・特記仕様書等

2.2.2.1 接着系ボルト使用材料

(1) 笹子トンネル東内装天井板工事

材料名	形状寸法	製造メーカー
ケミカルアンカー	レジンカプセル R-16	日本デコラックス㈱
接着系ボルト	φ16	新日本製鉄㈱

(2) 笹子トンネル西内装天井板工事

材料名	形状寸法	製造メーカー
ケミカルアンカー	R19、R16、R12	日本デコラックス㈱
接着系ボルト	(資料なし)	(資料なし)

(3) 建設時の材料承認願

1) 笹子トンネル東内装天井板工事 工事材料承認願

1976(昭和51)年10月20日承認

工事材料承認願

監 査 員 主任監査員 係

(工事名) 中央自動車道笹子トンネル東内装天井板工事 昭和51年10月 日

品 名	形状寸法	製造メーカー	使用箇所	検印	備 考
C工金剛	102x174x25	新日本製鉄(株)	笹子トンネル 上り線		
締結B.N	M30 M22	中戸製鋼(株)			
取付B.N	M20 M16				隔壁板
タイパ	w1 w3/4				天井板金具
タイフール	FB-12'9"	日本鋼管(株)			
締結金具	FB-12'9"				
支承材	10'5"3"	新玉コム工業(株)			
鉄筋	φ9	中戸製鋼(株)			目上
溶融亜鉛入り		新日本製鉄(株)			
ケミカルアンカー	レジンカプセル R-16	日本デコラックス(株)			
アンカーボルト	φ16	新日本製鉄(株)			

上記材料を使用したいので御検討の上承認願います。

監督員 [REDACTED] 殿

承認
昭和51年10月20日
[REDACTED]

大成建設株式会社
中央自動車道
笹子トンネル東内装工事現場
現場代理人 [REDACTED]

ケミカルアンカー レジンカプセルR-16 日本デコラックス(株)
アンカーボルト φ16 新日本製鉄(株)

2) 笹子トンネル西内装天井板工事 工事材料承認願
1976(昭和 51)年 10 月 19 日承認

工事材料承認願

中央自動車道笹子トンネル西内装天井板工事 昭和 51 年 10 月 19 日

品名	形式寸法	数量	製造メーカー	使用目的	備考
ケミカルアンカー	M-19	200	日本デコラックス(株)	上部引鋼アンカー	100個(100個)
"	M-16	200	"	"	" (100個)
"	M-12	200	"	"	" (100個)
"	M-10	200	"	"	" (100個)
ボルトアンカー	M-16 x 230	100	建設メスター(株)	壁面アンカー	100個(100個)
ドリルビット	M-16 x 280	100	建設メスター(株)	"	100個(100個)
	M-16 x 270	5	"	"	5 (100個)
	M-16 x 260	5	"	"	5 (100個)

上記材料を()承認願します

承認
昭和51年10月19日

監査者 [Redacted] 職

担当者 前田建設工務社 岐阜建設部 前田 誠

現場代理人 [Redacted]

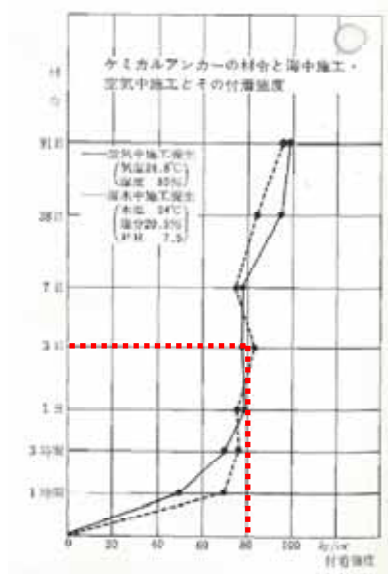
0998

ケミカルアンカー レジンカプセルM-19 M-16 M-12
日本デコラックス(株)

2.2.2.2 建設時の材料諸元

部 位	材料諸元		
アンカーボルト (M16)	降伏強度	245 N/mm ²	SS41B-D(SS400 相当)、設計報告書に記載
	付着強度	8 N/mm ²	レジン付着力を80kgf/cm ² ※1 と設計報告書に記載あり。(材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットから判読したと推測)
	アンカーボルト外径	16mm	設計報告書に記載 材料承認願(φ16 新日本製鉄(株))
	M16 の内径 D	13.835mm	JIS B 0205-1973(1973(昭和 48)年) 1974 年に当該 JIS は改定が為されたが、内径は変わらない。(当時から現在に至るまで、ねじの規格は同じ)
	アンカーボルト長さ	230mm	完成図※2、設計報告書に記載のボルトの長さ: 230mm 引抜試験で確認されたボルトの長さ:200mm
削孔深さ	関連する諸元について、以下の内容を確認した。 ・材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットにおける穿孔深さは110mm以上、コンクリートの場合の最適深さは130mm ・設計報告書および完成図におけるアンカー埋込み長は、130mm ・特記仕様書における、「アンカーの埋込み深さは内径の11倍以上」。M16 内径 D(13.835mm) × 11 = 152.19mm (内径の値は、JIS B 0205-1973 より)	関連する諸元について、以下の内容を確認した。 ・材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットにおける穿孔深さは110mm以上、コンクリートの場合の最適深さは130mm ・設計報告書および完成図におけるアンカー埋込み長は、130mm ・特記仕様書における、「アンカーの埋込み深さは内径の11倍以上」。M16 内径 D(13.835mm) × 11 = 152.19mm (内径の値は、JIS B 0205-1973 より)	
定着長			
埋込み長			
ケミカルアンカー	レジンカプセル R-16	16.5mm × 110mm	材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットに記載(レジンカプセルの外径 × 長さ)
削孔径	ボルト使用の場合	19mm	材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットに記載
施工管理試験	引抜き耐力確認	3,900kgf	特記仕様書に、平均強度 3900kgfにて確認と記述

※1：付着強度 80 kgf/cm² の設定根拠は、材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットにある「ケミカルアンカーの材令と海中施工・空中施工とその付着強度」(下図参照)の3日の付着強度から判読したと推測される。



材料承認願に記載の日本デコラックス(株)の材料パンフレットより抜粋

※2：契約図書に添付される設計図は発見されていない。(平成 25 年 6 月現在)

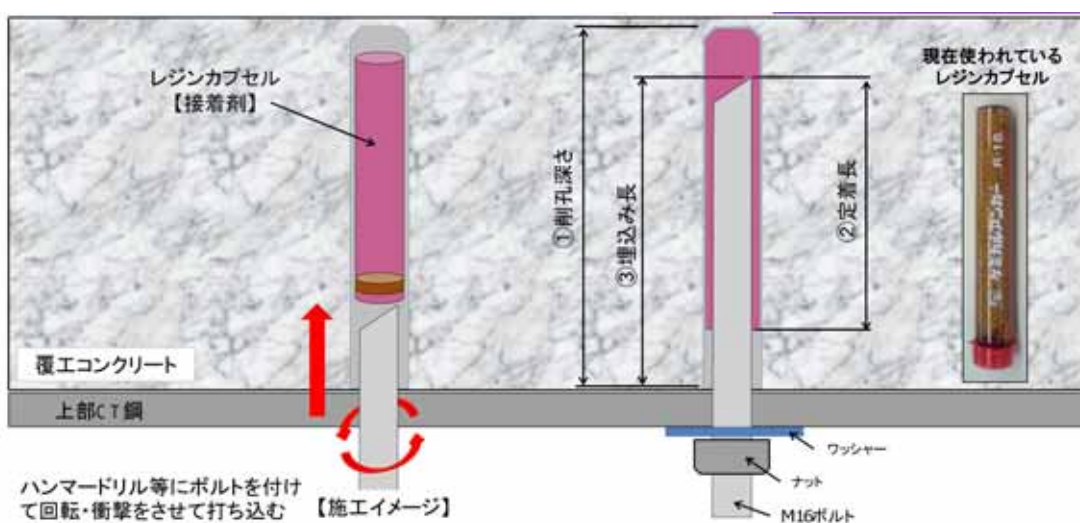
2.2.2.3 削孔深さ・定着長・埋込み長の定義

今後の整理にあたり、以下のとおり定義する。

諸元名	定義
① 削孔深さ	覆エコンクリートにハンマードリル等を使用し削孔した長さ
② 定着長	接着剤がアンカーに付着し、覆エコンクリートとアンカーボルトを接着している長さ
③ 埋込み長	アンカーボルトを覆エコンクリートに挿入した長さ

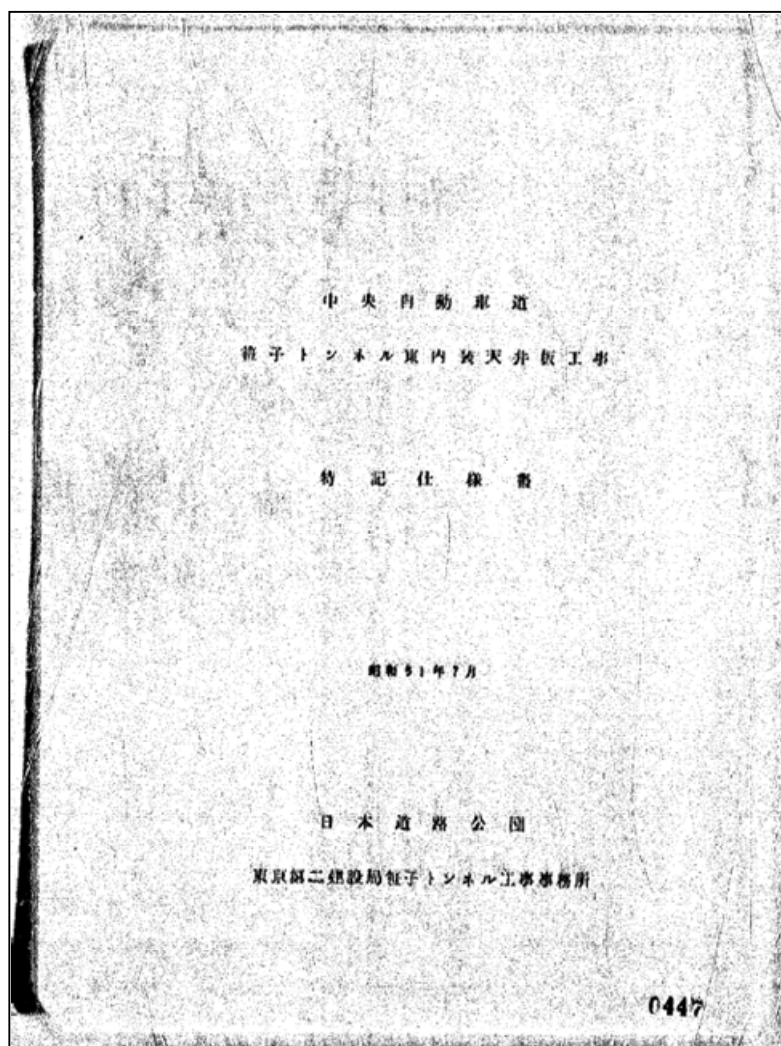
※管子トンネル建設当時の資料では、上記のような識別を行っていたかは明らかでない

※下図は長さの定義を示したものであり、寸法の大きさを意味するものではない



2.2.2.4 建設時の特記仕様書

笹子トンネル東内装天井板工事 特記仕様書 1976（昭和51）年7月



- 15-5-6 コンクリートアンカー
- (1) コンクリートアンカーの穿孔は他穿孔式を使用し、あらかじめ監督員の承認を得て穿孔するものとする。
 - (2) コンクリートのクナビ跡のくいこみ量は、クナビ長の9%以上とする。
 - (3) コンクリートアンカーの埋込み深さは内径の4倍程度とする。
なお、天井板吊金具のアンカーの埋込み深さは内径の11倍以上とする。
 - (4) コンクリートアンカーの試験は、トンネル延長100mにつき3本をそれぞれアンカー設置した付帯に別は設置し、引抜試験を監督員立会のもとに実施し結果を報告するものとする。
 - (5) 筋道の引抜試験の平均強度は、下記のとおりとする。
コンクリートアンカー φ10% 1300kg以上

なお、天井板吊金具のアンカーの埋込み深さは内径の11倍以上とする。

15-6-3 樹脂アンカー

(1) 樹脂アンカーの穿孔は砲穿孔式を使用し、あらかじめ監督員の承認を得て穿孔するものとする。

(2) 樹脂アンカーの試験はトンネル100mにつき3本をそれぞれのアンカーを設置した付近に別に設置し、引き抜き試験を監督員立会のもとに実施し、結果を報告するものとする。

(3) 前項の引き抜き試験の平均強度は、下記の通りとする。

樹脂アンカー	φ16mm	3900kg以上
	φ12mm	2400kg "

(4) 樹脂アンカーの砲穿孔の角度等の施工に当たっては、十分注意し、施工不良によるアンカーの不備のないように留意しなければならない。

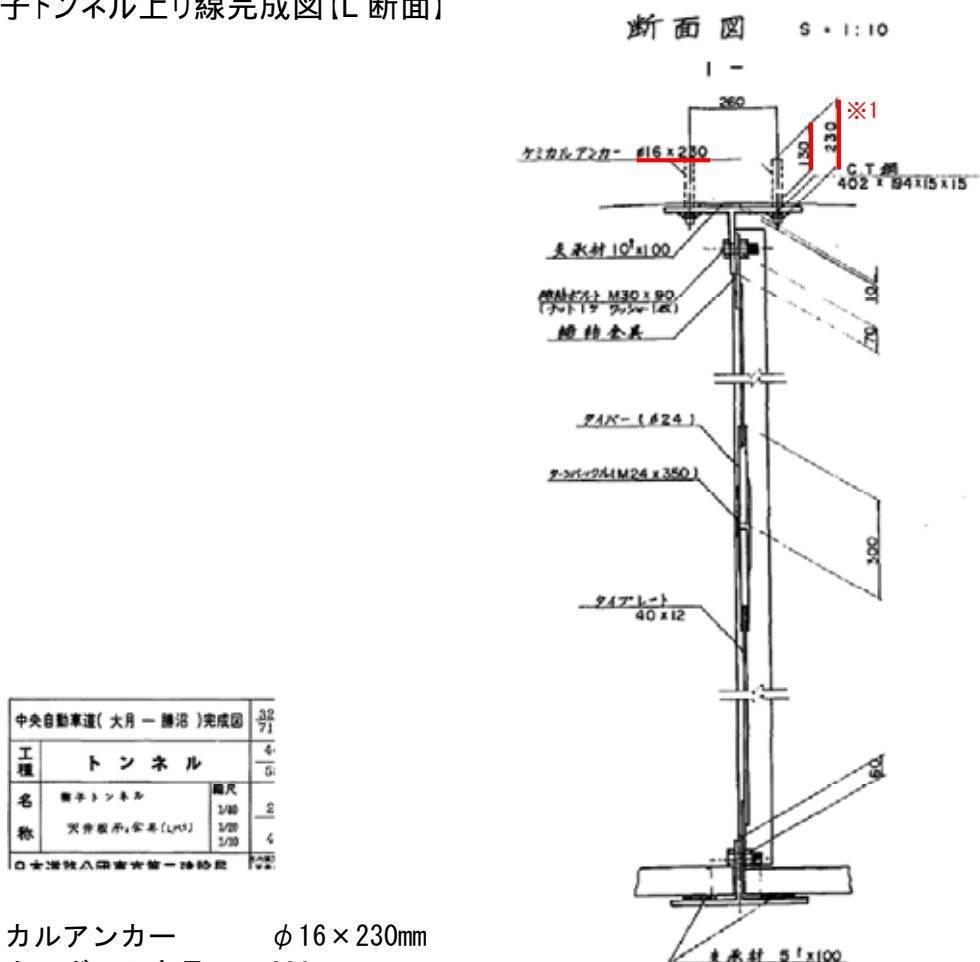
(2) 樹脂アンカーの試験は、トンネル100mにつき3本をそれぞれアンカーを設置した付近に別に設置し、引き抜き試験を監督員立会のもとに実施し、結果を報告するものとする。

(3) 前項の引抜試験の平均強度は、下記の通りとする。

樹脂アンカー	φ16mm	3900kg以上
	φ12mm	2400kg "

2.2.2.5 笹子トンネル上り線完成図

(1) 笹子トンネル上り線完成図[L断面]



中央自動車道(大月-勝沼)完成図	30
71	
工種	トンネル
名	笹子トンネル
称	天井板の安全(L断面)
日	2010
年	10
月	10
日	10

ケミカルアンカー $\phi 16 \times 230\text{mm}$
 アンカーボルト全長 230mm
 埋込み長 130mm

部位	材料緒元		備考
アンカーボルト (M16)※2	M16の内径	13.835 mm	JIS B 0205-1973(1973(昭和48)年) 1974(昭和49)年に当該JISは改定がなされたが、内径は変わらない。(当時から現在に至るまで、ねじの規格は同じ)
埋込み長	笹子トンネル建設当時の資料では、「埋込み長」の定義を行っていたかは明らかでない。	152.19 mm	特記仕様書に、「アンカーの埋込み深さは内径の11倍以上」と記載 M16内径D(13.835mm)×11=152.19mm (内径の値は、JIS B 0205-1973より)

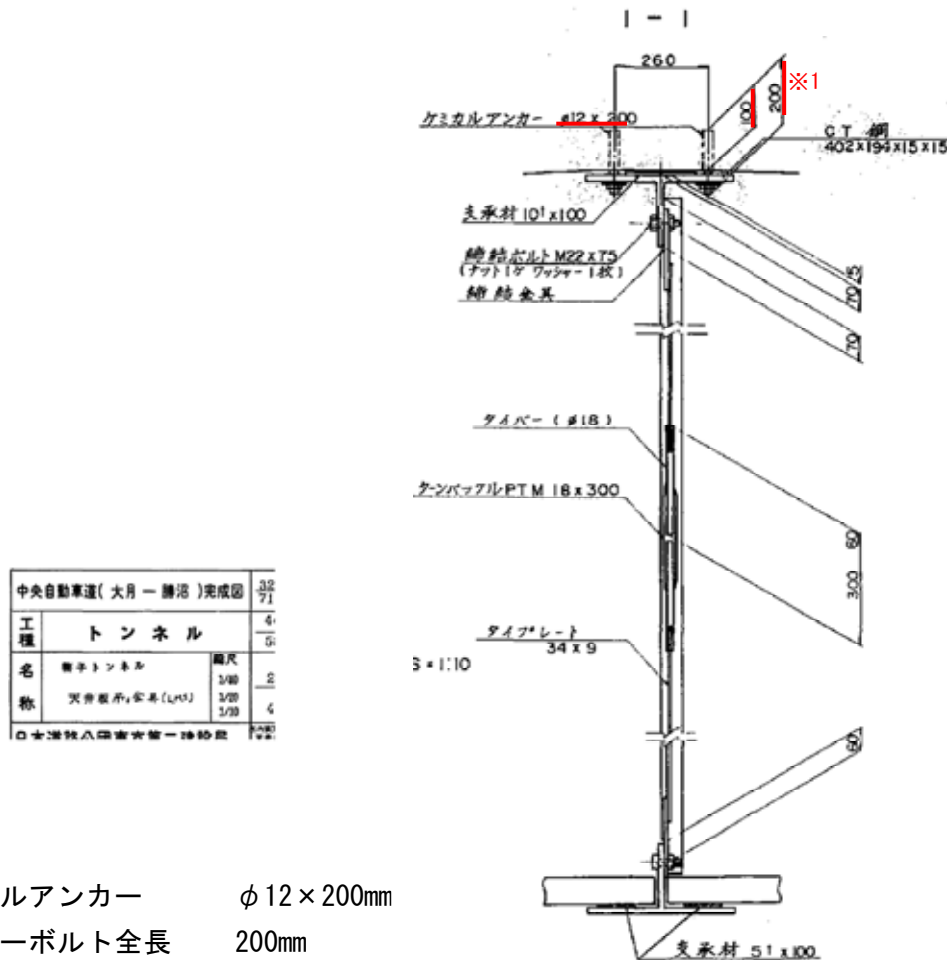
上述の通り、アンカーボルトの埋込み長に関して、発注図書は以下のとおりとなっている。

- ・ 特記仕様書の記述では、「内径の11倍以上」(152.19mm)と記載している。
- ・ 完成図では、130mmとの旗揚げがあり相違が見られる。
- ・ 材料承認願に添付された材料パンフレットによる穿孔深さは、130mmとなっている。

※1 完成図は230mmとあるが、トンネル事故後に実施した現地引抜試験結果ではすべて200mmであった。

※2 名古屋側のL断面は、M20全長250mmであることを現地引抜試験時に確認。

(2) 笹子トンネル上り線完成図【M・S 断面】



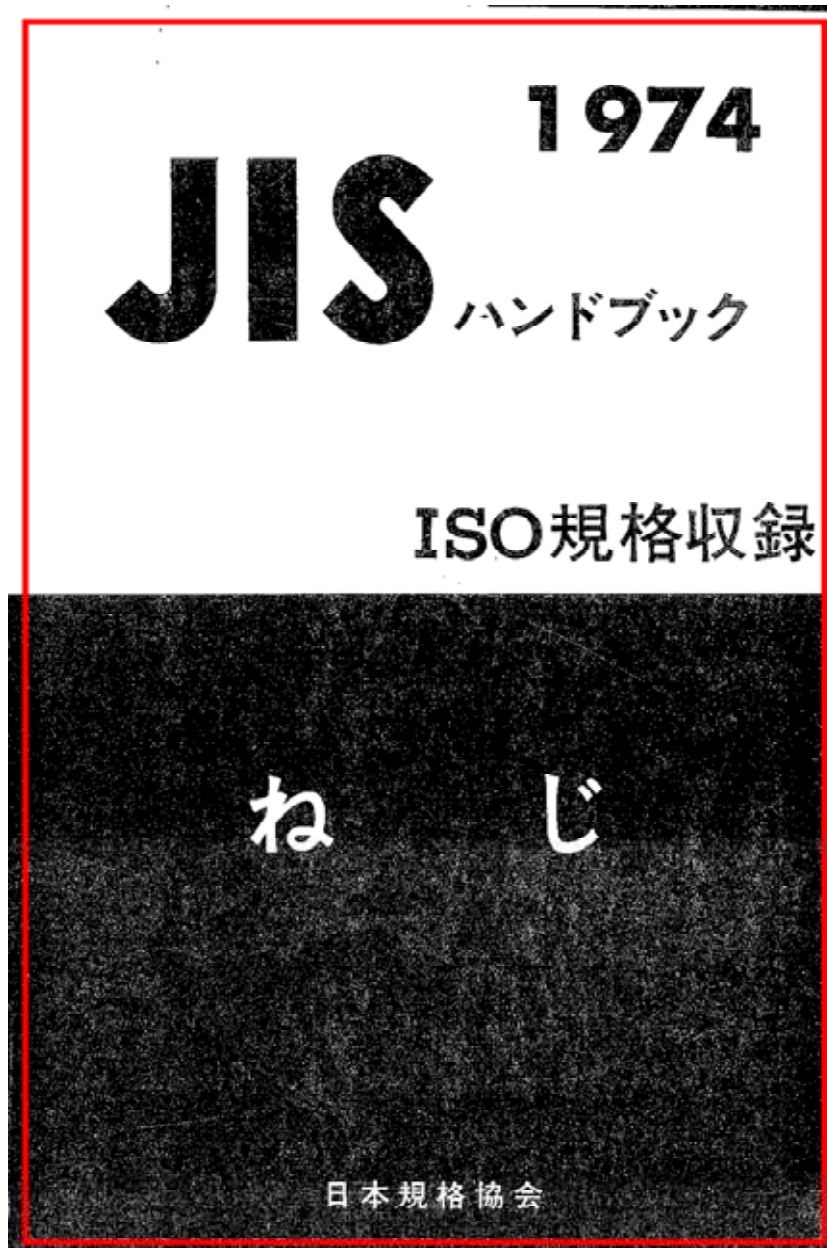
中央自動車道(大月-勝沼)完成図		32
工程		4
トンネル		5
名称	笹子トンネル	2
	天巻橋脚(架橋)LM1	4
日土建設(株)監理事務所		100

ケミカルアンカー φ12×200mm
 アンカーボルト全長 200mm
 埋込み長 100mm

部位	材料諸元	備考
アンカーボルト (M12)※2	M12の内径	10.106 mm JIS B 0205-1973(1973(昭和48)年) 1974(昭和49)年に当該JISは改定がなされたが、内径は変わらない。(当時から現在に至るまで、ねじの規格は同じ)
埋込み長	笹子トンネル建設当時の資料では、「埋込み長」の定義を行っていたかは明らかでない。	111.17 mm 特記仕様書に、「アンカーの埋込み深さは内径の11倍以上」と記載 M12内径D(10.106mm)×11=111.17mm (内径の値は、JIS B 0205-1973より)

※1※2：M・S断面は、設計計算書および完成図ではM12全長200mmと記載があるが、M・S断面区間において、現地引抜試験で確認された接着系ボルトはM16全長200mmであった。

2.2.2.6 M16 ねじ規格



JISハンドブック ねじ 1974

1974年4月20日 第1版第1刷発行 ¥2,200 千180

編集 日本規格協会
発行人 田原正邦

発行所 財団法人 日本規格協会 〒107 東京都港区赤坂4丁目1-24 振替 東京
電話(03)-583-8001(代) 195146

凸版印刷株式会社 印刷・製本 ©1974, Japanese Standards Association

表 メートル並目ねじの基準寸法

単位 mm

ねじの呼び (1)			ピッチ P	ひっかかり の高さ H ₁	めねじ			
					谷の径 D	有効径 D ₂	内径 D ₁	
1	2	3			おねじ			
					外径 d	有効径 d ₂	谷の径 d ₁	
M 1	M 1.1		0.25	0.135	1.000	0.838	0.729	
M 1.2			0.25	0.135	1.100	0.938	0.829	
M 1.6	M 1.4		0.3	0.162	1.400	1.205	1.075	
	M 1.8		0.35	0.189	1.600	1.373	1.221	
M 2	M 2.2		0.4	0.217	2.000	1.740	1.567	
M 2.5			0.45	0.244	2.200	1.908	1.713	
M 3×0.5	M 3.5		0.5	0.271	3.000	2.675	2.459	
M 4×0.7			0.6	0.325	3.500	3.116	2.850	
M 5×0.8	M 4.5		0.7	0.379	4.000	3.545	3.242	
			M 6	0.8	0.433	5.000	4.480	4.134
M 8		M 7	1	0.541	7.000	6.550	5.917	
		M 9	1.25	0.677	8.000	7.188	6.647	
M 10		M 11	1.25	0.677	9.000	8.188	7.647	
M 12			1.5	0.812	10.000	9.026	8.376	
M 16	M 14		1.5	0.812	11.000	10.026	9.376	
	M 18		1.75	0.947	12.000	10.863	10.166	
M 20	M 22		2	1.083	14.000	12.701	11.835	
			M 24	2	1.083	16.000	14.701	13.835
M 30	M 33		M 20	2.5	1.353	18.000	16.376	15.294
			M 24	2.5	1.353	20.000	18.376	17.294
M 35	M 39		M 27	3	1.624	20.000	18.376	17.294
			M 42	3	1.624	22.000	20.376	19.294
M 48	M 52		M 30	3.5	1.894	24.000	22.051	20.752
			M 45	3.5	1.894	27.000	25.051	23.752
M 56	M 60		M 35	4	2.165	30.000	27.727	26.211
			M 42	4	2.165	33.000	30.727	29.211
M 64	M 68		M 48	4.5	2.436	36.000	33.402	31.670
			M 52	4.5	2.436	39.000	36.402	34.670
M 80	M 84		M 56	5	2.706	42.000	39.077	37.129
			M 60	5	2.706	45.000	42.077	40.129
M 90	M 96		M 64	5.5	2.977	48.000	44.752	42.587
			M 72	5.5	2.977	52.000	48.752	46.587
M 100	M 105		M 80	6	3.248	56.000	52.428	50.046
			M 84	6	3.248	60.000	56.428	54.046
M 110	M 115		M 90	6	3.248	64.000	60.103	57.503
			M 96	6	3.248	68.000	64.103	61.503

注 (1) 1種を優先的に、必要に応じて2種、3種の順に選ぶ。

参考 1種、2種及び3種は、ISO 261に規定されているISO一般用メートルねじの呼び径の選択基準と一致している。

出典：(財)日本規格協会 (1974 (昭和49) 年4月) JISハンドブック ねじ 1974 P59

2.2.2.7 1974年(昭和49年)時 ケミカルアンカー

※笹子トンネル東内装天井板工事 工事材料承認願(1976(昭和51)年10月20日承認)に添付されたパンフレット

ケミカルアンカー

レジンカプセル
(特許: No. 415384・No. 982593)

■技術提携先 西独ヘルクウェルクス・フエアバンド社

JIS表示許可工場

製造元 **DECO LIFE** **日本デコラックス株式会社**

愛知県丹羽郡扶桑町柏森 千 480-01
電話 扶桑 <05879> 3-2411(代)



コンクリート・気泡性コンクリート・岩盤等の母材に驚異的強度で固着する世界のアンカーシステム

〈ケミカルアンカー・レジнкаプセル〉 (特許 第415384・第982593)

コンクリート・岩盤、その他の母材の雄孔内に樹脂及び硬化促進剤、骨材等を充満したガラス管状レジнкаプセルを挿入し、アンカーボルトをその上からインパクトドリルの回転衝撃によって打込むことによって、樹脂・硬化促進剤・骨材及び破砕されたガラス管等が混合され、その結果、普通温度下において約30分間で硬化し、信頼度の高い安定した固着力によって器材が取付けられ、また水中施工も可能な接着型アンカーシステムです。

〈特長〉

- ①引抜強度のバラツキが少なく、均一的で安定した固着力が得られる。
- ②耐振性に富み引抜変位がなく、すぐれた固着力 (60-150 kg/cm²) を示し、引抜強度が大きく、接着力の上限ではほとんどボルトが破断される。
- ③短時間で硬化し、常温では30°-60°で初期硬化、その後さらに経時的に硬化進行し、接着力も増大する。
- ④化学的・物理的な「接着」型のアンカーである為、水中・渾水中でも充分使用できる。
- ⑤耐薬品性・耐腐蝕性に優れ、硬化後の安定度も高く、変質、老化の心配はない。
- ⑥母材を選ばずあらゆる場所に取付けられ、方向性も自由・また必要な強度を自由に設計することができる。
- ⑦作業性も良好で従来の先付け・箱抜き・L型アンカーを後付けに換え得る。工期短縮が

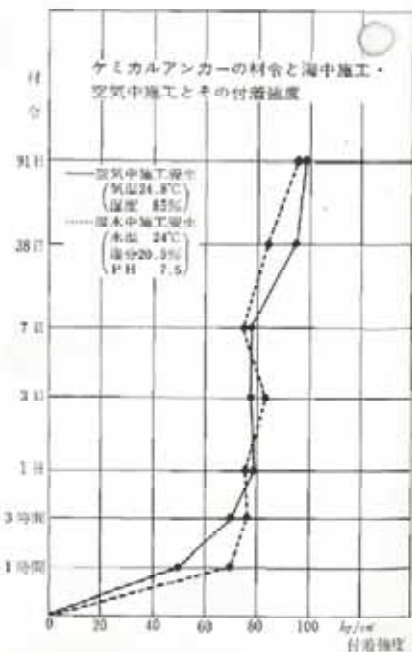
〈注意事項〉

- ①できるだけ陰暗所に保管し、特に作業中直射日光に長時間曝さないこと。
- ②樹脂の流動性が無くなったレジнкаプセルは絶対に使用しないこと。変色や白濁が見られても流動性があれば使用できる。保証期間6ヶ月。
- ③ボルトの接着部分はネジ切りの有るもの、または異型鉄筋を使用し、φ16%以上のものは埋込先端を片側斜め45°にカットする。またφ10-12%のものもカットして用いることが望ましい。
- ④R-10及びR-12の打込みには震動ドリル又は電動ドリルを使用し、ハンマードリルは使用しない事。
- ⑤打込時、ボルトが孔の底に達したらすぐスイッチを切り、むやみに攪拌しすぎない事。
- ⑥上向き及び横向きの打込みには、ポリワッシャー等を用いて樹脂の流失を防止することが望ましい。

西部バークニア炭法に於ける従来のルーフボルトとケミカルアンカーによる固着試験の比較テスト



曲線 1, 2, 3 は従来のエクスパンションルーフボルト
曲線 4, 5, 6 はケミカルアンカー (R-25) ボルトは
22mmφ、長さ1.7m
(変位量はボルト自体の伸びを含む)



《レジンカプセルの種類等》

レジンカプセル種類	R-36	R-30	R-25	R-22	R-19	R-16	R-12	R-10	
レジンカプセル									
外径×長さmm	40×350	34×300	28×250	24×200	20×150	16.5×110	13×85	10×80	
容 量 ^{cm³}	420	260	145	85	43	21	8.5	5	
使用ボルト径 ^{mm}	38 (1 1/2")	32 (1 1/4")	25 (1")	22 (7/8")	19 (3/4")	16 (5/8")	12.7 (1/2")	9.5 (3/8")	
穿 孔	ボルト使用の場合の径 ^{mm}	48	40	32	28	22	19	14.5	12
	異型鉄筋の場合の径 ^{mm}	50	42	34	30	26	20	16	13
	深 さ ^{mm}	以上 350	以上 300	以上 250	以上 200	以上 150	以上 110	以上 85	以上 80
コンクリートの場合の最深深さ ^{mm}	400	350	300	250	200	130	100	80	
平均引抜強度 ^t	40~50	25~35	15~25	10~15	8~12	4~8	2.5~5	1.5~3	
打 込 機	ハンマードリル								
	さく岩機								
	電動ドリル								
	震動ドリル								
	ハンマードリル								
さく岩機									
エアージェンチ									
箱 小箱入数 本	10	10	10	30	50	60	120	120	
包 発送入数 本	30	50	60	120	200	600	1,200	1,200	

特殊サイズのレジンカプセル

品 種	レジンカプセル	
	外径 mm	容量 ^{cm³}
R-2207	22×70	21
R-2215	24×150	62
R-2518	28×180	102
R-3021	34×215	183
R-3025	34×255	218
R-3625	40×255	303
R-2232	24×325	141
R-2532	28×325	192

※その他ロットにより持込に応じます。
※2インチ、2.5インチ等の大物施工の場合は、各種カプセルを組合せて施工可能です。

レジンカプセルの硬化時には温度差があります。

温度	硬化時間
20℃	30分 以上
15℃	1時間 *
10℃	2 * *
5℃	4 * *
0℃	8 * *

固着エーリヤの比較

端打込み
不 可

端打込み
可 能

従来のエキスパンションアンカー

- 「機の手廻り」でコンクリート・岩盤に伝わり負担をかけ固着させる。
- 固着エーリヤは先端にのみ発生する。従って変位が起らない。

ケミカルアンカー

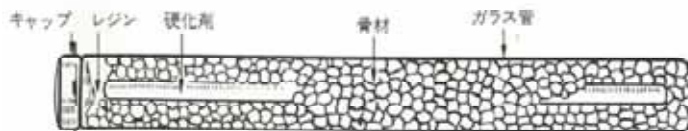
- 「振動」の原理でコンクリート・岩盤に無負荷の状態で固着させる。
- 固着エーリヤは全孔割合に発生する。従って変位が起らない。

■施工法

- ① 母材に孔をあけレジンカプセルを挿入する。
- ② ハンマードリル・さく岩機等にボルトを付けて回転・衝撃させて打込む。
- ③ 取り付け。

■用 途

- | | |
|-----------|---------------|
| ① 機械基礎用 | ⑥ クレーンレール用 |
| ② 鉄骨基礎用 | ⑦ 天井・壁・支持用 |
| ③ 差鉄筋用 | ⑧ 防眩材用 |
| ④ ロックボルト用 | ⑨ ケーブル・パイプ支持用 |
| ⑤ コンベアー用 | ⑩ その他土木・建築用 |



ケミカルアンカー打込みのセット方法

アンカー用ボルト型のセット	ボックス アタッチメント	ケミカルアンカー打込み機	品番
<p>平ワッシャー (1枚) Wナット</p>	<p>M-1-4 B-1-3 テーパーシャフト</p>	<p>ハンマードリル</p>	R-16 R-24
<p>レジンワッシャー (1枚) 専用ボルト</p>	<p>D-1 D-2</p>	<p>電動ドリル 震動ドリル</p>	R-10 R-16
<p>スプリングワッシャー (1枚) Wナット 異径鉄筋 増径する</p>	<p>J-1 ロッド</p>	<p>さく岩機 エアレンチ</p>	R-22 R-36

注：黄色い部分は実在の形状あり

ボックス

ボルト	ナット口径	凹部寸法
3/8"用	17%	13%角
1/2"用	21	13
5/8"用	26	13
3/4"用	32	13
7/8"用	35	13
1"用	41	19
1 1/8"用	50	19
1 1/4"用	58	19
1 3/8"用	63	19
1 1/2"用	67	25
1 5/8"用	71	25
2"用	77	25
2 1/4"用	95	32
3"用	110	32

ポリワッシャー

種類	レジンボルト
W-10	R-10用
W-12	R-12用
W-16	R-16用
W-19	R-19用
W-22	R-22用
W-25	R-25用
W-30	R-30用
W-36	R-36用

天井、壁に打込みの場合の接着剤の流れ止めに使用。

専用ボルト (鋼材SS-41)

品 種	寸 法	法
BW-10	3/8"×110%	ユニクロメッキ
BW-12	1/2"×130%	+
BW-15	3/4"×170%	+


アタッチメント

品 種	凸部寸法	用途別	打 込 機 械
M-1	13%角	一般ボルト用	マキタ・日立等ハンマードリル用、テーパーシャフト (Bテーパー) に使用
M-2	19	+	
M-3	25	+	
M-4	32	+	
B-1	13	+	フック、アンド、デッカー、三菱等ハンマードリル用
B-2	19	+	
B-3	25	+	
D-1	13	+	電動ドリル、震動ドリル用、チャックに使用
D-2	-	専用ボルト用	
J-1	19		さく岩機のロッド用を使用

2.2.2.8 2010(平成 22)年時 ケミカルアンカー

※ (社) 日本建築あと施工アンカー協会の認証製品に記載のメーカーの諸元

接着系アンカー(有機系・回転打撃型・ガラス管式)

認証取得者	日本デコラックス株式会社	
所在地	〒490-0103 愛知県丹羽郡扶桑町柏森字前屋敷 10	
連絡先	Tel 0587-93-2411 Fax 0587-91-1070	
商品名	ケミカルアンカー・Rタイプ	
接着剤の材質	不飽和ポリエステル	
認証種類	タイプ B	
認証番号	第08-0001	
認証有効期間	平成 20年 8月 8日 ~ 平成 25年 8月 7日	

別添資料

【カプセル容器の形状、寸法、許容差】

品番	カプセル径 (mm)	カプセル長 (mm)	樹脂量 (g)	アンカー筋	ドリル径(mm)		穿孔深さ(mm)	
					径	許容差	穿孔深さ	許容差
R-8	8.0±0.4	70±3.0	5.6 -0~+0.5	M8	9.0	-0~+0.4 (ドリル径の 公差とする)	70	-0~+3.0
R-10	10.5±0.5	80±3.0	11.5 -0~+1.1	M10	12.0		90	
				D10	13.0		80	
R-12	13.0±0.5	85±3.0	17.7 -0~+1.7	M12	14.5		100	
				D13	16.0	100		
R-16	16.5±0.5	110±5.0	38.3 -0~+3.8	M16	19.0	-0~+0.4 (ドリル径の 公差とする)	130	-0~+5.0
R-19	20.5±0.7	150±5.0	82.3 -0~+8.2	D16	20.0		130	
				M20	24.0		200	
R-22	24.5±0.7	200±5.0	156 -0~+15.6	D19	25.0		200	
				D22	30.0	250		
R-25	28.5±0.7	250±5.0	264 -0~+26.4	M24	32.0	250		
				D25	34.0	300		
R-16S	16.5±0.5	90±3.0	28.3 -0~+2.8	M16	19.0	-0~+0.4 (ドリル径の 公差とする)	100	-0~+3.0
R-12L	13.0±0.5	120±5.0	25.9 -0~+2.5	D16	20.0		100	
				M12	14.5		150	
R-16L	16.5±0.5	160±5.0	56.1 -0~+5.6	M16	20.0		180	
R-19S	20.5±0.7	130±5.0	70.9 -0~+7.0	D19	25.0	160		
R-22S	24.5±0.7	150±5.0	116 -0~+11.6	D22	30.0	180		
R-25S	28.5±0.7	190±5.0	190 -0~+19.0	D25	34.0	200		

【アンカー筋の強度、ねじの等級】

1. アンカー筋の引張強さ、規格降伏点、伸び率

材質記号	規格番号	引張強さ (N/mm ²)	規格降伏点 (N/mm ²)		伸び率 (%)	
			鋼材の厚さ (mm)		棒鋼の径 (mm)	
			16 以下	16 を超え 40 以下	25 以下	25 を超えるもの
SS400	JIS G3101	400~510	245 以上	235 以上	20 以上	24 以上
SUS304	JIS G4303	520 以上	205 以上		40 以上	
SD295A	JIS G3112	440~600	295 以上		16 以上	18 以上
SD345	JIS G3112	490 以上	345~440		18 以上	20 以上

2. アンカー筋のねじの等級

(8g もしくは 3 級) またはそれ以上の等級とする。

接着系アンカー(有機系・回転打撃型・ガラス管式)

認証内容

構成部品	項目1	カプセル容器	材質	ガラス					
			形状	別添資料による。					
			寸法・許容差	別添資料による。					
	項目2	接着剤関連	材質	主材	ビスフェノール型不飽和ポリエステル系樹脂	硬化材	BPO(過酸化ベンゼン)	骨材	粒状焼成骨材
			強度	$f_{bc} \geq 10 \sqrt{\sigma_c} / 21$ (N/mm ²) に対して、95%以上の信頼性を有している。 [記号] f_{bc} : 付着強度計算値 (N/mm ²)、 σ_c : 母材コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²)					
	項目3	接着剤関連	物性	圧縮強さ	98.0N/mm ² 以上		引張り強さ	19.6 N/mm ² 以上	
			曲げ強さ	29.4N/mm ² 以上		圧縮弾性係数	980 N/mm ² 以上		
			耐アルカリ性	質量変化率 10%以内					
	項目4	アンカー筋関連	種類	・全ねじボルト(メートル並目ねじ: JIS B0205) ・異形棒鋼(JIS G3112) 種類と呼び名(径)は別添資料による。					
			先端形状	片面カットおよび両面カット					
	外観		1) 油、きりかすなど異物が表面に付着していないなど、アンカー筋表面に定着を阻害するものがないこと。 2) ナットを嵌合する部分のねじが損傷していないこと。						
項目5	アンカー筋関連	材質	・全ねじボルト(メートル並目ねじ: JIS B0205) <SS400(JISG3101: 一般構造用圧延鋼材)、SUS304(JISG4303: ステンレス鋼棒)> ・異形棒鋼(JIS G3112) <SD295A(D10 以下)、SD345(D13 以上)> 種類と呼び名(径)は別添資料による。						
		表面処理	アンカー筋に防食が必要な場合は、表面処理を施す。 表面処理は、原則としてクロームめっき、亜鉛めっき、エポキシ塗装鉄筋とする。						
項目6	アンカー筋関連	強度	降伏点・引張り強さ・伸び率	別添資料による。					
		ねじ等級	別添資料による。						
製品	項目7	ドリル径と許容差	別添資料による。						
	項目8	穿孔深さと許容差	別添資料による。						
	項目9	母材の種別	普通コンクリート						
	項目10	設計基準強度の範囲	18 N/mm ² 以上、36 N/mm ² 以下						
	項目11	環境条件(固着後)	外気温 -5°C 以上、80°C 以下とする。						
	項目12	引張耐力算定式	破壊形式に応じて適用する式(1) から式(3)に対して 95%以上の信頼性を有している。 $T_{bc} = 0.23 \sqrt{\sigma_c \cdot A_c} \dots$ 式(1)、 $T_{cb} = f_{bc} \cdot \pi \cdot d_c \cdot \ell \dots$ 式(2)、 $T_{tu} = \sigma_u \cdot a_o \dots$ 式(3) [記号] T_{bc} : コーン破壊したアンカーの引張耐力計算値(N) σ_c : 母材コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²) A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積(mm ²) (= $\pi \cdot \ell \cdot (\ell + d_c)$) T_{cb} : 付着破壊したアンカーの引張耐力計算値(N) f_{bc} : 付着強度(N/mm ²)で、次式による。(= $10 \sqrt{\sigma_c} / 21$) ℓ : アンカー筋の有効埋込み深さ(mm) (= $L - d_c$) L : アンカー筋の埋込み深さ(mm)、 d_c : アンカー筋の外径(mm) T_{tu} : アンカー筋が破断したアンカーの引張耐力計算値(N) σ_u : アンカー筋の素材の材料強度(N/mm ²) (= $1.1 \sigma_y$) σ_y : アンカー筋の規格降伏点(N/mm ²) a_o : アンカー筋の最小断面積(mm ²)						
	項目13	引張剛性	あと施工アンカーの引張剛性が、下記の条件を95%以上の信頼性を持って満足している。 $m_{2/3} [2/3 \cdot T_{bc}, 0.4 T_{cb}, 0.4 T_{tu}]$ 時における軸方向の変位量 d が、0.3 mm 以下 $m_{0.5} [T_{bc}, 0.6 T_{cb}, 0.6 T_{tu}]$ 時における軸方向の変位量 d が、1.0 mm 以下 [記号] T_{bc} : アンカー筋の降伏引張耐力 (= $\sigma_y \cdot a_o$)						
	項目14	せん断耐力算定式	次式に対して、95%以上の信頼性を有している。 $Q_{bc} \geq 0.4 \sqrt{E_c \cdot \sigma_c} \cdot a_o$ 、ただし、 $500 \leq \sqrt{E_c \cdot \sigma_c} \leq 900$ (N/mm ²) $Q_{cb} \geq (\sigma_c / \sqrt{3}) \cdot a_o$ [記号] Q_{bc} : 母材コンクリートの支圧破壊により定まるあと施工アンカーのせん断耐力計算値(N) E_c : 母材コンクリートのヤング係数(N/mm ²) σ_c : 母材コンクリートの圧縮強度 (N/mm ²) a_o : アンカー筋の最小断面積(mm ²) Q_{cb} : アンカー筋のせん断破壊により定まるせん断耐力計算値(N) σ_c : アンカー筋の素材の規格引張り強さ (N/mm ²)						
	項目15	せん断剛性	0.6 Q_{bc} 時又は 0.6 Q_{cb} 時における水平変位量が 5mm 以下又は 0.3 d (d : アンカー筋の呼び名) 以下であることに対して、95%以上の信頼性を持って満足している。						

[注] 項目1~15は、評価認証審査項目を示す。

2.2.2.9 アンカーボルトの施工管理(建設当時、現行基準類)

対象部材	項目	建設当時の管理方法 工事名) 笹子トンネル 東内装天井板工事	現在の管理方法		備考
			構造物施工管理要領(NEXCO)あと施工アンカー 2012(平成 24)年 7月版	あと施工アンカー 施工指針(案)・同解説(社)日本建築あと施工アンカー協会 2006(平成 18)年 7月版	
アンカーボルト	穿孔長, 穿孔径	<ul style="list-style-type: none"> 材料承諾願に添付の日本デコラックス(株)の材料パンフレットには以下の記載がある。 穿孔深さ 110 mm 以上 コンクリートの場合の最適深さ 130 mm 特記仕様書に、「アンカーの埋込み深さは内径の 11 倍以上」と記載がある。 M16 内径 D(13.835 mm) × 11 = 152.19 mm (内径の値は、JIS B 0205-1973 より) 施工計画書に記載はない。 施工記録は、確認出来ていない。 	日常管理試験※ ¹⁻¹ で全数確認※ ²	穿孔長について全数を確認する※ ²	ケミカルアンカー材料パンフレット 2010(平成 22 年)(日本デコラックス(株)穿孔深さ 130 mm 許容値 0~+3 mm(R-16)
	アンカーボルト長		日常管理試験で 100 本に 1 回超音波探傷器による長さ試験(設計長の 98% 以上)	アンカー埋込み深さのマーキングを確認	
	接着剤付着長		日常管理試験で充填が十分であることを全数確認	接着剤が孔の口元までであることを全数確認	
	接着剤の攪拌		配合、可使用時間、「攪拌方法に留意」との記述	「過剰攪拌に留意」との記述	
	引抜試験		トンネル延長 100m 当たり 3 本と特記仕様書に規定	<ul style="list-style-type: none"> 基準試験※¹⁻²(施工前 1 回 3 本以上) 定期管理試験※¹⁻³(300 本に 1 回)(引抜耐力 ≥ 設計耐力) 	
打設箇所のコンクリート	健全性の確認	覆工コンクリートの調査、補修に関する記載はない	記載なし	ひび割れ等を有するコンクリートは処置する	
その他			管理値は所定の様式に記録(管理様式-3101~3103)	管理値は施工確認シートに記録	

※1 下記はいずれも受注者が行う試験であり、以下のように区分される。

※1-1 日常管理試験：施工されたアンカーが所定の品質を満足するかを確認するために、アンカーの施工日毎に目視、打音点検などにより、全数および抜き取りでアンカーボルト長さ試験を実施すること

※1-2 基準試験：使用する材料および試験方法により、アンカーが所定の品質を満足することを目的に、施工開始前に行う試験

※1-3 定期管理試験：施工されたアンカーが所定の品質を満足するかを確認するために定期的に抜き取り実施する試験

※2 穿孔長、深さ：削孔深さが所定より深かった場合の対応については、記載はない。

2.2.3. 笹子トンネル(上り線)建設当時の接着系アンカー引抜試験

東工事（事故発生区間を含む）、西工事の工事関係書類から確認できたことは以下のとおり。

- ・引抜試験の頻度は、概ね 100m に 3 カ所。実施アンカー付近に設置した試験用の接着系アンカーの引抜試験では 156 本全て合格（東工事 57 本＋西工事 99 本）。
- ・開通後に本打接着系ボルト（実アンカーと推察される）にて行った確認試験では 54 本全て合格（東工事 25 本＋西工事 29 本）。
- ・実施された接着系ボルトの引抜試験強度は、210 本全てで合格している。

2.2.3.1 引抜き試験の「施工計画概要」(要約)

1976(昭和 51)年 8 月(東・西工事とも)

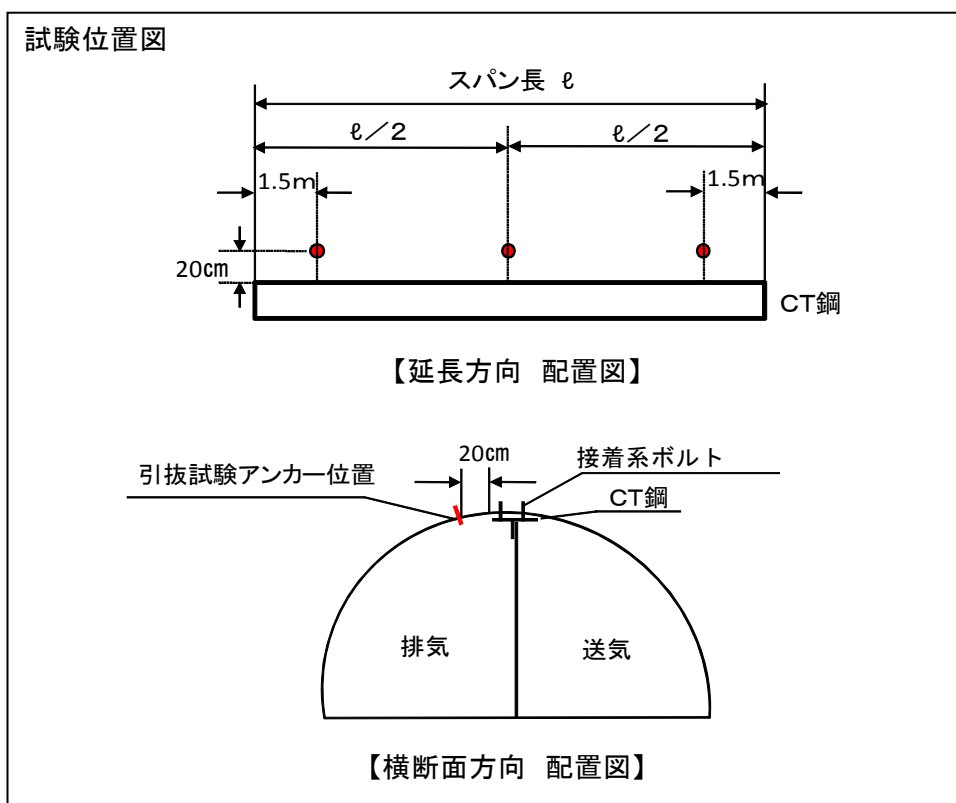
接着系ボルトの引抜試験数は、トンネル延長 100m につき 3 本実施。

2.2.3.2 打合簿(要約) 1976(昭和 51)年 10 月 15 日(東・西工事とも)

接着系ボルトの試験箇所は、事前にスパン N o を指示。

- 東工事：工事延長 1,918m に対し 19 スパン（× 3 = 57 本）
- 西工事：工事延長 2,499m に対し 33 スパン（× 3 = 99 本）

試験位置は、トンネル延長方向 1 スパン 12m に対して 3 箇所、CT 鋼から横断面方向に 20cm 離れた位置を指示。



2.2.3.3 天井ケミカルアンカー引抜きテスト(資料の要約)

(1) 試験用ケミカルアンカー

【試験実施日】

1976 (昭和 51) 年 10 月 25 日～12 月 2 日 (東工事)

1976 (昭和 51) 年 11 月 8 日～12 月 3 日 (西工事)

引抜き試験結果一覧表よりアンカー仕様 R-16 (東工事)、 $\phi 19$ 又は $\phi 16$ (西工事) 設計強度 3900kg に対し、52 スパン (東工事 19+西工事 33) \times 3 本=156 本、全てが 4000kg 以上で合格の記載。(ただし、載荷荷重は 4500kg、5000kg、6000kg、7500kg の例あり)

(2) 本打ケミカルアンカー(実アンカーでの引抜き試験と推察される)

【試験実施日】

1977 (昭和 52) 年 12 月 22 日 (東工事)

1976 (昭和 51) 年 12 月 26 日～1977 (昭和 52) 年 2 月 16 日 (西工事)

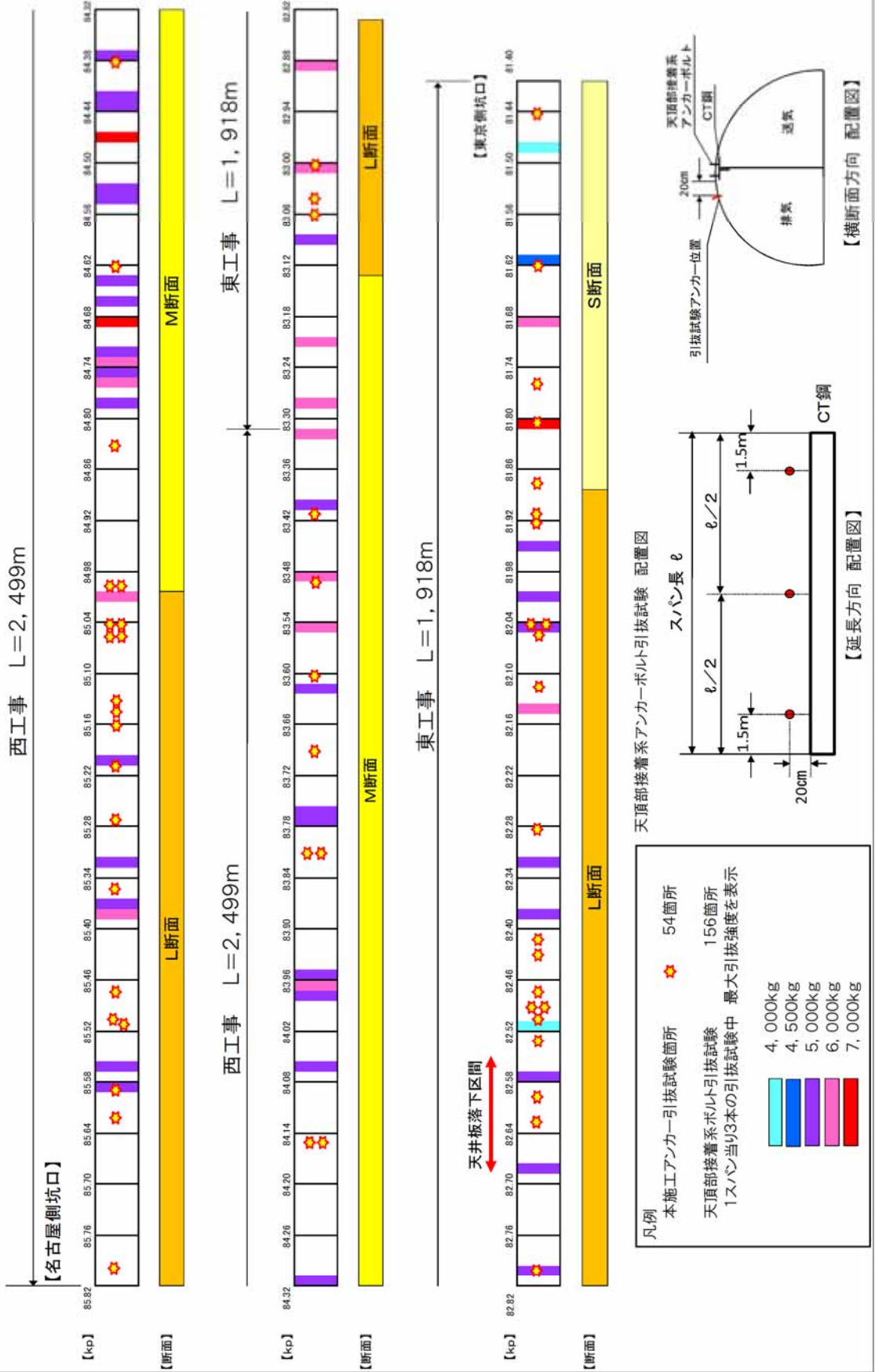
【参考】 : 1977 (昭和 52) 年 12 月 20 日供用

引抜き試験結果一覧表より、東工事ではアンカー仕様 R-16、設計強度 3900kg に対し、25 本全てが 4000kg で合格の記載。

西工事ではアンカー仕様 $\phi 19$ mm で 16 本、 $\phi 16$ mm で 13 本について、設計強度 3900kg に対し、29 本全てが 4000kg で合格の記載。

(西工事の本アンカー試験の備考欄には、29 本の引抜き試験箇所の覆工コンクリートの所見として、漏水 11 箇所、巣 7 箇所、施工ジョイント 4 箇所、レイタンス 5 箇所、記載無し 2 箇所、との記載あり)

梯子トンネル建設工事時における天頂部接着系アンカーボルト引抜試験位置(上り線)



2.2.4. 笹子トンネル(上り線)アンカーボルト追加および代替の実績

○工事関係書類より次のことが確認された。

- ・天井板工事時に、東京側L断面において、国道20号交差部及び米沢川換気所下方にあたる区間におけるCT鋼で1CT鋼あたり4本のロックボルトを追加。
- ・坑口部付近などで覆工コンクリート内部の鉄筋と天頂部接着系ボルトが干渉したとき及び覆工コンクリート打ち継ぎ目においては、ボルト打設位置を変更し、L型鋼を設置。

○2012（平成24）年12月の緊急点検時の写真資料と照合したところ、建設時のロックボルトは243本、L型鋼補強は191箇所と推定されるが、残り218箇所の天頂部接着系ボルトの補修・補強の目的、設置時期は推定、確認ができない。

	アンカーボルトの追加	アンカーボルトの代替		
		近傍にアンカーボルトの代替	L型鋼によるアンカーボルトの代替	
	標準位置以外の位置にアンカーボルトが追加設置されている。	標準位置にボルト穴はあるが、ボルトが設置されておらず、近傍にアンカーボルトが設置されている。	L型鋼を介して、CT鋼の外側にアンカーボルトが設置されている	
施工状況写真	 追加設置 標準位置 (ボルト有り)	 標準位置 (ボルト無し) 代替	 L型鋼による代替	
2012年 緊急点検 での発見数	275 箇所	12 箇所	365 箇所	
	652 箇所			
建設時に設置 されたと推定 される数量	他トンネルとの交差部および米沢川換気所下	—	覆工配筋区間 (坑口部及び換気塔部)	アーチ打継目 (全体的に分布)
	243 箇所	—	108 箇所	83 箇所
	434 箇所			
設置時期が 推定・確認 できないもの	32 箇所	12 箇所	174 箇所	
	218 箇所			

〔建設当時の工事関係書類〕

(1) 中央高速道路 笹子トンネル東内装天井板工事 打合簿

1976(昭和51)年 9月17日 抜粋

○SNアンカー使用について(東工事上り線)

天井板を吊るためのCT鋼のアンカー補強のためSNアンカーを使用するものとする。

天井板 CT鋼取付アンカーの補強について

目的：立坑交点、国道20号交差箇所等、偏荷重の想定される特殊区間をケミカルアンカー(φ16、ℓ=230)にのみ頼らず、地山へアンカーすることにより、荷重の一部を地山に保持させようとするものである。

施工位置：立坑交点部(83.6m)及び国道20号交差箇所(314.0m)

アンカー種類：SNトパックアンカー※(M24、ℓ=2,550mm)

※ メーカー名不記載

※ 青文字は補足のため追記

⇒ 前頁の分類：「アンカーボルトの追加」



アンカーボルトの標準配置は、CT鋼1本あたり16本をCT鋼軸線に対して非対称に配置している。

打合せ簿では他トンネルとの交差部において、16本の内4本をSNアンカーで代替することとなっているが、実際の配置は左図の通り、CT鋼1本あたり4本が追加設置されている。

SNアンカーの配置パターン (CT鋼1本(6m)あたり) 【打合簿の図面での配置】



【実際の配置(2012(平成24)年 緊急点検時の写真により確認)】



：通常のアンカーボルト

：SNアンカー(補強ボルト)

(2) 中央高速道路 笹子トンネル東内装天井板工事 承認願

1977(昭和52)年1月20日 抜粋

上部CT鋼ケミカルアンカーの補強について

1. アーチ配筋区間 (STA. 687+58~687+28) $l=30\text{m}$ (東側坑口部) 及び (STA. 682+83~682+11.4) $l=71.6\text{m}$ (東換気塔部) については、アーチ本体に鉄筋がD22ctc200、D13ctc300で配筋してあるため、ケミカルアンカーが鉄筋にあたり、所定の個所に打ち込みが出来ない場合、下図の如く逃げアンカーを打ち、アングル (L-65×65×6) にて補強する。
2. アーチ打継目等についても、同様に施工する。

⇒前々頁の分類 : 「L型鋼によるアンカーボルトの代替」

※ 青文字は補足のため追記

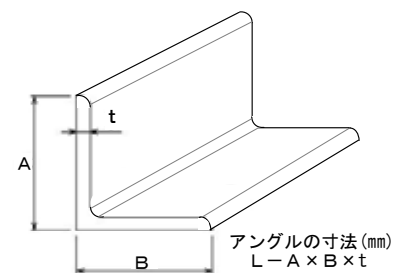
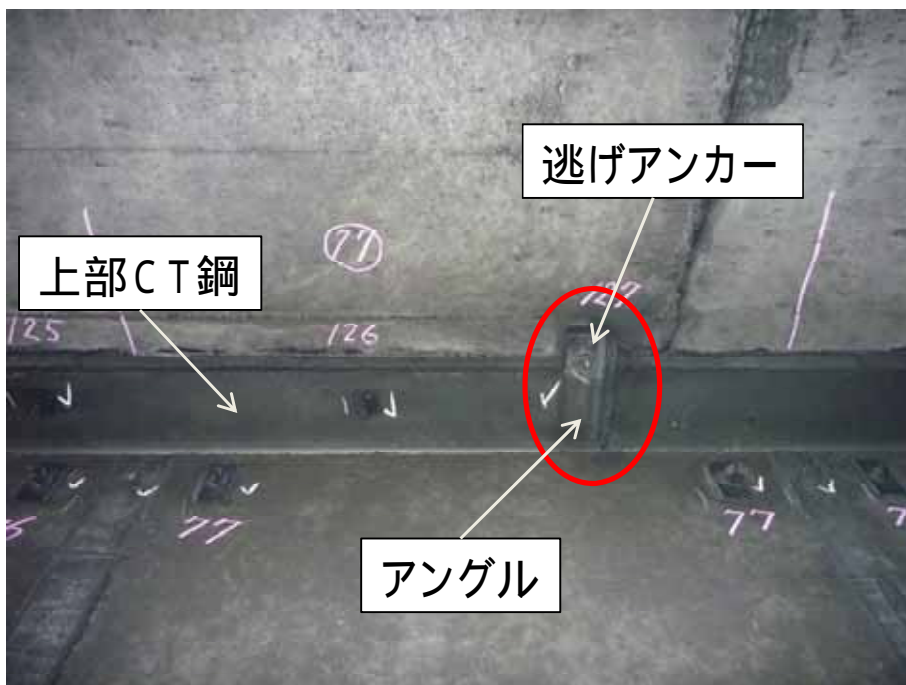
(3) 中央高速道路 笹子トンネル西内装天井板工事 承認願

1977(昭和52)年2月3日 抜粋

上部CT鋼ケミカルアンカーの補強について

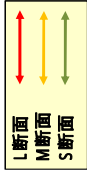
1. 配筋区間 (STA. 643+41~644+37) $l=96\text{m}$ (西側坑口) についてはアーチ本体に鉄筋がD22ctc200、D13ctc300で配筋してある為、ケミカルアンカーが鉄筋にあたり、所定の個所に打ち込みができない場合、別添図の如く逃げアンカーを打ち、アングル (L-65×65×8) にて補強する。強度については応力計算書参照
2. アーチ打継目等についても、上記施工方法にて施工する

⇒前々頁の分類 : 「L型鋼によるアンカーボルトの代替」

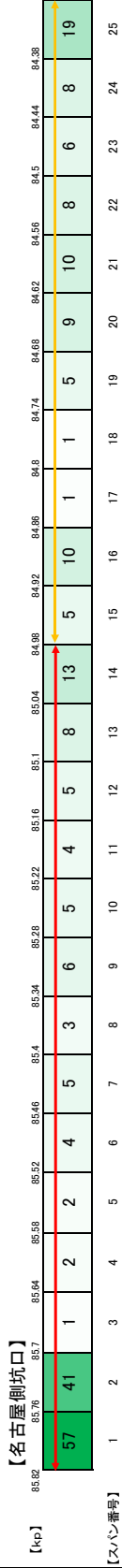


上部CT鋼ケミカルアンカーの補強状況写真

2012年12月緊急点検 笹子トンネル(上り線) 60mスパン別アンカーボルト補強箇所数

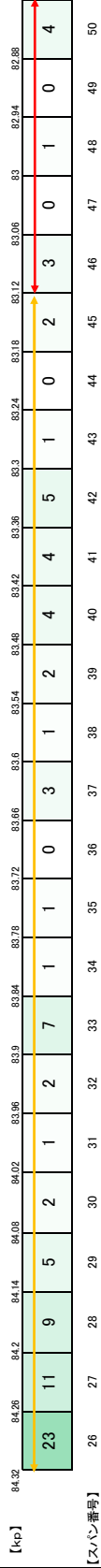


60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0



西側坑口
L=96m
L型鋼

アーチ打継目部のL型鋼によるアンカーボルトの代替 (全体的に分布)

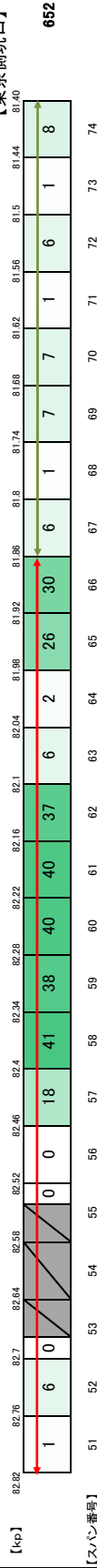


アーチ打継目部のL型鋼によるアンカーボルトの代替 (全体的に分布)

凡例
(60mスパン当たりの補強箇所数の合計)

天井板落下区間を除く

【東京側坑口】



国道20号交差箇所
L=314.0m
追加ボルト

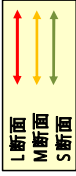
立有交差点
L=83.6m
追加ボルト

東側坑口
L=30m
L型鋼

アーチ打継目部のL型鋼によるアンカーボルトの代替 (全体的に分布)

SNアンカー設置区間...C T鋼1本(6m)あたり4本

2012年12月緊急点検 笹子トンネル(上り線) 60mスパン別アンカーボルト補強箇所数(追加ボルト)



【名古屋側坑口】

【kvp】	85.82	85.76	85.7	85.4	85.28	85.22	85.16	85.1	85.04	84.98	84.92	84.86	84.8	84.74	84.68	84.62	84.56	84.5	84.44	84.38					
【スパン番号】	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	0	11	0	1	1	1	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0												

【東京側坑口】

【kvp】	84.32	84.26	84.2	84.14	84.08	84.02	83.96	83.9	83.84	83.78	83.72	83.66	83.6	83.54	83.48	83.42	83.36	83.3	83.24	83.18	83.12	83.06	83	82.94	82.88
【スパン番号】	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	0	0	0	0	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50														

凡例
(60mスパン当たりの追加ボルトの合計)

天井板落下区間を除く

【kvp】	82.82	82.76	82.7	82.64	82.58	82.52	82.46	82.4	82.34	82.28	82.22	82.16	82.1	82.04	81.98	81.92	81.86	81.8	81.74	81.68	81.62	81.56	81.5	81.44	81.40
【スパン番号】	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	
	0	0	0	0	0	0	17	41	37	33	38	34	0	0	22	22	0	0	1	0	0	3	1	0	0
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50														

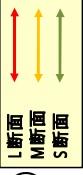
国道20号交差箇所
L=314.0m
追加ボルト

互換交換部
L=60m
追加ボルト

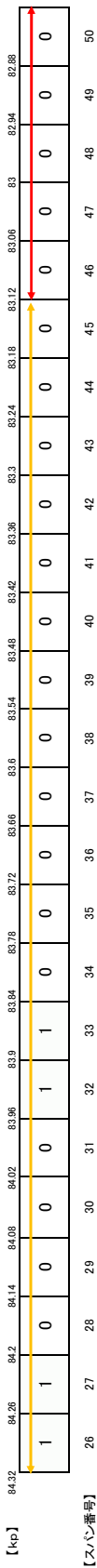
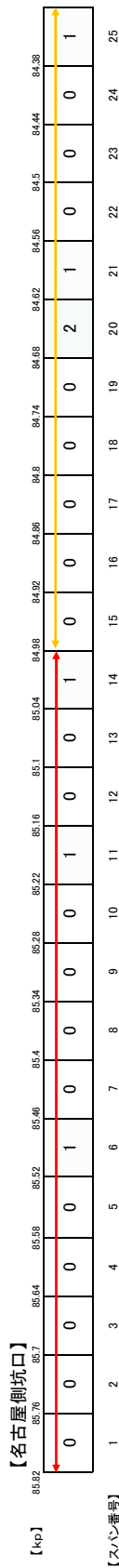
SNアンカー設置区間...CT鋼1本(6m)あたり4本

275

2012年12月緊急点検 笹子トンネル(上り線) 60mスパン別アンカーボルト補強箇所数(代替ボルト)

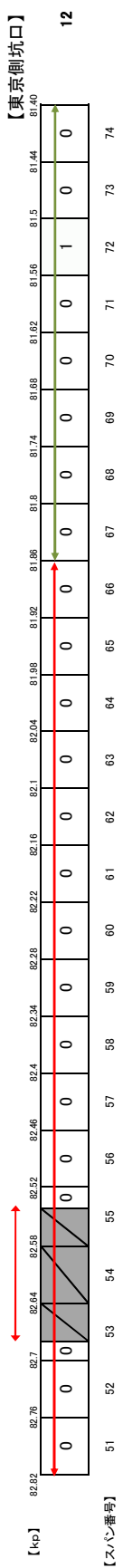


60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0



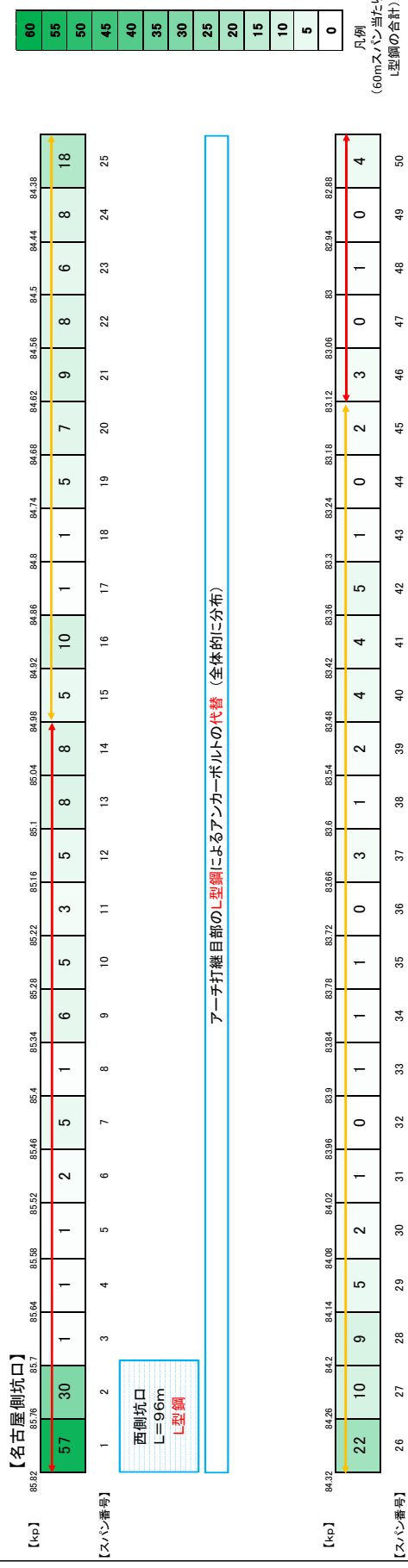
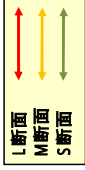
凡例
(60mスパン当たりの
代替ボルトの合計)

天井板落下区間を除く



12

2012年12月緊急点検 笹子トンネル(上り線) 60mスパン別アンカーボルト補強箇所数(L型鋼)



凡例 (60mスパン当たりのL型鋼の合計)

60
55
50
45
40
35
30
25
20
15
10
5
0

天井板落下区間を除く

