

トンネル剥落対策に用いる樹脂接着併用打ち込みアンカーの引き抜き特性

横浜国立大学大学院
横浜国立大学大学院
東日本旅客鉄道株式会社
サンコーテクノ株式会社

学生会員
正会員
正会員
正会員

○市原 三馨
細田 暁
松田 芳範
今井 清史

1. 背景・目的

トンネル覆工コンクリートの剥落防止対策として、アラミドメッシュ・アクリル樹脂・アンカーを用いたトンネル内面補強工法が開発され、実施されている¹⁾。アンカーは拡張式で、アンカー用の孔内にアクリル樹脂を充填した直後に、内面壁体に機械的に固定する樹脂接着併用の打ち込み形式のものである。

アンカーは列車風圧（3kN/m²）に耐える引き抜き特性が要求されている。しかし、母材コンクリート強度や漏水などの施工条件に対応してアンカーの使用方法を決定するのに十分なデータがないのが現状である。

そこで本研究では、実際のトンネル剥落対策においてアンカーの樹脂が固まるまでの仮設時および数十年に渡って、確実に性能を発揮するための知見を得るため、系統的な引き抜き試験をおこなう。

2. 実験概要

2.1 アンカーピン

図-1 にアンカーピンの形状を、表-1 にアンカーピン寸法一覧表を示す。

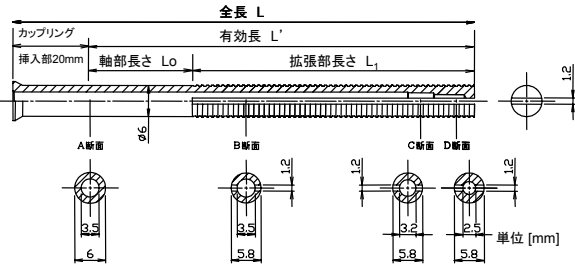


図-1 アンカーピン図

表-1 アンカーピン寸法一覧表 単位[mm]

埋め込み長	アンカー径 φ	全長 L	有効長 L'	軸部長さ L ₀	拡張部長さ L ₁
30	6	50	30	0	30
40	6	60	40	10	30
60	6	80	60	5	55
70	6	90	70	15	55
90	6	110	90	35	55

構造は拡張部が中空の拡張底アンカーであり、有効長 L' がコンクリートに埋め込まれる。

2.2 コンクリート

使用したコンクリートの配合を表-2、3 に示す。

表-2 配合表（圧縮強度 10MPa）

圧縮強度 (MPa)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	水セメント 比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
				水 W	セメント C	石灰石微粉末	細骨材 S	粗骨材 G	増粘剤
10	20	120	48	210	175	245	710	841	0.63

表-3 配合表（圧縮強度 18、25MPa）

圧縮強度 (MPa)	空気量 (%)	粗骨材の 最大寸法 (mm)	スラブ (cm)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 s/a (%)	単位量 (kg/m ³)					
						水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水剤	増粘剤
18	5	20	8	68.5	46.8	170	248	864	1019	2.48	0.51
25	5	20	8	56.5	45.4	164	290	823	1035	2.90	0.49

2.3 試験パラメータと選択趣旨

以下の4項目を試験におけるパラメータとした。

- (1) 埋め込み長：30mm（5φ）、40mm（6.7φ）、60mm（10φ）、70mm（11.7φ）、90mm（15φ）の5種類。[φ：アンカー径]
- (2) 母材（コンクリート）の圧縮強度：10MPa、18MPa、25MPaの3種類。
- (3) 充填樹脂の有無：（N：樹脂なし、A：アクリル樹脂）の2種類。樹脂が固まるまでのいわゆる仮設時においてアンカーの機械的な定着効果を確認することと、アンカーの機械的な定着と樹脂接着による定着のそれぞれの寄与分を検証することを目的としている。
- (4) 孔内の水分の有無：（D：乾燥条件、W：湿潤条件）の2種類。漏水を伴うような環境下で施工した場合のアンカーの引き抜き耐力を確認するためである。

1パラメータにつき、5体引き抜き試験をおこない、総引き抜き試験数は210体である。

3. 実験結果・考察

3.1 仮設時の性能

図-2 はNDシリーズ（樹脂なし、乾燥条件）の最大

キーワード あと施工アンカー，樹脂接着併用，低強度コンクリート，埋め込み長，水分
連絡先 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学土木工学棟 TEL045-339-4044

荷重の平均値をプロットしたものである。破壊形態が異なる場合もあるが5体それぞれの最大荷重の平均値を各パラメータの最大荷重として整理した。樹脂なしの場合、10MPaにおいてやや差がみられるが、最大荷重が埋め込み長に依存しないといえる。

樹脂の固まるまでの短期性能は列車風圧 (3kN/m^2) に耐えうる耐力が要求されている。樹脂がない場合は、最大荷重が母材（コンクリート）圧縮強度の影響を強く受けるので、現場のコンクリートが低強度のときにはアンカーの本数を増やすなどの対処が必要といえる。樹脂が固まるまでの時間は長くないため、安全率を見込む必要はないと考えている。

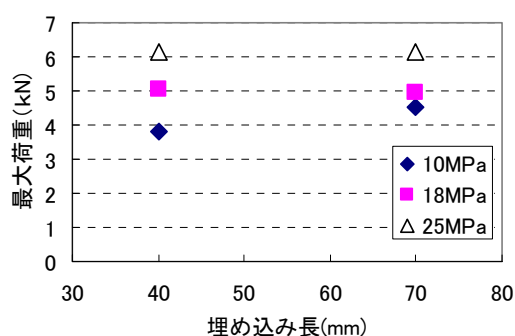


図-2 ND シリーズの最大荷重

3.2 長期の耐久性能

3.2.1 長期の耐久性能

図-3, 4はAD（アクリル樹脂、乾燥条件）、AW（アクリル樹脂、湿潤条件）シリーズの最大荷重の平均値をプロットしたものである。最大荷重は埋め込み長が長いほど、コンクリート強度が高いほど上がることがわかる。また、10kN以上の荷重はアンカーの形状によってもたらされた結果であり、実施工における最大荷重は10kN程度を最大荷重とみなすのが適当と考えている。

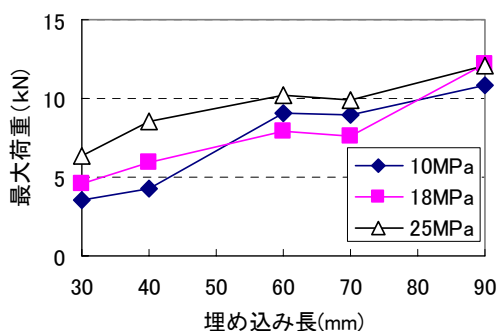


図-3 AD シリーズの最大荷重

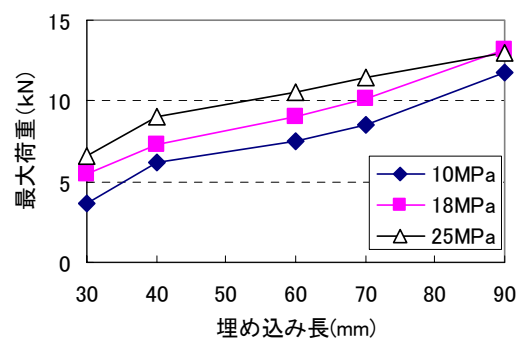


図-4 AW シリーズの最大荷重

3.2.2 漏水環境

漏水環境における性能の検証のため、水分の有無の試験をおこなったが、予測に反して乾燥条件が湿潤条件より耐力が上がる結果となった。この原因として、孔内の切粉が水で流された影響が考えられる。本試験での湿潤条件が実際の漏水を再現したものではないが、孔内の水分が必ずしも悪影響を及ぼすとは限らない、という結果が得られた。

よって、実施工においては漏水の少ない箇所ではコンプレッサーを用いて水分を除去すれば、十分な性能が発揮されることが考えられる。

4. 試験結果に基づく許容引張荷重

樹脂接着併用打ち込みアンカーの系統的な引き抜き試験の結果に基づいて、以下のようなアンカーの使用方法を定めた。

表-4 樹脂接着併用打ち込みアンカーの許容引抜荷重

		許容引抜荷重 (kN)		
埋め込み長 (mm)		40	70	90
コンクリート 圧縮強度 (MPa)	10	1	2.5	3
	18	1.5	2.5	3
	25	2.5	3	3

表-4は、AD、AWシリーズのうち低い値をとり、実施工における施工精度および長期に渡る性能の保証を考慮して、安全率3以上を見込んで設定した許容引抜荷重である。最大荷重は10kNとして算定した。今後は、JR 東日本ではこの許容引抜荷重に基づき、既設トンネルの補強が実施される予定である。

参考文献

- 1) 新堀敏彦, 松田芳範: トンネルのはく落対策 AAA (トリプル A) 工法の開発と施工—トンネル覆工の恒久対策工として—, 土木施工, Vol. 42, No. 2, pp. 24-30, 2001. 2.