

Ⅲ-B101

ロックボルト工の引抜試験に関する研究

日本道路公団 試験研究所 正会員

吉塚 守

正会員

赤木 渉

正会員

海瀬 忍

1. まえがき

日本道路公団(JHという)におけるトンネルの支保工として施工されているロックボルト工については、標準支保パターン別に長さ及び降伏耐力の異なる、異形棒鋼、ネジ節異形棒鋼、ねじり棒鋼等の材料を使い分ける¹⁾こととしている、近年これらの材料に加え、コスト縮減や高速施工等の観点から降伏耐力や径の異なる材料が使用され始めており、材料種別ごとの施工特性について十分に把握しておく必要が生じている。

また、第二東名・名神で計画されている大断面トンネルの掘削にあたっては、支保構造の成否がトンネル施工における決め手となるとの見地から、高耐力ロックボルトや高張力ケーブルボルトの試験施工等、様々な検討がなされており、ロックボルト工の施工品質確認は必要不可欠なものとなっている。

本文は、平成9年度にロックボルト工の設計・施工管理要領²⁾改定の基礎資料を得ることを目的として、JH試験研究所において実施した模擬岩盤を用いた引抜特性試験(室内)の結果を基に、ロックボルト工の品質管理の一環として実施されている引抜試験の試験方法を再評価し、品質管理基準値をより実状に沿ったものに見直した内容について報告するものである。

2. 引抜特性試験の概要

引抜特性試験は、現行のロックボルト材料と、高耐力ロックボルトや高張力ケーブルボルト等の新材料の材料特性および、定着材料の品質特性等に着眼した室内試験を実施し、二車線トンネルおよび大断面トンネルのロックボルト工の所要品質・設計、施工管理手法確立のための基礎資料を得ることを目的として、以下に示す試験を実施した。

- ① 試験材料：ロックボルト埋込み長 35 cm、ロックボルト材質 10 種類、定着材流動性 2 種類
(フロー値 180±20 mm, 150±20 mm)、各 3 本ずつ 計 195 本

- ② 試験種別：

- a. JHS705 ロックボルトの引抜試験
b. 定着材流動性試験(フロー試験)
c. 定着材強度試験
d. コア抜き試験

表-1 使用材料一覧表

記号	使用ボルト材料					定着材	
	材質	規格	径	降伏耐力	破断耐力	モルタル種別	フロー値
CH1	ねじり棒鋼	STD510	D24	18.3tf	24.7tf	普通	161mm
CH2	ねじり棒鋼	STD510	TD24(M24)	18.3tf	24.7tf	早強	156mm
CH3	ネジ節異形棒鋼	SD390	D25	20.2tf	28.9tf	早強	144mm
CH4	異形棒鋼	SHD685	D25(M24)	24.2tf	32.5tf	早強	158mm
CH5	ネジ節異形棒鋼	SD700	D19	20.05tf	24.0tf	早強	156mm
CH6	中空ロックボルト	S45C	φ28.5	20.01tf	25.01tf	早強	151mm
CH7	GFRPボルト		φ25.0		40.0tf	早強	156mm
CH8	GFRPボルト		φ25.0		40.0tf	早強	154mm
CH9	GFRP(中空)ボルト		φ25.0		31.0tf	早強	152mm
CH10	CFRPボルト	FC15	φ14.7		30.0tf	早強	151mm
CH11	AFRPボルト	FA15	φ14.7		24.0tf	早強	153mm

GFRP: ガラス繊維プラスチック補強, CFRP: 炭素繊維プラスチック補強, AFRP: アラミド繊維プラスチック補強

試験の内、材令 12 時間における試験結果について変位と荷重の関係をボルト種別ごとに整理したものを図-1(鋼材: CH1~6)、図-2(新素材: CH7~11)、各材令で得られた定着材の圧縮強度と引抜試験によって得られた引抜耐力の関係をボルト種別ごとに整理したものを図-3(鋼材)、図-4(新素材)に示す。

なお、各図に記号(CH1~CH11)で示したボルト種別と定着材の種類、流動性を表-1に示す。

キーワード：引抜特性試験 品質管理 定着材 材令別 引抜耐力

連絡先：〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1 Tel 0427-91-1621 Fax 0427-91-3717

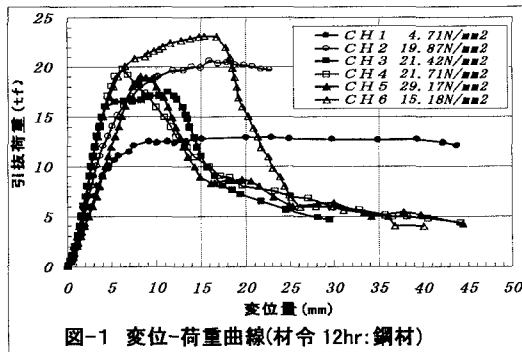


図-1 変位-荷重曲線(材令12hr:鋼材)

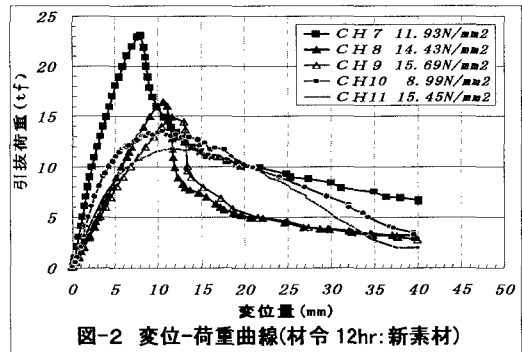


図-2 変位-荷重曲線(材令12hr:新素材)

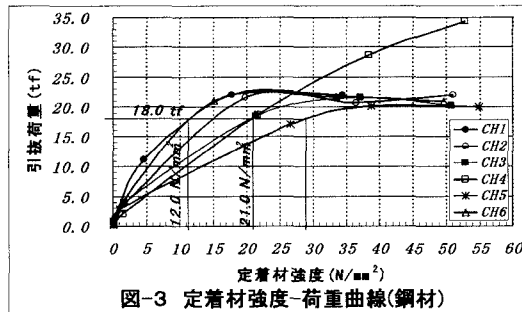


図-3 定着材強度-荷重曲線(鋼材)

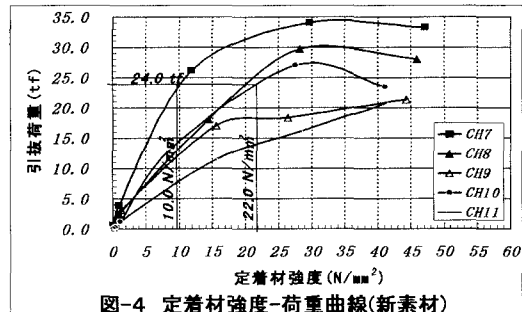


図-4 定着材強度-荷重曲線(新素材)

4. 考 察

(1) ロックボルトの表面形状と引抜耐力に関する考察

- ① 表面形状の違いにより、引抜荷重がピークに達した後急激に低下するもの(CH4,5)と、そうでない(CH1,2)もの(靱性が高い)があることが確認された。(図-1 参照、あくまで今回の試験条件下(埋込長: 35 cm)におけるものであり、注意を要する。)
- ② 各種の繊維を素材とする材料には、明確に高い靱性を示すものは見あたらない。(図-2 参照)

(2) 定着材の一軸圧縮強度と引抜耐力に関する考察

- ① 今回の引抜特性試験条件下では、

鋼 材: 定着材強度が $12.0\text{N/mm}^2 \sim 21.0\text{N/mm}^2$ 程度に達すれば、母材の降伏耐力に相当する引抜耐力が得られる。(図-3 参照)

ただし、ボルト径が細いもの(CH5-D19)は、より高い定着材強度が必要となる。

新素材: 定着材強度が $10.0\text{N/mm}^2 \sim 22.0\text{N/mm}^2$ 程度に達すれば、母材の破断耐力の 6 割に相当する引抜耐力が得られる。(図-4 参照)

ただし、補強材の一部破損(CH9,11)により、引抜耐力が過小となっている材料がある。

- ② 従来の引抜耐力に関する規定値²⁾(施工後3日で10tf以上)は、今回の試験条件下(埋込長: 35 cm)でも満足(図3より定着材強度 $20 \sim 35\text{N/mm}^2$ 程度が普通モルタル材令3日に相当)することから、規定値の引き上げ等の措置を講じた。

5. おわりに

今回の試験を通じて、引抜試験だけでは施工品質の確保・管理のわずかな一面を評価しているに過ぎないことが分かってきた、このことを念頭に置き今後は、これに変わる出来形検査方法(非破壊検査法)の検討も含め、より合理的・経済的なロックボルト工のあり方、簡便でより確実な品質管理手法の確立に向けた、検討を進めていくこととしたい。

【参考文献】1) 日本道路公団, 土木工事共通仕様書, p.12-8~p.12-9, 1997年10月

2) 日本道路公団, 施工管理要領基準集, トンネル施工管理要領(本体工編), p.5, 1989年10月