

VI-116

ジャンボ搭載型ケーブルボルト自動セッターを用いたケーブルボルトの試験施工

清水建設(株) 土木本部 正会員 上岡 真也 正会員 今津 雅紀
 清水建設(株) 土木本部 正会員 小田 洋明 小野 啓二
 清水建設(株) 技術研究所 正会員 石塚 与志雄

1. はじめに

大断面トンネルや地下発電所といった大空洞の施工において、4 mを超すような長尺の支保材料を打設する場合、所定の打設長の確保が容易なケーブルボルトが採用され始めているが、ロックボルトと比較してボルトとグラウト間の付着強度が非常に小さいという課題がある。そこで、発破孔の穿孔を行うジャンボにケーブルボルトの打設機能を搭載したケーブルボルト自動セッターを開発し¹⁾、その機械を用いて原位置での機能確認試験を行うと共に、引き抜き試験を行い、付着抵抗特性を明らかにした。

2. ケーブルボルト自動セッターの機能確認試験

ケーブルボルト自動セッターの打設時の施工フローは、図-1の通りである。実験としては、大きく分けて自動セッターの基本動作およびケーブルボルト打設時の機能確認といった機械的実験と、打設したケーブルボルトの引き抜き試験による支保部材としての効果の確認である。

機械的実験としては、自動セッターの各部位の動作性を確認した後、現場にて削孔した孔にモルタル充填、ケーブルボルト挿入を行い、動作性の良否、改良点のチェックを行った。機械的な機能確認項目は、下記の通りである。

- ①各部位の動作性の確認 : 各部位の連動性及び機能チェック
- ②打設孔へのモルタルホース挿入 : モルタルホースのフィード力のチェック
- ③モルタルの充填 : モルタルホースの引き抜き速度チェック
モルタル圧送ポンプの機能チェック
モルタルの閉塞状況のチェック
- ④ワイヤクリップの装着 : 装着機能の性能チェック
- ⑤ケーブルボルトの挿入 : ボルトのフィード力のチェック
- ⑥ケーブルボルトの切断 : ケーブルボルト切断機構のチェック

機能確認実験では、自動セッターの基本動作を確認し、6～9 mのケーブルボルト打設の施工性について検討した。その結果、ワイヤクリップの自動装填装置の開発という点を除いては、実機にも十分耐えられることが確認できた。

3. 引き抜き試験概要

引き抜き試験に用いたボルトは、ケーブルボルト3種類と、現在、ロックボルトとして汎用的に使われているD25の異形棒鋼の4種類である。各ボルトの形状、機械的性質および特徴を表-1に示す。なお、P C鋼線にインデントを付けた付着抵抗については、別途検討²⁾しているので参考されたい。ボルト長は、定着長3 mを基本とし、1 mおよび6 mの長さについて試験（写真-1）

表-1 ボルト種類と機械的性質

種 類	断面形状		機械的性質			特 徴
	縦断面	横断面	引張強度 (N/㎡)	降伏強度 (N/㎡)	単位重量 (kg/m)	
①PC鋼より線 外径:15.2mm			272	197	1.10	JIS 鋼線のPC鋼線を用いたケーブルボルト (SWR7BN.7本より)
②STケーブルボルト 外径:15.5mm			261	185	1.10	5mmのPC鋼線に8.4mmのワイヤに0.33mm深さのインデント（長さ4.5mm、短径2.5mm）を設けて、よったPC鋼より線
③炭素繊維より線 外径:15.2mm			234	135	0.23	新素材である炭素繊維を用いた複合材ケーブル (東京製鋼社製・CFCC1×7)
④異形棒鋼 外径:25.4mm			243	206	3.98	通常のトンネル工事等で使用されているケーブル

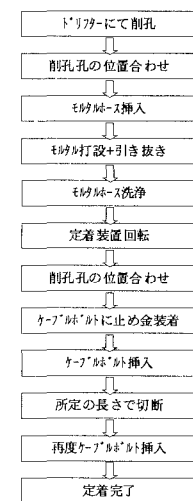


図-1 施工フロー

キーワード：山岳トンネル、支保、ケーブルボルト、原位置試験

連絡先：〒105-8007 東京都港区芝浦1-2-3 シーバンスS館 TEL 03-5441-0567 FAX 03-5441-0515

を実施した。試験条件は以下の通りである。

- ①ボーリング削孔径 : 64 mm
- ②定着材（グラウト材） : SNドライモルタル
- ③定着方式 : 充填方式（モルタル注入装置で定着材を孔に充填後、ボルトを挿入）
- ④試験時期 : ボルト打設後、1日経過時点
- ⑤最大載荷荷重 : 炭素繊維より線（98 kN）
: その他（147 kN）

4. 試験結果

図-2に定着長1 mと3 mと6 mの試験結果（軸荷重－変位関係）を示す。定着長3 m以上ではいずれのボルトも付着切れが発生せず、147 kN以上（炭素繊維より線は98 kN以上）の耐力を発生した。

一方、定着長1 mでは、PC鋼より線は64～69 kNで付着切れが発生したのに対し、その他は付着切れをおこさなかった。

定着長3 mについての軸剛性を比較すると、STケーブルボルトは炭素繊維より線の約200％、PC鋼より線の約140％、異形棒鋼の約60％という結果を得、定着長6 mについても同様の順で約200％、約130％の軸剛性結果を得た。（1 m、6 mは異形棒鋼なし）

また、STケーブルボルトはロックボルトと比較すると変形しやすいが、付着力についてはロックボルトに匹敵する強度を発揮するため、ロックボルトの代替品として適用の可能性も得られる結果となった。

5. 炭素繊維より線の鏡ボルトへの適用

鏡ボルトは、現在、FRPボルトが用いられることが多いが、炭素繊維より線の鏡ボルトへの適用性を確かめるため、トンネルの坑口補強の一部として、7 mの長さのものを打設し、その施工性を検証した。写真-2が打設後の切羽掘削時の状況である。より線であるため、せん断部でよりが戻されるものの、掘削時においてはガス切断することなく、カッター等で簡単に切削でき、施工性としてはFRPボルトと変わらなかった。今後は、ボルトのせん断特性、トンネル坑内における施工性等について検討していきたい。

6. おわりに

実機における機能確認および原位置でのケーブルボルトの引き抜き試験が行えたことより、今後は、ケーブルボルトの頭部の座金機構、およびロックボルトの代替としての支保機能にまで踏み込んだ室内および原位置での試験を行っていく予定である。

なお、試験に使用したケーブルボルトは東京製綱(株)殿からの提供または試作して頂いたものです。ここに謝意を表します。

参考文献 1) 今津雅紀他：ジャンボ搭載型ケーブルボルト自動セッターの開発，土木学会第53回年次学術講演会，1998.10

2) 石塚与志雄他：インデントを付けたPCより線の付着抵抗に関する研究，第33回地盤工学研究発表会講演論文集，1998.6



写真-1 試験状況

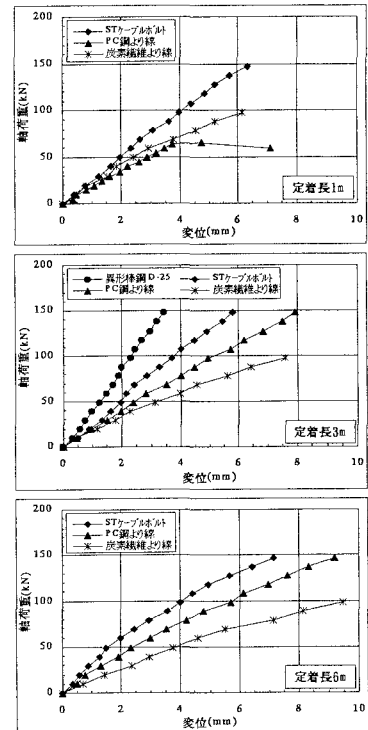


図-2 試験結果

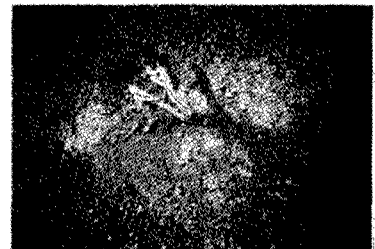


写真-2 切羽掘削時状況