

佐藤工業(株)土木研究部正員○久保田清三

//

//

花田行和

1. まえがき

注入工法は、よりの確に所定の地盤の空隙に、注入材をてん充しなければならない。このため、各種のパッカーの開発や瞬結グラウトの使用により、注入材が注入管とボーリング孔壁のすき間から地表へ流出することを防止し、注入効果を上げるため多大の努力が払われている。上越新幹線中山ずい道四方木堅坑は、軟弱な凝灰角礫岩で、湧水が多量にあり、掘削するためには、グラウト注入によって地盤改良を行ない、注入はケーシングパイプ内にゴムリングパッカを挿入し、高圧注入を行なっている。この作業は、カバーロックコンクリートを打設したのち、ケーシングパイプを建込み、セメントコーキングしたのち注入が可能となり、工期、工費が大きくなる。このため、作業が容易で、目的の地盤に計画ステップ間隔で、計画注入圧、計画注入量が達成出来るようなパッカーを開発すべく繰返し実験を行ない、注入圧 80 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ に使用することが可能なパッカーができた。

さらに、軟弱地盤と言われる沖積層の地盤改良に、注入の基本原則を忠実に実行できる ADG(Aqua-packer Drilling Grouting)工法用高圧アクアパッカーが画期的な成功をおさめた。

2. 開発経過

上越新幹線中山ずい道四方木のグラウト注入はステージ注入であり、地山が非常に弱いため、地山に直接使用できるパッカーは接地圧の低いスリーブパッカーしかない。市販されているスリーブパッカーは、最大圧力 10 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ で 2～3 分間で破損した。図-1 に示すように、注入液を高圧で注入すると、ゴム部と注入管の接続部 A が、注入圧力によって屈曲して剪断される。また、接続部 B が引張力で切れたり、引抜けたりする欠点があった。さらに空気圧力で脹らませるので取扱いが悪い。この欠点を克服するため、ゴムメーカーの既成技術を利用して、現場実験より工場実験に主力を注ぎ、破損し易い接着部分とゴム膨張部分に、耐圧力、耐久性を向上させた。

パッカーの加圧は、空気圧から水圧式とし、高圧アクアパッカーになった。高圧アクアパッカーは、水圧によってゴム部が膨張するので、内圧が負荷されると、接着部との間に大きな剪断力が発生する。また、注入圧力によって生ずる引抜き力が大きく作用し、非常にきびしい性能がゴム構造に要求された。そしてパッカーは万能型であるよりも、使用目的に応じて、例えば次の様に 3 段階に分けて製作すべきものと考えた。

① 0～35 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ ② 30～70 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ ③ 65～100 $\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$ さらに、技術力があり設備の完備した東洋ゴム工業(株)工業用品技術部の協力によって、中山ずい道内に於て実験を行なった。パッカーの加圧はハンドポンプなので水量、圧力の両面から大変な苦勞をとまった。このため、空気圧作動による自動加圧ポンプを使用することにより、パッカーの加圧および制御が簡単になり、耐久性がさらに向上した。図-2 参照

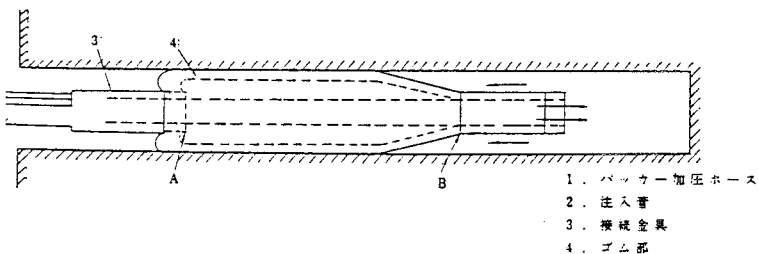


図-1 スリーブパッカーの破損機構

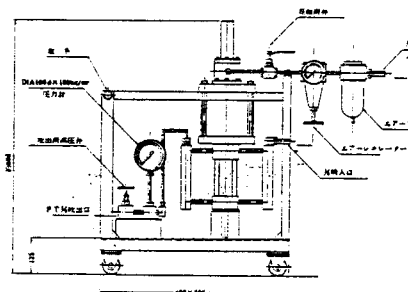


図-2 自動加圧装置

3. アクアパッカー

アクアパッカーは、地盤条件と注入圧に対して、適切なパッカー内圧を与えることにより、下記のような、あらゆる地盤に適用することが可能である。また、注入圧0～100 $\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$ の範囲の注入に適用できる。

- (1) 地下水位の高いルーズな砂質地盤、地下水の流動する粗粒砂や均等係数が小さく流砂現象を起こしやすい細砂等。
- (2) N値の小さな軟らかい粘土やシルトなどの軟弱地盤。
- (3) ビート、黒泥などの有機質土地盤。
- (4) 粘性土を挟在したり玉石を含む帯水砂礫地盤。
- (5) 透水性の異なる種々の土層から構成されている複雑な互層地盤。
- (6) 地下水が被圧されている地盤。
- (7) 岩盤の破碎帯。
- (8) 堅硬な岩盤。
- (9) シラス地盤。

4. アクアパッカーの仕様

現在、製作しているアクアパッカーの仕様を表－1に示す。

表－1 アクアパッカーの仕様

外 径 (mm)	全 長 (mm)	有効長 (mm)	許 容 注入圧 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)	許容内圧 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)	許容外径 (mm)	最大径の ときの許 容注入圧 ($\frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$)	注入方式	適用地盤
40	1,500	900	40	50	60	25	1ショット 1.5ショット	岩盤破碎帯
50	1,600	1,000	50	60	100	30	2ショット	軟弱地盤
60	1,600	1,000	50	60	110	30	全上	全 上
60	1,600	1,000	80	100	110	50	全上	岩盤破碎帯

5. 注入圧とアクアパッカー

表層部分の第1ステップにアクアパッカーをセットして注入する場合、削孔によって孔壁が荒れ、ゆるんだ状態になっている。パッカーの圧着によって、孔径は削孔径より大きく脹らむ。注入圧力は低く、計画注入量に近づくと計画外周附近の地上に少量のリークが発生する。このような所では、アクアパッカーの脹みは安定しないが、注入圧力よりやや高いパッカー加圧圧力が望ましい。しかし、ステップダウンに従ってパッカーの位置は既に改良したゾーンに移り、パッカーは安定し、パッカー加圧圧力が注入圧力よりやや低い圧力でもパッカーの機能を達成する。

6. アクアパッカーの適用例

地 質	工 事 名 称
凝灰角礫岩の断層	岩見ダム建設工事
花崗岩の破碎帯	安房川第二発電所工事
細 砂 層	鹿島線大貫トンネル、横浜市地下鉄舞岡トンネル
砂 礫 層	神戸市東灘関西電力管路新設工事、佐藤工業中央技術研究所
一次シラス	鹿児島市星ヶ峯ニュータウン造成地
砂質シルト	西山小児科医院新築工事、埼玉県上尾市下水道工事