

清水建設研究所 正員○小粥庸夫

川崎製鉄建材開発部 正員 斎藤 恂

清水建設土木部 正員 尾崎 明

清水建設海洋開発部 正員 源波修一郎

§ 1. まえがき

仮締切兼用鋼管矢板井筒工法は、開発が始まってから10年余りになり、施工実施例も着々と増加している。

そこで、本工法の設計、施工法を一層確実にするために、一連の総合実験を計画した。

本論は、そのうち、おもに井筒内部水換中に支保工に働く応力、矢板継手の止水処理、矢板の水中切断などについての実大施工実験の報告である。

§ 2. 支保工実験

2.1 目的；従来軽視されがちであつた支保工を再検討し、かつ本実験実施中の安全管理をする目的で、およそ2ヶ月半にわたり支保工応力などの測定を行なつた。

2.2 現場の土質と実大試験体；実験現場は岡山県水島港で、土質は図-1に示すとおりである。図-1 現場の土質と実大試験体

実大試験体は、図-1に示すように、 $\phi 762 \times t 11$ 、 $\ell = 29000$ の鋼管矢板18本を円形に打込んで作つた外径6546mmの鋼管矢板井筒である。

2.3 測定方法；図-2に示すように、合計5段の支保工に合計18個の差動トランス型歪計を取付けて支保工応力（歪）を測定し、同時に、潮位、天候、気温などの観測を行なつた。歪計の零点は、①、⑭ 支保工は井筒内外水位が同一レベルになつた時点、他の支保工はその設置が完了し、矢板と支保工間の充てんコンクリートの打設が完了した時点で決めた。各歪計の測定は、海上に設けた測定小屋で、原則として1日2回、午前と午後に行なつた。

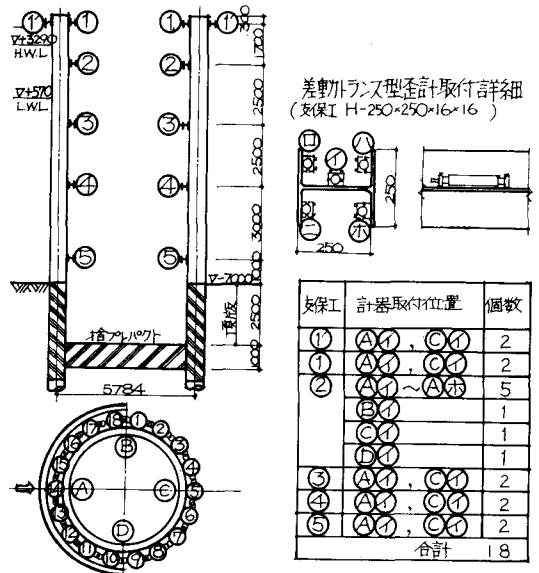
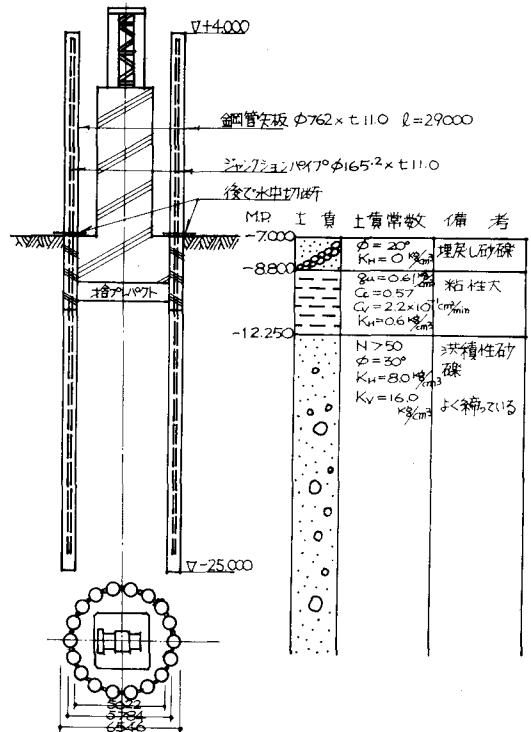


図-2 差動トランス型歪計取付位置

2.4 実験結果とその考察；18個の歪計から求めた各点の支保工応力度の値を、各支保工別に平均して（支保工平均応力度）、井筒外水位（潮位）と井筒内水位と共に図-3に示す。また、図-3から6つの日時を選び、それらについて支保工平均応力度の測定値と理論値を図-4に示す。この理論値は、矢板を支保工の位置でピン支持されている連続梁と仮定して連続法で求めたもので、捨プレバクト・コンクリートと矢板の接合部をピンと仮定した場合と固定と仮定した場合について示す。

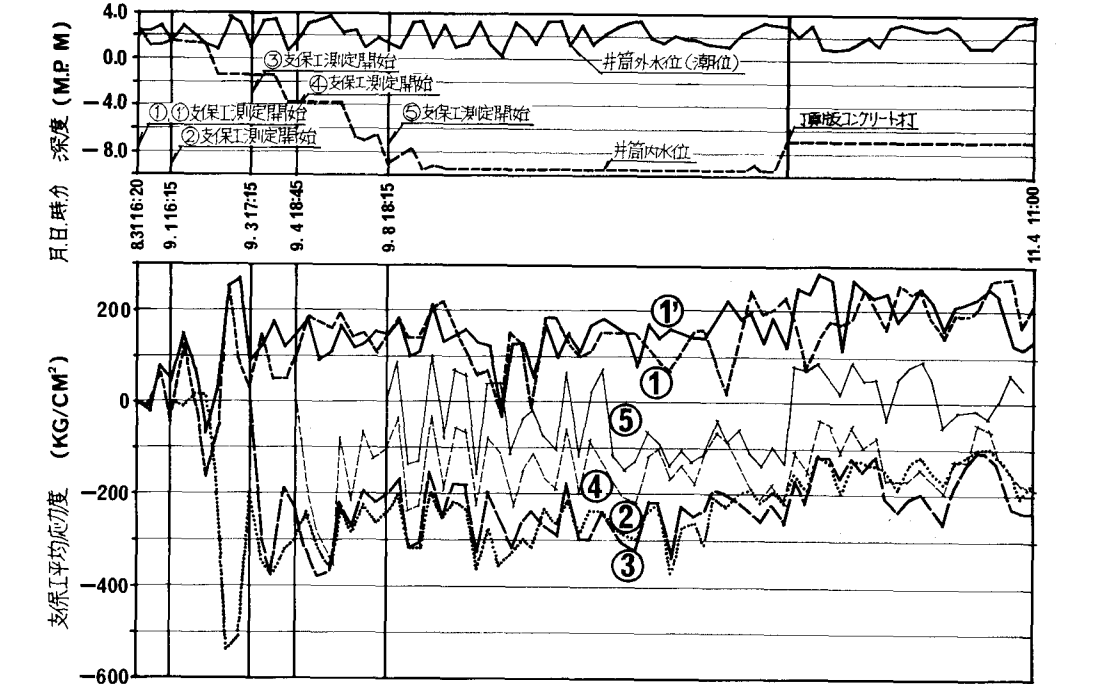


図-3 全段支保工（①，②，③，④，⑤）平均応力度，井筒外水位（潮位）と井筒内水位

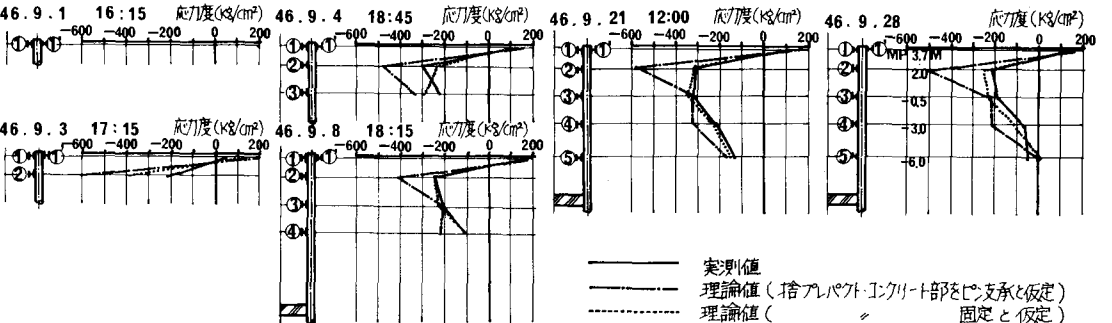


図-4 支保工平均応力度の測定値と理論値

- 以上の結果から、本実験のような井筒の支保工について、およそ次のようなことがいえる。
- a) 支保工応力の測定値は捨プレバクト・コンクリート部を固定と仮定した理論値とよく近似する。
 - b) 同一支保工には、ばらつきの少ないほぼ同様な軸力が発生し、その軸力分布は図-4に示すように、最上段支保工から最下部捨プレバクト・コンクリート面へとほぼ "S" 字型になる。
 - c) 最上段支保工には引張応力が発生する。支保工の最大応力は支保工設置中に発生する。
 - d) 捨プレバクト・コンクリートは、かなりの割合で外力に抵抗しており、施工中の水密性確保の役割もはたしており、施工上かなり重要な部分である。

§ 3. 止水性実験

3.1 目的；本工法では止水方法として、井筒底部はプレバクトコンクリートを打設し、井筒側面からの漏水に対しては鋼管矢板の継手部に止水材料を充填する方法を採っている。このうち継手部の止水性やその施工性について検討する目的で本実験を行なった。

3.2 試験法；図-6に示すような継手管に、+3.7 m から -8.0 m まで 11.7 m の長さになつて止水材料を充填し、止水材料の種類による差異、1室充填の場合と多室充填の場合の比較などについて観察を行なった。

3.3 止水材料の種類；使用した止水材料について次に記し、それらの施工位置を図-5に示す。

- a) 普通モルタル；通常のプレバクトモルタルを高張力ナイロン袋に詰めて、A室、B室、AおよびC室の3種類の充填方法で行なった。
- b) 粘土モルタル；普通モルタルのセメント量を減じ、細骨材として粘性のある山土を使用したもので、A、B、Cの3室全部に袋詰して充填した。
- c) ゴムチューブ；B室のみに挿入し、ゴムチューブを加圧水によつて加圧膨張させて止水した。
- d) アクリル酸塩系グラウト；袋詰にし、A、B、Cの3室全部に充填した。

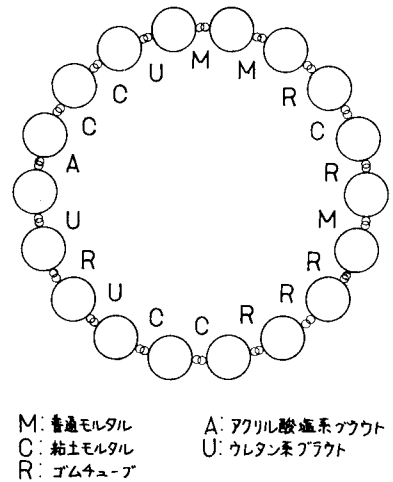


図-5 止水材料と施工位置

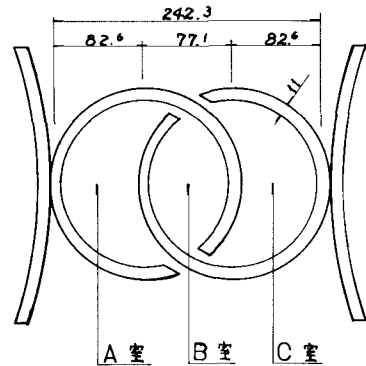


図-6 継手管詳細図

- e) ウレタン系グラウト；ナイロン袋内に粒径 3 mm 程度の礫を入れておき、グラウト注入を行なった。充填はA室のみであつた。
- f) リバーシール；磁性を帯びた軟い帯状ゴムシートで、継手管の外側に貼りつけて止水した。この方法は、今回は応急処置的な止水方法として使用した。

3.4 結果と考察；以上の実験結果から、およそ次のようなことが分つた。

- a) 上記のどの止水材料を用いても、止水はほぼ完全に行える。
- b) 1室充填だけでは止水は不完全であり、3室全部に止水材料を充填すれば確実である。
- c) 漏水量は、鋼管矢板を伝わって流れる程度のごくわずかな量であり、また波浪などによる継手管の変形に伴う影響もみうけられなかつた。
- d) 水中切断や撤去時のことを考慮して、止水材料は容易に除去できるものが望ましい。
- e) 止水性、耐久性、施工性、除去の容易さ、経済性などを総合的に判断すると、粘土モルタルが本工法に最も適した止水材料である。

§ 4. 水中切断実験

4.1 目的；水中切断法として3種類の方法を選び、本工法への適用性について検討を行なった。

4.2 試験体；図-1に示すようにH.W.L. 下約10m（静水圧 約1 $\frac{1}{2}$ ）の位置で、鋼管矢板の本管18本、継手部18ヶ所を切断した。この内訳を表-1に示す。

4.3 水中切断法；本実験に採用した切断法は次の3種類である。

切断法 \ 切断位置	本 管	継手部
アーク酸素切断法	9 本	4 ヶ所
テルミット溶断法	4 本	14 ヶ所
機 械 切 断 法	5 本	0 ヶ所
合 計	18 本	18 ヶ所

表-1 切断本数の内訳表

a) アーク酸素切断法；外側に被覆防水した切断棒（ $\phi 70\text{mm}$ ， $\ell 450\text{mm}$ ）の中心が中空（ $\phi 15\text{mm}$ ）になっており、アーク発生と同時に中空部から酸素を噴射させて切断を行なう方法である。

したがってアーク発生可能な鋼材の切断を対象とし、本管および止水材料の除去された継手部の切断に採用した。
使用酸素圧力は5～7 $\frac{1}{2}$ ，使用電流は180～200Aであつた。

b) テルミット溶断法；特殊合金製の溶断棒（ $\phi 17.3\text{mm}$ ， $\ell 3000\text{mm}$ ）に酸素を供給し燃焼させて、この時生ずる酸化発熱現象（テルミット反応）を利用したもので、コンクリート、石材、レンガなどの溶けにくい材料でも容易に穿孔できる。この穿孔を連続して行なうことにより切断する方法である。使用酸素圧力は5～10 $\frac{1}{2}$ であつた。

c) 機械切断法；本工法用に開発したもので、鋼管矢板内に吊り下したカッターを油圧モーターで回転させつつ全周旋回して鋼管矢板本管を切断する方法である。写真-1にその水中切断機の全容を示す。



写真-1 水中切断機

4.4 結果と考察；本実験によつて、鋼管矢板の水中切断について次のようなことが分つた。

- a) 本管の切断については、どの切断法でも水中切断が十分可能である。
- b) 機械切断法は、切断精度が非常に優れており、また潜水作業が不要で、すべて陸上からのリモートコントロールによつて作業が行なえるため安全性が高い。
- c) 継手部の切断については、アーク酸素切断法は止水材料を取除かなければ困難であり、テルミット溶断法では切断能率が若干低下するが、止水材料が充填されていても十分に切断が可能である。
- d) 機械切断法では、構造上の理由から継手部の切断は不可能で、テルミット溶断法を併用するか、継手管の切断位置をあらかじめ切断しておくなどの処置が必要である。

§ 5. むすび

以上の実験によつて、仮締切兼用鋼管矢板井筒工法は、安全、確実に施工できるという確信を得た。おわりに、本実験に御協力をたまわつた、川崎製鉄株式会社および清水建設株式会社の関係者各位に深謝の意を表します。