

早稲田大学	学生員	江浪 亮介
N T T		荒井 久男
(株)東電通		北原 源平
早稲田大学	正会員	小泉 淳

1 はじめに

従来のシールド工法では、シールド機が立坑に到達する際に、到達位置周辺の地盤に対して薬液注入などの地盤改良を行っている。これには多くの費用と期間がかかり、地盤改良を行わない合理的な到達工法が望まれている。筆者らは、図1のように立坑にゴム付きの鋼製リングを設置し、これにシールド機を到達させるという新しい到達工法「KISS 工法」を検討している。この工法ではシールド機が鋼製リングのゴム部を押し込みながら到達するので、ゴムの反発力により土砂や地下水の侵入を防ぐことができる。これまでに現場導入前の性能実験と二件の現場実証実験を重ねてきたが、十分な止水効果が得られずに、ゴムに破損や剥離が生じた。そこで、これらの挙動を明らかにするために鋼製リング部の性能実験を行い、最適な鋼製リングの寸法、形状、材質および補助機能を検討した。本報告は、この性能実験の概要と結果について述べたものである。

2 性能実験の概要

ゴム付きの鋼製リングの効果を明らかにするために、写真1のような実験供試体にシールド機を到達させる性能実験を行った。図2に示すように軟質ゴムと硬質ゴムとが鋼製リングに取り付けてあり、これがシールド機に押し付けられることによって、土砂や地下水の侵入を防止する構造になっている。今回の性能実験は、地下水圧 $0.5 \sim 1.0$ (kgf/cm²) の地盤を対象にしたものであり、実験には外径 2890mm の土圧式シールドを使用した。これまでの経緯から、鋼製リングの寸法を図2のように定め、硬質ゴムには硬度 60 度のゴムを、軟質ゴムには硬度 15 度のCR系スポンジを使用した。また、止水効果を高めるために鋼製リングの後部に押さえ板を設置した。さらに、ゴム部に破損や剥離が生じるおそれがあるので、シールド機が貫入しやすいように、ステンレス板と傾斜面を入口に設けた。

また、シールド機が到達する際の挙動を定量的に把握するために、鋼製リングの底部に圧力計（土圧

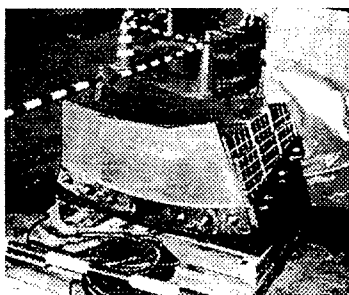


写真1 実験供試体

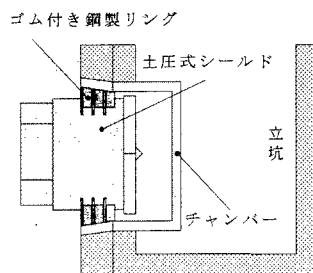


図1 KISS 工法の概略図

連絡先：〒169 東京都新宿区大久保 3-4-1 早稲田大学理工学部 51 号館 16 階 08 号室 小泉研究室

キーワード：シールド到達工法 KISS 工法 性能実験 鋼製リング

計を使用)を設置し、発生する内部の圧力を測定した。さらに、メッシュを描いたアクリル板を供試体の側部に取り付け、ゴムの変形を測定した。これらの測定はシールド機の鋼殻が完全に通過するまで、5cm 推進することを行った。

3 性能実験の結果

発生した応力の実験結果を図3に示す。また、これから得られた知見は以下の通りである。図3を見ると、ゴム内部の圧力はシールド機の到達とともに線形的に増加するが、シールド機が 20cm ほど推進すると急激に減少しているのがわかる。これはビット部より径の小さい面盤がその位置に到達し、ゴム部がシールド機の下に滑り込んで、ゴム内部の圧力が解放されたためと考えられる。その後、ゴム内部の圧力は一定に保たれるが、シールド機が 40cm ほど推進したときに上昇している。これは、面盤よりも径の大きい鋼殻が計測位置に到達したためだと思われる。このようにゴム内部の圧力は、シールド機の形状に大きな影響を受けている。一方ゴムの変形については、側面に設置したアクリル板にゴム部が拘束されるために、十分な計測結果が得られなかった。しかし、圧力計の測定結果と同様にシールド機の形状に大きな影響を受けていると推測される。

次に、本性能実験を対象にした二次元弾性解析を行い、実験結果と解析結果とを比較した。本解析では①止水能力②ゴムの破損と剥離に注目し、これらを定量的に判断する解析モデルを想定した。まず、①の止水能力は最終的に発生する圧力で評価できると考えられることから、圧力が一定に保たれたときの挙動を見てやればよいと思われる。図3をみると、最終的には解析結果が実験結果より大きい値を示している。これは実験供試体がリング形状ではなかったために、円周方向の拘束がないことによると考えられる。最終的には $0.4(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ の応力が発生しており、解析結果を考慮するとこの鋼製リングの止水能力は $0.6(\text{kgf}/\text{cm}^2)$ 程度であると考えられる。つぎに②のゴムの破損と剥離は最大の引張応力やせん断応力が原因と考えられるので、圧力が最大を示したときの挙動を評価すればよいと思われる。しかし、ゴムの物性値が不明確な上に、本解析がその挙動を詳細に評価しているとは言えないので、②についての評価は困難であった。

今回の性能実験では、補助的な役割として押さえ板や入口の傾斜などの機能を設けた。押さえ板により、鋼製リングの後部において大きな止水効果が期待されるが、ゴムの破損や剥離の原因になるので今後さらに検討が必要である。また、入口に傾斜を付けた効果はあったものと推測される。

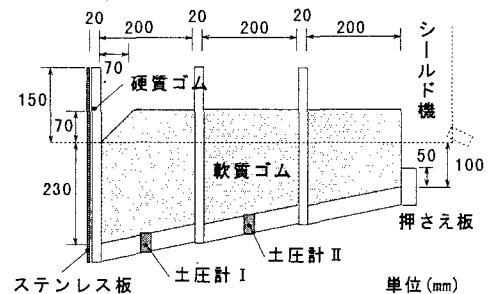


図2 実験供試体の概略図

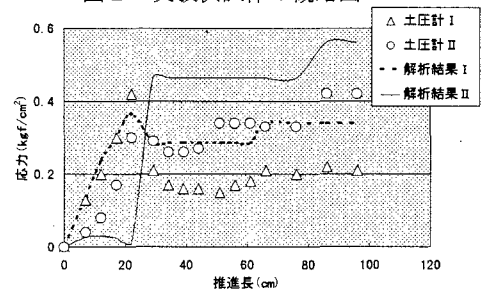


図3 内部応力の実験結果

4 今後の課題

今回の性能実験で使用した鋼製リングは、止水効果をゴムの反発力に期待する構造なので、比較的地下水圧の低い地盤にしか適用できないと考えられる。今後、地下水圧の高い地盤や大口径断面のシールド機にも適用するには、内部から圧力を作用させる機能などを検討する必要がある。またシールド機が到達した後に、鋼製リングは永久構造物として取り扱われることから、その耐久性、耐震性などについても検討を加える必要がある。なお、今回用いた鋼製リングは現在進行中のシールド機の到達部に使用されることになっており、その結果については後日報告する予定である。