

超長距離シールド施工時のカッタ前面荷重の計測管理について

—長距離・硬質地盤を掘進するシールドの耐久性に関する考察—

中部電力

中山 元
南川 昭夫

正会員 窪塚 直亮

佐藤・三井・鉄建・日本国土・銭高・中工共同企業体 正会員 吉川 正人

正会員 〇新津 良夫

1. はじめに

桑名地区洞道新設工事（第4工区）は掘進延長が3,949m（セグメント外径；5.0m）の日本最長距離の泥土圧シールドである。このような長距離施工に加え、全線が第三紀層の硬質地盤掘削となることから、掘進中のシールドに大きな荷重が作用することが予想された。そこで、その対策としてシールドの主要構造であるカッタ軸受部の応力度を直接計測して管理を行うことを試みるとともに、従来不明確であったカッタ前面に作用する荷重の照査を行った。

本報告は、この計測結果とそれから得られたカッタ前面荷重とシールドの耐久性についての知見を述べるものである。

2. 掘削対象地盤

地質縦断図を図-1に示す。工事区間全線が第三紀東海層群の固結シルト、砂質土、砂礫の互層で、その殆どがN値50以上の硬質地盤である。特に、固結シルトの約20%は一軸圧縮強度が3,000～6,000kN/m²の強度を有している。

3. シールド仕様

本工事で使用するシールドは、長距離・高速・硬質地盤対応シールドとして検討、設計されている。¹⁾

主な仕様は(1)泥土圧式(φ5,150mm×9,850mm)(2)ジャッキ推力:30,000kN(3)カッタトルク:常用2,700kN-m、瞬時最大4,070kN-mである。

4. シールド応力度管理システム

通常のシールド工事では、推力、カッタトルク、チャンバー内土圧、掘進速度などで掘進管理を行っている。しかし、これらはシールドに作用する荷重を直接表すものではない。このため、本工事のようにシールドに長期間、連続的に大きな荷重が作用する場合には、これをより直接的に把握する必要があると判断した。そこで、図-2のようにシールドの主要構造であるカッタ軸受支持部の応力度と変位量を計測管理することにした。

なお、設計カッタ前面荷重は最大装備トルク作用時のカッタ押付け力として算定され、本シールドでは設計荷重が300kN/m²となっている。

5. 計測管理結果

(1)地盤の影響

図-3(a)に示す計測結果から、砂質土より固結シルト掘削時の方が、カッタトルク、応力度とも高く、作用荷重が大きいことが判る。また、図-3(b)の固

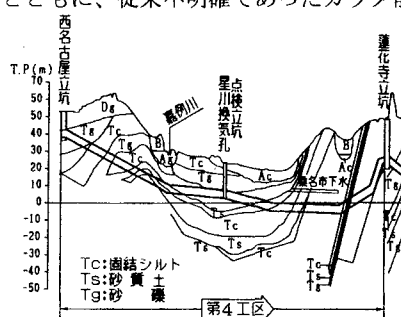
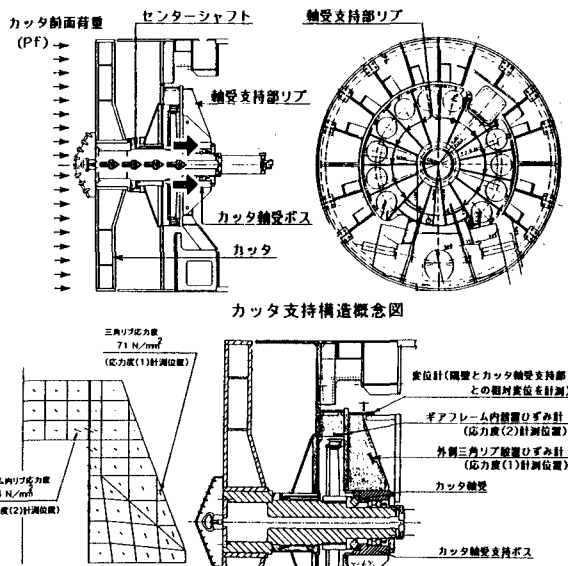


図-1 地質縦断図



FEM解析結果および応力度・変位量計測位置図
図-2 カッタ支持構造と計測位置

結シルト掘削時は支持部応力度が管理値 (150N/mm^2) に達するため、カッタトルク、推力とも低く抑えて掘削しており、作用荷重の大きい地盤では応力度管理が有効であることが確認された。

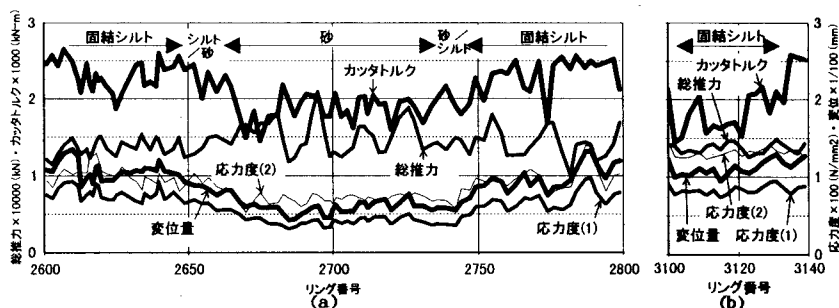


図-3 シールド掘進管理図

(2) 応力度と総推力・カッタトルクの関係

図-4に示すように、軸受支持部応力度と総推力およびカッタトルクには相関が見られない。このことから従来の掘進管理項目ではシールドに発生する応力度の管理は、充分に行えないといえる。なお、同様に応力度とチャンパー内土圧、掘進速度の関係についても相関がないことを確認した。

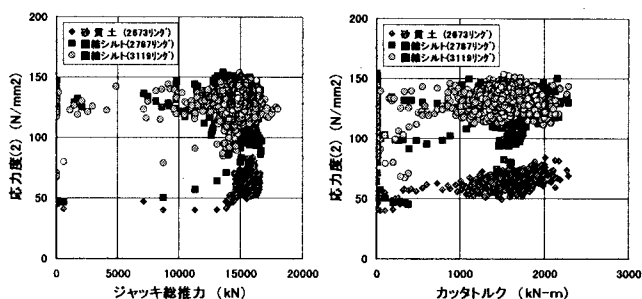


図-4 軸受支持部応力度と総推力・カッタトルクの関係

(3) カッタ前面荷重の推定

応力度と変位量の関係は、図-5のように地盤に関わらず線形関係にある。また、図-6のように3次元FEM解析(カッタ前面荷重; 300kN/m^2 、変位量; 0.98mm)の結果とも良く一致する。²⁾

この関係から図-7に示すように掘進中にカッタ前面に作用する荷重を算定すると、砂質土掘進時が 260kN/m^2 (変位量; 0.84mm)、固結シルト掘進時が 440kN/m^2 (変位量; 1.45mm) となり、固結シルト掘進時には設計荷重の約1.5倍の前面荷重が作用していたと推定される。

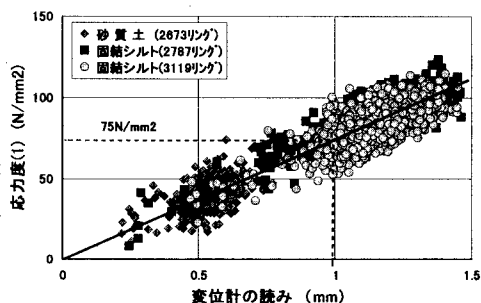


図-5 軸受支持部応力度と変位量の関係

6. おわりに

本工事で実施したシールドの応力度計測管理によって得られた知見を以下にまとめる。

(1) 固結シルト地盤では設計荷重よりも大きなカッタ前面荷重が作用するため、同種の

地盤を掘進するシールドの設計では、カッタ前面荷重は従来よりも大きく設定する必要がある。

(2) 従来の掘進管理項目ではシールドに作用する荷重を正確には把握できないことから、同種のシールドの施工では、シールドの耐久性に関して重要な箇所の応力度を直接計測管理することが望ましい。

今後、施工が多くなる硬質地盤における長距離シールドの設計・施工に本稿が一助になれば幸いである。

〔参考文献〕1) 三ツ川, 窪塚ほか: 超長距離シールドの高速施工対策と施工実績, トンネル工学研究論文・報告集 VOL.8, pp319-324, 1998.11

2) 三ツ川, 窪塚ほか: 硬質地盤における超長距離シールドの高速施工について, 第43回地盤工学シンポジウム, pp81-86

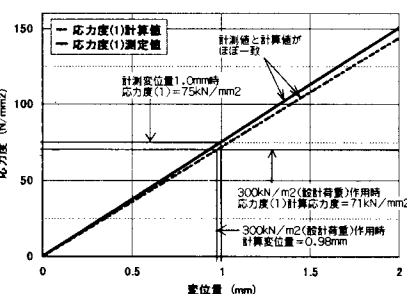


図-6 応力計算値と計測値の関係

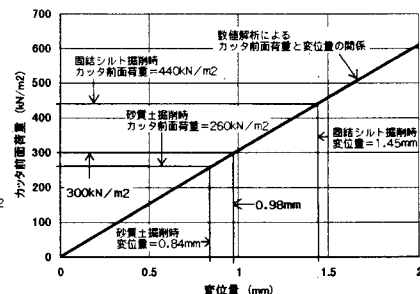


図-7 変位量とカッタ前面荷重の関係