

鑄鉄材を用いた発進・到達防護工の基礎検討

新素材から旧素材へ

Basic Study into the Construction Method of Cast Iron Departure-arrival Shafts for Shield Driven Tunnels

Transition from novel materials to ordinary materials

(中央送電建設所 地中線土木課)

近年、シールド工事における発進・到達部の防護工として、連続地中壁コンクリートをシールドマシンで直接切削する工法が採用されている。これは、鉄筋の代替えとして切削部分のみにノムスト、ネフマックといった新素材(炭素繊維系のコンクリート補強用材料)を使用するものであるがコスト面、切削面で課題がある。このため、鑄鉄材という、いわゆる旧素材に着目し、発進・到達防護工への適用について基礎検討を実施したので紹介する。

(Underground Line Civil Engineering Section, Transmission & Substation Construction Office)

Recently, as a construction method for the departure-arrival shafts of shield driven tunnels, a method of directly cutting continuous underground wall concrete using a shield machine has been adopted. This method uses new materials, such as NOMST or NEFMAC (carbon fiber based concrete reinforcement materials) only for the cutting sections as an alternative to reinforcement rods. However, this method is disadvantageous in terms of cost and the cutting efficiency. To improve on this drawback, attention was focused on ordinary materials, cast iron, and a basic study was carried out into the application of this material to the construction of departure-arrival shafts as described below.

1 研究の背景、目的

シールド発進・到達立坑の連続地中壁コンクリートをシールドマシンで直接切削する工法において、従来連壁の引張補強材としてノムスト、ネフマックが使用されている。しかし、これらの炭素繊維系補強材は高価であり、また、引張強度が大きいことから、現場での採用にあたっては慎重な検討が必要となっている。

本研究では、引張強度はある程度有するものの「脆い」というねずみ鑄鉄の材料特性に着目し、発進・到達防護工への適用可否を判定するため、強度試験等により鑄鉄材の性能を確認した(第1図)。

により基本的性質、加工性、市場性等の特徴を整理した。

(2) 強度試験

通常、鑄鉄材を引張部材として使用する例は少なく、本研究では、ねずみ鑄鉄FC250をリブ付きの棒部材(D32相当鑄鉄筋)に鑄造加工したため、鑄鉄筋単体の引張試験、曲げ試験および鑄鉄筋コンクリート梁の曲げ試験を実施し、RC構造部材としての適用性について検討した(第2図)。実験項目および目的を第1表に示す。

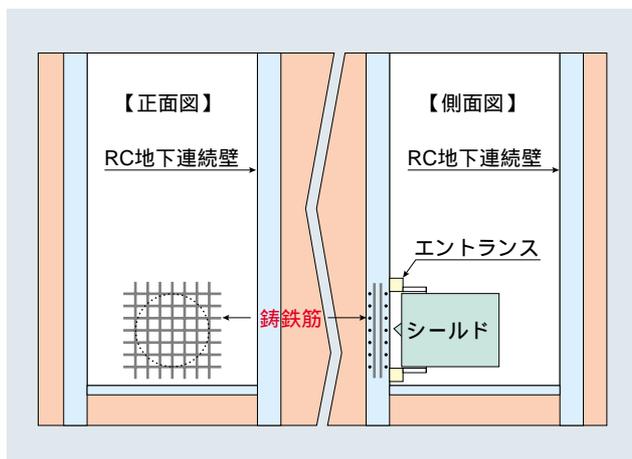
2 研究概要

(1) 材料特性の確認

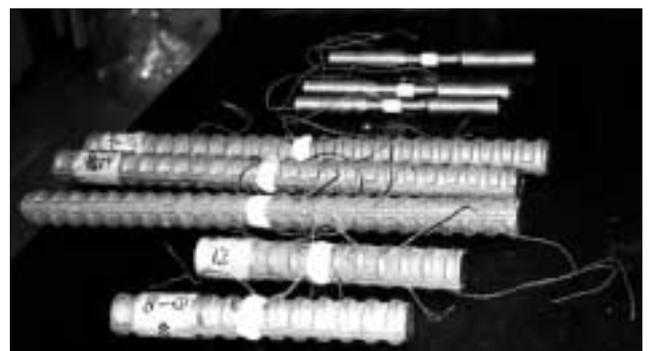
本研究に使用するねずみ鑄鉄について、文献調査

第1表 実験項目および目的

項	目	実験の目的
鑄鉄筋 材料試験	引張試験A	鑄鉄筋引張強度の品質変動を求め、これより引張強度の保証値を求める。(L=40cm)
	引張試験B	鑄鉄筋の材料引張強度を求める。(JIS試験)
	曲げ試験A	L=3mの実物大鑄鉄筋の曲げ試験により、鑄鉄筋の施工性(加工・組立・吊込)を検討するためのデータを得る。
	曲げ試験B	鑄鉄筋の曲げ引張強度を求める。(L=40cm)
鑄鉄筋 コンクリート 曲げ試験	普通鉄筋	鑄鉄筋コンクリートの曲げ破壊性状との比較を行う。
	鑄鉄筋	設計荷重レベルでのひずみの平面保持から、RCとして機能しているかの検証を行う。 鑄鉄筋コンクリートの破壊モードの推定を行う。



第1図 発進立坑のイメージ



第2図 材料試験用鑄鉄筋

3 結果

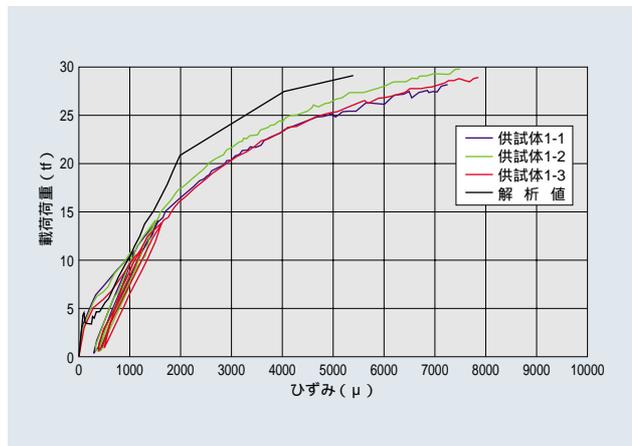
(1) 鑄鉄筋材料試験

引張試験の結果、応力 - ひずみの関係は明確な降伏点を示さず、破断時のひずみも3000~5000 μ 程度であり伸びは極めて小さかった。また、製作した鑄鉄筋の引張強さはJISの実体強度最小値を十分に満足しており、曲げ強さは引張強さの2~3倍であった。なお、今回はD32相当、長さ3mの鑄鉄筋を製作したが、鑄造精度(反り)は3mm/1m程度であった。

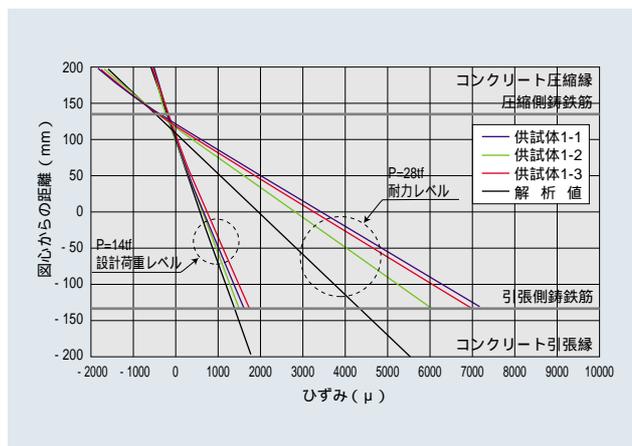
(2) 鑄鉄筋コンクリート曲げ試験

試験方法は、単純梁(供試体寸法:300 \times 400 \times 3120、供試体数:3体)形式の中央2点載荷、スパン長2.8mで、支承条件は両端ローラーとした。なお、荷重の載荷方法は、許容応力度に相当する荷重(設計荷重)に達した時点で除荷を行い、再び破壊に至るまで載荷するものとした。

試験の結果、荷重-変位量(梁中央部のたわみ量)の関係については、全体的に解析値と一致していた。また、荷重 - ひずみ(引張側鑄鉄筋)の関係については、設計荷重レベルまでは解析値と概ね一致していたが、それ以降ではひび割れによるひずみ集中が



第3図 荷重 - ひずみ(引張側鑄鉄筋)関係



第4図 ひずみ分布図

発生し解析値よりも大きな値となった(第3図)。

さらに、これをひずみ分布で表示すると、設計荷重レベルにおいてほぼ直線で平面保持し、解析値と概ね一致していることが確認できる(第4図)。

なお、破壊モードとして、鑄鉄筋コンクリートは引張側鑄鉄筋の破断と同時に破壊しており、部材の耐力が、使用した鑄鉄筋の引張強度の最低値に左右されることが懸念されるため、鑄造時の品質管理には特に注意する必要があると言える(第5図)。

以上の知見より、ねずみ鑄鉄と普通鉄筋、ネフマックの機械的性質の比較を第2表に示す。

4 今後の展開

鑄鉄筋コンクリート構造は、設計荷重レベルにおいてRC構造として機能しており、鉄筋コンクリートと同様の設計が可能であることが確認できた。今後は、シールドマシンのカッタービットによる切削試験を実施すると共に、建て込み時の具体的な施工方法を考慮したコスト比較を行い、次期地点の立坑で実証施工できるよう継続して検討していく予定である。

第2表 機械的性質の比較

	普通鉄筋棒鋼 SD345	ネフマック C type	ねずみ鑄鉄 FC250
引張り降伏点または耐力(N/mm ²)	345~440	なし	なし
引張強さ(N/mm ²)	490以上	1170	250以上(8号別鑄鉄試験片)材料肉厚が大きくなるに従い250以上~155以上へ減少
強度特性	圧縮強さは引張強さと同等	圧縮強さは引張強さと同等、せん断強度が小さい	圧縮強さは引張強さの2~3倍
伸び(%)	18以上(2号試験片)	1.2	0.3~0.5
弾性係数(kN/mm ²)	200	100	110~130
比重	7.85	1.42	7.0~7.5
熱膨張係数(1/)	12 \times 10 ⁻⁶	0.6 \times 10 ⁻⁶	11.0~9.0 \times 10 ⁻⁶
比熱(J/kg \cdot K)	420	-	460~544
熱伝導率(W/m \cdot K)	49.5	-	46.0~58.6



第5図 鑄鉄筋コンクリート破壊状況