

III-B 189

大型立坑における坑底連接部の設計および計測

三井建設土木本部土木技術部	正会員	野村	貢
三井建設名古屋支店		小原	誠二
三井建設技術本部技術研究所	正会員	山地	宏志
三井建設技術本部原子力部		鈴木	隆次
同 上	正会員	喜多	治之

1. はじめに

安房トンネル換気立坑は仕上がり径 $\phi 7.5\text{m}$ 、深度450mの大型山岳立坑である。本立坑の坑底連接部は事前のボーリング調査結果や地下換気所施工状況から判断する限り地山状況は良くないと判断された。加えて立坑としては大断面である上、水抜き坑、通気合流坑との3方向連接となることから従来の慣用的な設計のみでは危険であると判断した。そこで、3次元有限要素解析、各種岩石試験と計測に基づく安定性評価を実施したものである。

2. 立坑連接部の設計

従来、連接部の支保設計は経験に拠るところが大きかった。大断面かつ複雑な形状である本立坑の連接部を設計するには断面交差による影響がおよぶ範囲とその程度を知ることが重要である。そこで、3坑の接続順序を考慮した3次元有限要素解析を実施した。まず事前解析として地山およびライニングを線形弾性体と仮定し、地山の初期応力状態をいくつか想定して解析を行った。その結果、坑底連接部は立坑側、水平坑側とも1Dを影響範囲として補強する必要があること、先行する水平坑の天端部は変形が大きく危険であるが、立坑側の影響は小さいことなどが明かとなった。また、地山の初期応力状態が変化すると変形モードに大きな影響を与えることが判明したので、地山初期応力をTD383.8mにおいて岩石試験による変形率変化法により求めて再度解析を行った。地山初期応力は、さらに原位（水抜き坑）において応力解放法によって追試し施工段階での解析を実施して安全性の検証を行うこととした。図1および図2にこれらの結果を踏まえて設計したトンネル断面、図3に坑底連接部の構造を示す。

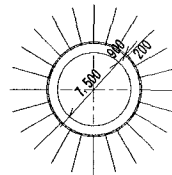


図-1. 立坑 NATM 断面

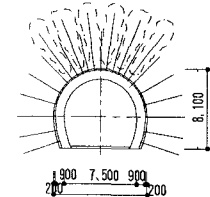


図-2. 水平坑補強断面

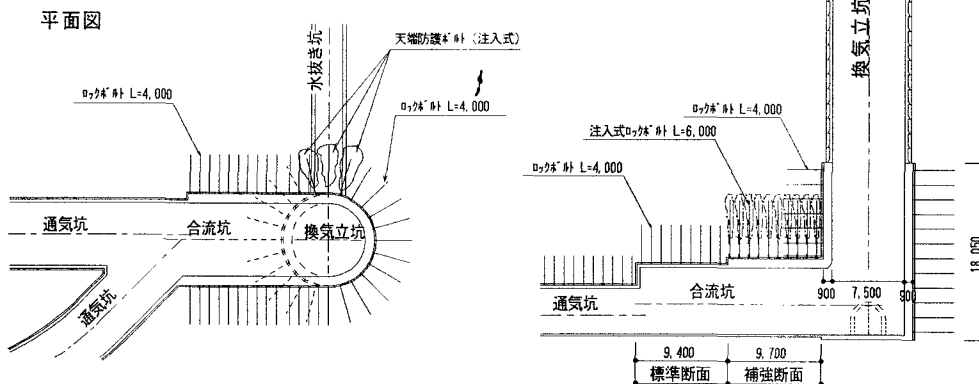


図-3. 坑底連接部構造図

3. 計測項目

計測は立坑掘削および接続時の地山挙動と支保応力さらに接続に伴う影響を把握するため、図4に示す位置に設置した。表1に各断面での計測項目、図5に例としてTD437.2mにおける機器配置を示す。また、真空透気試験を実施して岩盤の亀裂開口程度の確認を行った。

表-1. 計測項目一覧

計測位置	計測項目
TD383.3m (ショートステップ部)	内空変位(CV)、地中変位(GD)、覆工コンクリート応力(LS)、地山試料試験 覆工コンクリートせん断変位(KU)、初期地圧測定(変形率変化法)
TD437.2m (NATM部)	内空変位(CV)、地中変位(GD)、岩石軸力(BE)、鋼製支保工応力(SS)、 吹付けコンクリート応力(CS)、地山試料試験、孔内載荷試験
TD447m (接続部・立坑)	内空変位(CV)、岩石軸力(BE)、鋼製支保工応力(SS)、 吹付けコンクリート応力(CS)、初期地圧測定(応力解放法・水抜き坑で実施)
TD-5m (接続・水平坑)	内空変位(CV)、地中変位(GD)、岩石軸力(BE)

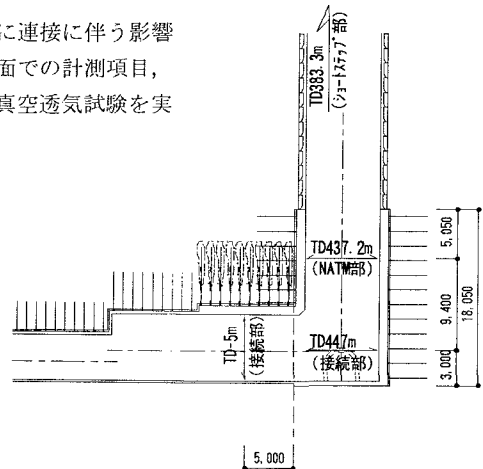


図-4. 計測配置図

4. 計測結果

計測結果のうち、TD437.2mの地中変位分布図と吹付けコンクリート応力経時変化図を示す。地中変位（累積変位）の測線ごとの分布の違いは3次元有限要素解析においても解析的には得られなかったものである。このような傾向はNATM、ショートステップいずれの区間でも見られ、連続体モデルで表現できない地山亀裂による影響が大きいことを伺わせる結果となった。また、先行側である水平合流坑の変形は立坑切羽の接近中は比較的小さいが部分的であれ開口すると殆ど全変位量に近い変位が発生することが分かった。

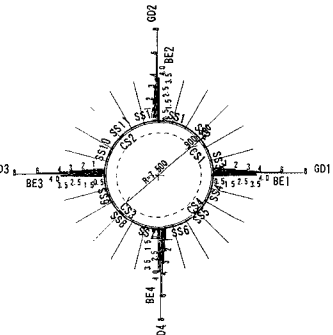


図-5. TD437.2m計測機器配置図

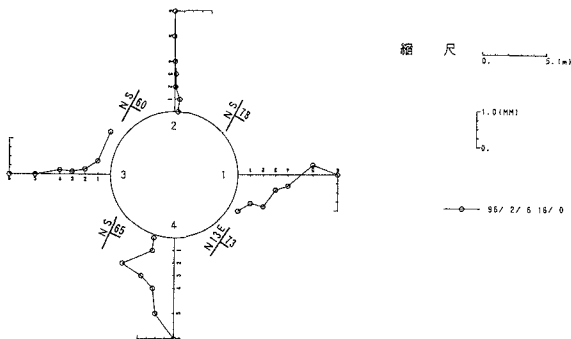


図-6. TD437.2m地中変位(累積変位)分布図

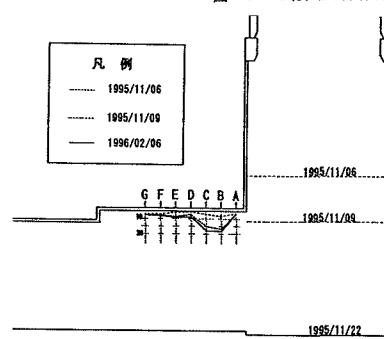


図-7. 水平合流坑天端沈下分布図

さらに真空透気試験では、部分的な違いはあるが概ね1~2.5mの範囲で潜在亀裂の開口が発生していること、接続影響部ではあってもショートステップ区間よりNATM区間の方が亀裂開口範囲が小さいことなどが分かった。

5. まとめ

連続体モデルでの3次元有限要素解析により立坑接続部のさまざまな情報を得ることが可能であり、接続部の設計に資するところは大きい。しかし、地山の不連続性による影響を表現し得ないことも事実であり地中変位の計測結果はこの点を示唆している。本報では一部の報告に留まるが、今後分析を進めることにより立坑についてさらに多くの知見を得ることができると考えている。