

トンネル交差部における門型支保工の計測結果の考察

大成建設株式会社
大成建設株式会社正会員 ○澤田 幸平
正会員 大塚 勇

1. はじめに

近年、坑口部へのアクセスが困難な場合や、工期短縮を図るために複数切羽を計画する場合にパイロットトンネルを施工する事例が増えている。パイロットトンネル-本坑の交差部において本坑を縫い返し掘削する際には、パイロットトンネル側の本坑支保工の脚部を支持するものがないため、本坑縫い返し掘削前に剛な門型支保工を施工し本坑支保工の脚部を受ける必要がある(図1)。このように交差部は特殊な形状となることに加え、設計方法が確立されていないのが現状である。一方で、計測結果を基に設計の妥当性を報告した事例は多くない。このため、本論文では門型支保工の計測結果を分析し、設計の妥当性を確認した。

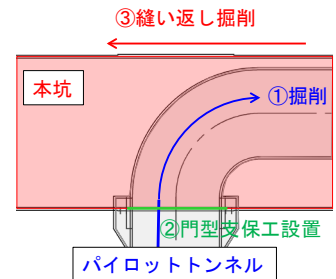


図1：門型支保工施工手順

2. 門型支保工の検討フロー

図2に示すように本検討では円形の門型支保工を採用した。門型支保工は本坑支保工の脚部が設置されるため、本坑支保工からの荷重を支持する構造となる。このため門型支保工の設計は、STEP1：本坑支保工の検討(図2の①~④の各断面で門型支保工接続部の軸力Nを算出)、STEP2：門型支保工の検討(STEP1で算出したNの鉛直方向成分を門型支保工に載荷)の手順で検討を行った。

3. 本坑支保工の検討と計測結果との比較

本坑支保工の検討は支保工を梁、地盤をばねでモデル化する骨組み構造解析により実施した。本坑支保工検討時の条件は図3に示すとおりである。本坑に作用させる鉛直荷重は Terzaghi の緩み土圧により算出し、水平土圧は側圧係数 $K=0.45$ として検討を行った。また、地盤ばねは引張に抵抗しないテンションカットばねとし、トンネル円周方向のばね定数は半径方向のばね定数の1/3として算出した。図4に①断面の解析結果と計測結果(軸力)を示す。軸力は圧縮を正とする。解析結果は計測結果をおおむね再現できていることが確認できる。門型支保工接続部付近の軸力は、計測結果では 1144.0kN/m 、解析結果では 1403.2kN/m (計測結果の1.2倍)となる。つまり、解析上の門型支保工は実際のそれに比べて1.2倍程度の荷重が作用していると考えられる。

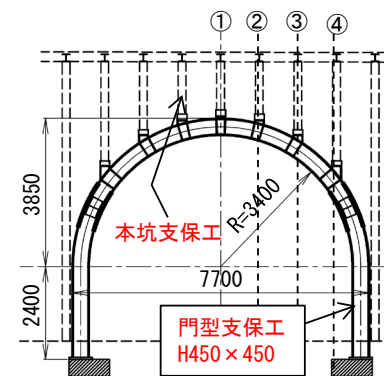


図2：門型支保工構造図

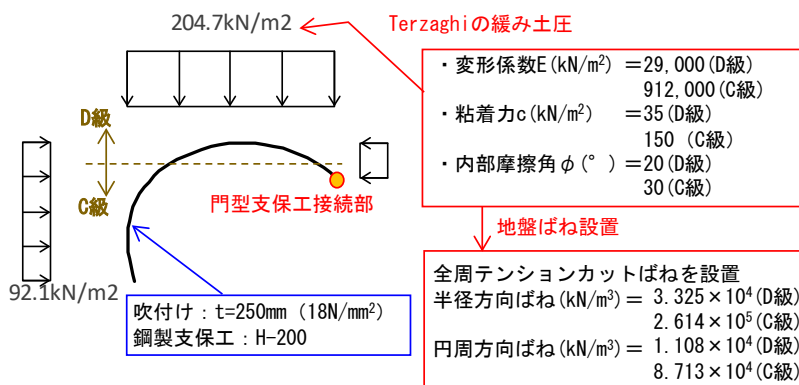


図3：本坑支保工の設計条件

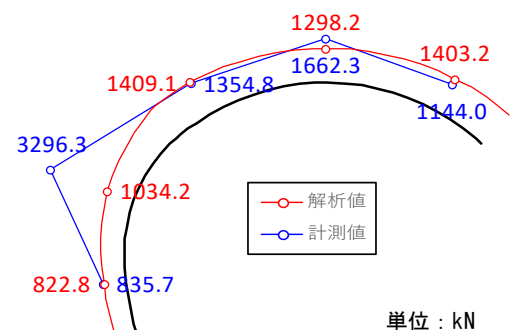


図4：解析結果(断面①の軸力)

キーワード 交差部 門型支保工 計測結果の分析

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 大成建設株式会社 土木設計部 TEL090-4933-5606

4. 門型支保工の検討と計測結果との比較

門型支保工を梁、地盤をばねでモデル化する骨組み構造解析により門型支保工の検討を実施した。門型支保工検討時の条件は図5に示すとおりである。門型支保工には本坑支保工の検討(①～④断面)で得られた軸力の鉛直方向成分を载荷する。また、地盤ばねは引張に抵抗しないテンションカットばねとし、門型支保工表面は滑らかであるため、吹付けコンクリートや地盤との付着力は期待できないと考え、円周方向の地盤ばねについては考慮しないこと

とした。図6に門型支保工の断面力図を示す。軸力は圧縮を正、曲げモーメントは内空凸を正とする。解析結果は左右対称であるため、数値は右側のみを示す。計測結果を確認すると、天端部から肩部、SLに向かって軸力が減少する傾向が見られる。一方、解析結果は天端部からSLに向かうにつれ軸力が増加する傾向が確認できる。解析上は地盤のせん断方向ばねを考慮していないが、実際は周辺地盤からのせん断抵抗が期待できるため、天端からSLに向かって徐々に軸力が減少しているものと考えられる。解析から得られた曲げモーメントについて確認すると、本坑支保工からの鉛直方向荷重により天端部は内空凸の曲げモーメントが卓越し、それに伴い肩部は地山側にはらむ曲げモーメントとなっている。一方、計測結果は肩部、天端部では曲げモーメントはほとんど発生しておらず、SL付近で最も大きな曲げモーメントが発生している。このことから、実際の門型支保工には鉛直方向荷重だけではなく、水平方向荷重が作用しており、合力としてトンネル半径方向の荷重が作用している可能性がある。円形の門型支保工に半径方向の荷重が作用すると、曲げモーメントの低減が期待できる。このため、計測結果は解析結果と比較して曲げモーメントが小さく軸力が卓越する断面力分布となっていると思われる。鉛直荷重、水平荷重が同時に作用する場合は、本検討で採用した円形の門型支保工は曲げモーメントの低減が期待できる有利な構造であると言える。

図7に門型支保工の応力図を示す。応力は圧縮を正とする。解析結果は左右対称であるため、数値は右側のみを示す。上述のように解析上は曲げモーメントが卓越するため、それに伴い、天端部は内空引張の応力が、肩部は地山側引張の応力分布となる。一方、計測結果は解析結果と比較して曲げモーメントが小さく、門型支保工に発生する応力は計測結果より非常に小さくなることを確認できた。

3. まとめ

本坑支保工の検討により、本坑支保工の軸力は精度よく予測可能であることが確認できた。門型支保工には本坑支保工からの鉛直荷重だけでなく、水平荷重も作用する複雑な荷重条件となっている可能性があることが分かった。そのような場合においても円形の門型支保工は曲げモーメントを抑制することが可能であり、有利な形状であることが分かった。

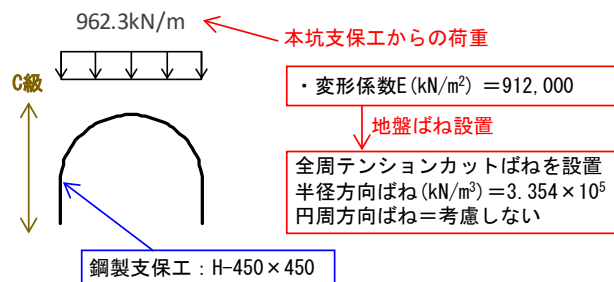


図5：門型支保工の設計条件

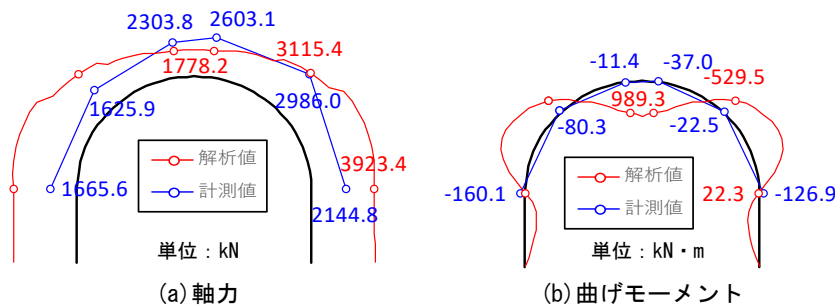


図6：門型支保工断面力図

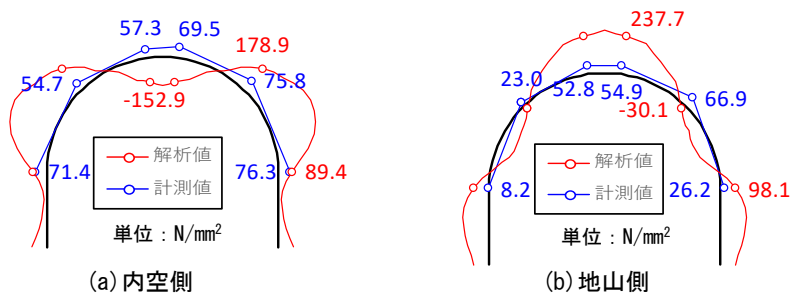


図7：門型支保工応力図