

## 設計および施工に関する問題点（案）

第2回 福岡市地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会

番号	要因の推定		対 策
	調査・設計・施工の過程	考 察	
1	<b>D2層（難透水性風化岩）の強度</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>D2層は風化の程度や潜在的亀裂、弱層が分布するため物性値のバラツキが大きかった（N値が10から50）</li> <li>FEM解析等の設計では、2本のボーリング調査結果から得られた地山物性値の平均値により均質な地層としてモデル化していた</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>通常の条件であれば調査頻度が少ないとまでは言えないが、今回のような特殊な条件下においては、地山強度等の物性値や地層厚さを適正に評価することができなかった可能性がある</li> <li>調査頻度を増やしても、不規則に分布する潜在的亀裂や弱層を設計目的に合わせて適切な評価することは技術的に困難が伴った（FEM解析による変形量の予測では地山物性値の平均値を使用することがあるが、水圧に対する遮水層の安定性を評価する場合亀裂や弱層など局所的に物性が低い箇所の影響が大きいと想定される）</li> <li>地層の分類が設計目的に合致していなかった可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計・施工に必要な調査項目、頻度を計画する</li> <li>設計に使用する地盤の物性値は、不均質さに配慮し、十分に安全性を確保できるよう設定する</li> <li>地層厚さが重要な設計条件となる場合には、地層の成り立ちや地質構造を十分に検討し、必要に応じた地質調査を実施するとともに、地層厚の不均質さに配慮して設計のための地盤モデルを検討する</li> </ul>
	2		
3	<b>高い地下水位による影響</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>難透水性風化岩層に水圧が作用した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>難透水性風化岩層の不陸により水圧作用面が変動し局所的に荷重が作用した可能性がある</li> <li>D2層の亀裂や弱層部分が水みちとなり、局所的に水圧が作用した可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>NATM採用では地下水位の低下を基本とする</li> <li>やむを得ず、地下水位低下が困難な場合、水圧や土圧に耐える遮水層の厚さや遮水のための薬液注入範囲を検討し、遮水層の安定性を確保する</li> <li>遮水層の安定性を評価する際には、支保工建込み前を含め各施工ステップで行う必要があり、地盤内の亀裂、弱層の分布や強度について詳細に調査し、十分に安全性を確保した計画とする</li> </ul>
4	<b>D2層（難透水性風化岩）の水圧に対する安定性</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>土水一体のFEM解析により、トンネル掘削時の周辺地盤の変位、支保工、補助工法の評価を実施し、安定性を照査した</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>D2層の厚さや内部に存在する局所的な亀裂・弱層が水圧や上部砂層の土圧に対して地山の安定性に影響を与えた可能性があるが、その評価方法として確立した手法がないため、安定性評価が難しい</li> <li>AGF工法での注入は地質によって必ずしも十分な改良体が形成されない場合があること、また、力学性は改良できても、遮水性について、局所的な改良不足があったため、部分的な破壊や抜け落ちの原因となった可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AGF工法は、トンネル施工時における天端の安定性を確保するための補助工法であり、遮水性については別途対策を検討する</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>福岡市地下鉄他工区におけるNATMの施工実績では、主に砂層の地下水位低下、遮水や地山補強を目的として薬液注入工が実施されている</li> <li>本トンネルにおいては標準Ⅱ型の掘削時の計測結果をもとに同定した地山物性値をもとに、大断面拡幅の予測解析を実施し、AGF等による天端補強を採用</li> </ul>		
5	<b>導坑施工による影響</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>導坑施工時の計測結果から予測値に近い変位発生</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常値なしのため要因ではないと推定</li> </ul>	—
6	<b>トンネル断面形状</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>遮水層の厚さを確保するため、扁平な断面を採用し、FEM解析で支保の妥当性を確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>扁平な断面形状が、トンネル天端の安定性の低下を助長した可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>トンネル断面形状の検討においては周辺地山や支保の安定性に配慮し、極端に扁平な断面は避ける</li> </ul>
7	<b>トンネル支保工の安定性</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>吹付けや鋼製支保工の耐力超過はなかった</li> <li>支保工脚部の支持力不足はなかった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>要因ではないと推定</li> </ul>	—
8	<b>AGFの地山改良効果</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>D2層の地山に対して亀裂注入となっていた</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>潜在的亀裂は初期地山状態ではほとんど空隙がないため、注入による改良ができず、掘削時に緩みが生じた可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>注入材が浸透しないような粘土質地盤では均質な改良効果は期待できないことを念頭に地山の安定性評価を実施する</li> </ul>
9	<ul style="list-style-type: none"> <li>陥没箇所は拡幅部のラップ形状のすりつけ区間であり、他の部分と比べてラップ長が短かった</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ラップ部の改良が連続とはなっていない可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>AGF工法のラップ長の設定においては、切羽の安定性を十分に確保できるように設定する</li> </ul>
10	<b>施工管理</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>支保工応力、先受け工等の経時変化を計測</li> <li>変状時の対策として増し吹付けや注入式ロックボルトを計画</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地下水噴出による天端崩落は想定より速度が速く、計画していた対応策が間に合わなかった可能性がある</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>緊急の対応が可能な管理体制を構築すること</li> <li>想定される変状の速度に配慮した計測方法や管理基準、対策方針について十分に検討する</li> </ul>

※委員会資料に一部誤記があったため、事実に基づき訂正した箇所を含む。