

III- 120

アンブレラ工法によるトンネル掘削時の地山の挙動

本州四国連絡橋公団 岡澤達男 ○大川宗男
舞子トンネル南工事JV 春中紘一 伊藤邦彦
(株)大林組 玉井昭雄 吉岡尚也

1. 序

舞子トンネルは、兵庫県神戸市と淡路島間に架かる明石海峡大橋と本州側自動車道とを結ぶ延長約3300mの3車線の双設トンネルである。本トンネルのうち、南工事作業区域の未固結地山である大阪層群部においては、切羽前方の地山に雨傘を細く広げたようなシェル状の改良体を造成し、地山を先受けして掘削が行われている。地山を先受けするために、トンネル周辺の軟弱な地山に雨傘を細く広げたようなシェル上の改良体を造成するところから、このような造成技術を総称してアンブレラ工法と呼んでいる¹⁾。ここでの地山の改良体は、直径114.3mm・長さ12mの鋼管(フォアパイル)を切羽前方の地山に削孔・挿入したのち、鋼管内とその周辺にセメント類を注入して造成するものである。改良体を造成するために使用する鋼管数は39~45本で、トンネル掘削時における改良体のラップ長は3~4mである。トンネルの一掘削長は1mで、構造体としての主たる支保部材には鋼製支保工(H-250ウイングリブ付き)と吹き付けコンクリート(厚さ25cm)が用いられている。

トンネル施工区間の土被りは15m~35mで、地上には住宅、店舗などの構造物がある。そのため、トンネル掘削中は地上の構造物に影響を与えないように情報化施工を行わなければならない。以下では、情報化施工を行うための計測内容とトンネル坑口付近での掘削時に得られた計測結果について述べる。

2. 地質概要と地山の力学的性質

トンネル掘削地域の地質は、基盤岩としての花こう岩とその上位に堆積した未固結の大阪層群で構成されている。トンネルが掘削される大阪層群は砂レキ層を主体とし、粘土層を挟在している。この粘土層は層厚が8~10mであるが、海側へ5~10°で傾斜しているためトンネルの掘削が進むにつれて切羽からは無くなる。地山の力学的性質については、砂レキ層における変形係数が30~170MPa、粘着力が約0.3MPa、内部摩擦角が約35°である。一方、粘土層における変形係数は0.3~0.8MPa、粘着力は約0.2MPa、内部摩擦角は約25°である。

3. 計測内容

ここでの計測は、地上の構造物に変状を与えないための情報化施工とFEMによる予測解析結果の妥当性を検証するために行っている。そのための計測項目として、地盤内の変位計測、地表面沈下計測、構造物の沈下・傾斜計測、地滑り計測、フォアパイル・吹き付けコンクリート・鋼製支保工に発生する応力計測などがある。

4. 計測結果と考察

トンネル天端の直上2mの位置に坑口の方から長さ100mの水平ボーリングを行い、この水平ボーリング孔に移動式の水平傾斜計を設置して計測された地盤内変位の一例を示したものが図-1である。この水平傾斜計は、長さ18mのものを2m間隔に分割したもので、区間毎の傾斜角から変位が算出できるようになっている。図-1において、縦軸を負の符号で示しているのは掘削に伴って沈下が生じたことを意味している。一方、横軸を負の符号は、トンネル切羽が水平傾斜計の計測点よりも手前にあり、正の符号は計測点を通過したことを意味する。ただし、図-1はSta.35+27の切羽位置から切羽前方の地山に改良体を造成し、その後Sta.35+36まで掘削したときの計測結果である。図中の凡例は、計測点の位置(坑口からの距離)を表している。各計測点における変位のプロットの始まりが0からになっていないのは、トンネルを9m掘削するごとに水平傾斜計を先送りし、計測点が重複しているところでは既に計測された変位に新たに計測された変

位を重ね合わせているためである。

図-2 はトンネル掘削に伴う変位の釣合い状態を定性的に示したものである。トンネル掘削によって自由面が形成されたとき、切羽が自立しないような地山でもアンブレラ工法により造成した改良体が發揮する内圧 P_i' に応じた先行変位が生じるのみで、その後支保工を設置して掘削を進めると、今度は支保工が發揮する内圧 P_i'' に応じた変位が生じてトンネルは安定することになる。このトンネル工事のように掘削に伴う地表面沈下を許容値以内に制限しなければならない場合には、先行変位の抑制が重要となる。そのためには、アンブレラ工法により造成された改良体の發揮する内圧 P_i' が高いほど先行変位の抑制に効果のあることが図-2 よりわかる。

ここで、図-1 に示した計測結果を見ると、トンネル掘削によって自由面が形成された時点すなわち、切羽が計測点を通過する時点での先行変位は10数mm程度で、上半掘削時における収束変位は20mm程度となっている。このように切羽通過後に生じる変位が少ないのは、切羽前方の地山に造成された改良体によって十分な内圧が与えられて先行変位が抑制されてトンネル構造体としての支保工の發揮する内圧効果が表れ易くなったためであると考えられる（図-2 参照）。

図-3 は、Sta.35+28 における地表面沈下の計測結果を示したものである。地表面沈下量は、図-1 に示した変位の半分以下に抑制されている。なお、地表面沈下の計測が行われた地点におけるトンネルの土被りは約14mであった。

5. 結び

ここに述べた計測結果は、地上に構造物のない地山でのアンブレラ工法による大断面トンネルの試験施工中に得られたものである。

また、地上に構造物がある未固結地山に大断面の双設トンネルが近接して施工されるため、掘削に伴う地表面沈下の抑制が重要となるが、これについてはFEM解析により沈下量を許容値以内に押えられるという結果を得ている。今後は、いろいろな計測結果とFEMによる予測解析結果との比較を行いながら住宅地直下での施工への反映方法や解析モデルの妥当性について検討することになっている。

参考文献

- 1) 山本稔：Aosta谷の道路トンネル群に見る新工法、トンネルと地下、第23巻1号、pp.21-28、1992

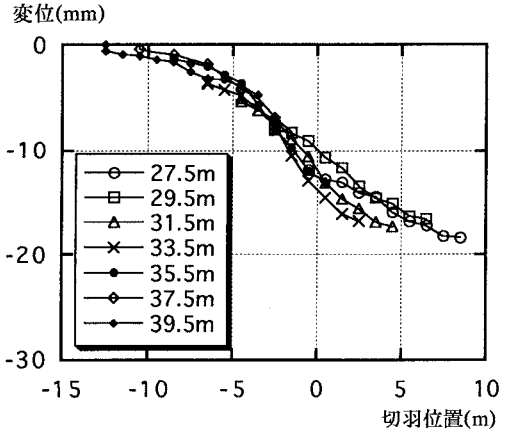


図-1 水平傾斜計による計測結果の一例

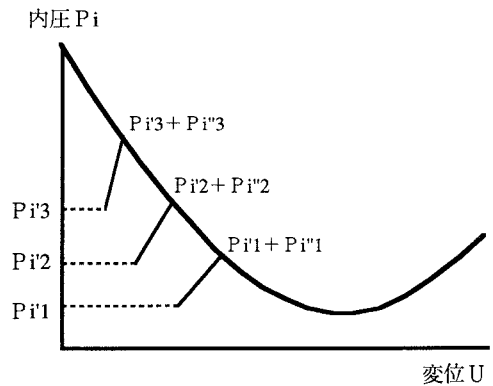


図-2 内圧と変位との定性的関係

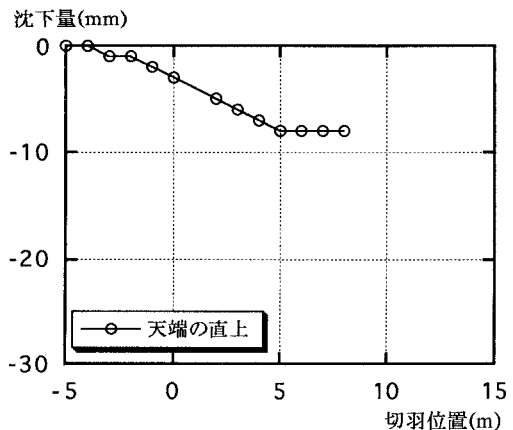


図-3 地盤沈下の計測結果の一例