

鉄道技術研究所 正員 〇高橋孝治
鉄道技術研究所 浅野野司

1. トンネル周壁支持のメカニズム

吹付けコンクリート工の機能は次のように説明される。掘削面に現われ割れ目やくぼみ(凹所)にはコンクリートが十分厚く吹付けられ、健全な岩石が突出している部分では薄く吹付けられる。コンクリートが周壁岩盤によく付着し、開いた割れ目の相当深くまで進入していつゆるんだ岩盤を互いに結合させる。これによってある厚さのコンクリートの層ができ、これに接するある範囲内の周壁岩盤とが共同してアーチリングを形成する。掘削時に周壁を構成する地層・岩盤に加えられた擾乱・ゆるみエネルギーのために、周壁の地層・岩盤は相当深いところから内空へ向って伸長・変位してくる。そのとき、壁面付近でアーチリングの抗体に遭遇し、その反力によって内空への変位が阻止される。伸長・変位の過程で形成されたブランドアーチは、この抗体によってその拡大が阻止されることになる。

2. 抗体の種類と周壁岩盤のゆるみの傾向

抗体として鋼アーチ交保工と吹付けコンクリート工と選んで周壁岩盤のゆるみのすすみがとを比べてみよう。表1及図2は新聞門トンネル金山斜坑(九州)内で実施された坑内弾性波速度計測の結果を示したものである。これによれば、掘削後のある時点において周壁の岩盤がゆるんだほぼ3層構造を示している。第1層というのは壁面付近にある低速帯でもっともゆるんだ部分であり、第3層は岩盤本来の速度をもち分層構造の基盤に相当する。図1は分層構造の1例を示したものである。

ゆるみの経時変化とフラウン部におけるデータに基づいて述べると次のようになる。この傾向は側壁部分についても同様である。

- (1) 掘削後半期間の間に交保工区間では、第1層(表層)は速度($1.6 \frac{km}{sec} \rightarrow 1.5 \frac{km}{sec}$)とその厚さ($0.5m \rightarrow 0.5m$)もほとんど変化していないが、第2層(中間層、 $3.4 \frac{km}{sec} \rightarrow 2.0 \frac{km}{sec}$, $1.0m \rightarrow 1.6m$)と第3層(基盤、 $4.8 \frac{km}{sec} \rightarrow 4.5 \frac{km}{sec}$)とは(1)内数値のように速度も厚さも変化している。基盤までの深さ(第1層と第2層の厚さの和、ゆるみ深さに相当)が $1.5m$ から $2.1m$ まで増している。実際には、基盤の速度が低下していることから真の基盤は第4層以下に転換し、したがってゆるみは表記されたものより大きいということになる。
- (2) 吹付けコンクリート区間では、第1層($1.6 \frac{km}{sec} \rightarrow 1.5 \frac{km}{sec}$, $0.5m \rightarrow 0.5m$)がほとんど変化していないのは交保工区間と同様であるが、第2層の速度が $3.1 \frac{km}{sec}$ から $2.5 \frac{km}{sec}$ まで低下し、その厚さが $0.8m$ から $1.2m$ まで増している。したがって第3層までのゆるみ深さは $1.3m$ から $1.7m$ まで拡大しているが、第3層の速度は変化していない。
- (3) このようなことから、吹付け区間の経時変化は第1層はコンクリートによる強制力が周壁の変化を阻止し、掘削時に導入された擾乱が第2層のゆるみによって補償されている。これに就いて、交保工区間では吹付けコンクリート工のような強制力がいないために、周壁の岩盤が全体的にゆるみ、その領域を拡大していった。という比較がなりたつのではないと思われる。吹付けコンクリート工と鋼アーチ交保工との間に認められるこのような傾向は青函トンネル調査坑の工事に際しても認められている。なお、側壁部とフラウン部の比較では、フラウン部におけるゆるみの発展の量も速さも大きいが、吹付けコンクリート工において側壁の支持効果がよく現われているといえないであらうか。

3. 吹付けコンクリート工法の適用できる地質について(適用事例)

鉄道トンネルの実施例について地質条件を示しておく。

(1) 新関門トンネル(斜坑): $V_p > 4 \text{ km/s}$,

中生代関門層群の地層とこれと貫く花崗岩類, 岩Ⅱ-Ⅲ,

(2) 紅葉山線新登川トンネル: $V_p = 3.6 \sim 2.5 \text{ km/s}$,

葉片状蛇紋岩, 最大土圧 30 t/m^2 ,

(3) 函館本線登山トンネル: $V_p = 4 \sim 2.5 \text{ km/s}$,

礫状蛇紋岩, 土圧約 5 t/m^2 , 岩Ⅲ,

(4) 北陸本線領城トンネル: $V_p = 2.7 \sim 1.5 \text{ km/s}$,

第三紀層, 土圧は僅か, 岩Ⅲ-Ⅱ,

(5) 青函トンネル: $V_p = 3.9 \sim 2.3 \text{ km/s}$, 第三紀層の凝灰岩・シルト岩, 岩Ⅲ,

表 1 速度分帯と経時変化(新関門トンネル)

測定区間	掘さく深さ	測定回数	1層		2層		基盤		
			速度(Vp) (km/s)	厚さ(m)	速度(Vp) (km/s)	厚さ(m)	速度(Vp) (km/s)	厚さ(m)	
南門	46	0 1	1.6	0.2-0.7	3.0-3.2	0.1-1.2	4.4-5.5	0.3-1.9	
金山	22		(1.6)	0.07	(0.5)	(3.1)	(0.8)	(4.8)	(1.3)
斜坑	22		0.9-1.6	0.2-0.6	2.2-2.8	0.6-2.0	4.4-5.5	0.8-2.6	
クラウン	127	6 2	(1.5)	(0.5)	(2.5)	(1.4)	(4.8)	(1.7)	
127m	46		0.9-1.6	0.2-0.6	2.2-2.6	0.6-2.2	4.4-5.5	0.8-2.8	
161m	3		(1.5)	(0.5)	(2.4)	(1.4)	(4.8)	(1.9)	
(吹付)	2	12 3	1.6-2.2	0.2-0.7	3.2-4.0	0.3-1.8	4.5-5.4	0.5-2.5	
同上	46		(1.6)	0.07	(0.5)	(3.4)	(1.0)	(4.8)	(1.5)
クラウン	161		0.9-1.6	0.2-0.6	2.2-3.5	0.8-2.0	3.6-4.8	1.0-2.6	
161m	46	6 2	(1.5)	(0.5)	(3.0)	(1.6)	(4.5)	(2.1)	
195m	3		0.9-1.6	0.2-0.6	2.2-2.9	0.8-2.0	3.6-4.6	1.0-2.8	
(鉄保)	9		(1.5)	(0.5)	(2.6)	(1.7)	(4.4)	(2.2)	
同上	46	0 1	2.2-3.6	0.2-1.0			4.3-5.5	0.2-1.0	
側壁	22		(2.8)	(1.0)			(5.0)	(1.0)	
127m	46		2.2-3.2	1.0-2.0			4.3-5.5	1.0-2.0	
161m	3	6 2	(2.8)	(1.4)			(5.0)	(1.4)	
(吹付)	2		2.2-3.2	1.0-2.0			4.3-5.5	1.0-2.0	
同上	46		(2.8)	(1.4)			(5.0)	(1.4)	
側壁	161	0 1	2.2	0.9-1.2			4.3-5.0	0.9-1.2	
195m	2		(2.2)	(1.0)			(4.8)	(1.0)	
(鉄保)	9		1.6	0.3-0.8	2.0-2.2	0.7-1.7	3.9-5.0	1.0-2.5	
	46	6 2	(1.6)	(0.5)	(2.0)	(1.5)	(4.6)	(2.0)	
	3		1.6	0.3-0.8	2.0-2.2	0.7-1.7	3.9-5.0	1.0-2.5	
	9		(1.6)	(0.5)	(2.0)	(1.5)	(4.6)	(2.0)	

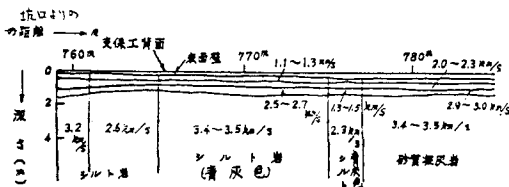


図 1 トンネル周壁の速度分帯(青函トンネル斜坑)

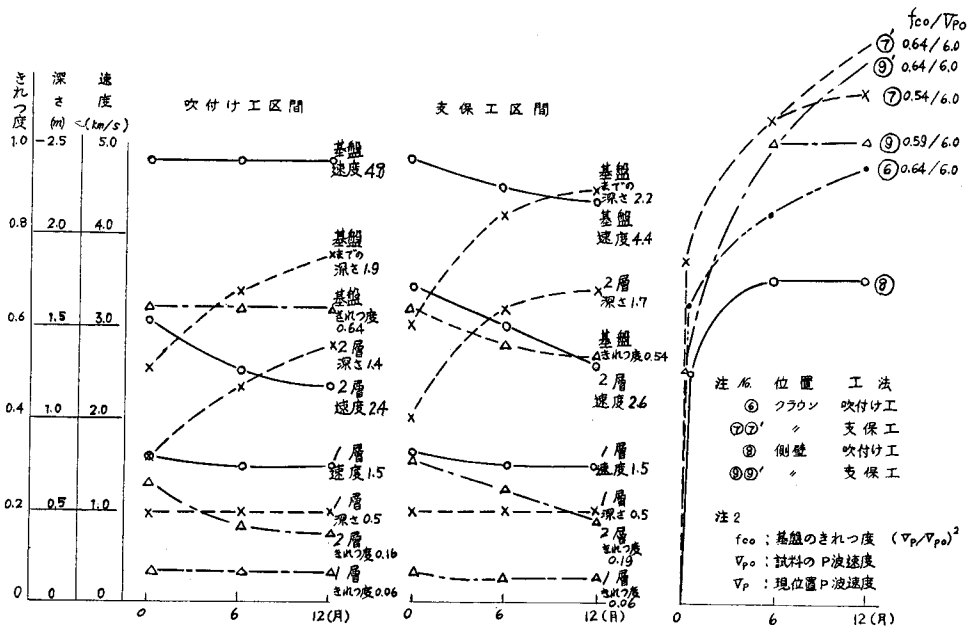


図 2 工法による周壁のきれつ度の経時変化の比較(新関門トンネル, 金山斜坑, 浅野郡司より)