

心円から成る馬蹄形が用いられる。地質が特に不良なところでは、インバートを付して閉塞断面とするほか、円形などの断面を考える必要がある。

断面が大きくなると土圧も大きくなつて、地質不良の場合などには施工が著しく困難となる。したがつて、鉄道トンネルの場合を例にとれば、地質の不良な場合複線型断面にかえて単線型断面のトンネル2本を併設するなど、トンネルの本数延長などを増加しても断面を小さいものとする方が、施工も容易で経済的な場合もあるので、計画に際しては地質、その他の条件を考え、比較検討のうえ決定しなければならない。また、著しく小さい断面は、施工能率の低下や作業環境の劣化をきたしやすく、また非常時の対策がとりにくいで、普通の場合には幅員、高さとも2m程度以上とすることが望ましい。また上下水道トンネルなどでは、将来の使用量増大を見越して断面に余裕を見込んで計画しておくことが有利な場合もある。

## 第3章 荷 重

### 第23条 総 則

トンネルの覆工または支保工にかかる荷重として、土圧、水圧、地震、その他を、一般に認められている資料をもとにして考慮しなければならない。

**【解説】** トンネルの覆工または支保工にかかる荷重の大きさやその作用状態は、今日では未だ十分に明らかにされていないのが実情である。今後これらの点の研究が大いに進められなければならないが、当面は施工の実例実績や実験研究結果などのうちから信頼するに足ると認められる資料をもととするよう示したものである。

荷重としては、外側からかかる土圧が主であるが、そのほかにも水圧や地震荷重などを必要に応じて考慮しなければならない。水路トンネル、特に圧力トンネルにおいては、内側から作用する水圧（静および動水圧）を考慮しておかねばならない。

### 第24条 土 圧

(1) 支保工に作用する土圧の大きさは、地質、施工法などを考慮して、責任技術者がこれを判定しなければならない。

特別の場合を除き、土圧があると推定される場合は、土荷重として表-1の値を用いてよい。

表 1 土荷重の高さ

内空断面の幅	土圧があると推定される場合	土圧が大きいと推定される場合
2 m	1.0 m	2.0 m
5 m	2.5 m	5.0 m
10 m	3.0 m	6.0 m

注: この表は幅 5m については全断面、幅 10m については上部半断面の施工例から推定したものである。

(2) 覆工に作用する土圧の大きさは、支保工にかかる土圧などにより、責任技術者がこれを判定しなければならない。

【解説】(1)について トンネルに作用する土圧の様相はきわめて多様であって定量的にはもちろん、定性的にも確かめられていない面が多い。同様の地質においてすら岩石のきれつや風化の状態、断層破碎の程度、地層の走向傾斜、地下水の状態などは千差万別であり、またトンネルの断面の大きさ、全断面掘削か部分掘削かなどの掘削方式の差、時間的変化などによっても変化するものであるので責任技術者の判断に待つよりほかに現在のところ方法はないといってよい。

表 1 は通常遭遇するトンネルで普通の状態と思われる範囲を示したものである。この種の土圧の求め方についてはテルツァギの示したもの（解説 表 2 参照）をはじめ多くの研究が発表されているが、一般には数値の幅が大きいとか、計算のための仮定条件から適用範囲が限られることなどから、そのまま適用することが困難なものが多い。

表 1 の作成に当っては、各種のトンネルの施工中において実際に目撃された崩壊の高さや地山のきれつの位置などの調査をもととし（解説 表 3 参照）、通常用いられている支保工の耐荷力などを参照して求めたもので、岩石の比重を 2.7 度として面積当り垂直荷重に換算できる。

土圧の実情を可能な限りこまかく判定し、これに対処する支保工、覆工を選ぶことは、トンネル工事を経済的に行なうために必要なことであるが、実際に生ずる土圧を正確に予測することは困難なことであり、また工事の安全を保つうえから相当の余裕を見込む必要がある。

トンネルの地質が岩石できわめて堅硬な場合は、全く土圧がないか、あっても岩片の少しのゆるみや浮石程度の荷重の場合もある。また地質が著しく不良で、かつ湧水もあって

解説 表 2 テルツァギの支保工に作用する土荷重の表

岩盤の状態	土荷重の高さ(m)	摘要
1. 堅硬で侵されていないもの	0	肌落ちや山はねのある場合は、軽易な支保工を要する。
2. 堅硬で層状または片岩状のもの	0~0.5 B	軽易な支保工を用いる。荷重は場所ごとに不規則に変化する。
3. 大塊状で普通程度の節理のあるもの	0~0.25B	
4. 普通程度に塊状で割れ目のあるもの	0.25B~0.35(B+Ht)	側圧はない。
5. はなはだしく小塊で割れ目の多いもの	(0.35~1.10)(B+Ht)	側圧は小さいかまたはない。
6. 完全に破碎されているが、化学的には侵されていないもの	1.10(B+Ht)	相当の側圧。漏水によりトンネル下部が軟弱となるときは、支保工下部に通し土台をするか、円形支保工とする必要がある。
7. 徐々に押し出してくるもの(中程度のかぶり)	(1.10~2.10)(B+Ht)	大きな側圧。インパートストラットが必要で、円形支保工が推奨される。
8. 徐々に押し出してくるもの(大きなかぶり)	(2.10~4.50)(B+Ht)	
9. 膨張性の地質	(B+Ht)の値にかかわらず 80°以上	円形支保工を要する。激しい場合は可縮支保工を用いる。

註：(1) この表は土かぶり 1.5(B+Ht) 以上の場合の鋼アーチ支保工天端に作用する土荷重の高さを示す。

B はトンネル掘削断面の幅 (m)

Ht はトンネル掘削断面の高さ (m)

(2) この表は、トンネル天端が地下水位以下にあるものとする。ただし永久的に地下水位以上にある場合は、4. ないし 6. の各号の値は 50% 減じてよい。

(3) 1946 年出版の Rock Tunneling with Steel Supports 所載, Karl Terzaghi 著, Introduction to Tunnel Geology による。

土砂が流動の状態にある場合や、膨張性の土圧を生ずる場合などでは、著しい強圧が現われることもある。このようなきわめて良好な場合、きわめて悪い場合の極端を除いた通常の範囲内では、表 1 に示すような二つの段階程度の土圧を考えればよいこととした。これは多くの問題はあるが努めて具体的な表現を用いたいというこの示方書の趣旨にそって提案したものである。

一般の岩石トンネルでは、水平方向の土圧はきわめて少ないので、支保工、覆工はこの表 1 の値の垂直荷重に耐え得ればおおむね安全であって、特に側圧を考慮しなくてよい。しかし、通常のトンネルの支保工や覆工は、水平方向の圧力に対しては弱いものであるので、地質地層の状況から水平方向の土圧があると考えられる場合は、別途に注意を払

う必要がある。

解説 表 3 国鉄新幹線静岡幹線工事局管内におけるトンネル崩壊高さの調査例

	トンネル名	発生年月日 (昭和)	崩壊の 高さ (m)	崩壊の 延長 (m)	支保工		地質	土かぶり (m)
					種類	建込み間隔 (m)		
支保工 建込み前 の崩壊	泉越	36. 8.29	6	5	150-H	0.80	凝灰角礫岩	330
	興津	36.10.28	3	3	150-H	0.75	泥岩	20
	蒲原(東)	36.12.29	1	1	150-H	1.20	砂礫凝灰岩	150
	蒲原(西)	37. 8.30	3	2	200-H	0.90	蒲原疊層	16
	石部	37.12.26	3	4	150-H	1.20	玄武岩	25
	石部	38. 2.20	2	3	150-H	1.20	玄武岩	20
支保工 建込み後 の崩壊	丹那(西)	36. 2. 5	不明	7	50kg 古レール	1.20	凝灰岩	230
	函南	36. 6.29	3	8	50kg 古レール	0.60	ローム	坑口
	興津	36. 8.23	4	10	150-H	0.75	軟弱砂岩	坑口
	清見寺	36.11.29	2	5	150-H	0.75	軟弱砂岩	坑口
	第1高尾山	37. 2.12	3	12	150-H	1.20	泥岩砂岩	180
	切山	37. 3. 9	—	41	150-H	0.60	頁岩砂岩	準坑口 0~10
	興津	37. 4. 4	不明	24	150-H	0.75	泥岩	100
	丹那(西)	37. 5.14	不明	17	200-H	0.90	火山荒砂	300
	蒲原(東)	37. 7.19	2	4	150-H	0.75	蒲原疊層	80
	第2高尾山	37. 8.26	—	16	150-H	0.70	頁岩砂岩	準坑口 1.5~15
	興津	38. 1. 7	3	7	150-H	1.20	軟弱砂岩	200

(2) について 挖削後の地山のゆるみは、一般に時間の経過とともに進行し、荷重の増加となる。これらの様相は、地質や施工法などによって著しい差異があるが、覆工に作用する土荷重は支保工に作用するものより、相当大きいものと考えておかねばならない。

また掘削中特に岩石トンネルにおいては、土圧は一般に考えられるよりも小さいものしか現われないことが多いが、いったん本格的に荷がかかつて来た時のことを考えると、隨時に補強できる支保工の場合と異なり、耐久性の必要な覆工に対しては、より安全を見ておくのがよい。

掘削直後、支保工を十分効かせて地山を支え、覆工をなるべく早い時期に、しかも地山

に密着するように施工し、さらに覆工背面の空隙に十分な裏込め注入を行ない得れば、地山のゆるみによる土圧を軽減し、かつ覆工の一部に強い集中荷重として作用しがちな土圧を望ましい等分布荷重に近づけることができる。

以上のような諸点を考慮に入れたうえで、責任技術者がこれを判断するよう示したものである。

## 第 25 条 偏 圧

地形、地質、その他からトンネルに対して偏圧が働く恐れのある場合は、偏圧の状態と、これに対抗するための処置について特に考慮を払わなければならない。

**【解説】**一般の場合でもトンネルの荷重は支保工、覆工に対して対称かつ一様に働くとは限らないのであるが、特にトンネル上部の土かぶりが少なく、しかも地形が急な傾斜を有する場合や、地層がトンネル断面に対して傾斜している場合などでは、往々にして土圧などがトンネルに対して左右対称でなく著しく偏って働く場合がある。また地質が特殊な粘土などで膨張性の土圧が働く場合などでは、その押し方が支保工、覆工の全周に対して均等ではないので、より多く押す方からの偏圧となって作用することになる。

一般にトンネルの支保工、覆工は、左右対称の荷重に対して有効な形状に設計されているので、偏圧に対しては危険を生ずることが多いから、荷重が偏圧であるかどうか、それにいかに対処するかは十分注意しなければならない。

過去においても、偏圧がトンネルの変状や工事中の崩壊事故などの原因となっていることが多い。

## 第 4 章 卷厚線、支払線

### 第 26 条 卷 厚 線

(1) 設計にあたっては、覆工として強度上必要な覆工の厚さを考えて設計卷厚線として示すものとする。

この線より内側には鋼製支保工の鋼材は入ってもよいが、木材などは入れてはならない。

また、地山の部分的な突出は、これが堅硬でかつ将来とも覆工に悪影響を