

第6章 覆 工

第6章 覆 工

6.1 覆工コンクリート	4-6-1
6.1.1 覆工コンクリートの配合	4-6-2
6.2 覆工コンクリート型枠工	4-6-3

第6章 覆 工

6.1 覆工コンクリート

- (1) 坑口部を除き無筋コンクリートを標準とする。
- (2) 覆工の設計巻厚は坑口部や特別の場合を除き30cmを標準とする。
- (3) 型枠工およびコンクリートのサイクルは2日を標準とする。また、覆工打設長は、10.5mを標準とする。
- (4) 地質が不良な場合、大きな偏圧が作用する場合、地震による影響を受けやすい特殊条件区間等は別途考慮し、インバートについても考えなければならない。

【解 説】

覆工は、次のような目的を有しているので、設計に際しては、地山条件、荷重条件、構造物の重要度等の諸条件を十分検討しなければならない。

供用性については、

- (1) 地下水等による漏水のない、水密性のよい構造物にする。
- (2) 使用中の点検、保守等の作業性を高める。
- (3) 水路トンネルの場合、粗度係数を向上させ通水効率を高める。
- (4) トンネル内の架線、照明、換気等の施設を保持する。

力学的特性については、掘削後、支保工により地山の変形が収束した後に覆工を施工することを標準としているので、覆工には外力が作用しないことを基本とするが、以下のような想定しない外力に対して余力を保持する必要がある。

強度特性については、

- (1) 覆工を施工した後、水圧、上載荷重等によって外力が作用した場合、これを支持する。
- (2) 地質の不均一性、支保工の品質のばらつき、ロックボルトの腐食等の不確定要素を考慮し、構造物としての安全率を増加させる。
- (3) 使用開始後の外力の変化や地山・支保工材料の劣化に対し、構造物としての耐久性を向上させる。ただし、将来的に覆工に作用する荷重の影響が大きいと考えられる場合には、覆工の耐荷力を評価し、適切な対策を講じなければならない。

覆工コンクリートの設計の考え方は、力学的な性能を付加させない場合と力学的な性能を付加させる場合とに別れる。

力学的な性能を付加させない場合には、上記の供用性を目的として施工されるが、一般に山岳トンネルの多くは、力学的な性能を付加させない場合の覆工設計として標準設計巻厚を決めている。

力学的機能を付加させる場合は、以下のような場合である。

- (1) 土圧・水圧が作用すると考えられる場合
- (2) 交通振動や将来、切土、盛土等環境条件の変化による付加荷重等の外力が作用する場合
- (3) 膨張性地山のように、地山変形の収束前に覆工を施工し地山を支持する場合
- (4) 地山条件が悪く、将来的な緩み土圧や偏土圧の作用を考慮する場合
- (5) 土被りが小さい場合や断層破砕帯の存在等、地震の影響を考慮する場合

覆工に作用する荷重としては、緩み土圧や真の土圧あるいはその他の土圧等があるが、真の土圧は設定が難しいこともあり、(3)以外では採用させることは少なく、通常は、テルツァーギ等の緩み土圧を用いることが多い。

なお、インバートは側圧や支持力不足が懸念される地山に施工するが、アーチ・側壁部に先行して打設するのが一般的である。

施工は、原則として地山変位の収束を待って施工するが、変位が長期にわたる場合には、計測結果などを考慮して判断する。一般に、内空変位の変位速度が1～3mm/月程度以下の値が2週間程度継続することで地山変位が収束したと判断し、覆工の施工を行っている例が多い。一方、大きな変位が予測される地山では、支保工建込み後、直ちに覆工を打設することにより変形を押さえる場合もある。

覆工の施工にあたっては、十分な品質管理を行い、所定の仕上がりで強度が得られるようにし、目違い・アバタ・はらみなどを起こさないよう施工する。また、覆工は所定の厚さを確保し、覆工背面には空隙が残らないよう、特に天端部分に注意して施工する。

6.1.1 覆工コンクリートの配合

覆工に用いるコンクリートの配合は、所要の強度、耐久性及び良好な施工性が得られるよう定めなければならない。

【解説】

覆工コンクリートの配合設計にあたっては、所要の強度と十分な耐久性だけでなく、良好な施工性が選られるよう考慮しなければならない。覆工に用いるコンクリートの品質、材質、配合等については、土木学会制定「コンクリート標準示方書」および「鋼繊維補強コンクリート設計施工指針(案)」に準拠する。施工コンクリートの所要強度は、地山特性、覆工の形状、支保工の種類および覆工に作用する荷重等によって異なるが、特別の場合を除き、設計基準強度として18～24MPa程度とすることが多い。

単位セメント量、水セメント比、スランプ等は、上記の所要強度のほかに使用材料や施工条件を考慮して設計しなければならない。通常、覆工コンクリートに用いるセメントは、普通ポルトランドセメント、高炉セメントB種等である。覆工コンクリートに発生するひび割れをセメントの種類と配合によって防止しようとする研究も行われているが、現在これだけでひび割れの防止ができるまでには至っていない。したがって、ひび割れ防止のためには別途の対策が必要である。

覆工コンクリートの配合は表6.1.1を標準とする。単鉄筋補強の覆工コンクリートもこれに準拠する。

表6.1.1 覆工コンクリートの配合

名称	設計基準強度 (N/mm ²)	スランプ (cm)	空気量 (%)	最大水セメント比 (%)	粗骨材最大寸法 (mm)	最小単位セメント量 (kg/mm ³)	摘要
アーチコンクリート (ポンプ打設)	18	15程度	4.5	60以下	40	270	T-1P
インバートコンクリート (ポンプ打設)	18	8程度	4.5	60以下	40	270	T-1P

6.2 覆工コンクリート型枠工

- (1) 非常駐車帯の型枠はスライドセントルとし表6.2.1を標準とする。

表6.2.1 機種を選定

機種	規格	単位	台数
スライドセントル	$\ell=6\text{m}$	基	1

注) 線形及び現場条件等により標準外になる場合は別途考慮するものとする。

- (2) 非常駐車帯と本坑接続部の妻部は、型枠(無筋構造物)足場工(無筋構造物)を計上する。なお、職種はトンネル職種に読みかえるものとする。

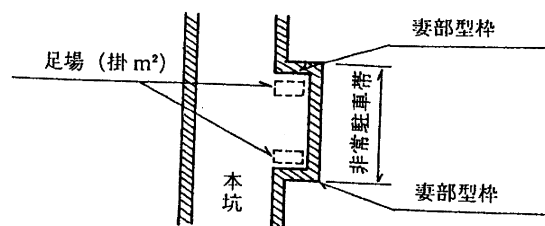


図6.2.1 非常駐車帯の足場及び妻部型枠

【解説】

- (1) トンネルの覆工に用いられる型枠は、移動式型枠と組立式型枠とに大別される。前者は走行架台と型枠が一体となって移動できるように製作されたものであり、後者は、セントルと鋼製パネル、上木を一打設ごとに組立て、解体するものである。組立式型枠は、急曲線や拡幅部などで、移動式型枠の使用が制約されたり、坑口部の施工など地山の安定対策上覆工の早期打設が必要な場合などに用いられ、通常は移動式型枠が使用されている。
- (2) 型枠は事前に測量を行い、所定の位置に据え付けなければならない。また、沈下のおそれのある場合は、必要な上げ越し量を考慮し据え付けなければならない。
事前の測量等で、所定の巻厚が確保されるように確認を行い、必要により型枠の据え付け前に適切な処置を講じなければならない。
- (3) 型枠の取りはずし時間は覆工の工程に大きく影響するが、早すぎる型枠の取りはずしは、覆工コンクリートにひび割れ等の有害な影響を及ぼすため、十分な検討が必要である。少なくとも、コンクリートが自重に耐える強度に達するまで、型枠を取りはずしてはならない。

表6.2.2 型枠の種類と最小圧縮強度

覆工の種類	型枠の種類	最小圧縮強度 $\text{N/mm}^2(\text{kgf/cm}^2)$	
		スライドセントル	バラセントル
アーチ		2.9 (30)	4.9 (50)
側壁		2.9 (30)	4.9 (50)
巻出		4.9 (50)	4.9 (50)
土圧をうける場合のアーチ及び側壁		9.8 (100)	9.8 (100)

- (4) 型わくの不等沈下などを防止するため、型わく基盤面には型わく長手方向に連続性があり、剛性の高い鋼材を敷いた上にレールを敷設するなどの沈下対策を検討することが望ましい。また、覆工コンクリート施工後に巻厚を確認するために、型わくには検測ピンを設置することが一般的であり、その構造はシート位置（吹付けコンクリート表面）まで伸ばせるものが望ましく、コンクリート打設時に空隙が残らないようにピン先端部にエア抜き孔がある中空タイプのものもある。検測ピンの例を図6.2.2に示す。

また、検測ピンによる巻厚の確認は、コンクリート打設時に型わくの所定の位置に取り付けた検測ピンを取り外して、鋼製のスケールなどで巻厚を検測する。

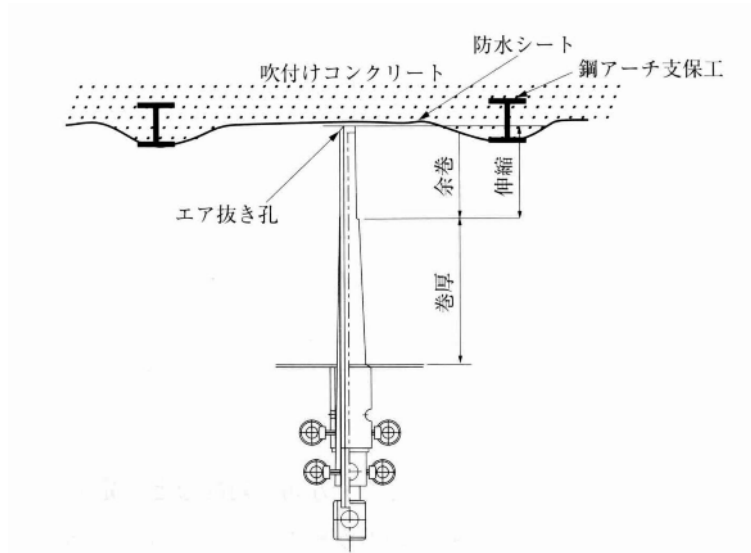
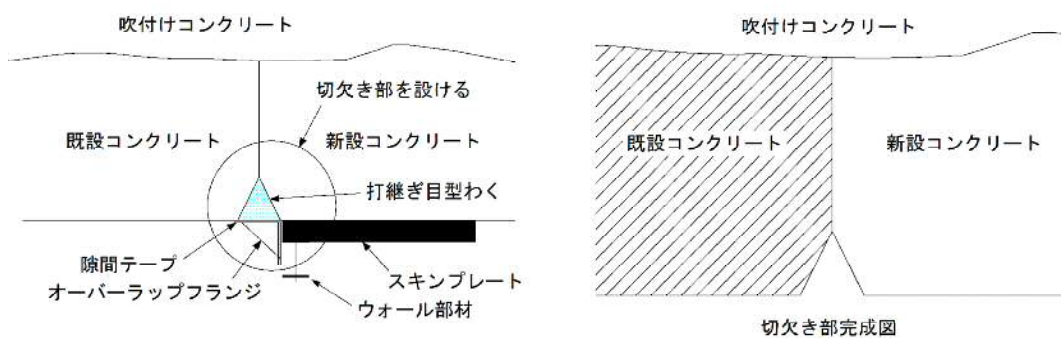


図6.2.2 検測ピン構造の例

- (5) 型わく据付けにおいて、既設側のコンクリートが若材齢の段階で新設側の覆工を打設するため、重ね合せ部分に過度の荷重をかけるとひび割れなどを発生させることがある。このようなひび割れによる角落ちなどの危険性を防止するため、打継ぎ部にゴムや発泡スチロールなどの打継ぎ目溝型わくを設置することにより切欠き部を設けることとし、重ね合せ部の型わくがこの打継ぎ目溝型わくのみ接するように工夫している例が多い。打継ぎ部の例を図6.2.3に示す。



注) 打継ぎ目の損傷防止の観点から三角形形状が望ましい。

図6.2.3 打継ぎ部のオーバーラップフランジと切欠き部の例