

<問題Ⅳ－（２）： トンネル>

1. 山岳工法の施工方法等に関する記述として、誤っているものを a～d のなかから選びなさい。
 - a. 地山が軟弱で土被りが小さい場合には、切羽の安定性も悪く地表面沈下量も大きくなるので、沈下抑制に効果のある側壁導坑先進工法等が採用される場合もある。
 - b. 機械掘削は、一般に中硬岩から未固結地山に適用されているが、トンネル延長、地山の強度特性等を考慮して掘削機械を選定する。
 - c. ベンチカット工法は、一般に上部半断面（上半）、下部半断面（下半）に 2 分割して掘進する工法であるが、特異なものとして、3 段以上に分割する多段ベンチカット工法もある。
 - d. 掘削断面形状は、一般には馬てい形でトンネルの安定が保たれている例が多いが、強大な荷重が作用すると予想される場合にインバートを採用する場合には、側壁とインバートの取付け部はできるだけ小さな曲率半径とすることが望ましい。

2. 山岳工法の覆工コンクリート等に関する記述として、正しいものを a～d のなかから選びなさい。
 - a. 覆工コンクリートは、地山変位が収束したことを計測で確認したのちに打ち込むことを原則とする。変位の収束は、1～3mm/月程度（0.2～1mm/週程度）の値が、少なくとも 1 週間程度継続することを目安値（管理基準）とすることが多い。
 - b. 覆工コンクリートの鉄筋の固定方式には、吊り金具方式と非吊り金具方式があり、一般には非吊り金具方式が用いられている。
 - c. 覆工コンクリートは、練混ぜ後、すみやかに運搬し打ち込むことが大切である。練混ぜはじめてから打ち終わるまでの時間は、外気温が 25° C を超えるときで 1.5 時間以内、25° C 以下のときで 2 時間以内が標準となっている。
 - d. 型枠を取り外してよい時期は、コンクリートの種類、トンネルの大きさ、形状、覆工巻厚および施工条件等によって異なるが、通常、コンクリート打込み後 8～10 時間で型枠を取り外している例が多い。

3. 山岳工法における未固結地山の施工に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 未固結地山の掘削では、切羽周辺および切羽前方の地山を緩めないよう、早期に断面を閉合するとともに地山条件にあわせた適切な補助工法を選定する。
- b. 未固結砂質土では、一般に湧水により切羽の安定性は著しく悪化する。粘土、シルト分が砂分に比較して少なく（10%以下）、均等係数が小さい（5以下）含水未固結砂質土では、地山の流動化現象が生じやすい。
- c. 未固結地山において帯水している場合は、切羽崩壊を起こしやすいため、排水工法は避け、止水工法による地下水対策を検討する必要がある。
- d. 未固結地山の掘削の考え方には、掘削断面を小断面に分割して切羽の安定を確保する考え方と、切羽前方の掘削断面の外周をあらかじめ先受け工等により補強してできるだけ大断面で効率良く掘削しようとする考え方がある。

4. 山岳工法における膨張性地山の施工に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 膨張性地山のトンネルでは、地山の挙動と土圧の作用において特異な状況を示す。こうした土圧は、掘削直後ではごく小さい場合でも、切羽の進行とともに増加し、その強大な土圧によって支保工が破壊されることがある。
- b. 膨張性地山のトンネルでは、想定される現象に類似した施工例等も参考として、適切な設計、施工、観察・計測計画を行う必要がある。とくに中・古生層の泥岩や凝灰岩では地下水の影響による吸水膨張やスレーキング等が生じることがある。
- c. 膨張性地山においては、その現象によって縫返しがないように当初から対策を講じる必要がある。具体的には当初から大きな剛性の支保工により、地山変位を小さく抑える方法が一般的である。
- d. 膨張性地山には、岩石強度をはるかに超える応力による塑性流動化を原因として内空断面が縮小する地山（スキージング地山）、吸水による岩石の体積膨張を原因として内空断面が縮小する地山（スウェリング地山）の2種類がある。

5. 山岳工法における補助工法に関する記述として、正しいものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 注入式フォアポーリングは、切羽より斜め前方の地山に 7m 程度以下の長さのボルトやパイプ等を打設すると同時に超急結性のセメントミルクや薬液等を圧力注入し、切羽前方アーチ部の安定性を高める工法である。
- b. 長尺フォアパイリングは、崖錐、断層破碎帯、未固結地山等の地山のアーチ作用が期待できない不安定な地山を補強し、先行変位を抑制するとともに切羽の安定化を図る工法で、一般に先受け材としては鋼管が用いられ、その長さは 3m 程度以上のものをいう。
- c. 脚部の安定対策には、吹付けコンクリートによる仮インバートの施工、支保工脚部にロックボルト、鋼管、ジェットグラウト等を施工し支持力を増強する方法、脚部の支持面積を小さくするウイングリブ付き鋼製支保工等がある。
- d. ウェルポイントは、集水管を地盤に設置し、地盤に負圧をかけて地下水を吸引する方法である。一般に、地下水位低下は 5~8m が限度といわれている。坑内から施工する場合は、上半部分を先進させて行うが、土被りが小さく地表の土地利用がない場合は地上から施工することもある。

6. 主なトンネル工法の相互比較に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. シールド工法の最小土被りは、一般には $1.0D \sim 1.5D$ (D : シールド内径) といわれている。これまでの実績では $0.5D$ 以下の事例もある。
- b. シールド工法のトンネル外径の実績は、最大で 17m 程度である。施工途中で外径の変更は一般には困難であるが、径を拡大あるいは縮小する工法の実績もある。
- c. 開削工法は、施工上、最小土被りによる制限はない。最大深度は、40m 程度の実績が多いが、それ以上となる大深度の施工実績も少しずつ増えている。
- d. 山岳工法は、トンネル周辺地山の支保機能を有効に活用し、吹付けコンクリート、ロックボルト、鋼製支保工等により地山の安定を確保して掘進する工法である。

7. 山岳工法における地山条件に応じた観察・計測項目の選定に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。
- 硬岩・中硬岩地山において施工時に問題となる現象は、岩塊・岩片の肌落ちや緩み、崩落、切羽の自立性、山はね（土被りが大きく割れ目が多い場合等）である。
 - 軟岩地山（膨張性地山は除く）において必要な観察・計測項目は、坑内観察調査、天端・脚部沈下測定、内空変位測定である。
 - 膨張性地山において施工時に問題となる現象は、側壁の押出し、盤ぶくれ、切羽の押出しや自立性である。
 - 土砂地山において施工時に問題となる現象は、地山の緩みとそれにとまなう地表面の沈下、切羽の流出、近接構造物への影響である。
8. 道路トンネルの非常用施設に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。
- 消火栓の設置間隔は 50m を標準とし、水源は消火栓 5 個同時に、40 分程度放水できる容量を確保することが望ましい。
 - トンネルの坑口間が非常に短いあるいは連続したトンネルにおいて、煙の影響が隣接トンネルに及ぶために 1 本のトンネルと同様な危険性が考えられる場合には、連続したトンネル延長の合計に応じた等級にすることが望ましい。
 - トンネル等級の AA 級においては、排煙設備または避難通路を設置するが、延長 3000 m 以上のトンネルにおいては、避難通路を設置することが望ましい。
 - 誘導表示板は出口までの距離、または避難通路までの距離や方向、位置などの情報を表示するもので、設置間隔は両側 200m 以下を標準とするが、配置は対向および千鳥の例がある。
9. 道路トンネルにおける一般的な定期点検の実施に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。
- 点検員はトンネルの変状・異常を確実に抽出し、利用者被害を防止するための応急措置、応急対策および調査の必要性等専門的な判断が求められるため、高校卒業者は、11 年以上のトンネルに関する実務経験を有する者が望ましい。
 - 定期点検の頻度は、5 年に 1 回を基本とする。なお、点検の精度を向上させ、安全な交通を確保し利用者被害を防止する観点から定期点検結果と道路の重要性等を考慮して点検頻度をより密に実施することは妨げられていない。
 - 初回の定期点検は、トンネルの供用後から 1~2 年以内に実施することが望ましい。
 - 供用前に定期点検を行った場合は、その結果をもとに必要なに応じて適切な措置を講じたうえで供用することが望ましい。

10. 山岳工法における道路トンネルの標準的な支保構造の組み合わせの目安に関する記述として、正しいものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 地山等級 D I であっても、下半部に堅岩が現れるなど岩の長期的支持力が十分であり、側圧による押し出しなどもないと考えられる場合はインバートを省略できる。
- b. 通常断面トンネル（内空幅 8.5~12.5m 程度）における支保パターン B のロックボルトの長さは 3m で、その施工範囲は上半である。
- c. 大断面トンネル（内空幅 12.5~14.0m 程度）における支保パターン C I のロックボルトは 3m で、その施工範囲は上下半である。
- d. 支保工の組み合わせの目安として鋼繊維補強吹付けコンクリート（SFRC）などを用いる場合でも、金網は省略できない。

11. シールド工法の掘削機構に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. ジャッキ 1 本あたりの推力と本数は、シールド外径、総推力、セグメントの種類およびトンネル線形等の関係を考慮し定める。一般にシールドジャッキ 1 本あたりの推力は、中小口径シールドで 500~1500KN、大口径で 2000~5000KN のものが使用されている。
- b. カッターヘッドの開口率は、泥水式シールドの場合、10~30% 程度、土圧式シールドの場合、開口率が面板形では 30~40%、スポーク形では 60~80% 程度の場合が多い。
- c. カッタービットの種類は、ティースビットやローラーカッター、先行ビット、フィッシュテール等があり、先行ビットは地山の先行掘削、発進、到達部等の仮壁切削や地盤改良部の切削、およびティースビットの保護に用いられる。
- d. カッターヘッドの支持方式のうち、外周支持方式は、カッターヘッドの外周部がリング状のドラム、または、複数本の支持脚により支持されている方式である。カッターヘッドの回転はドラム、または、支持脚を介して行われる。本方式は大口径に採用されることが多い。

12. 山岳工法における主な計測項目に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. ロックボルト軸力測定は、ロックボルトに生じたひずみから、ロックボルト軸力を算出し、効果の確認、ロックボルト長、ロックボルト径の適否を判断する。
- b. 吹付けコンクリート応力測定は、吹付けコンクリート応力から、支保効果の確認、増吹きの必要性等を判断する。吹付けコンクリート応力測定のうち、トンネル接線方向の測定を背面土圧測定、半径方向の測定を吹付けコンクリート応力測定とよぶ。
- c. ロックボルト引抜き試験は、ロックボルトの定着効果を確認し、引抜き耐力から適正な定着方式や、ロックボルトの種類を選定を目的として実施する。
- d. AE 測定は、山はね現象の発生の危険度を評価する。

13. 山岳トンネルの変状原因と特徴に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 支持力不足がトンネルの変状と結びつきやすいのは、縦断的、あるいは横断的な不等沈下である。前者の場合、トンネル横断方向のひび割れが生じやすい。また、後者の場合はトンネル軸の回転をともしない、斜め方向のひび割れが生じる。
- b. 膨張性土圧による変状では、左右の側壁あるいはアーチの両肩に、複雑な水平ひび割れが生じやすく、アーチと側壁間に打継ぎ目がある場合には段差が生じることがある。
- c. 緩み土圧は、地山が緩み、自重を支えられなくなり、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするものである。このため、アーチの天端にトンネル横断方向の引張りひび割れを生じるものが多い。
- d. 寒冷地のトンネルでは、凍害は覆工の劣化要因の中でもっとも問題となることが多い要因である。凍害の発生機構は、コンクリート中の水分の凍結およびそれにとまなう体積膨張にある。

14. 道路トンネルにおける換気に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. トンネル利用者あるいは保守作業員などの安全と快適性を確保するためには車道内風速は一方通行の場合で 12m/s 程度、対面通行の場合で 8m/s 程度、歩行者がある場合には 7m/s 程度を上限にする必要がある。
- b. 換気施設の設計の対象とする有害物質は、煤煙と二酸化炭素であり、二酸化炭素の設計濃度は設計速度に関わらず 100ppm である。
- c. 換気施設の設計の対象とする有害物質のうち、煤煙の設計濃度（100m透過率）は、設計速度 80km/h 以上は 50%、60km/h 以下は 40% である。
- d. 排出量は標高 400m 以下で縦断勾配がないトンネルにおいて、平均的な自動車の走行状態（円滑な走行速度 40~80km/h）に対する自動車からの排出ガス量である。

15. 山岳工法における道路トンネルの設計に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. トンネル内の舗装は全面的な打替えが困難なため、通常、オーバーレイを行う。そのため、内空断面の決定に際しては、建築限界の高さにこれらの余裕を見込んでおく必要がある。この余裕としては 20cm 以上とすることが望ましい。
- b. 坑口付けの切土に際しては、坑口斜面への影響、周辺環境との調和、坑口部の施工法などを考慮し、適切な土被りを確保する。一般には、これまでの実績を踏まえて最小 2~3m 程度を確保する。
- c. 坑門の面壁の設計においては、面壁に発生する応力がトンネル覆工にも影響するため、覆工内側面にも面壁に配置する主筋と同等の鉄筋を面壁から 5m 程度配置する。
- d. インバート半径は、路盤構造、中央排水工、側溝などを包含するとともに地山の性状を考慮した合理的な形状を選定しなければならない。一般には、インバートの半径は、上半半径の 2~3 倍とすることが多い。

16. 地圧発生の予測に関する組み合わせの記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

【地質】

【スレーキング特性】

【地圧発生特性】

- a. 花崗岩類・・・スレーキングしない・・・地圧発生しにくい
- b. 安山岩・玄武岩・・・スレーキングしない・・・地圧発生しにくい
- c. 蛇紋岩・・・スレーキングしにくい・・・地圧発生しにくい
- d. 中古生層の頁岩・粘板岩・・・スレーキングしやすい・・・地圧発生しやすい

17. 施工時の坑内安全点検項目・内容に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

【点検項目】

【点検内容】

- a. 地山・・・切羽における浮石や亀裂等の有無、未覆工区間の変状の有無、可燃性ガスや有毒ガスの発生の有無および湧水の状態、地表面の変状の有無等
- b. 支保工・・・吹付けコンクリートのひび割れおよび剥離の有無、ロックボルトの定着状態、プレートの変形、ボルトの破断、鋼製支保工の沈下および変形等
- c. 作業環境・・・温度、湿度、風速、気圧、酸素濃度、視界、通気量、排気ガス、粉じん濃度、湧水の ph 濃度
- d. 機械、設備・・・通路、運搬路、軌道、走行車両、換気設備、照明設備、排水設備、連絡通報設備、緊急避難設備および救護用具等の整備状況等

18. 覆工コンクリートの養生に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 打ち終わったコンクリートに十分な強度を発現させ、所要の耐久性、水密性等、品質を確保するためには、打込み後一定期間中、コンクリートを適当な温度および湿度に保つ必要がある。
- b. コンクリート養生期間には、振動や変形等の有害な作用の影響を受けないようにする必要がある。
- c. 坑内は坑奥ほど温度低下があるため、ヒーターによる加熱等の付加的な養生を計画する必要がある。
- d. トンネル貫通後には通風等により温度、湿度が低下することがあるため、必要に応じてシート等による通風の遮断や保温、ジェットヒーターによる加熱等、養生に適した坑内環境を確保する必要がある。

19. トンネル変状に関する坑内調査項目の組み合わせに関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

	状態	調査項目	調査方法
a	ひび割れ	位置、形態、規模、パターン、進行性、目地切れ、材質、剥離・剥落等	目視観察、打音検査、写真撮影、ボーリング、超音波、ひび割れ計、スケール・ノギス等
b	変形	断面形状、内空変位量、地中変位量、盤膨れ、沈下量等	断面測定器、内空変位計、地中変位計、水準測量等
c	漏水	位置、濁り、漏水量、水温、水質、土砂流入、つらら、側氷等	ボーリング、電磁波法、目視検査、打音検査等
d	材料劣化	位置、強度、中性化深さ、材質等	目視観察、打音検査、写真撮影、非破壊検査、強度試験、pH 試験、中性化試験、化学分析等

20. 施工時の支保工変更に関する組み合わせの記述として、誤っているものを a～d のなかから選びなさい。

【変更項目】・・・・・・・・・・【変更内容】

- a. 吹付けコンクリート・・・・・・・・厚さ、強度、材質、繊維補強等の変更
- b. ロックボルト・・・・・・・・長さ、本数、耐力、定着材、定着方式等の変更
- c. 鋼製支保工・・・・・・・・有無、寸法、建込み間隔、強度、材質等の変更
- d. インバート・・・・・・・・有無、形状、裏込め注入、施工時期、材質等の変更

21. 設計、施工計画段階の地質調査の目的に関する記述として、誤っているものを a～d のなかから選びなさい。

- a. トンネル区間の全体的な地質構造、地質分布およびその性状の把握
- b. 特殊な地山の分布や性状の把握および問題となる現象の発生予測
- c. 坑口位置の地形、地質条件および問題となる事項の把握
- d. 切羽の安定性評価、掘削工法および覆工コンクリート打設方式の選定、支保工の設計、補助工法の選定等の設計、施工や積算に必要な情報の取得

22. TBM 工法の構成要素と機能の記述の組み合わせとして、誤っているものを a～d のなかから選びなさい。

	構成要素	構成機器	機能
a	掘削部	ディスクカッター	岩を圧砕する刃物
b	駆動部	カッターヘッド駆動装置	カッターヘッドを回転させる
c	推進部	スラストジャッキ	推進力を発生させる
d	推進反力支持部	メインビーム	推進反力を確保する

23. 山岳トンネルに使用される覆工材料は、時代によって変遷している。古い順にあげた記述として、正しいものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 石積み、無巻（無覆工）、レンガ積み、コンクリートブロック積み、場所打ちコンクリート
- b. レンガ積み、無巻（無覆工）、石積み、コンクリートブロック積み、場所打ちコンクリート
- c. 石積み、無巻（無覆工）、コンクリートブロック積み、レンガ積み、場所打ちコンクリート
- d. 無巻（無覆工）、石積み、レンガ積み、コンクリートブロック積み、場所打ちコンクリート

24. 山はねに関する記述の組み合わせのうち、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

	トンネル名	地質	山はねの発生状況と位置
a	関越トンネル (関越自動車道)	石英閃緑岩 ホルンフェルス	・土被り 750m 程度以上 ・鏡
b	大清水トンネル (上越新幹線)	花崗岩 花崗閃緑岩	・土被り 100m 程度以上 ・切羽天端～側壁 ・切羽後方 20m 程度の天端～側壁
c	雁坂トンネル (国道 140 号)	花崗閃緑岩 ホルンフェルス 砂岩・粘板岩	・土被り 300m 以上 ・天端～側壁
d	新清水トンネル (上越線)	石英閃緑岩 花崗閃緑岩 ホルンフェルス 花崗岩	・土被り 500m 程度以上 ・側壁

25. 特殊な地山条件において問題となる現象と調査時に取得すべき情報に関する組み合わせのうち、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

【問題となる現象】

【取得すべき情報】

- a. 断層破碎帯での切羽の崩壊、突発的湧水・・・地山強度比、地下水位、破碎帯等の分布や性状
- b. 坑壁の押出しによる内空断面の縮小・・・・・・スメクタイト含有量、地山強度比
- c. 山はねが生じる地山の切羽崩壊・・・・・・・・・相対密度、粒度分布
- d. 高圧熱水、有毒ガス発生・・・・・・・・・温度、ガス濃度

26. トンネル工事を規制するおもな関連法規類に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 都市計画関係の関連法規類としては、「都市計画法」「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」「都市再生特別措置法」などがある。
- b. 自然・文化財保護関係の関連法規類としては、「自然公園法」「都市公園法」「環境基本法」などがある。
- c. 環境・公害・廃棄物関係の関連法規類としては、「環境基本法」「環境影響評価法」「土壌汚染対策法」などがある。
- d. 災害防止関係の関連法規類としては、「宅地造成等規制法」「地すべり等防止法」「道路交通法」などがある。

27. トンネルの周辺環境調査に関する調査項目と調査事項の組み合わせのうち、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

【調査項目】

【調査事項】

- a. 地下水状況・・・・・・・・・帯水層の分布と透水性、帯水層ごとの地下水圧と水質および経年変化、地下水の流向と流速、湧泉の分布と湧水量
- b. 地表水状況・・・・・・・・・表流水、温泉、湧泉、湖沼、湿原の分布、天然ガスの分布
- c. 地表面沈下・・・・・・・・・事業対象領域の年間沈下量と累積沈下量、沈下の範囲、層別沈下量と沈下速度、沈下による建物等への影響
- d. 動植物・・・・・・・・・動物、植物の分布（特に希少な種）、生態系調査

28. 坑外仮設備に関する記述として、誤っているものを a～d のなかから選びなさい。
- a. 坑外設備のおもなものとしては、掘削設備、コンクリート製造設備、諸建物、電気設備がある。
 - b. 掘削設備には、ずり仮置き設備、軌条設備、火薬関係設備、シックナー、資材置場等がある。
 - c. 環境対策として、騒音対策設備、汚濁水処理設備等が必要となる場合もある。
 - d. 坑外設備については、トンネル断面、延長等の工事規模、掘削工法、掘削方式、ずり処理方式等の施工方法に適応した設備内容を計画するほか、関連法規類に抵触することのないように計画しなければならない。
29. 設計、施工において留意すべき事項と問題となる現象および取得すべき情報に関する記述として、誤っているものを a～d のなかから選びなさい。

	設計、施工において留意すべき事項	問題となる現象	取得すべき情報
a	小さな土被りの場合	地表面沈下、陥没、偏土圧、盤膨れ	地すべり等の地形条件、強度および変形特性、透水性、立地条件
b	都市域を通過する場合	地表面沈下、近接構造物の変位と変状、地下水位低下	強度および変形特性、透水性、立地条件、近接構造物の位置
c	特に大きな土被りの場合	高圧湧水、土圧の増大	強度および変形特性、透水性、水圧、地下水位
d	水底を通過する場合	多量湧水	強度および変形特性、湧水量、透水性、水底の地形

30. 設計条件における地山条件に関する記述として、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 山岳トンネルは地山の支保機能を利用する構造物であるから、地形、地質および水文からなる地山条件を考慮して設計しなければならない。
- b. 一般的な地山条件では、通常、①標準設計、②類似条件での設計、③解析的手法のいずれかの方法で行われる。標準設計あるいは類似条件での設計を適用する場合は、地質条件、弾性波速度、地山強度比(= $\gamma H / q_u$ 、 q_u : 地山の一軸圧縮強さ、 γ : 地山の単位体積重量、 H : トンネルの土被り)、地山物性値(変形係数やポアソン比等)等に関する情報に基づき、標準設計の各パターン適用の可否および類似性の有無を判断する。
- c. 解析的手法を適用する場合は、解析条件(モデルの設定、境界条件、入力物性値、初期地圧、応力解放率等)によって計算結果が大きく異なるため、計算結果の評価には十分な注意が必要である。
- d. 山岳トンネルにおいて考慮される土圧はおもに、①掘削面の変位に伴って支保工に作用する土圧、②上方の地山が緩むことによって支保工または覆工に作用する緩み土圧、あるいは③供用段階で長期的に増大する土圧に分類される。