

<問題Ⅳ－（２）：トンネル>

1. 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. 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。
  - b. 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、トンネル縦断方向のひび割れが生じやすい
  - 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縦断方向の引張ひび割れを生じるものが多い。
  - d. コンクリートの経年劣化の代表的な原因は中性化である。コンクリートの中性化は、主としてコンクリート中の強アルカリ生成物である水酸化カルシウムが、大気中の炭酸ガスと反応してアルカリ性を失い、中性化する現象をいう。
  
2. 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. 換気施設の設計の対象とする有害物質は、煤煙及び一酸化炭素であり、一酸化炭素の設計濃度は設計速度に関わらず100ppmである。
  - b. 換気量は交通条件（交通方式、交通量、走行速度、車種構成など）、トンネル条件（延長、縦断勾配、断面など）、設計濃度などによって求まる。
  - c. 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。
  - d. 排出量は標高500m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。

3. 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。
- a. 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。
  - b. 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3000m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。
  - c. 消火栓の設置間隔は50mを標準とし、水源は消火栓3個同時に、30分程度放水できる容量を確保することが望ましい。
  - d. 避難誘導設備には、情報を提供することにより安全に誘導し避難させる誘導表示板と、避難環境に役立つ排煙設備や避難通路がある。
4. 道路トンネルの定期点検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. 定期点検は、トンネルの最新の状態を把握するとともに、次回の定期点検までに措置の必要性の判断を行う上で必要な情報を得るために行う。そのため、5年に1回の頻度で実施することを基本とする。なお、トンネルの状態によっては5年より短い間隔で点検することを妨げるものではない。
  - b. 初回の定期点検は、トンネル建設後1年から2年の間に実施するのが望ましい。ここでいう建設後とは、供用開始日のことを指す。
  - c. 定期点検は、基本としてトンネル本体工の変状を近接目視により観察する。また、覆工表面のうき・はく離等が懸念される箇所に対し、うき・はく離の有無及び範囲等を把握する打音検査を行うとともに、利用者被害の可能性のあるコンクリートのうき・はく離部を撤去するなどの応急措置を講じる。
  - d. 付属物の定期点検の方法としては、トンネル内付属物の取付状態や取付金具類等の異常を確認することを目的に、近接目視やハンマー等による打音検査、手による触診を行う。

5. 道路トンネルの定期点検における着目点と留意事項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. 覆工の目地及び打ち継目は、コンクリート面が分離された部分であり、周辺にひび割れが発生した場合、目地及び打ち継目とつながりコンクリートがブロック化しにくい。
  - b. 覆工の型枠解体時の衝撃等により、目地及び打ち継目付近にひび割れが発生することはない。
  - c. 覆工を横断的に一つのブロックとしてとらえると、天端付近はブロックの中間点にあたり、乾燥収縮及び温度伸縮によるひび割れが生じにくい。
  - d. コールドジョイントは施工の不具合でできた継目である。特にコールドジョイントが覆工の軸線と斜交する場合は、薄くなった覆工コンクリート表面にひび割れが発生し、はく落しやすい。また、せん断に対する抵抗力が低下する原因となる。
6. 道路トンネルの定期点検における調査の代表的な手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. ひび割れ進行性調査は変状の進行の有無とその進行状況を確認する目的で行われ、ひび割れ進行の有無を判断するためには通常の場合2年以上継続して測定を継続することが望ましい。
  - b. 漏水（状況）調査は、漏水の位置、量、濁りの有無、凍結状況を調査するもので、既に行った漏水防止工事の種類、箇所及び排水設備の状況や、それらの効果と機能状況については調査する必要がない。
  - c. 漏水水質試験は、覆工コンクリート等の劣化原因や漏水の流入経路の推定を行うことを目的とし、水温の箇所ごとの季節的変動をみることによって、漏水が地下水に関係するものか、地表水に関係するものかの判別に利用できる。
  - d. 非破壊検査に使用されている手法として実用化されているのは、電磁波法（地中レーダ）による覆工巻厚、空洞の有無であり、空洞の大きさは調査できない。

7. 山岳道路トンネル(通常断面トンネル)の標準的な支保パターン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. 地山等級が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. 鋼繊維補強吹付コンクリート (SFRC) などを用いる場合でも、金網は省略できない。
  - c. 地山等級がD IIにおいては、上部半断面工法の場合は上半部に、補助ベンチ付全断面工法は掘削に時間差が無いため上、下半部に変形余裕量として10cm程度見込んで設計するのが通例である。
  - d. 通常断面の適用範囲であっても、大断面との境界付近で上半三心円などの扁平な断面を採用する場合には、大断面の支保パターンの適用を検討する。
8. 山岳工法のインバート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. 地山条件がそれほど悪くはなく、インバートの使用目的が長期的な安定性の維持や近接施工等に対する将来的な耐荷性能の確保、あるいは水路トンネルにおける流路形成機能の確保等の場合には、インバートの設置時期についての制約をとくに設ける必要はない。
  - b. 道路トンネルでは、原則として坑口部および地山等級Dの区間にインバートを設置し、地山等級B及びCにおいても第三紀の泥質岩類、凝灰岩類、蛇紋岩、風化した結晶片岩、温泉余土等の泥ねい化、粘土化しやすい地質では原則として設置することとしている。
  - c. インバートの力学的特性については、地山が不良な場合に、支持力不足による覆工の脚部の沈下や塑性地圧等の作用による側壁部の変位等を防止する機能がある。
  - d. インバートの設置区間としては、インバートが必要と判断される区間の前後に影響範囲を考慮した一定延長を確保することが望ましい。また、インバートの設置が必要な区間が断続的に続くような場合においては、連続した設置を検討するなどの考え方がある。
9. 山岳工法における観察・計測結果の評価・判断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. 坑内からの計測結果には、掘削以前の変位(先行変位)は含まれていない。また、得られたデータは既施工区間のものであり、切羽より前方の挙動は推定となる。
  - b. 得られたデータは、計器の特性(精度および誤差)について考慮する必要はない。
  - c. 変位計測のみではとらえきれない地山挙動もあり、坑内観察や施工状況等をあわせた工学的判断を必要とする場合も多い。
  - d. トンネル施工においては、切羽進行にともなって変位が増大した後に収束するという傾向が一般的である。

10. 山岳トンネルの物理探査技術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. 電気探査比抵抗法は地盤の比抵抗分布を把握するための探査手法であり、二次元比抵抗探査が実用化されたことによりトンネル調査に多く適用されるようになった。なお、二次元比抵抗探査の実用的な探査深度は400~500m程度である。
- b. 弾性波探査屈折法は最も一般的な探査法であり、実用的に探査可能な深度は150~200m程度であり、土被り厚が200mを越すようなトンネルの場合、有効性が問題視されることが多い。
- c. 電磁探査は、地盤の比抵抗分布を探査する手法であり、地盤中に人工的に発生させた交流電磁場から励起される二次電磁場を測定することで地盤の比抵抗分布を求める。
- d. トモグラフィ的解析法は、地山を格子状に区分し個々の格子の速度分布を求める解析法である。複雑な地質構造の場合、地山の速度構造は必ずしも層構造をなしておらず、はざとり法の解析では不十分であることから使用されるようになった。

11. 山岳トンネル工事における近接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. 山岳トンネル工事側の近接施工対策としては、極力掘削に伴う変位や沈下が生じないような、あるいは周辺への騒音、振動の影響を及ぼさないような掘削方式、掘削工法、支保、補助工法が採用される。
- b. 掘削方式としては、一般的に機械掘削が採用されるが、地盤が硬質な岩盤の場合でも制御発破や分割発破あるいは割岩工法が採用され、周辺地山への影響を低減して変位抑制を図り、さらに騒音・振動の低減を図っている。
- c. 近接構造物側の管理基準は構造物の種類によって異なる。例えば日本建築学会では、構造種別における基礎形式ごと、支持地盤種別ごとに限界変形角、相対沈下量、総沈下量の限界値を定めている。
- d. 近接施工に関する指針類において最も古いのが、昭和41年の建設省の「近接橋台橋脚の設計施工指針(案)」である。

12. シールドトンネルの用語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. 覆工厚とは、覆工の厚さの総和で、一次覆工厚と二次覆工厚からなる。
  - b. セグメントリングとは、一次覆工を形成するリングをいい、一般的には、A、BおよびKセグメントで構成され、Aセグメントは、両端のセグメント継手に継手角度を有するセグメントである。
  - c. シールドの長さとは、シールドのトンネル軸方向の長さをいい、「シールド本体長さ」、「シールド機長」、「シールド全長」で表現される。
  - d. テールシールとは、シールドテール部のスキンプレート内面に装着し、セグメント外面に押し付けることで、裏込め注入材や土砂を伴う地下水の流入防止を行う装置をいう。
13. 開削トンネルにおける耐震の構造細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. 軸方向鉄筋の継手は、地震時に変形が生じ、かぶりコンクリートがはく落するような部位には設けないことを原則とする。やむをえず設ける場合には、重ね継手は用いないこととし、十分な継手性能を有するものを用いなければならない。
  - b. 横方向鉄筋の部材軸方向の間隔は、軸方向鉄筋の直径の15倍以下で、かつ部材断面の最小寸法の1/2以下とする。なお、横方向鉄筋は、原則として、軸方向鉄筋を取囲むように配置する。
  - c. 矩形断面で帯鉄筋を用いる場合には、帯鉄筋の一辺の長さは、帯鉄筋直径の48倍以下とし、帯鉄筋の一辺の長さがそれを超える場合には、中間帯鉄筋を配置しなければならない。
  - d. 兵庫県南部地震で被災した開削トンネルは、周辺地盤のせん断変形によりトンネル横断面にせん断変形が生じ、トンネル中柱に甚大な損傷を受けたと考えられている。そのため、レベル2地震動に対して、開削トンネルの構造部材が十分な変形性能を確保できるように構造細目を定めている。

14. シールドトンネルを計画するにあたって留意すべき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. 緩い砂質土層や粒径が均質な砂層においては、シールド掘進に伴い切羽の流砂現象が発生し、鋭敏比が低い粘性土層においては、地山強度の低下が発生して、切羽が不安定となる可能性がある。
  - b. 土丹層等、粘性土主体の層においては、チャンバーや排土設備内における粘性土の付着に伴い、閉塞等が生じる可能性がある。
  - c. 大土被りでの施工等、高水圧が予想される土層において泥土圧シールドにて施工を行う場合には、高水圧下での排土設備における噴発等、切羽圧力の保持が不安定となる可能性がある。
  - d. シールド断面の大口径に伴い、硬軟両土質を含む土層を施工する場合には、掘削負荷上昇に伴う施工能力低下や計画線形確保が困難となる可能性がある。
15. 山岳トンネルの補助工法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. 地表面沈下対策としての長尺フォアパイリングは、通常、トンネル外周部に直径50～125mmの長尺鋼管を打設したうえで鋼管内から注入を行い、鋼管の剛性と地山改良効果により地表面沈下を抑制するものである。
  - b. 鏡ボルトは、一打設長7m程度以下の短尺ものとそれ以上の長尺ものがあり、鏡の一部または全面にボルト等を打設して、鏡の安定や地表面の沈下抑制に用いられる。
  - c. デイプウェルは、一般に、外径300～600mm程度の井戸を掘り、水中ポンプによって排水する工法である。デイプウェルは、ほぼ一定間隔で設置しなければよい効果が得られないので、地表に建物等の支障物がある場合には、配置等に特別の配慮が必要である。
  - d. 注入工法は、地山の強化によるアーチアクション効果を期待して地表面沈下対策として用いられる場合とトンネル掘削時の地下水位低下による粘性土の圧密沈下を防止する場合がある。
16. 緩み圧による変状の原因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. 外因として、緩みやすい地山や地震による緩み領域の拡大に起因することがある。
  - b. 環境的な外因として、周辺地山の風化や材料劣化に起因することがある。
  - c. 外因として、覆工背面の空洞の残存による緩み領域の拡大に起因することがある。
  - d. 環境的な外因として、地下水の浸潤による風化の促進や緩み領域の拡大に起因することがある。

17. 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. 結晶片岩・・・・・・・・・・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・・・・・・・・・・スレーキングしやすい・・・・・・・・・・地圧発生しやすい
- d. 中生層の頁岩・粘板岩・・スレーキングしやすい・・・・・・・・・・地圧発生しやすい

18. 覆工コンクリートの打込み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. コンクリートの打込みに先立ち、コンクリートの品質を低下させないよう型枠内の清掃を行い、湧水や溜り水がある場合は適切な排水を行わなければならない。
- b. コンクリートの打込みは材料の分離を生じないように、また隅々に行きあたり空隙が残らないよう十分に締め固めなければならない。
- c. コンクリートは打上がり適切な速度となるように、また覆工の片側ずつ連続して打込まなければならない。
- d. コンクリートの打上がり速度を速くすると締め固め効果が不十分になることがある。

19. インパットコンクリート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. 支保工や覆工コンクリートの脚部とインパットとの打継ぎ目は、トンネルの断面のうち、最も弱点となりやすいので、吹付けコンクリートのはね返り材等の異物を除去するとともに、インパットの掘削面は十分に清掃を行い、ずりや異物等がコンクリートに混入しないように留意しなければならない。
- b. インパットコンクリートの表面の整形は定規を使用して仕上げるが、覆工との間に小半径の曲線が入るインパット形状の場合には、仕上がり面が急なのでプレキャストコンクリートを用いることもある。
- c. 打込み後、インパットを埋め戻す場合や車両等の通行に供する場合は、コンクリートが埋め戻し土や転圧作業の荷重あるいは輪荷重等の载荷に支障のない強度に達してから行わなければならない。
- d. 覆工コンクリートとの打継ぎ目、およびインパットコンクリートの中央付近に設ける打継ぎ目は、軸力を円滑に伝達できるよう、原則としてインパットの軸線と直交するように設けなければならない。

20. 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として、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. 汚濁水・・・排水の状態、流量および水質、排水経路、水路の状態、流末河川の状態
- b. 湧水・・・水利用の状況、地下水位、水質、水源の状況、湧水発生の可能性がある近接工事、電気伝導度
- c. 鉱染、重金属・・・水質分析、電気伝導度、含有量試験、溶出試験、湧水のpH
- d. 大気汚染・・・大気汚染物質、気象状況

21. 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. 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
- 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、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

22. 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。

	法規類の名称	おもな規制事項
a	文化財保護法	史跡・名勝・天然記念物および埋蔵文化財包蔵地内の行為の規制
b	大深度地下の公共的使用における環境の保全に係わる指針	大深度地下の公共的使用に関する基本方針の、使用方法に係る事項を具体的に運用するための指針
c	セメント及びセメント固化材の地盤改良への使用及び改良土の再利用に関する当面の措置について	改良土からの六価クロム溶出量を低減するための措置
d	大深度地下の公共的使用における安全の確保に係わる指針	大深度地下の公共的使用に関する基本方針の、安全に係る事項を具体的に運用するための指針

23. 吹付けコンクリートの配合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. 一般に水セメント比は、湿式では50～65%、乾式では45～55%の範囲である。
- b. 高強度吹付けコンクリートの水セメント比は、40～50%（水結合材比30～40%程度）である。
- c. 単位セメント量は、通常強度では260kg/m<sup>3</sup>程度である。
- d. 単位セメント量は、高強度吹付けコンクリートや液体急結剤を使用する場合は400～500kg/m<sup>3</sup>程度であることが多い。

24. 青函トンネル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. 海底掘削区間の最大水深は、約100mである。
- b. 海底掘削区間の最大水深部の土被りは、約140mである。
- c. 青函トンネル延長は、約40kmである。
- d. スイスアルプスを貫くゴッタルドトンネルに次いで長い鉄道トンネルである。

25. 地山条件の調査において、留意すべき設計、施工条件、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。

	設計施工条件	問題となる現象	取得すべき情報
a	小さな土被り	地表面沈下、陥没、偏圧、盤膨れ	地すべり等の地形条件、力学強度、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	力学強度、透水性、立地条件、近接構造物の位置
c	大深度を通過する場合	高压湧水、土圧の増大	力学強度、透水性、水圧、地下水位
d	水底を通過する場合	大量湧水	力学強度、湧水量、透水性、水底の地形

26. 設計条件における地山特性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. 山岳トンネルの掘削においては、ロックボルトや吹付けコンクリート等の支保部材を用いて地山の強度低下を極力抑えたうえで、地山が本来持つ支保機能を最大限に活かす設計をすることが重要である。
- b. 支保工、覆工の設計は、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(=  $\gamma H / q_u$ 、 $q_u$ ：地山の軸圧縮強度、 $\gamma$ ：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）等に関する情報にもとづき、標準設計の各パターンの適用の可否および類似性の有無を判断する。
- c. 施工中には観察・計測によって地山特性を把握しつつ観察・計測結果を適宜、修正設計にフィードバックしていく必要がある。
- d. トンネルの施工時に発生するトンネルの大変形、切羽の崩壊、突発湧水等も地山特性に起因して発生することが多く、このようなことを極力防ぐためにも地山特性を十分把握しておくことが重要である。

27. 吹付けコンクリートの機能および効果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。

	機 能	効果の概要
a	コンクリートの軸圧縮抵抗	コンクリートの軸圧縮耐力や剛性によって、アーチに作用するおもに内空に向けた比較的均一な外力や変形に起因する軸力に抵抗する。
b	コンクリートのせん断抵抗	コンクリートのせん断耐力や剛性によって、局部的な抜落ち等に起因するせん断力やせん断変位に抵抗する。地山と吹付けコンクリート間の付着力が必要である。付着力が損なわれると吊り下げ効果モードとなる。
c	コンクリートの曲げ抵抗	コンクリートの曲げ耐力や剛性によって、局部的な抜落ち等に起因する曲げモーメント等に抵抗する。
d	コンクリートと地山の境界面せん断抵抗、付着抵抗	コンクリートと地山の境界面におけるせん断抵抗(付着抵抗)によって支持するとともに、地山に分散させる支保機能である。

28. TBM工法の構成要素と機能の記述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。

	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
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	反力支持部に対し伸縮させる
d	掘削反力支持部	メイングリッパ	掘削反力を確保する

29. 通常の施工時における坑内安全点検項目・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、鋼製支保工の応力、沈下および変形等
  - c. 作業環境・・・温度、炭酸ガス、視界、通気量、排ガス、粉じん濃度、振動および騒音等
  - 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
30. 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。