

<問題Ⅳ－(2)：トンネル>

1. 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. 山岳工法での未固結地山では、土被り/トンネル直径比 (H/D) が小さい場合 (2 未満程度) には、天端崩落や天端沈下量を抑制する有効な補助工法が必要となる。
 - b. シールド工法では、曲線半径とシールド外径の比が 1～2 程度の急曲線の実績がある。
 - c. 開削工法では、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. 山岳工法では、一般には 150m² 程度までの事例が多く、370m² 程度の実績もある。

2. 道路トンネルの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同じ値である。
 - 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、車道内風速は歩行者がある場合は、ない場合より小さくする必要がある。
 - d. 排出量は標高 400m 以下で、縦断勾配が 1% のトンネルにおいて、平均的な自動車の走行状態 (円滑な走行速度 40～80 k m/h) に対する自動車からの排出ガス量である。

3. 大断面道路トンネル (内空幅 12.5m～14.0m 程度) の標準的な支保構造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 CⅡ における鋼アーチ支保工は、上半部及び下半部に設置する。
 - b. 吹付けコンクリートによるインバートはインバート厚さに含めることができるが、現場打ちコンクリートによるインバート部分の厚さがアーチ・側壁の覆工コンクリート厚さを下回ってはならない。
 - c. 脚部では吹付けコンクリートと覆工の厚さの合計がインバート厚さになるようにインバート厚さのすり付けを行う。
 - d. 地山等級が DⅠ 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。

4. 山岳工法における鋼製支保工の性能および効果の概念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。
- 鋼製支保工は、吹付けコンクリートと同様に、軸圧縮抵抗性能、せん断抵抗性能、曲げ抵抗性能により外力に抵抗することができる。
 - 地山への内圧付与効果とは、グラウンドアーチが形成されにくい軟岩や未固結地山等では、鋼製支保工等が反力として半径方向内向きの拘束力（内圧）を地山に与え、地山の耐荷力を高める効果である。
 - 岩塊保持効果とは、鋼製支保工を地山と密着させることにより、部材の曲げ抵抗性能やせん断抵抗性能により局所的な岩塊の崩落を防止する効果である。
 - 地山（脚部）への荷重伝達効果とは、支保工に作用する荷重を、鋼製支保工が底板やウイングリブを介して地山（脚部）に伝達させる効果である。
5. 山岳工法の施工時に発生しやすい土圧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。
- 偏土圧は、地表面が傾斜しており土被りが比較的小さい場合、地質が著しく不均質な場合に発生しやすい。
 - 膨張性土圧は、地山強度比が 4 以下の場合に発生しやすい。
 - 膨張性土圧が発生しやすい岩種は、泥岩、頁岩、蛇紋岩、温泉余土等である。
 - 緩み土圧は、硬岩、中硬岩、破碎岩、砂地山で主に発生する。
6. 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。
- ロックボルト軸力測定では、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。
 - 鋼アーチ支保工応力測定では、鋼アーチ支保工応力により支保工の大きさ、ピッチの適否を判断する。
 - 坑内地中変位測定では、トンネル周辺の緩み領域、変位量を知り、ロックボルトの長さ、設計、施工の妥当性を判断する。
 - 天端・脚部沈下測定では、トンネル天端・脚部の相対沈下量を監視し断面の変形状態を知り、トンネル天端・脚部の安定性を判断する。

7. 山岳工法における計測 B 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. 計測 B は計測 A の断面および測点にあわせて設置すると地山の挙動や支保工の効果を評価しやすい。
 - b. 吹付けコンクリートの若材齢時の計測では、コンクリートの若材齢時は弾性係数が小さく、同じ変形であっても発生応力が大きい。
 - c. 吹付けコンクリートは硬化時に発熱するため、鋼アーチ支保工が温度によって膨張して地山の変形とは異なる値が計測される場合がある。
 - d. 土被りの小さい都市トンネル等では、脚部の支持力不足により天端と脚部が同程度沈下する共下がり現象が発生しやすいため、地表から設置する地中変位計の頭部の沈下量を測定するなど、絶対的な沈下量を把握できるようにする。
8. 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、漏水が地下水に關係するものか、地表水に關係するものかの判別に利用できる。
 - d. 非破壊試験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（地中レーダー）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。

9. 「**ずい道等建設工事における換気技術指針**」における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. 粉じん濃度目標レベルとは、トンネル内の切羽から 30m 地点での粉じん濃度の測定の結果の評価を行うときに使用する粉じん濃度の目標値として、各建設工事毎に設定すべき値であり 3 m g / m^3 (吸入性粉じん) 以下にすることとされている。
 - b. 許容濃度とは、日本産業衛生学会及び ACGIH (米国産業衛生専門家会議) が勧告している濃度をいう。
 - c. 法的規制値とは、労働安全衛生法、労働安全衛生規則、酸素欠乏症等防止規則等の関係法令で、就業禁止等について規制されている値をいう。
 - d. 管理濃度とは、作業環境管理を進める過程で、有害物質に関する作業環境の状態を評価するために、作業環境測定基準に従って単位作業場所について実施した測定結果から、当該作業単位場所の作業環境管理の良否の判断をする際の管理区分を決定するための指標をいう。
10. **道路トンネルの診断結果から対策工を行う場合の適用上の留意点**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. 対策工は、トンネル内空の建築限界を確保できるものを適用することを基本とし、すでに内空断面に余裕の無いトンネルについては、できるだけ内空断面を侵さない工種の適用に留意する。
 - b. 応急対策は、当面の利用者被害を防止するとともに、変状状況の確認が容易であり、のちの調査・監視をできるだけ妨げない工法を検討する必要がある。なお、応急対策を実施した変状に対しては、健全性の診断の判定区分を変更する。
 - c. 外力は、スパン単位の対策とし、材質劣化、漏水は個別変状単位で対策することに留意する。
 - d. 変状は単独の原因で起こることは少なく、大部分はいくつかの原因が重なって生じる。
11. **山岳トンネルの変状原因と特徴**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. 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天端に、複雑な水平ひび割れが生じやすい。
 - 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。
 - c. 漏水は、外力による変状 (水圧等) の原因にならないが、漏水自体が材質劣化を促進する原因となる場合がある。
 - d. 緩み土圧は、覆工に荷重として作用する鉛直圧を主体とするもので、アーチの天端にトンネル縦断方向の圧縮ひび割れを生じるものが多い。

12. トンネルの変状対策工として施工される裏込め注工の設計・施工上の留意点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. セメント系注入材の圧縮強度の目標値は、一般に 28 日圧縮強度で $2.0\sim 3.5\text{N/mm}^2$ の例が多い。
- b. 非セメント系注入材（発泡ウレタン）の材料には、数倍から 40 倍発泡までの材料があるが、外力対策が必要な場合には、12 倍から 30 倍程度の材料が用いられている。
- c. 注入材の選定にあたっては、限定注入が可能であり、材料分離やブリージングが少なく、均一な強度が得られ、注入後の体積収縮が少ないものを選定する。
- d. 湧水のある場合には、湧水によって注入材が流され、充填不足となりやすいことから、比重の大きい注入材を選定する必要がある。

13. 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. 消火栓は、トンネル利用者などが一人で操作する条件からホース長さは 15m 以下を標準とする。
- b. 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。
- c. 誘導表示板に内照式を採用する場合は蛍光灯を光源とし、停電時対策として内蔵型の無停電電源装置により 30 分以上の機能を維持できるものとする。
- d. 水噴霧設備は、微細な粒子状の水を放水することによって火災の延焼、拡大を抑制し、消火活動等を援助するための設備で、放水区間は 50m 以上とする。

14. シールド工法の荷重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. 地震の影響を検討する場合、一般には、中規模地震動（レベル 1 地震動）に対しては、一時的な荷重と考え、部材に発生する応力度を割増しした許容応力度以内におさめる必要がある。
- b. セグメントの設計にあたっては、地山の条件や施工条件を考慮したうえで、シールド施工時の各段階毎の施工時荷重に対して、セグメントの安定性、部材の安全性について検討を行わなければならない。
- c. 土圧の算定にあたって、土と水とを分離して取扱う考え方（土水分離）と水を土の一部として包含する考え方（土水一体）とがある。
- d. 円形トンネルの場合、鋼製セグメントでの主桁の仕様は、鋼材の引張応力で決まることが多い。

15. 山岳工法における支保部材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. 吹付けコンクリートの設計厚の考え方には、「最小吹付け厚」と「平均吹付け厚」とがあり、原則は「平均吹付け厚」である。
 - b. 亀裂の発達した中硬岩、硬岩地山の場合には、ロックボルトが亀裂によって区切られた不安定な岩塊を深部の地山と一体化し、そのはく落や抜落ちを抑止するような効果、すなわち内圧効果や縫付け効果が期待できる。
 - c. 吹付けコンクリートの水セメント比は、吹付け方式によって異なるが、一般に湿式では 50~65%、乾式では 45~55% の範囲であり、高強度吹付けコンクリートでは 55~70% と大きい。
 - d. 鋼製支保工の加工用の設計寸法については、トンネルの変形、鋼製支保工の製作や建込み時の誤差等に対する余裕を考慮したものとしなければならない。
16. 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
17. 覆工コンクリート剥落のメカニズム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. 覆工コンクリート打設後の比較的早い時期に上部地山が緩み、局所的な地圧が覆工に作用することがある。
 - b. 局所的な地圧が覆工に作用した場合、共役的なひび割れが覆工面に生じ、押し抜きせん断破壊によって破壊面が形成されることがある。
 - c. 坑内の自動車振動や列車振動、凍結融解の繰り返しに等によりひび割れが進展することがある。
 - d. ひび割れが進展し、最終的には剥落塊を支えていた部分に自重による新たな破断面が生じて剥落塊が落下することがある。

18. 覆工コンクリートの変状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. 塑性圧に起因する変状の事例として、覆工肩部から SL 付近にトンネル縦断方向に連続的なひび割れが発生することが多い。
- b. 「縦断方向に連続的に作用する天端地山の緩み圧」に起因する変状の事例として、覆工の天端にトンネル縦断方向に連続的な開口性ひび割れが発生することが多い。
- c. 偏圧に起因する変状の事例として、覆工山側の肩部にトンネル縦断方向の連続的なひび割れが発生することが多い。
- d. 外力に起因する変状かどうかは、多くの場合、遠望目視点検によって判断できる。

19. Terzaghi の支保工に作用する地圧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。

	岩盤の状態	ゆるみ高さ (m)	摘要
a	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用意する
b	普通程度に塊状で割れ目のあるもの	$0.25B \sim 0.35 \times (B+Ht)$	側圧はない
c	はなはだしく小塊で割れ目の多いもの	$(0.35 \sim 1.10) \times (B+Ht)$	側圧が大きい
d	徐々に押し出してくるもの (中程度の土被り)	$(1.10 \sim 2.10) \times (B+Ht)$	大きな側圧、インバートストラットが必要で、円形支保工が推奨される

※土被り 1.5 (B+Ht) 以上の場合の鋼製支保工天端に作用する土荷重の高さを示す。

B: トンネル掘削断面の幅 (m)

Ht: トンネル掘削断面の高さ (m)

20. 道路トンネルの付属施設に関する記述のうち、誤っているものを a~d のなかから選びなさい。

- a. 照明施設は、トンネルの内空断面、トンネル延長、舗装種別等と密接な関係性がある。
- b. トンネル内の明るさに順応させるための入口部照明の照明部の長さは、設計速度、路面輝度、野外輝度により検討する。
- c. 非常用施設の設置規模や配置を定めるもととなる条件としては、トンネルの延長、線形、設計速度、交通量、幅員構成、換気方式、交通形態および管理体制等が挙げられる。
- d. 非常用施設の規模や配置とあわせ、その施設をどのように運用していくかも重要であり、これら諸要素の相互の関係を考慮して全体として整合のとれた計画としなければならない。

21. 地圧発生の予測に関する組み合わせの記述のうち、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 | スレーキングしやすい | 地圧発生しやすい |
| 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 |

22. 特殊な地山条件において問題となる現象と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. 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 |
| b. 坑壁の押出し | スメクタイト含有量、地山強度比、自然含水比 |
| c. 山はねによる切羽崩壊 | 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、酸素濃度 |

23. 吹付けコンクリートの性能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。

	性 能	効果の概要
a	吹付け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	吹付け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、局所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曲げ抵抗モードとなる。
c	吹付け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、局所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	吹付けコンクリートと地山の境界面せん断抵抗、付着抵抗	吹付けコンクリートと地山の境界面におけるせん断抵抗や付着抵抗による吊り下げ効果を得る。

24. TBM 工法の構成要素と構成機器、機能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。

	基本構成要素	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	反力支持部に対し伸縮させる
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	メイングリッパ	推進反力を確保する

25. 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」「工業用水法」などがある。

26. 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、地下水の涵養量
- b. 地表水状況・・・表流水、温泉、湧泉、湖沼、湿原の分布、鉱物資源の分布
- 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（とくに希少な種）、生態系調査

27. 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. 覆工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に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って、コンクリートに混入しないようにしなければならない。
- b. 覆工コンクリートは、材料の分離を生じないように打ち込み、また隅々に行きわたり空隙が残らないよう十分締め固めなければならない。
- c. 覆工コンクリートは、打上がりが必要な速度となるように、また覆工の左右均等に連続して打込まなければならない。
- d. 覆工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向上する傾向がある。

28. トンネルの変状に関する坑内調査項目の組み合わせに関する記述のうち、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、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	構造欠陥	覆工厚、背面空洞、路盤下空洞、覆工材質等	ボーリング、電磁波法、目視検査、打音検査、土砂流入調査等
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

29. 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われ、およびはく離の有無、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、SS濃度等
- 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、振動をあたえワーカビリティを促進する必要がある。
- c. 坑内は坑口付近を除いて温度が安定しており、湿潤状態に保たれているが、坑内換気やトンネル貫通後の外気の影響については注意が必要である。
- d. 坑口付近は、外気の影響を受けやすいため、ここでの覆工は明り構造物と同じように養生を行うなどの配慮が必要である。