

平成29年度 土木鋼構造診断士・診断士補 択一問題解答（案）

この資料は、平成29年10月に実施された『平成29年度土木鋼構造診断士・診断士補認定試験』における選択問題に対する解答を検討した資料です。

ただし、日本社団法人日本鋼構造協会の土木鋼構造診断士特別委員会が作成したのではなく、あくまで一個人が作成した私的資料です。私的資料のため、多分に間違いなどもあると思いますので、ご指摘頂けたら幸いです。

なお、回答欄に、テキストpXXと記載してあるものは、「土木鋼構造物の点検・診断・対策技術（2017年5月30日7版）」の該当ページを参照してください。

平成29年12月31日

岐阜大学工学部附属
インフラマネジメント技術研究センター
羽田野英明
h_hatano@gifu-u.ac.jp

修正履歴

- ・ 2018/01/06 設問34, 47について修正。
- ・ 2018/01/09 設問17について修正
- ・ 2020/01/16 設問26について修正

平成 29 年度 択一式問題

- (1) 鋼構造物の供用期間に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。
- 1) 設計供用期間を超えた鋼構造物は、使用してはならない。
 - 2) 物理的供用期間とは、損傷や材料の劣化などにより、使用や作用力に耐えられなくなるまでの期間を言う。
 - 3) 機能的供用期間とは、支承などの機能が低下し、使用や作用力に耐えられなくなるまでの期間を言う。
 - 4) 経済的供用期間とは、交通量の増加により渋滞が発生するなど、当初期待された要求性能を満足できなくなるまでの期間を言う。

正解：2)

- 1) 設計供用期間を超えても、適切な維持管理が行なわれ機能的に問題がなければ、継続して使用されるのが一般的である。
- 2) 適切な記述である。
- 3) 機能的供用期間とは、供用後の社会環境の変化等によって対象構造物に要求される機能が変化し、期待される機能を満足しなくなることで使用ができなくなるまでの期間をいう。
- 4) 経済的供用期間とは、構造物の性能を維持したり、向上させたりするために必要となる費用を算出し、措置を行なって使用するよりも更新した方が経済的と判断され、使用を中止するまでの期間をいう。

- (2) 鋼材の性質に関する次の記述のうち、不適當なものはどれか。
- 1) SS400 は溶接を行うことを前提としておらず、C 量が JIS で規定されていない。
 - 2) SM520 は溶接用鋼材であり、熱影響部の硬化、脆化を防止するため、C 量が JIS に規定されている。
 - 3) SM490Y は SM490 と引張強さは同等であるが、降伏点が低い。
 - 4) 焼入れ焼き戻しを行った SM570 は、炭素当量、溶接割れ感受性組成が JIS に規定されている。

正解：3)

SM490Y は、SM490 と引張強さは同等であるが、降伏点が高い。

- (3) 鋼材の変遷に関する次の記述のうち、不適當なものはどれか。
- 1) 1900 年頃までの橋梁には、主に鑄鉄、鍛鉄が用いられていた。
 - 2) 1910 年頃の鋼材の化学成分は現行の SM400 とほぼ同等であり、溶接に適している。
 - 3) 1925 年に JES（日本標準規格）で鋼板・形鋼・平鋼が SS39 として規定され、引張強さ、伸び、化学成分などが規定された。
 - 4) 1980 年代以降、鋼材の高純化が進み、板厚方向の性能が向上した。

正解：2)

1910 年頃の鋼材はでは、現行の溶接構造用鋼材と比較して、Si が非常に少なく、また P, S が非常に多い。有害な、P, S が多いため、これらの鋼材の溶接は避けたほうが良いと考えられている。

(4) 塗装に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 下塗塗装には、一般に腐食因子の浸透を抑制し、鋼材の腐食反応を抑制する機能を有するものが用いられる。
- 2) 上塗塗装は、美観の確保が主な目的であるため、略される場合もある。
- 3) 無機ジンクリッチペイントは、一般に動力工具で素地調整を行った鋼材面に塗布する。
- 4) 有機ジンクリッチペイントは、無機ジンクリッチペイントよりも防食性に優れる。

正解：

- 1) 適切な記述である。
- 2) 上塗塗装は美観の確保だけでなく、等水や酸素の塗膜内への浸透を抑制し耐候性を確保することも主目的であり、省略されることはない。
- 3) 無機ジンクリッチペイントは、ブラスト処理した鋼材面に塗布しなければならない。
- 4) 有機ジンクリッチペイントは、密着性がよく動力工具で素地調整を行なった鋼材面にも塗布できるので、塗替え塗装にも適用できるが、無機ジンクリッチペイントに比べて金属亜鉛量少ないため、犠牲防食作用の点で防食性が劣る。

(5) 鋼材の試験方法に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 引張試験において、降伏点が明確に現れない場合は、オフセット法による 0.2%耐力を降伏点相当の強度とする。
- 2) シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーは、破断した試験片のぜい性破面率から算出する。
- 3) ビッカース硬さは、鋼球を一定の高さから試験片に落下させ、そのくぼみ痕深さから求める。
- 4) 板厚方向の引張特性を把握したい場合には、ダンベル型の板状試験片を用いるのが一般的である。

正解：1)

- 1) 適切な記述である（テキスト 37 ページ）
- 2) シャルピー衝撃試験機は、固定された軸を中心にして自由に回転できるハンマーが取り付けられており、試験片のノッチの反対側を叩いて破断し、ハンマーの持ち上げ確度と試験片破断後の振り上げ角度の差から、試験片を破断するのに要したエネルギー（吸収エネルギー）を算出する。
- 3) ビッカース硬さは、試料の表面を平滑に仕上げ、四角錐形状のダイヤモンド圧子（対面角 136°）を所定の荷重まで 2～8 秒押し付け、10～15 秒間保持し、除荷した後のくぼみの対角線長さを測定し、それから計算されるくぼみの表面積に硬さが反比例す

るとして求める。

- 4) 板厚方向の引張特性を把握する場合は、丸棒試験片を用いた引張試験が一般的である。

(6) 耐候性鋼に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 耐候性鋼の表面には緻密なさび層が形成され、これが保護皮膜の役割を果たして、腐食が全く進行しなくなる。
- 2) 耐候性向上に効果のある成分元素の一つは P であり、溶接性を向上させる効果もある。
- 3) 耐候性鋼は、無塗装で使用するによりライフサイクルコストを低減させるものであり、塗装して使用することはない。
- 4) 耐候性鋼は架橋地点における適用の妥当性を確認する必要があり、飛来塩分量などに注意する必要がある。

正解：4)

- 1) 耐候性の表面には緻密なさび層が形成され、これが保護皮膜の役割を果たして、腐食の進行を抑制するが、腐食進行が全く進行しないわけではない。
- 2) 耐候性向上に効果のある成分元素の一つは P を含むため、溶接性は劣る。
- 3) 耐候性鋼の使用方法には、塗装仕様と、無塗装仕様がある。
- 4) 適切な記述である。

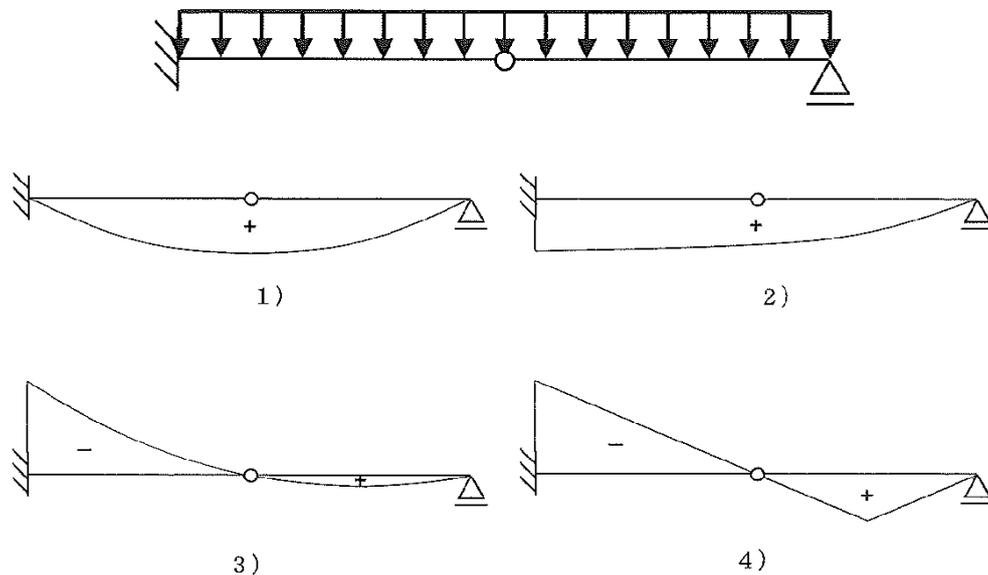
(7) 防食に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 溶融亜鉛めっきは耐食性に優れるため、冬季に凍結防止剤を散布するような過酷な環境下でも適用可能である。
- 2) 金属溶射は施工機材が現地に搬入できないため、工場施工が基本となる。
- 3) 新設鋼構造物での重防食塗装の耐久性は、一般に 20 年程度である。
- 4) 外部電源方式の電気防食は、直流電源装置により防食電流を鋼材に流すことで防食する方法である。

正解：4)

- 1) 溶融亜鉛めっきは、海岸近くで海水飛沫を受けるような環境や、冬季に凍結防止剤散布を行なう橋梁のような過酷な腐食環境下では、表面に不働態皮膜が形成されず、めっき皮膜が消耗し早期に腐食が進行することから、適用場所の選択には注意を要する。
- 2) 金属溶射は、橋梁の補修に対して、支承全面をブラストした後、直ちに金属溶射を行い、表面に塗装を行なうという二重皮膜で防錆効果の向上を図る例もあり、現場施工も可能である。
- 3) 重防食塗装の定義では、新設塗装に期待する耐久性（防食性能と耐候性能）を厳しい腐食環境で 30 年以上としている。

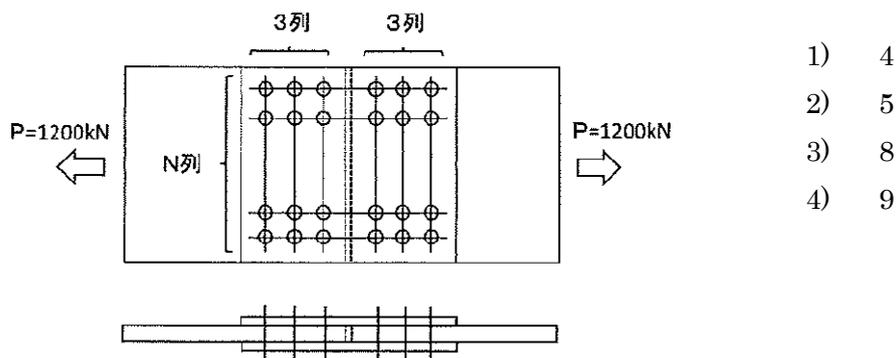
(8) 下図に示す等分布荷重を受けるゲルバーばりの曲げモーメント形状として、適当なものはどれか。なお、図中の白丸はヒンジを表す。



正解：3)

構造系から、中央ヒンジ部での曲げモーメントがゼロとなり、等分布荷重による曲げモーメントのため下側に凸となる 2 次曲線となる条件から、選定する。

(9) 下図に示す高カボルト摩擦接合において、作用力 $P=1,200\text{kN}$ に抵抗するために必要な最低ボルト列数 N は、次のうちどれか。なお、高カボルトの 1 ボルト 1 摩擦面あたりの許容力は 48kN とする。



- 1) 4
- 2) 5
- 3) 8
- 4) 9

正解：2面摩擦接合のため、必要ボルト本数は、

$$n = \frac{1200}{2 \times 48} = 12.5 \text{ 本}$$

となり、応力方向に 3 列配置の場合には、直角方向に 5 列配置して、15 本配置とする。

(10) 溶接欠陥に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 溶込み不良は、完全溶込み溶接のルート部が溶融されずに残った状態である。
- 2) 低温割れは、溶接時の気温が低いと発生する割れの総称である。
- 3) 融合不良は、溶接ビードと開先面の間や多層溶接でビード間が十分に溶け合っていない状態である。
- 4) ラメラテアは、十字継手などの溶接を行う際に板厚方向拘束力が大きい場合、熱影響部付近に母材表面と平行に生じる割れである。

正解：2)

低温割れは、溶接部が室温近辺（200℃程度以下）に冷却した後に発生し、時間とともに伝播していく割れである。

(11) 摩擦接合用の高力ボルトに関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 1セットの F10T は、ボルト 1 個、ナット 1 個、座金 2 個で構成される。
- 2) 1セットの S10T は、ボルト 1 個、ナット 1 個、座金 1 個で構成される。
- 3) 1製造ロットの F10T のトルク係数値は、平均値と標準偏差が JIS で規定されている。
- 4) 1製造ロットの S10T のトルク係数値は、平均値と標準偏差が JIS で規定されている。

正解：4)

トルシア型高力ボルト（S10T）は、JIS 規格ではなく、日本鋼構造協会規格 JSS II-09 にて、規定されている。

(12) 溶接法に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 被覆アーク溶接で吸湿した溶接棒を用いると、高温割れが発生することがある。
- 2) 疲労き裂の補修には、一般にティグ溶接が用いられる。
- 3) CO₂アーク溶接は風の影響を受けやすく、防風対策が必要となる場合もある。
- 4) サブマージアーク溶接は溶着速度が大きく、あらゆる溶接姿勢での溶接が可能である。

正解：3)

- 1) 溶接棒が吸湿すると、アーク力が強くなり、スラッグの被りが不安定になったり、スパッタが増加する等、溶接作業性が劣化する。また、特に低水素系溶接棒の場合は溶着金属の水素量増加による耐割れ性の劣化や、ブローホール、ピット発生の原因ともなる。
- 2) ティグ溶接は、溶接ビードの止端を再溶融して形状を改善するために用いられることもある。ただし、作業能率が劣るため、補修溶接に多用されるとはいえない。
- 3) CO₂アーク溶接は、シールドガスを使うため風の影響を受けやすく、風速 2m/s 以上の場合は、防風対策が必要となる場合もある。
- 4) サブマージアーク溶接は溶着速度が大きいが、溶接姿勢は、下向き、横向きに限られる。

(13) 高力ボルトの遅れ破壊に関する次の記述のうち、もっとも不適当なものはどれか。

- 1) 降伏耐力よりも大きな軸力が負荷されることで発生する。
- 2) 引張強度が $1,200\text{N/mm}^2$ 程度以上のボルトで発生しやすい。
- 3) ボルト周囲の温度が高いほど発生しやすい。
- 4) 腐食環境の厳しい箇所で発生しやすい。

正解：1)

降伏耐力よりも大きな軸力が負荷された場合には、その時点で降伏するため、遅れ破壊に至ることはない。

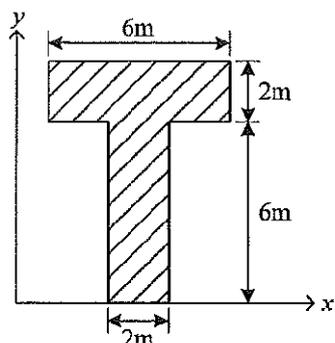
(14) 溶接残留応力に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 溶接残留応力があるため、繰返し応力が圧縮域で変動しても疲労き裂が発生する。
- 2) 引張溶接残留応力の大きさは降伏応力に近い場合、部材の引張強度が低下する。
- 3) 薄板集成構造物では、溶接残留応力の影響で局部座屈耐力が低下することがある。
- 4) 製作時において、溶接部が周囲の部材に拘束されると溶接残留応力が大きくなる。

正解：2)

溶接残留応力は実際の応力変動範囲を変化させ、引張の残留応力は疲労強度を低下させる。しかし、その影響は残留応力を考慮した最大応力が降伏応力に達すると飽和するため、部材の引張強度は低下しない。

(15) 下図に示す斜線部の高さ方向（y 軸方向）の重心位置（x 軸からの距離）は、次のうちどれか。



- 1) 4m
- 2) 5m
- 3) 6m
- 4) 7m

正解：2)

重心位置（x 軸からの距離）

$$h = \frac{\sum A \cdot y}{\sum A} = \frac{6 \times 2 \times 7 + 6 \times 2 \times 3}{6 \times 2 + 6 \times 2} = \frac{120}{24} = 5\text{m}$$

(16) 鋼構造物の補修・補強に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 補修・補強工事の施工記録を残しておく必要がある。
- 2) ライフサイクルコストを算定して、補修・補強工法を選定することが望ましい。
- 3) 疲労き裂であっても、原因によっては削込みなどの簡易な補修で良い場合もある。
- 4) 建設当時の設計図書が完備されている場合は、事前に現地踏査を行わなくてもよい。

正解：4)

建設当時の設計図書や補修・補強工事の施工記録が残されていても、その後に新たな損傷や生じたり、周辺状況が変化したりしている可能性もあり、現地踏査を実施する必要がある。

(17) 点検の頻度に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 道路橋は、5年に1回の頻度で定期点検を行うことを基本とする。
- 2) 鉄道橋は、5年に1回の頻度で通常全般検査を行うことを基本とする。
- 3) 一般的な港湾の施設（通常点検診断施設）は、5年に1回の頻度で点検診断を行うことを基本とする。
- 4) 水力発電関連構造物は、1年に1回程度の頻度で外部からの点検を行うことを基本とする。

正解：2)

- 1) 適切な記述である。
- 2) 鉄道橋は、2年に1回の頻度で通常全般検査を行うことを基本とする。
- 3) 一般的な港湾の施設（通常点検診断施設）は、5年以内ごとに少なくとも1回の一般定期点検診断を行うので、適切な記述である。
- 4) 水力発電関連構造物の定期点検は、定められた期間ごとに目視、操作確認、簡単な計測等を行い、異常の有無や調査の要否を判定する。その中で、水圧鉄管については、鉄管外面から実施できる項目は1年程度の間隔で、鉄管内面は3年以上の間隔で実施している場合が多いので、適切な記述である。

(18) 重大な損傷が発生もしくは落橋した次の橋梁のうち、主たる原因が腐食のものはどれか。

- 1) 国道 25 号線山添橋（奈良県）
- 2) ミネアポリス I-35W 橋（アメリカ、ミネソタ州）
- 3) 国道 23 号線木曾川大橋（三重県）
- 4) 聖水大橋（韓国、ソウル）

正解：3)

- 1) 山添橋（鋼3径間連続鈹桁橋、橋長 128.02m、1971 年竣工）は、平成 18 年 10 月の点検時に主桁に 1m におよぶ亀裂が発見され、安全のために通行止めと応急対策が実施された。
- 2) 2007 年 8 月 1 日、ミネアポリス市のミシシッピ川に架かる橋長 1,907 フィートの

I-35W 高速道路橋 (8 車線) で、中央径間の上路トラス部に破滅的な損傷が発生した。崩落原因は、主構ガセットプレーの耐力不足とされている。

- 3) 2007 年 6 月 20 日に上り線の橋梁のトラス斜材に鋼材腐食による破断が見つかり、緊急修復工事が行われた。
- 4) 1994 年 10 月 21 日、韓国の首都ソウル市中心部の漢江に架かる聖水大橋の中央部分の 48m が突然崩落した。中央の吊り桁を鋼製トラスから吊っていた I 型断面の吊り部材の溶接不良が主原因と考えられる。

(19) 磁粉探傷試験に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 欠陥磁粉模様は、欠陥開口幅にほぼ等しい。
- 2) 試験体が強磁性体でないと適用することができない。
- 3) ピンホールのような点状の欠陥を検出するのに適している。
- 4) 欠陥の長さおよび深さを測定することができる。

正解：2)

- 1) 欠陥磁粉模様は、欠陥開口幅を拡大して表示される。
- 2) 適切な記述である。
- 3) ピンホールのような点状の欠陥の検出は困難である。
- 4) 欠陥の長さは分かるが、深さ方向の形状や大きさはわからない。

(20) コンクリート構造物の調査方法に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) コンクリート中の塩化物イオン含有量の分析は、実構造物から採取したコンクリートを粉砕した試料中に含まれる塩分の全量を測定する方法が一般的である。
- 2) サーモグラフィ法は、コンクリート表面の温度差により、コンクリート内部のはく離などの変状を推定することができる。
- 3) 一般の電磁波レーダーは、鉄筋位置および鉄筋径を計測することができる。
- 4) 放射線透過試験は、コンクリート内部の鋼材位置だけでなく、PC グラウトの充填状況を把握することができる。

正解：電磁波レーダーでは鉄筋位置は計測できるが、鉄筋径の推定は難しい。

(21) 腐食環境、防食性能の測定・計測に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 海水中にある流電陽極の消耗量調査は、潜水士が陽極の形状寸法を測定することで行う。
- 2) 碁盤目試験は、塗膜の素地への付着性および塗膜の層間付着性を評価する試験方法である。
- 3) 塗膜の光沢を測定することで、紫外線による塗膜の劣化状況を評価することができる。
- 4) 付着塩分量を測定する方法には、ガーゼにより拭き取り塩素イオン検知管を用いて測定する方法、電導度法、アドヒージョンテストなどがある。

正解：4)

付着塩分量を測定する方法には、従来、ガーゼにより拭き取り、塩素イオン検知管を用いて測定する方法が用いられていたが、新たにブレッセル法や電導度法が開発され、より精度よく測定することが可能となった。アドヒージョンテストは、塗膜の付着性を試験する手法であり、付着塩分量の測定はできない。

(22) ひずみ測定に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 主応力方向が不明であったため、2 軸ゲージを用いることとした。
- 2) 疲労損傷比の評価を目的としたひずみ測定のため、1 軸ゲージを出来る限り溶接止端に近づけて貼り付けた。
- 3) 板の面外曲げ応力を確認するため、板の表裏にひずみゲージを貼付し、その平均値を面外曲げ成分とした。
- 4) 動ひずみ測定において、高周波成分のノイズを除去するために、ローパスフィルタ処理を行った。

正解：4)

- 1) 主応力方向が不明の場合は、通常 3 軸ゲージを用いて主応力方向を計測する。
- 2) 疲労損傷比の評価を目的としたひずみ測定では、ホットスポット応力を求める場合がある。その測定位置は、溶接止端位置から $0.4t$ および $1.0t$ (t : 板厚) であり、溶接止端に近づきすぎると、溶接ビードによる局所的な応力集通が含まれてしまう。
- 3) 板の面外曲げ応力は、板の表裏にひずみゲージを貼付して、そのひずみ差分から求める。
- 4) 適切な記述である。

(23) 超音波厚さ計による測定方法に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 板厚は、超音波の周波数と超音波を入射してから戻ってくるまでの時間の積で求める。
- 2) 表面にさびや浮いたスケールがある場合、除去した後にサンドペーパーなどで仕上げる。
- 3) 点検で一般的に用いられる探触子は二振動子垂直探触子である。
- 4) 超音波厚さ計は、JIS で定められた試験片を用いて定期点検を行う必要がある。

正解：1)

板厚は、超音波パルスが材料中を伝わる速度と、測定面～裏面間の往復時間から算定する。

(24) コンクリートの中性化に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 水セメント比が大きいほど、中性化の進行が遅くなる。
- 2) フェノールフタレイン溶液を噴霧して、赤色に変色した領域が中性化領域である。
- 3) 中性化深さの測定はコア採取によるものとし、はつり面で行ってはならない。
- 4) 鉄筋コンクリートで中性化が進行すると、鉄筋が腐食してかぶりコンクリートのひび割れ、剥落を生じる。

正解：4)

- 1) 水セメント比が大きいほど、中性化の進行は早くなる。
- 2) フェノールフタレイン溶液を噴霧して、赤色に変色した領域はアルカリ化領域である。
- 3) 中性化深さの測定はコア採取あるいは、はつり面で行う。
- 4) 適切な記述である。

(25) 非破壊検査に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 浸透探傷試験では、洗浄液、浸透液、現像剤の 3 種類の探傷剤が用いられる。
- 2) 磁粉探傷試験において、想定する欠陥の方向に対して平行するように磁束を与えることが重要である。
- 3) 超音波探傷試験において、十字継手の欠陥を検査する場合には、斜角探傷法を用いるのが一般的である。
- 4) 渦流探傷試験において、周波数が高くなると探傷深さが浅くなる。

正解：2)

磁粉探傷試験では、想定する欠陥の方向に対して直交するように磁束を与えることが重要である。

(26) 下図に示す両端ヒンジ支持のはりの曲げ振動に関する記述のうち、適当なものはどれか。なお、はり均質で等断面とする。



- 1) 長さが 2 倍になると、固有周期は 4 倍になる。
- 2) 単位体積あたりの質量が 2 倍になると、固有周期は 4 倍になる。
- 3) 弾性係数が 2 倍になると、固有周期は 4 倍になる。
- 4) ヒンジ機能が失われ両端とも固定端になると、固有周期は 4 倍になる。

正解：1)

はりの曲げ振動数は、次式で与えられる。

$$f_n = \frac{\lambda_n^2}{2\pi \cdot l^2} \sqrt{\frac{E \cdot I}{\rho \cdot A}}$$

ここで、 E : はりの弾性係数

I : はりの断面 2 次モーメント

ρ : はりの単位体積あたりの質量

A : はりの断面積

l : はりの支間長

λ_n : 構造系から定まる定数

1 次振動の場合 単純支持 $\lambda_n = \pi$, 固定支持 $\lambda_n = 4.730$

固有周期は、 $T = 1/f_n$ で与えられる。

- 1) 長さが 2 倍になると、固有周期は 4 倍になる。
- 2) 単位体積あたりの質量が 2 倍になると、固有周期は $\sqrt{2}$ 倍になる。
- 3) 弾性係数が 2 倍になると、固有周期は $1/\sqrt{2}$ 倍になる。
- 4) ヒンジ機能が失われ両端とも固定端になると、固有周期は **0.44 倍** になる。

(27) 下図に示す銅 I 桁道路橋桁端部の想定される腐食原因として、不適当なものはどれか。



- 1) 支承の機能低下
- 2) 凍結防止剤や飛来塩分の蓄積
- 3) 伸縮装置の破損
- 4) 通気性の悪さ

正解 : 1)

支承機能の低下は、腐食原因の結果によって生じる損傷である。

(28) 点検において、下図に示す下横溝ガセットプレート溶接部から長さ約 100 mm の疲労き裂が発生しているのを発見した場合の措置として、もっとも不適當なものはどれか。



- 1) 応急対策として、き裂先端にストップホールを施工した。
- 2) き裂が発生した桁の直上の車線に対して通行規制を行った。
- 3) き裂先端にマーキングを行い、経過観察とした。
- 4) 同じ橋梁内で、同様な構造部位に対して再度点検を行った。

正解：3)

急激なき裂の進行が考えられるため、経過観察の措置は不適當である。

(29) 下図に示す腐食事例の原因として、不適当なものはどれか。



写真1 支点部周辺の腐食



写真2 トラス橋斜材のコンクリート床版貫通部の腐食



写真3 箱桁内の添接板・高力ボルトの腐食



写真4 耐候性鋼橋梁端横桁の層状はく離さび

- 1) 写真1は、伸縮継手部からの漏水が原因である。
- 2) 写真2は、斜材貫通部における土砂の堆積が原因である。
- 3) 写真3は、箱桁内に侵入した雨水等の滞水が原因である。
- 4) 写真4は、床版水抜きパイプからの漏水が原因である。

正解：2)

写真2は、路面付近に繰り返し生じる滞水により腐食が進行したものである。この部位は滞水しやすいと同時に、コンクリートに覆われた部分（埋設部）と露出部のうちコンクリート境界部付近との間でマクロセル腐食が発生することで、腐食が進行しやすい箇所である。

(30) 下図に示す耐候性鋼橋への対応として、もっとも不適当なものはどれか。

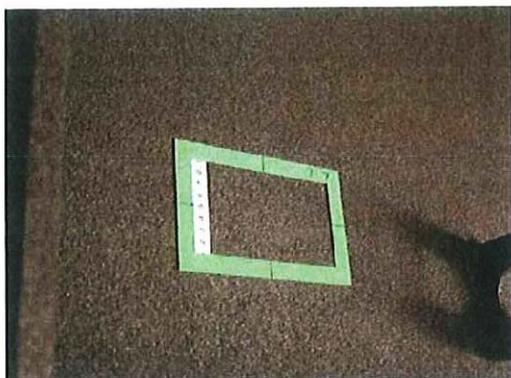


写真1 経過8年 さびの大きさが最大3mm
程度で均一、色調は暗褐色



写真2 経過37年 さびの大きさが最大5mm
以上、錆が剥がれかかっている



写真3 経過17年 さびの大きさが最大5mm
以上で粗く凹凸が大きい



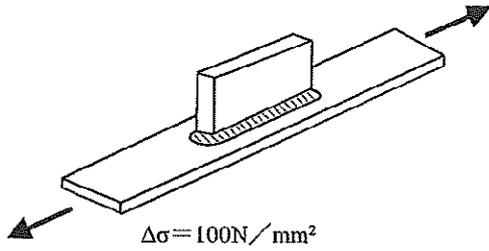
写真4 経過15年 さびの大きさが最大2mm
程度、色調は明るくむらがある

- 1) 写真1は保護性錆が形成されていると判断し、措置は行わなかった。
- 2) 写真2は層状剥離錆と判断し、板厚測定を行った。
- 3) 写真3はうろこ状錆と判断し、経過観察とした。
- 4) 写真4は保護性錆が形成されていないと判断し、塗装を行った。

正解：3)

うろこ状錆では、板厚減少が進行していると推定されるため、板厚測定などを実施して、損傷状況を把握する必要がある。そのため、経過観察という対応は不適切である。

(31) 次の継手の設計疲労寿命の試算結果として、適当なものはどれか。



継手の種類：ガセットをすみ肉溶接した継手
 強度等級：G 等級
 200 万回基本疲労強度：50N/mm²
 作用応力範囲 (Δσ)：100N/mm²

- 1) 25 万回
- 2) 50 万回
- 3) 75 万回
- 4) 100 万回

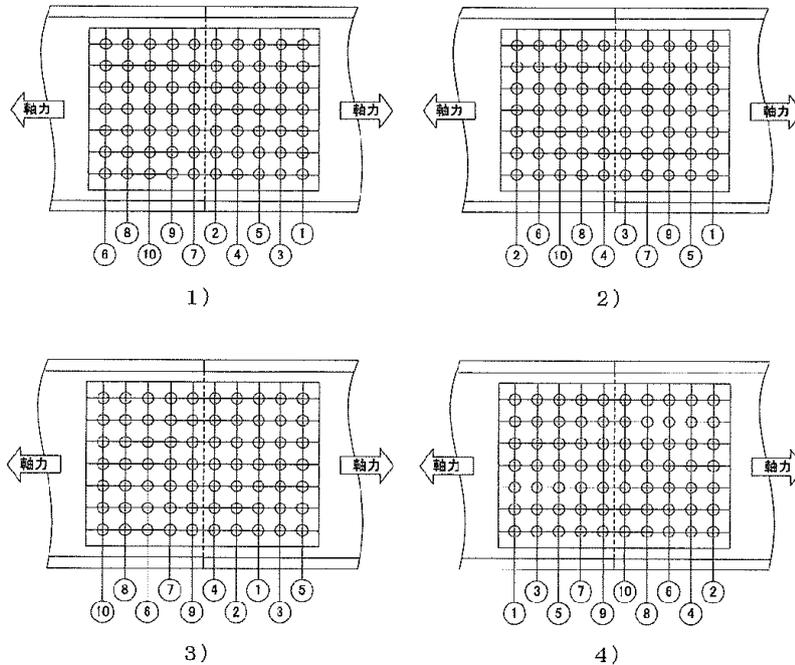
正解：1)

疲労寿命曲線の関係 ($\Delta\sigma^m \cdot N = C$) から求める。

$$50^3 \times 2000000 = 100^3 \cdot N$$

$$N = \frac{50^3 \times 2000000}{100^3} = 250000$$

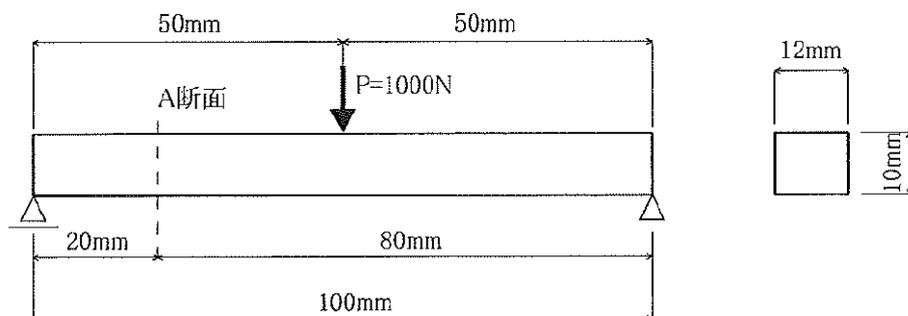
(32) 軸方向力を受ける高力ボルト継手のボルト取替えを行う場合、ボルト列の取替え順序として、適当なものはどれか。



正解：3)

主として軸方向力を受ける継手では、最初に添接版の片側の中央のボルト列を取替え、次に中央の列から両方の列へ交互に取替える。

(33) 下図に示す単純はりの A 断面における下縁応力として、適当のものはどれか。



- 1) 25N/mm^2
- 2) 50N/mm^2
- 3) 100N/mm^2
- 4) 弾性係数が与えられていないため、算出できない。

正解：2)

A 断面の曲げモーメント

$$M = 500\text{N} \times 20\text{mm} = 10000\text{N} \cdot \text{mm}$$

A 断面の断面二次モーメント

$$I = \frac{12 \times 10^3}{12} = 1000\text{mm}^4$$

A 断面の下縁応力

$$\sigma = \frac{M}{I} y = \frac{10000}{1000} \times 5 = 50\text{N/mm}^2$$

(34) 鋼構造物の腐食に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 鋼製橋脚は根巻コンクリートとの地際付近でマクロセル腐食を生じることがある。
- 2) 鋼製橋脚横梁内部では、滞水により下フランジに腐食を生じることがある。
- 3) 港湾構造物では、平均海水面付近で激しい局部腐食を生じることがある。
- 4) ダムゲートでは、水位変動がある位置のスキンプレートで腐食を生じることがある。

正解：3)

港湾構造物では、朔望平均満潮面の上側の飛沫帯での腐食速度が最も大きい。干満帯に属する平均海水面付近では、平均干潮面直下に発生する集中腐食の原因とされている酸素濃淡電池のカソードとして作用するため、腐食速度は遅い。

(35) 溶接部の疲労に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 継手の疲労強度等級は、疲労試験結果の下限もしくは非超過確率 97.7%の値を用いて設定されている。
- 2) 変動振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界は疲労限と呼ばれ、作用する最大応力範囲がこの値以下の場合には疲労き裂が生じないとみなせる応力範囲である。
- 3) 溶接部の疲労強度に与える影響が大きい要因として、継手形状、母材の降伏点、残留応力が挙げられる。
- 4) 溶接部の疲労損傷度は、応力範囲の 3 乗に反比例する。

正解：

- 1) 適切な記述である。
- 2) 一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界は疲労限と呼ばれ、作用する最大応力範囲がこの値以下の場合には疲労き裂が生じないとみなせる応力範囲である。
- 3) 溶接部の疲労強度に与える影響が大きい要因として、継手形状や残留応力が挙げられるが、母材の降伏点の影響はない。
- 4) 溶接部の疲労損傷度は、 $D = \sum (\Delta\sigma_i^m \cdot n_i) / C$ で与えられ、応力範囲の 3 乗に比例する。

(36) 腐食した鋼部材の補修・補強に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) JIS 制定以前の鋼材の溶接性を、 C_{eq} 、 P_{cm} の値から判断した。
- 2) 摩擦係数の向上を期待して腐食面の凹凸を残し、高力ボルトで当て板を取り付けた。
- 3) 腐食してゆるんだりベットを、支圧接合用打ち込み式高力ボルトに取り替えた。
- 4) 部材全体の平均板厚による耐力評価をもとに、当該引張部材の補修を再塗装とした。

正解：3)

- 1) JIS 制定以前の鋼材の溶接性は、特に S (硫黄) の含有量に注意を払う必要があり、炭素当量 (C_{eq}) や割れ感受性指数 (P_{cm}) も合わせて評価することが望ましい。
- 2) 腐食した部分に凹凸があり、所定の摩擦係数が確保できない場合がある。このような場合は凹凸を除去して所定の摩擦係数を確保できるように、接触面を不陸修正材等で処理する必要がある。
- 3) 適切な記述である。
- 4) 腐食した引張部材の破断は、最大腐食位置に発生するため、最小断面の平均板厚を用いた有効板厚、あるいは最大断面欠損率による有効板厚を用いて強度評価を行う。

(37) ルートき裂に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 荷重非伝達型十字溶接継手では、止端き裂よりルートき裂が発生しやすい。
- 2) 荷重伝達型十字溶接継手において、ルート破壊に対する疲労強度等級は H 等級である。
- 3) 一般的に、ルートき裂が表面に現れた時の表面き裂長はビード内部のき裂長より短い。
- 4) ルートき裂は止端部よりもビード上に現れることが多い。

正解：1)

荷重非伝達型十字すみ肉溶接継手では、溶接止端部から疲労亀裂が生じ、その疲労強度は溶接止端の形状や溶接脚長、板厚、溶接止端での残留応力などに依存する。

(38) 地震により支承部に発生する損傷のうち、生じる可能性がもっとも低いのは、次のうちどれか。

- 1) サイドストッパーの破断
- 2) セットボルトの破断
- 3) ローラー沓のローラーの抜け出し
- 4) ソールプレート溶接部を起点とした下フランジの破断

正解：4)

ソールプレート溶接部を起点とした下フランジの破断は、常時の交通荷重によって生じた疲労損傷より生じる現象であり、地震時に発生する可能性は低い。

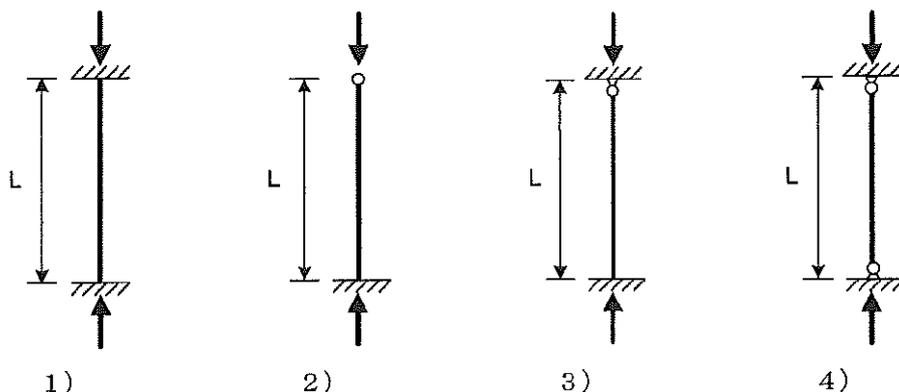
(39) コンクリート構造物の損傷に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 凍害とは、コンクリート中の水分の凍結融解の繰り返しに伴うコンクリートの破壊現象である。
- 2) アルカリシリカ反応とは、骨材中に含まれる反応性鉱物がアルカリ金属イオンを主成分とする水溶液と反応して吸水膨張し、コンクリートにひび割れを生じさせる現象である。
- 3) 塩害とは、コンクリート内部の鋼材が塩分の影響で腐食膨張し、コンクリートのひび割れはく離を生じる現象である。
- 4) 乾燥収縮ひび割れとは、セメントの水和反応に伴って打設後 10～30 日以内に生じる現象である。

正解：4)

乾燥収縮ひび割れは、打設時期や部材寸法によって異なるが、材齢 2～3 ヶ月以降に発生する。乾燥収縮ひび割れは、セメントゲル細孔中の水分の蒸発に伴って、セメントペースト部分が乾燥収縮し、この自由収縮がコンクリート中の骨材や鉄筋、あるいは接合部材によって拘束されることにより引張応力を生じて発生する。

(40) 下図に示す柱のうち、有効座屈長が最も長いものはどれか。なお、材端条件は図の下にある表のとおりである。



材端条件	回転に対して	水平変位に対して
	固定	固定
	自由	固定
	自由	自由

正解：2)

柱の有効座屈長は、以下のようになる。(道路橋示方書 鋼橋編参照)

- 1) 有効座屈長 = $0.5L$
- 2) 有効座屈長 = $2.0L$
- 3) 有効座屈長 = $0.7L$
- 4) 有効座屈長 = $1.0L$

(41) 鋼道路橋において疲労損傷が多く発生する部位として、不適当なものはどれか。

- 1) 鋼 I 桁橋の主桁と横桁の交差部
- 2) 鋼床版橋の垂直補剛材上端部
- 3) 鋼 I 桁橋の主桁下フランジの突合せ溶接部
- 4) 閉断面縦リブを用いた鋼床版の縦リブとデッキプレートの溶接部

正解：3)

疲労損傷の事例は、テキストで紹介されているので、参照していただきたい。

- 1) テキスト p237 の図 9.2-2
- 2) テキスト p247 の図 9.2-19
- 3) 該当部はなし
- 4) テキスト p246 の図 9.2-18

(42) プレストレストコンクリート橋に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) PC 鋼材をあらかじめ緊張させてコンクリートを打設し、硬化後に PC 鋼材の緊張力を解放してコンクリートにプレストレスを与える方法を、プレテンション方式という。
- 2) プレテンション方式では、PC 鋼材とコンクリートの付着によってコンクリートにプレストレスを与える。
- 3) 硬化後のコンクリートに定着材を設け、PC 鋼材を緊張して、コンクリートにプレストレスを与える方法を、ポストテンション方式という。
- 4) ポストテンション方式では、PC 鋼材が通るシース内にグラウトを注入して PC 鋼材とコンクリートを付着させることで、コンクリートにプレストレスを与える。

正解：4)

ポストテンション方式では、PC 鋼材を緊張している定着具からプレストレスを導入している。PC 鋼材が通るシース内にグラウトを注入しているのは、PC 鋼材の腐食を防止し、PC 鋼材とコンクリートを付着させることでプレストレスの抜け防止（フェールセーフ）しているが、プレストレスを与えているわけではない。

(43) 鋼道路橋の損傷に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

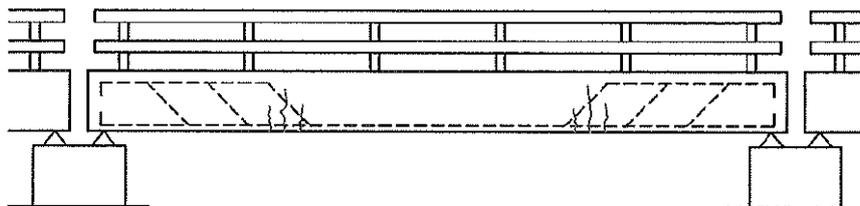
- 1) 伸縮装置の損傷は、輪荷重による繰返し荷重が主な原因と言われている。
- 2) 支承の機能低下には、伸縮装置部からの漏水が影響する場合がある。
- 3) 照明柱基部の腐食損傷には、凍結防止剤の散布が影響する場合がある。
- 4) 鋼製高欄は、交通振動により疲労き裂を生じる場合がある。

正解：4)

照明柱あるいは道路標識など、細い支柱で支えられた高い施設では、その基部に風などによる振動で疲労き裂が生じる場合があるが、横方向に繰返し荷重が作用しない鋼製高欄では、交通振動による疲労損傷が発生する可能性はないと考えられる。

(44) 下図は、道路橋の定期点検で見つかった鉄筋コンクリート T 桁橋のひび割れである。

損傷の原因として、もっとも適当なものはどれか。なお、図中の破線部分は鉄筋を示す。



- 1) 乾燥収縮
- 2) せん断力

- 3) 曲げモーメント
- 4) アルカリシリカ反応

正解：3)

ひび割れ発生箇所は、主鉄筋が曲げ上げられて主鉄筋量が減少した部位であり、曲げ耐力が支間中央部に比べて小さい箇所である。そのため、曲げモーメントによって生じた曲げひび割れと推定される。

(45) 鉄道橋の検査に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 特別全般検査は、地震や台風の後に行われる。
- 2) 個別検査は、全般検査および随時検査において健全度が B 以下の場合に実施される。
- 3) 随時検査は、毎日あるいは日常的に軌道管理などとあわせて行われる。
- 4) 検査責任者の業務は、鉄道事業者以外の者が務めることはできない。

正解：

- 1) 特別全般検査は、構造物の種別や線区の実態に合わせて、必要に応じて行う定期的な検査である。地震や台風の後に行われる検査は、随時検査である。
- 2) 個別検査は、全般検査および随時検査において健全度が A の場合に実施される。
- 3) 随時検査は、地震や台風の後に行われる。
- 4) 適切な記述である。

(46) 鋼鉄道橋で用いられる保守限度力度に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 保守限度力度は、既設桁の安全性の照査に用いる許容限度力度である。
- 2) 引張部材の保守限度力度は、静的耐力と疲労の両方を考慮して定められている。
- 3) 同一の鋼種を用いたリベット桁と溶接桁の保守限度力度は、リベット桁の方が低い。
- 4) 部材に発生する最大応力度に対する保守限度力度の割合を、現有応力比率という。

正解：3)

テキスト p358 に示されるように、リベット桁(非溶接桁)の保守限度力度は、 $\sigma_m = 0.8\sigma_y$ であり、溶接桁の保守限度力度は、 $\sigma_m = 0.7\sigma_y$ である。

(47) 港湾鋼構造物の構造上の特徴に関する記述中の(A)～(D)に当てはまる語句の組合せとして、適当なものはどれか。

矢板式係船岸の場合、鋼矢板に作用する(A)に起因した曲げモーメントが最大となる箇所は一般に(B)付近である。栈橋の場合、(C)に作用する曲げモーメントが最大となる箇所は(D)である。そのため、これらの箇所を重点的に点検診断する必要がある。

	(A)	(B)	(C)	(D)
1)	土圧	海底面	地震時	杭と上部工の接合部
2)	波圧	海底面	荷役作業時	海底面
3)	土圧	タイロッドと海底面の中間点	地震時	杭と上部工の接合部
4)	波圧	タイロッドと海底面の中間点	荷役作業時	海底面

正解：3)

テキスト p375～376 の記述を参照

(48) 港湾鋼構造物に適用される防食工法に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 被覆防食工法の適用範囲は、一般に朔望平均干潮面 (L.W.L.) 以浅である。
- 2) 現地施工が可能な被覆防食工法には、水中硬化形被覆、ペトロラタム被覆、モルタル被覆がある。
- 3) 電気防食工法の適用範囲は、一般に平均干潮面 (M.L.W.L.) 以深である。
- 4) 流電陽極方式電気防食工法は、水中に設置した陽極と鋼材の異種金属電池作用により、鋼管杭へ防食電流を流入させ、腐食を防止する工法である。

正解：1)

テキスト p382 の図 14.3-3 に示されるように、被覆防食工法の適用範囲は、一般に朔望平均干潮面 (L.W.L.) -1m 以浅である。

(49) 水圧鉄管およびダムゲートにおける許容応力算出のための安全率の組み合わせとして、適当なものはどれか。

	水圧鉄管の安全率	ダムゲートの安全率
1)	1.8	2.0
2)	1.8	1.8
3)	2.0	2.0
4)	2.0	1.8

正解：1)

水圧鉄管の安全率の記載は、テキスト p403 の左側 7 行目、ダムゲートの安全率は p412 の右側 6 行目に記載されている。

- (50) 水力発電に関わる土木鋼構造物に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。
- 1) 止水性が求められる水圧鉄管とダムゲートでは、リベット接合は使用されていない。
 - 2) 水圧鉄管とダムゲートでは、鋼材の余裕厚の設定方法が異なる。
 - 3) 電気事業法の適用を受けるため、河川法の適用外である。
 - 4) 淡水環境で使用されるため、鋼材の腐食速度は緩やかで、概ね 0.3 mm/年程度である。

正解：2)

- 1) 水圧鉄管やダムゲートでも、リベット接合は使用されている。
- 2) 適切な記述である。
- 3) 河川内に設置される構造物については、河川法並びに河川管理施設等構造令の適用を受ける。
- 4) 淡水環境で使用されるため、鋼材の腐食速度は緩やかで、概ね 0.03 mm/年程度である。