

令和3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、令和3年10月に実施された『令和3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ものではなく、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。

令和3年12月29日（第1版）

中日本建設コンサルタント 建設技術本部  
技術アドバイザー 羽田野英明  
h\_hatano@nakanihon.co.jp

修正履歴

- ・
- ・
- ・

## 令和元年度 択一式問題

(1) 疲労を主たる原因として重大な損傷が発生もしくは崩落した橋梁は、次のうちどれか。

- 1) 国道 23 号線木曾川大橋 (三重県)
- 2) 国道 325 号線阿蘇大橋 (熊本県)
- 3) 国道 25 号線山添橋 (奈良県)
- 4) タコマナロウズ橋 (アメリカ)

正解：3)

- 1) 国道 23 号線木曾川大橋 (三重県)：鋼材の腐食
- 2) 国道 325 号線阿蘇大橋 (熊本県)：地震
- 3) 国道 25 号線山添橋 (奈良県)：疲労
- 4) タコマナロウズ橋 (アメリカ)：風

(2) 鋼材の種類と性質に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) SMA 材は、表面に緻密なさび層を形成し、環境条件によらず腐食の進行を抑制できる。
- 2) SM400 材は、シャルピー吸収エネルギーにより A, B, C に区分されている。
- 3) SM490Y 材は、SM490 材に対して溶接性を向上させている。
- 4) SM570 材と SBHS500 材では、JIS における引張強さの規格下限値が異なる。

正解：2)

- 1) SMA 材は表面に緻密なさび層を形成し、環境条件が適切であれば腐食の進行を抑制できる。
- 2) 適切な記述である。シャルピー吸収エネルギーに関して、SM400A 材は規定なし、SM400B 材は 27J 以上、SM400C 材は 47J 以上と規定されている。
- 3) SM490Y 材は、SM490 材に対して降伏点を高めた鋼材である。
- 4) SM570 材と SBHS500 材では、JIS における引張強さの規格下限値は 570N/mm<sup>2</sup>と同一である。

(3) 鋼材の材料試験に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 曲げ試験は、試験片を曲げ、わん曲部外側に裂け傷が発生したときの荷重から曲げ強度を求めるものである。
- 2) ビッカース硬さ試験は、ダイヤモンド圧子を鋼材表面に押し付け、除荷後のくぼみの対角線長さを測定して硬さを求めるものである。
- 3) シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーは、試験片を破断させるために必要なハンマーの持ち上げ高さから算出する。
- 4) JIS による引張試験は、板厚によらず同一形状の試験片を使用する。

正解：2)

- 1) 曲げ試験は、試験片を規定の内側半径で規定の角度になるまで曲げ、わん曲部外側の裂け傷、その他の欠陥の有無を調べるものである。

- 2) ビッカース硬さ試験は、ダイヤモンド圧子を鋼材表面に押し付け、除荷後のくぼみの対角線長さを測定して硬さを求めるものである。
- 3) シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーは、試験片を破断させるために必要なハンマーの持ち上げ角度と試験片破断後の振り上がり角度の差から算出する。
- 4) JISによる引張試験は、板厚5mm以下の場合には5号試験片、5~50mmは1A号試験片、40mm以上は4号試験片を使用する。

(4) 高性能鋼材に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) TMCP鋼は、熱加工制御により良好な溶接性、高い強度や靱性が得られる鋼材である。
- 2) 予熱低減鋼は、溶接割れ感受性組成を低くした鋼材で、予熱温度の低減が可能である。
- 3) 耐ラメラテア鋼は、板厚方向の絞り値を保証した鋼材で、板厚方向の引張応力により板表面と平行方向に生じる割れを防止できる。
- 4) 高靱性鋼は、大入熱溶接に適用可能な鋼材で、溶接入熱を大きくしても溶接部の品質が確保される鋼材である。

正解：4)

高靱性鋼は、高い靱性を有した鋼材で、より小さな曲げ半径で冷間加工が可能であること、また寒冷地でも適用可能であること、という利点を有している。大入熱溶接に適用可能な鋼材で、溶接入熱を大きくしても溶接部の品質が確保される鋼材は、大入熱溶接用鋼である。

(5) 下表は、4つの古い鋼材の化学成分分析の結果である。もっとも溶接に適した鋼材は次のうちどれか。

鋼材 No.	(%)				
	C	Si	Mn	<u>P</u>	<u>S</u>
No.1	0.162	0.01	0.52	0.057	0.104
No.2	0.26	0.009	0.53	0.028	0.066
No.3	0.095	0.007	0.46	0.034	0.087
No.4	0.16	0.02	0.62	0.014	0.004

- 1) 鋼材 No.1
- 2) 鋼材 No.2
- 3) 鋼材 No.3
- 4) 鋼材 No.4

正解：4)

溶接性を判断するには、

燐 (P) の化学成分量  $P \leq 0.04\%$

硫黄 (S) の化学成分量  $S \leq 0.04 \sim 0.05\%$

炭素 (C) とマンガン (Mn) の化学成分比率  $Mn/C > 2.5$   
を参考に判断する。

(6) 次の A~D の防食塗料が使われ始めた年代を古い順に並べたとき、適当なものはどれか。

A : タールエポキシ樹脂塗料      B : ふっ素樹脂塗料  
C : 無機ジンクリッチペイント      D : 鉛丹さび止めペイント

- 1) A→C→B→D
- 2) A→C→D→B
- 3) D→A→C→B
- 4) D→C→B→A

正解：3)

A : タールエポキシ樹脂塗料 (1959 年頃より使用)  
B : ふっ素樹脂塗料 (1985 年頃より使用)  
C : 無機ジンクリッチペイント (1965 年頃より使用)  
D : 鉛丹さび止めペイント (1900 年頃より使用)

(7) 重防食塗装に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 一般に、無機あるいは有機ジンクリッチペイントを防食下地とする。
- 2) 変性エポキシ樹脂塗料や長油性フタル酸樹脂塗料を上塗塗料とする。
- 3) 一般に、合計膜厚は 100~200  $\mu m$  程度である。
- 4) 新設塗装に期待する耐久性は、一般環境で 20 年程度である。

正解：1)

- 1) 一般に、無機あるいは有機ジンクリッチペイントを防食下地とする。
- 2) ポリウレタン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料などを上塗塗料とする。
- 3) 一般に、合計膜厚は 250~1000  $\mu m$  程度である。
- 4) 新設塗装に期待する耐久性は、厳しい腐食環境で 30 年以上である。

重防食塗装とは、下記の条件を満足する常温硬化型塗料で構成される塗装系である。

- ① 無機ジンクリッチペイント、あるいは有機ジンクリッチペイントの防食下地を有すること  
なお、金属溶射皮膜、溶融亜鉛めっき層も防食下地と見なすことができる。
- ② 腐食因子の遮断性に優れたエポキシ樹脂塗料、弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料、超厚膜形エポキシ樹脂塗料、ガラスフレーク含有エポキシ樹脂塗料などを下塗塗料とすること。
- ③ 耐候性に優れたポリウレタン樹脂塗料、ふっ素樹脂塗料などを上塗塗料とすること。
- ④ 合計膜厚は、250~1000  $\mu m$  程度であること。
- ⑤ 新設塗装に期待する耐久性（防食性能と耐候性能）は厳しい腐食環境で 30 年以上であること。

なお、一般塗装系の塗替え塗装時に、旧塗膜を素地調整程度 3 種で処理して下塗塗料に変性エポキシ樹脂塗料を、上塗塗料にふっ素樹脂塗料を適用した場合は、防食下地がないので重防食塗装ではない。

(8) 溶接時の低温割れの防止対策に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 溶接金属中の初期水素量をできるだけ多くする。
- 2) 予熱により急冷を避ける。
- 3) 溶接直後に溶接部を後熱する。
- 4) 炭素当量  $C_{eq}$  や溶接割れ感受性組成  $P_{CM}$  の低い鋼材を使用する。

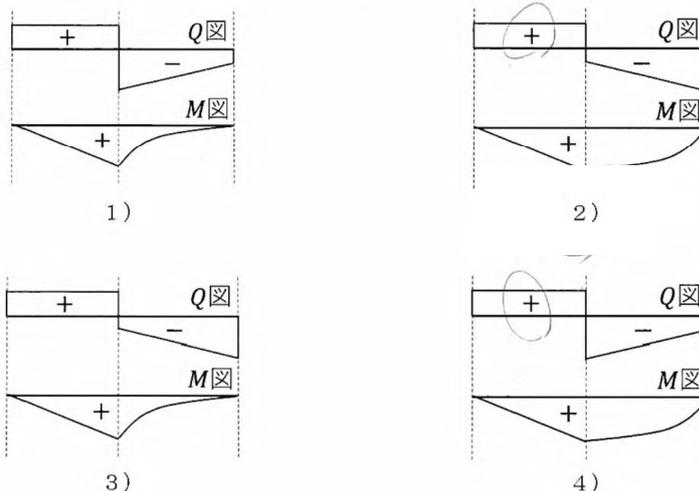
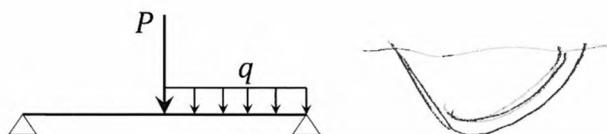
正解：1)

溶接時の低温（遅れ）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、時間とともに伝搬していく割れを指す。

低温割れは、①溶接部の硬化の程度、②溶接部の拡散性水素、③継手の拘束度が主な要因となって発生するため、次の対策をとる。

- a) **化学組成** 炭素当量  $C_{eq}$  や溶接割れ感受性組成  $P_{CM}$  の低い鋼材を使用する
- b) **冷却速度** 熱影響部の延性、靱性には熱影響部の温度が 800℃から 500℃に冷却される速度が支配的であるので、予熱をして、急冷を避ける
- c) **初期水素量** 溶接金属中の水素は、溶接棒のフラックスや開先に付着した水分、さび、溶接時の大気などから供給されるため、これらを少なくする。マグ溶接、テイグ溶接等の溶接法の採用も効果がある
- d) **溶接後熱** 溶接直後に溶接部を後熱（500～600℃程度であれば短時間、250～350℃程度なら1時間程度）すれば、水素の放出が促進され、割れを防ぐことができる。多層溶接では、初層に割れが発生しないうちに次の層を溶接すると、後熱と同様の効果がある。
- e) **拘束度** 継手部の形状、板厚、溶接順序などにより生じる拘束度を小さくする。

(9) 下図に示すように単純ばりに集中荷重  $P$ 、分布荷重  $q$  が作用した場合のモーメント  $M$  図、せん断力  $Q$  図の組み合わせとして、適当なものは次のうちどれか。



正解：2)

等分布荷重に対する曲げモーメント分布は、下向きに凸の2次曲線となる。

等分布荷重に対するせん断力分布は、端支点で絶対最大値となる。

(10) 下の写真に示す高力ボルトの説明として、適当なものは次のうちどれか。



- 1) ボルト頭側の六角形状が不要であり、ボルト頭部に S10T と表示されている。
- 2) F10T より約 1.5 倍に高強度化し、遅れ破壊に耐えうる形状と成分設計が施されている。
- 3) 既設の密閉箱形断面の鋼構造物に補強板を取り付ける場合などに用いられる。
- 4) 舗装の耐久性を向上させる目的で、鋼床版デッキプレートの接合に多く用いられる。

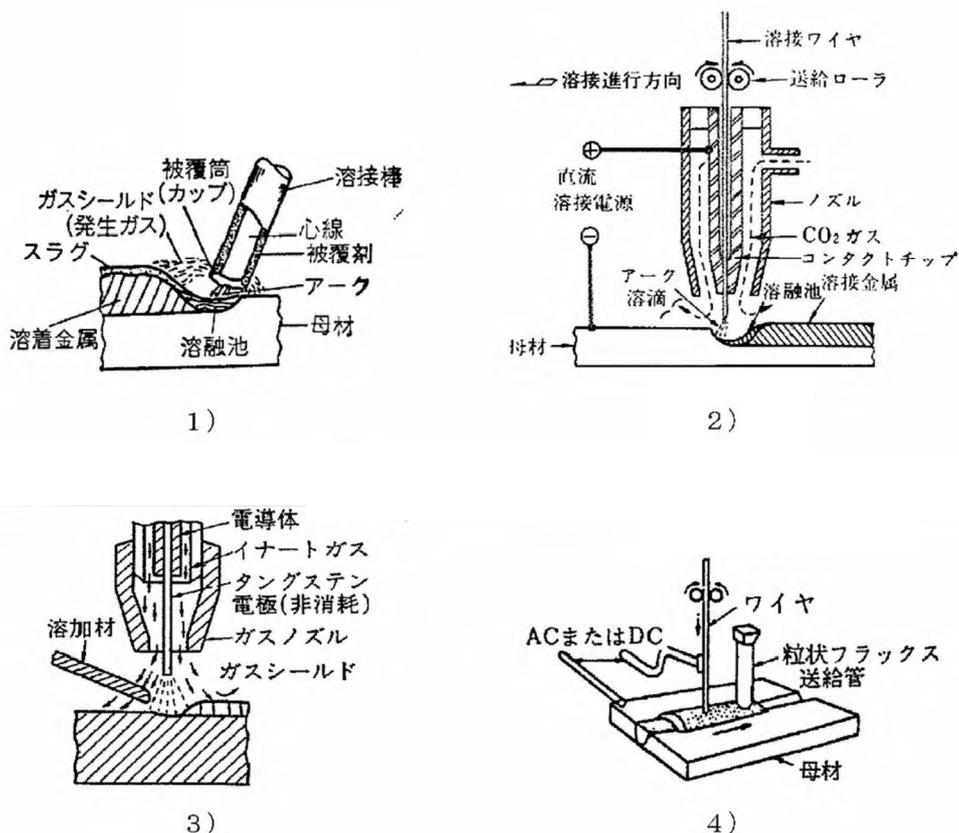
正解：3)

写真に示されるボルトは、片面施工ボルトである。既設の密閉箱形断面の鋼構造物（トラス橋やアーチ橋の弦材等）に、補修のために補強板を高力ボルト接合で取り付ける場合、通常の高力ボルトでは外側からのみでは施工できないため、対応に苦慮することが多い。そこで、高力ボルトの取付を外側からのみの作業で行うことが可能な、片面施工ボルトが開発された。

このボルトの場合、M24 相当のボルトサイズで F8T・M 22 相当の軸力が導入できる。締付操作は、基本的にはトルシア形ボルトと同様である。また、片面施工ボルトの締結機構は、通常の

高力ボルトとは異なるものの、リラクセーションについては、通常の高力ボルトと同様な傾向を示している。

(11) 下図に示す溶接方法のうち、マグ溶接はどれか。



正解：2)

- 1) アーク溶接：電気の接触点で発生する火花を電気アーク（電弧）と呼んでおり、電流や電圧を大きくすると、金属を容易に溶かすことができるようになる。この現象を利用して、電気アークを連続的に発生させて金属を溶着する溶接法をアーク溶接という。
- 2) マグ溶接：溶接金属を大気から遮蔽するために CO<sub>2</sub>（炭酸ガス）や、Ar+CO<sub>2</sub> の混合ガスを用いる溶極式の溶接法を CO<sub>2</sub> アーク溶接と呼称する。CO<sub>2</sub> は高温のアークにより CO と O<sub>2</sub> になるため多少の酸化性を持ち、He や Ar のように不活性ガスではないため、Metal Active Gas の頭文字をとって MAG 溶接とも呼ばれる。CO<sub>2</sub> は、Ar と比較してコストが 1/10 程度であるが、多少スパッタが多くなるため、ソリッドワイヤのほかに、フラックスを併用あるいはフラックス入りコアードワイヤを使用する
- 3) ティグ(TIG)溶接：イナートガスアーク溶接は、大気から溶着金属を遮蔽するガスにイナート（不活性）ガスを用いる溶接で、ミグ(MIG) 溶接とティグ(TIG) 溶接がある。ティグ溶接は、W(タングステン)または W 合金(ThO<sub>2</sub>:酸化トリウム, La<sub>2</sub>O<sub>3</sub>:酸化ランタン等を 1~2%含有)製の非消耗電極と母材の間にアークを発生させ、溶加材を溶融させて溶接する方法である。
- 4) サブマージアーク溶接：溶接部にあらかじめ粒状フラックスを散布して、フラックス中でワ

イヤ先端と母材間にアークを発生させて行う溶接法である。フラックスは、アークと溶接金属を覆って大気を遮断するとともに、熔融金属の精錬を行い、ビード形状を整える役割をしている。

(12) リベット接合に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 支圧接合の一種である。
- 2) リベットを高力ボルトに取替えて摩擦接合とする場合、接触面の塗装を除去するなどして摩擦力を確保する必要がある。
- 3) リベットの撤去は、ガス切断よりもドリルによる方法が望ましい。
- 4) 腐食によりリベット頭部が部分的に欠損すると、継手耐力が著しく低下する。

正解：4)

リベット接合は、リベット軸部のせん断抵抗と、リベットと母材の支圧抵抗によって応力を伝達する機構である。腐食によりリベット頭部が部分的に欠損しても、この耐荷機構は残っており、継手耐力が著しく低下することはない。

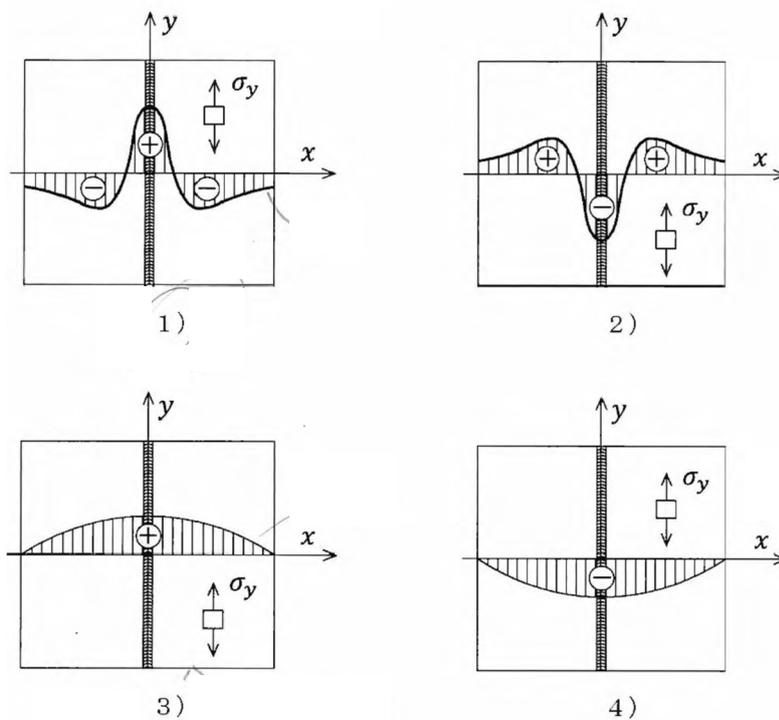
(13) 高力ボルト接合に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 摩擦接合継手の耐力算定には、接触面の表面処理状態に応じたすべり係数を使用する。
- 2) F10T の設計ボルト軸力は、降伏点応力に対して 75%となる応力を基準としている。
- 3) 1 ボルト線上に並ぶボルト本数が多いほど、各ボルトに作用する力が均等になる。
- 4) 耐候性鋼橋の高力ボルト継手には、耐候性を有する高力ボルトを使用する。

正解：3)

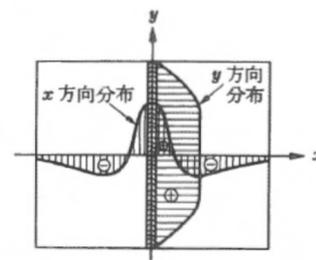
道路橋示方書では、1 ボルト線上に並ぶ本数が多くなり多列配置となるとボルトに作用する力が不均等になり、所用のすべり耐力が確保されない恐れがあるため、支圧接合で 6 本以下、摩擦接合で 8 本以下とするのが良いとしている。なお、接合面に無機ジンクリッチペイントを塗装する場合の高力ボルト摩擦接合継手については、最近の実験結果より低減係数を乗じて設計を行う場合には、1 ボルト線上に並ぶボルト本数を最大 12 本までとすることができるとしている。

(14) 広幅の板を溶接した場合の溶接線方向残留応力（図中の  $\sigma_y$ ）の溶接線直角方向分布（図中の  $x$  方向の分布）として、適当なものは次のうちどれか。応力の符号は引張を+、圧縮を-とする。

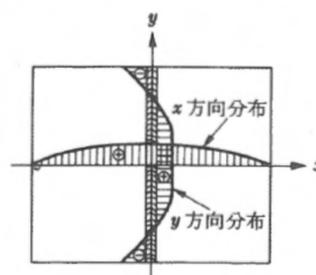


正解：1)

溶接時には、溶接部付近が局部的に高温になり、熱膨張により主として溶接線方向に伸びようとするが、まわりの温度の低い部分に拘束されるため、高温部には溶接線方向に圧縮応力が生じる。高温の金属は降伏応力が低下するため、この圧縮応力により溶接部付近は比較的容易に降伏をして、圧縮塑性ひずみが生じる。ところが、溶接終了後、温度が下がると熱膨張は消失して部材全体が元の長さに戻ろうとするが、圧縮降伏している溶接部付近は、まわりより短くなろうとしてやはり拘束され、引張応力を受けることになる。このようにして、溶接部には残留応力が発生することになるそのため、溶接残留応力は、必ず自己平衡形の応力分布となる。図 4.1-17 に広い板の中央を溶接した場合の残留応力分布を示す。溶接線方向の応力分布のは、溶接部近傍では材料の降伏応力には達している。



(a)  $\sigma_y$  (溶接線方向の応力) の分布



(b)  $\sigma_x$  (溶接線に直角方向の応力) の分布

図 4.1-17 広幅の板を溶接した場合の残留応力分布<sup>4)</sup>

(15) コンクリートに関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 単位水量は、適切なワーカビリティが得られる範囲内で少なくなるようにする。
- 2) 圧縮強度は、一般に水セメント比が大きくなるほど小さくなる。
- 3) 圧縮強度のばらつきを考慮して、配合強度は設計基準強度より高い値とする。
- 4) 空気量は、耐凍害性が得られる範囲内でできるだけ大きい値とするのがよい。

正解：4)

空気量は、耐凍害性が得られる範囲内で、できるだけ小さい値とするのが望ましい。空気量が多いと、ワーカビリティと耐凍害性の向上には役立つが、強度の低下を招くためである。一般的には4～5%が目標とされることが多い。

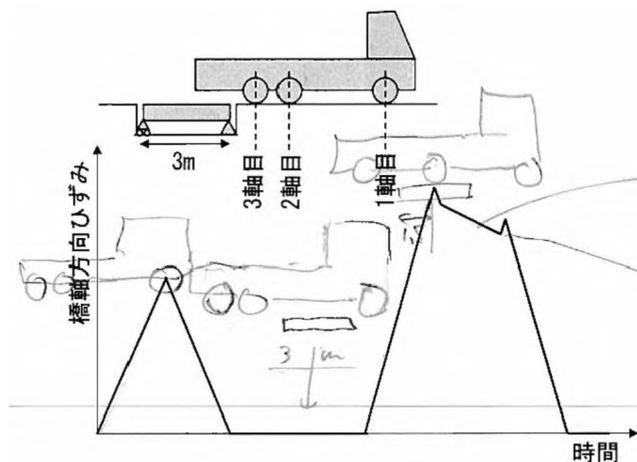
(16) 点検に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 事前調査において、机上調査に加えて遠望目視で現地踏査を行った。
- 2) 大規模災害発生後に、緊急対応として被災全域の被害状況の概要を調査した。
- 3) 点検済みの類似構造物が近接していたので、対象構造物の点検を省略した。
- 4) 第三者被害が懸念される損傷が見つかったので、速やかに管理者等に連絡した。

正解：3)

点検済みの類似構造物が近接していても、利用環境や施工時期、施工者、材料供給先等、異なる点もあることから、対象構造物の点検を省略してはならない。

(17) 3軸（前1軸，後2軸）トラック1台が支間3m単純桁上をゆっくりと一定の速度で通行した際に、桁の支間中央の下フランジに生じた橋軸方向のひずみを測定したところ、下図に示す時刻歴波形が得られた。この結果からわかることとして、不適当なものは次のうちどれか。



- 1) トラックの1軸目と2軸目の距離は3mより長い。
- 2) トラックの2軸目と3軸目の距離は1.5m（単純桁の支間の半分）より長い。
- 3) トラックの2軸目と3軸目の軸重は等しい。
- 4) トラックは桁の上を前進して通過した。

正解：3)

2山目の波形から判断して、2軸の軸重の方が、3軸の軸重より大きい。

(18) 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) 既設鋼構造物に損傷が見られた場合、たとえ損傷の程度がわずかであっても、補修・補強により当初の性能以上まで回復させる必要がある。
- 2) 供用下における補強では、孔あけや溶接により一時的に剛性や強度が低下することもあるので、施工時の安全性も検討する必要がある。
- 3) 既設鋼構造物の補修・補強の判断においては、1回の補修・補強の費用のみでなく、残りの供用期間に要する維持管理費用も評価するのが望ましい。
- 4) 歴史的な既設鋼構造物では、補修・補強工事であっても、オリジナルの構造物の持つ構造美に配慮するなど、景観に対する配慮も必要である。

正解：1)

損傷に伴い断面欠損が生じた場合や設計荷重の変更などにより設計計算上の発生応力度が許容応力度を満たさない場合には、発生応力度が許容応力度以下になるように補修・補強設計を行う。しかしながら、応力度の超過の割合が少ない場合には、補修・補強施工による影響（溶接による熱影響やボルト孔あけによる母材の欠損など）や補修・補強後の供用年数なども考慮すると、補修・補強を行わないほうがよい場合もある。

(19) 非破壊試験に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

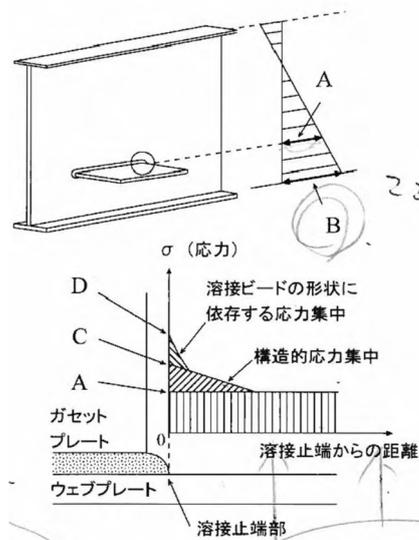
- 1) 磁粉探傷試験は、欠陥の表面長さや深さ方向の形状を把握できる。
- 2) 放射線透過試験は、溶接内部の欠陥を検出するのに適している。
- 3) 超音波探傷試験は、球状の欠陥を小さい寸法の欠陥と判断する恐れがある。
- 4) 渦流探傷試験は、塗膜の上からでも探傷することができる。

正解：1)

磁粉探傷試験においては、試験面上での欠陥の位置や形状、大きさはわかるが、欠陥の深さ方向の形状および大きさはわからない。

(20) 下図のA～Dのうち、鋼I桁の面外ガセット部のまわし溶接止端部のホットスポット応力として適当なものはどれか。

- 1) A
- 2) B
- 3) C
- 4) D



正解：3)

疲労損傷が生じているような分配横桁取付け部、対傾構取付け部や鋼床版の縦リブと横リブの交差部などにおいては、構造が複雑であり、また、作用応力状態が荷重の移動により変化するなど複雑であり、公称応力を定義することが困難な場合も少なくない。このような公称応力を定義できない溶接継手部については、公称応力の代わりにホットスポット応力と呼ばれる応力を用いて疲労評価を行う方法がある。ホットスポット応力については種々の求め方が提案されており、統一的な定義がなされているとはいえないが、JSSC 疲労設計指針ではホットスポット応力を溶接ビードによる局所的な応力集中を含まず構造的な応力集中を考慮した溶接止端位置の応力として定義し、そのような応力に対する設計疲労寿命曲線としては、荷重非伝達型あるいは荷重伝達型の十字継手（止端破壊）の疲労強度等級を用いることとしている。図 9.3-3 に示すようにガセットプレート端における局所の応力性状は、部材に作用する公称応力に加えて、継手全体の力の流れの不連続性に依存する構造的な応力集中と溶接ビードの寸法・形状に依存する応力集中が重複した、急激な応力勾配を持った状態となっているがこのような部位における

局部応力の設定法として、JSSC 疲労設計指針では、図 9.3-3 に示すように溶接止端部近傍の2点での応力から止端位置へ直線外挿してホットスポット応力を求めることとしている。2点の外挿点の位置は、溶接止端位置から  $0.4t$  および  $1.0t$  ( $t$ :板厚) の点としている。

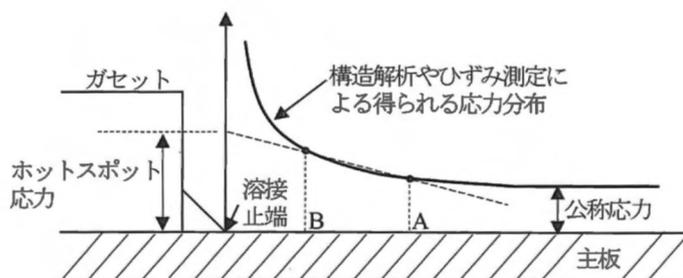


図 9.3-3 ホットスポット応力の定義例

(21) 3次元形状計測に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) レーザースキャナは、レーザー光を照射して反射波を解析することで形状を取得する。
- 2) レーザースキャナは、レーザー光を回転させながら照射すれば、1箇所からの計測で対象物の背面の形状も取得できる。
- 3) デジタルカメラで撮影した画像を用いる計測方法では、3角測量の原理を利用している。
- 4) SfM (Structure from Motion)は、デジタルカメラで連続的に撮影した画像群から3次元形状を復元する技術である。

正解：2)

レーザースキャナは、レーザー光を回転させながら照射すれば、1箇所からの計測で対象物のレーザー光の反射波を捉えられる部位の形状を取得できるが、背面のように反射波が捉えられない部位の形状は取得できない。

(22) コンクリート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。

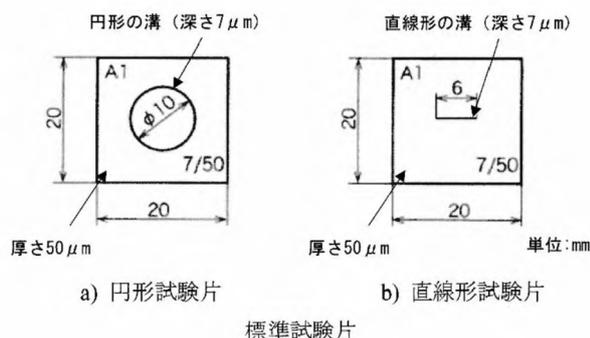
- 1) 電磁波レーダーは、コンクリート内部の鉄筋位置を測定できる。
- 2) 硝酸銀滴定法は、コンクリート中の塩化物イオン量を測定できる。
- 3) アルカリ溶液浸漬法は、コンクリートの中性化深さを測定できる。
- 4) 赤外線サーモグラフィーは、コンクリート内部の空洞を検出できる。

正解：3)

ASR 促進膨張試験のアルカリ溶液浸漬法は、80℃の水酸化ナトリウム溶液に浸漬して強制的に反応を進めて促進養生する方法であり、この方法は試験期間が2週間と他に比べて短いため利用される場合が多いが、実環境と異なる条件での試験であることに留意しておく必要がある。

(23) 下図はある非破壊試験の標準試験片であり、試験面に粘着テープで貼り付けて使用される。この標準試験片を使用する非破壊試験として適当なものは次のうちどれか。

- 1) 浸透探傷試験
- 2) 磁粉探傷試験
- 3) 渦流探傷試験
- 4) 超音波探傷試験

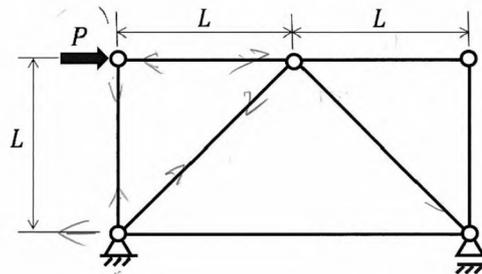


正解：2)

磁粉探傷試験においては、試験体の表層部に有効に作用する磁場の強さが重要である。試験面に有効に作用する磁場の強さを磁化電流値から簡単に算出することは一般的には容易でないことから、作用している磁場の方向および強さの適正な範囲を求める目的に使用されるものが標準試験片である。標準試験片には寸法が20×20mmのA型試験片と、5×10mmのC型試験片があり、A型標準試験片は薄い電磁軟鉄板の片面に図に示すように直線形または円形の溝を設けたもので、

溝の深さ，板の厚さおよび熱処理状態の異なる数種類のものがある。

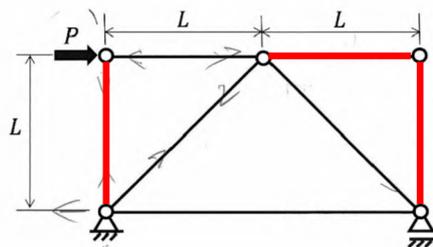
(24) 下図に示すトラス構造に荷重  $P$  が作用するとき，軸力が 0 となる部材の数として適当なものは次のうちどれか



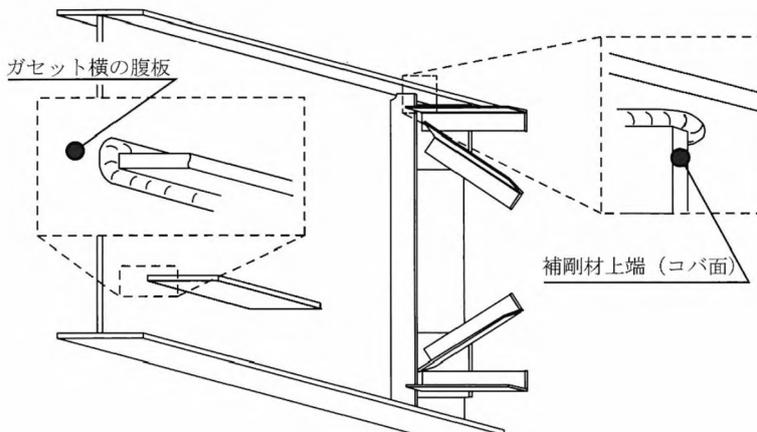
- 1) 0
- 2) 1
- 3) 2
- 4) 3

正解：4)

トラス格点での力の釣り合いから，図の赤線で示す部材では，軸力が発生しない。



(25) 下図に示すガセット横の腹板および補剛材上端（コバ面）の位置において、測定する項目とそれに用いるひずみゲージの組み合わせとして適当なものはどれか。



	ガセット横の腹板		補剛材上端（コバ面）	
	測定項目	ひずみゲージ	測定項目	ひずみゲージ
1)	公称応力	単軸ゲージ	主応力	2軸ゲージ
2)	公称応力	応力集中ゲージ	主応力	3軸ゲージ
3)	主応力	2軸ゲージ	応力勾配	単軸ゲージ
4)	主応力	3軸ゲージ	応力勾配	応力集中ゲージ

正解：2)

疲労に着目したひずみ測定では、溶接ビード周辺のひずみを測定することが必要となる場合がある。溶接ビード周辺では、図 7.5-6 に示すように、梁応力に相当する公称応力、リブ等の溶接部材による構造的応力、溶接ビードの形状による応力集中が生じ、応力が急変していることから、ひずみゲージの位置により計測値が大きく変化するこのような位置の計測では応力評価方法を定め、これに応じて計測位置を設定する必要がある。ガセット横の腹板では、ひずみ傾斜の分布を求めるために、応力集中ゲージを利用する。補剛材上端（コバ面）では、床版による首振り現象により、複雑な応力分布となるため、3軸ゲージを利用する。

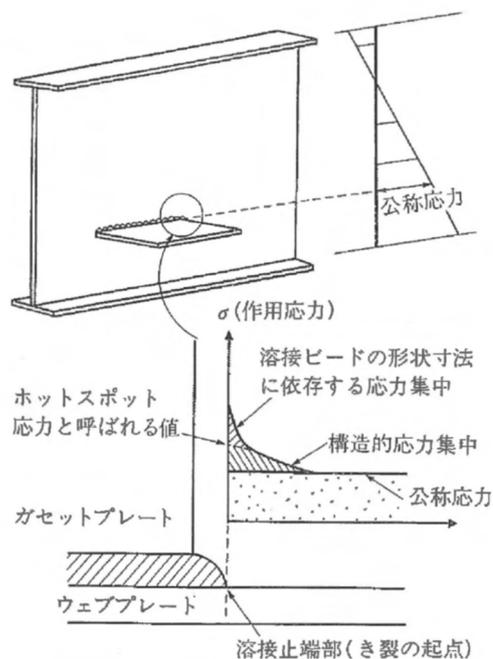


図 7.5-6 すみ肉溶接部周辺の応力分布<sup>13)</sup>

(26) 腐食によって生じる可能性のある鋼部材の変化に関する a～d の記述のうち、適当なものはいくつか。

- a. 部材に使用されている鋼材の降伏点の低下
- b. 部材を構成する鋼板の幅厚比の低下
- c. 部材全体の剛性の低下
- d. 部材全体の耐荷力の低下

- 1) 1つ
- 2) 2つ
- 3) 3つ
- 4) 4つ

正解：3)

これまでの多くの分野で行われた腐食鋼材の静的強度試験によると、腐食鋼材の両面を切削平滑化した引張試験片による材料特性試験から得られた引張強度や降伏点などの材料特性は、製造時の健全な母材から大きな変化は認められない。

引張部材において、室内促進試験による腐食鋼材や実際の構造部材から採取した腐食鋼材は、腐食が激しくなるにつれて伸び剛性が小さくなり、凹凸状態に起因する応力集中による降伏により降伏点が低下する。

腐食した圧縮部材の耐荷性能は、座屈強度の面からの評価が必要である。この場合、断面減少に伴う耐荷性能の低下と幾何形状（細長比，幅厚比）の変化に伴う座屈耐荷力の低下の双方から検討する必要がある。

(27) 鋼部材の疲労に関する次の記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 塑性ひずみの繰返しによりき裂が発生・進展する疲労現象を、高サイクル疲労と呼ぶ。
- 2) 鋼材の強度が増すと材料の疲労強度は上昇するため、溶接部の疲労強度も上昇する。
- 3) 溶接部近傍では、平均応力が圧縮応力ならば疲労き裂は進展しない。
- 4) これ以下では疲労破壊が生じないとみなせる応力範囲を、疲労限という。

正解：4)

- 1) 塑性ひずみの繰返しによりき裂が発生・進展する疲労現象を、低サイクル疲労と呼ぶ。
- 2) 鋼材の強度が増すと材料の疲労強度は上昇するが、溶接部の疲労強度については、材料強度への依存性は小さい。
- 3) 平均応力が圧縮応力であっても、溶接部近傍では実際には引張応力が作用して、疲労き裂の進展に奇与することがある。
- 4) これ以下では疲労破壊が生じないとみなせる応力範囲を、疲労限という。

(28) 接触させた状態で電解質溶液に浸漬したとき、先に鋼が腐食する組み合わせは次のうちどれか。

- 1) 鋼とステンレス
- 2) 鋼と亜鉛
- 3) 鋼とアルミニウム
- 4) 鋼とマグネシウム

正解：1)

海水中の腐食電位列で大きい順に並べると

ステンレス>軟鋼・鋳鉄>アルミニウム>亜鉛>マグネシウム

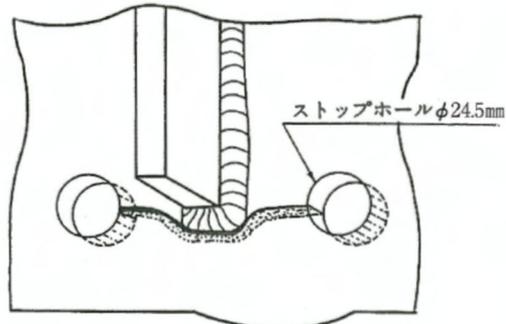
となる。腐食電位が負で絶対値が大きいほど酸化しやすい卑な金属であり、正で値が大きいほど酸化しにくい貴な金属となる。

(29) ストップホールに関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

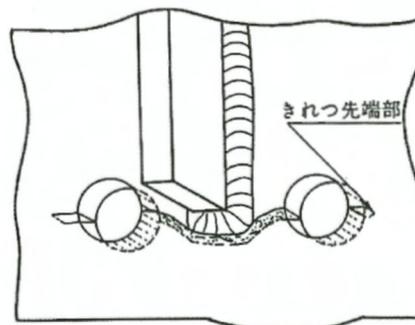
- 1) ストップホールは、一般にき裂進展を抑制する一時的な応急対策として用いる。
- 2) ストップホールに高力ボルトを挿入して締付けることにより、効果を高めることが可能である。
- 3) 当て板を併用する場合は、ストップホールの孔面にき裂先端が残留していてもよい。
- 4) 高力ボルトによる締付けを併用することを考慮すると、孔径は 24.5mm 程度が望ましい。

正解：3)

ストップホールによるき裂の進展防止対策として、最も重要なことは、き裂の先端部がストップホール孔内に入るよう孔明位置を確定することである。特に、き裂の先端部が残留した場合は、き裂の進展防止に寄与しないので、ストップホール施工後にはき裂が残留していないか磁粉探傷試験などで確認する必要がある。



(a) き裂先端部が取り除かれた良い施工例



(b) き裂先端部が残った悪い施工例

図 9.4-2 ストップホールの施工方法<sup>3)</sup>

(30) 腐食の発生傾向に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 雨水が集水し、滞水しやすい部位での腐食事例が多い。
- 2) 飛来塩分が多い海岸部においては、降雨に曝される部位で腐食速度が大きい傾向がある。
- 3) ボルト添接部や部材のコバ面などは、一般部に比べ腐食しやすい。
- 4) 凍結防止剤を散布する地域では、腐食速度が大きい傾向がある。

正解：2)

溶融亜鉛めっき橋においては、塩分の影響を受ける海岸地域ではめっき皮膜の腐食減量は他の地域に比べて大きく、特に雨水によって付着塩分が洗い流されない部位では腐食速度が速い。部位別に見ると、降雨によって海塩粒子が洗い流される箇所は十数年経過しても比較的良好な外観を呈しているが、桁の内側部分などは亜鉛めっき皮膜のはく離や赤さびの発生が見られることがある。このようなことから、「飛来塩分が多い海岸部においては、降雨に曝される部位で腐食速度が遅い傾向がある」といえる。

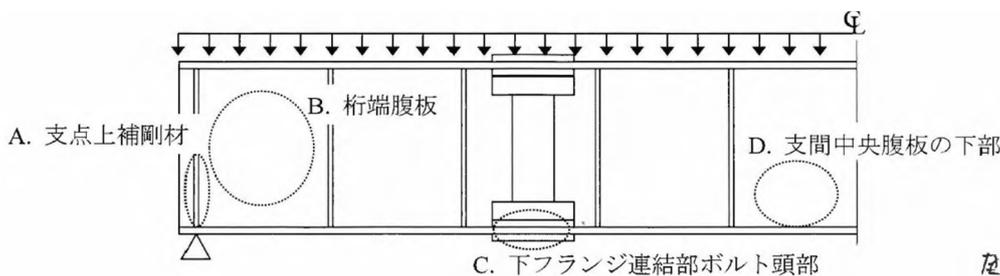
(31) 次に示す鋼橋の損傷とその原因の組み合わせのうち、不適当なものはどれか。

	原因	引き起こされる損傷
1)	杓座モルタルの破損による支点沈下	端横桁の座屈や桁端床版のひび割れ
2)	火災時の受熱	受熱部の残留変形
3)	橋台の移動	桁端部の座屈
4)	鋼製支承の回転機能の低下	主桁全体の横倒れ座屈

正解：4)

支承の回転機能や移動機能が低下している場合は、ソールプレートの溶接部においてき裂などがみられるが、主桁全体の横倒れ座屈のような損傷は発生しない。

(32) 下図の等分布荷重を受けている鋼単純I桁に、A～Dの箇所で一様に腐食が生じている。今後も一様に腐食が進行した場合に、腐食箇所と生じるおそれのある損傷の組み合わせとして適当なものは次のうちどれか。

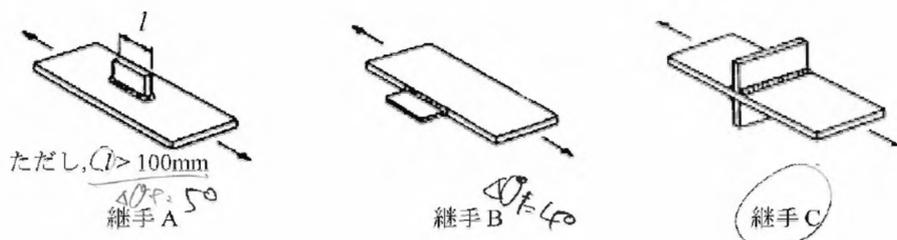


	腐食箇所	損傷
1)	A. 支点上補剛材	せん断力による補剛材の破断 <del>×</del>
2)	B. <del>桁端</del> 桁端腹板	せん断力による腹板の座屈
3)	C. 下フランジ連結部ボルト頭部	曲げモーメントによる連結板の座屈 <del>×</del>
4)	D. 支間中央腹板の下部	曲げモーメントによる腹板の座屈 <del>×</del>

正解：2)

- 1) 支点上補剛材の腐食が進行すると、補剛材の座屈損傷が発生する可能性がある。
- 2) 桁端腹板の腐食が進行すると、腹板のせん断座屈が発生する可能性がある。
- 3) 下フランジ連結部のボルト頭部の腐食が進行すると、曲げモーメントにより連結部のボルト群が破断する可能性がある。
- 4) 支間中央部の腹板下部の腐食が進行すると、せん断力による腹板のせん断座屈損傷が発生する可能性がある。

(33) 下図に示すすみ肉溶接継手（止端非仕上げとする）を疲労強度等級が高い順に並べた場合、適当なものは次のうちどれか。



- 1) 継手 A > 継手 B > 継手 C
- 2) 継手 A > 継手 C > 継手 B
- 3) 継手 C > 継手 B > 継手 A
- 4) 継手 C > 継手 A > 継手 B

正解：4)

- |               |  |
|---------------|--|
| 継手 A：強度等級区分 G | $\Delta\sigma_f = 50 \text{ N/mm}^2$                     |
| 継手 B：強度等級区分 H | $\Delta\sigma_f = 40 \text{ N/mm}^2$ (ただし、ガセットを開先溶接した場合) |
| 継手 C：強度等級区分 E | $\Delta\sigma_f = 80 \text{ N/mm}^2$                     |

継手 B をすみ肉溶接継手とした場合の疲労強度については、各種資料には掲載されておらず、この問題は一部説明不足と思われる。

(34) 鋼橋における腐食部の当て板補修に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

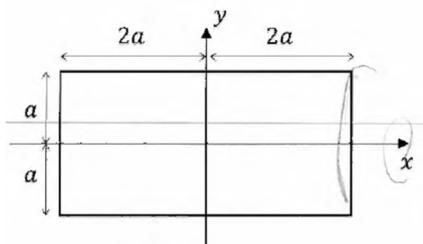
- 1) 腐食部への当て板の取り付けは、溶接を基本とする。
- 2) 摩擦接合とする場合は、健全部で荷重伝達させるのが原則である。
- 3) 母材と当て板の間に水が入る恐れがある場合、当て板まわりのシーリングなどを行う。
- 4) 腐食部の断面欠損を考慮して強度評価し、必要な当て板を取り付ける。

正解：1)

腐食部への溶接は、母材の表面状態が不均一で不明な場合が多いため、品質を確保することが難しい場合が多く、極力避けることが望ましい。腐食に限らないが、やむを得ず溶接を採用する場合には、竣工時期によっては現在多く使用されている構造用鋼材に比較し溶接性が劣る鋼材が使用されている場合もあるので、竣工年次の調査や必要に応じて鋼材の成分分析などを実施すべきである。鋼材の中でも、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。

- (35) 下図に示す幅  $4a$ 、高さ  $2a$  の矩形断面について、 $x$  軸まわりの断面 2 次モーメント  $I_x$  は、 $y$  軸まわりの断面 2 次モーメント  $I_y$  の何倍となるか。



- 1) 1/8 倍
- 2) 1/4 倍
- 3) 4 倍
- 4) 8 倍

正解：2)

$x$  軸まわりの断面 2 次モーメント

$$I_x = \frac{(4a) \cdot (2a)^3}{12} = \frac{32}{12} a^4$$

$y$  軸まわりの断面 2 次モーメント

$$I_y = \frac{(2a) \cdot (4a)^3}{12} = \frac{128}{12} a^4$$

- (36) RC 床版の補強技術に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 上面増厚工法は、RC 床版の上面に鋼繊維補強コンクリートを打設して床版の曲げおよびせん断耐荷力を向上させる補強工法である。
- 2) 縦桁増設工法は、既設の主桁間に縦桁を増設することで、主に RC 床版のせん断耐荷力を向上させる補強工法である。
- 3) 鋼板接着工法は RC 床版の下面に鋼板を接着させる補強工法であるが、鋼板上への滞水を防止するため、床版上面の防水が重要である。
- 4) 連続繊維接着工法は、繊維シートを床版下面に接着して主に RC 床版の曲げ耐荷力向上を図る工法である。

正解：2)

縦桁増設工法は、既設の主桁の間に新しく縦桁を増設し、床版支間を短くして床版に作用する曲げモーメントを減少させることにより、耐疲労性能の向上を図る工法である。一方で、せん断耐力の向上には直接寄与しない。

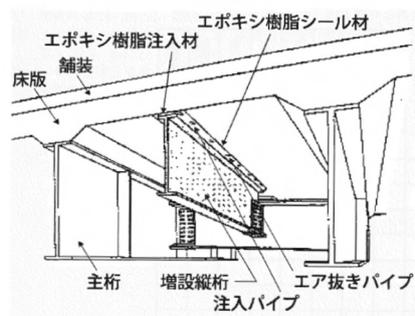
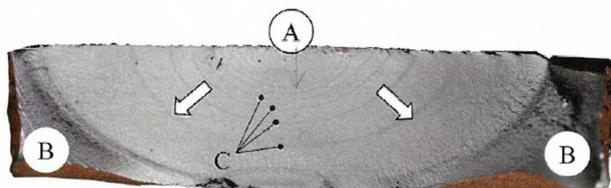


図 11.4-5 縦桁増設工法

(37) 下図に示す疲労破面からわかることとして、不適当なものはどれか。



- 1) 疲労き裂は A 近傍から発生した。
- 2) 疲労き裂は矢印の方向に向かい進展した。
- 3) B 部は延性破壊部である。
- 4) 同心円状の縞模様 C はストライエーションと呼ばれる。

正解：4)

図 9.1-3 は疲労破面の特徴を示したものである。図 (a) はき裂進展挙動を観察するために、応力範囲を計画的に変動させた疲労試験により得られた疲労破面であり、き裂の先端位置がマーキングされたビーチマークが破面上に観察されている。実構造物においても、繰返し応力範囲は一定ではなく変動するために、破面上にビーチマークが残される場合もある。また図 (b) に示すように、電子顕微鏡を用いた破面観察により、破面上に疲労破面特有の平行痕（ストライエーション）が観察できるこのような破面観察から、疲労き裂の判定を行うとともに、き裂の発生起点や発生原因を特定する際に重要な情報を得られる場合がある。

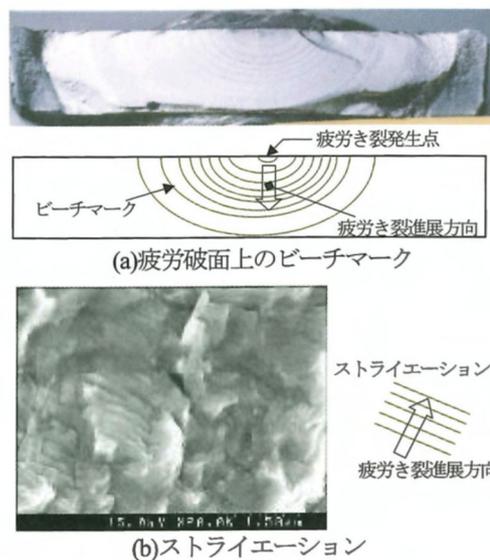
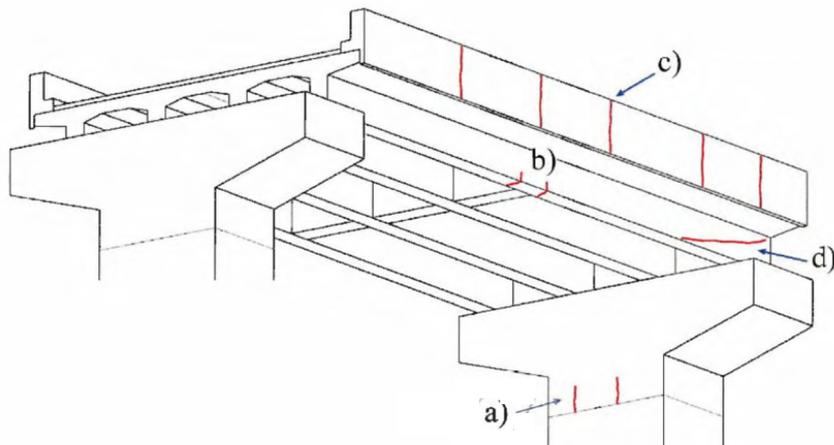


図 9.1-3 疲労破面の特徴

(38) 下図のコンクリート橋のひび割れに対する説明として、不適当なものは次のうちどれか。

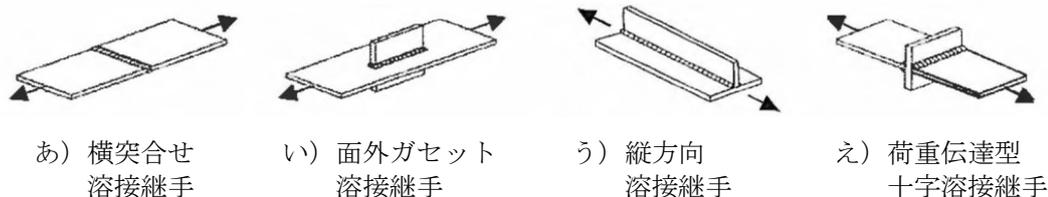
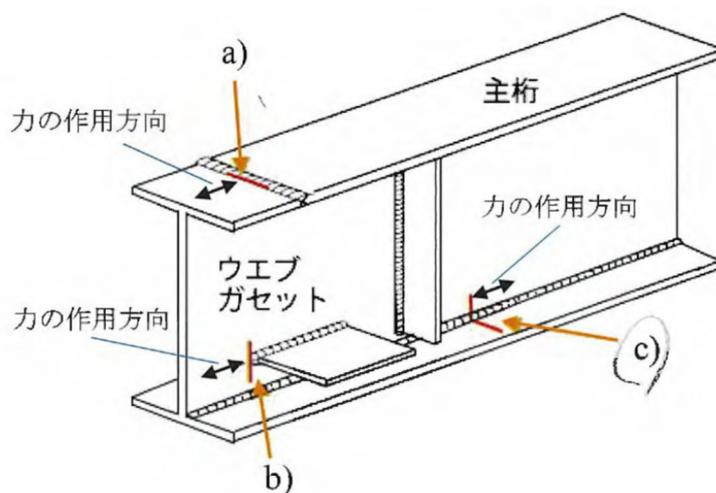


- 1) a)は、先に打設した橋脚下側のコンクリートと、後から打設した橋脚上側のコンクリートの温度差等による温度ひび割れである可能性が高い。
- 2) b)は、主桁に作用する曲げモーメントにより発生したひび割れである可能性が高い。
- 3) c)は、先に打設した床版が、後から打設した壁高欄の収縮を拘束したことによるひび割れである可能性が高い。
- 4) d)は、主桁に作用するせん断力により、主桁の支点付近に発生したひび割れである可能性が高い。

正解：1)

a)は、先に打設した橋脚下側のコンクリートが、後から打設した橋脚上側の収縮を拘束したことによるひび割れである可能性が高い。

(39) 下図に示す鋼桁の溶接継手部 a)~c)に図中の矢印の方向に力が作用するとき、溶接継手部 a)~c)とそれぞれの疲労強度等級を求めるための継手試験体あ)~え)との組み合わせとして、適当なものは次のうちどれか。



- 1) a)ーあ)    b)ーい)    c)ーう)
- 2) a)ーあ)    b)ーえ)    c)ーう)
- 3) a)ーう)    b)ーえ)    c)ーあ)
- 4) a)ーう)    b)ーい)    c)ーあ)

正解：1)

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

- 1) 昭和40年代前半から昭和50年代前半頃に使用されたた F11T ボルトで問題となっている。
- 2) ボルト破断後も脱落しないことがあるので、外観のみでは破断の有無の評価が難しい場合がある。
- 3) 一つの継手内でボルトを全数取替える場合には、継手耐力を越えない本数内で複数本同時に取替えるのが原則である。
- 4) 遅れ破壊が発生している構造物では、ボルト落下時の第三者被害に注意が必要である。

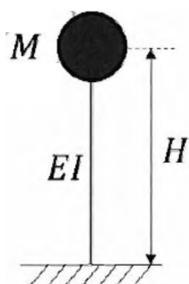
正解：3)

何らかの理由でゆるみ・脱落した高力ボルトについて、その箇所のみ新規高力ボルトに取替る場合などは特に問題はないが、遅れ破壊ボルトの対策などでは継手内のボルトをすべて取替る場

合があり、その施工に際しては以下のような留意が必要である。

継手ごとに同時抜取りの可能な本数を計算しておき、その本数ずつ取替る場合もあるが、荷重が既に作用している継手のボルトということを考えると、原則としては1本ずつの取替えが望ましい。また、取替後の各ボルトの分担力が大きく変化しないよう取替順序においても留意が必要である。

(41) 下図に示す高さ  $H$  の柱の頂部に質量  $M$  を有する 1 質点系について、固有周期が最も長くなる  $M$  と  $H$  の組み合わせは次のうちどれか。なお、柱の剛性は  $EI$  で高さ方向に一定とする。



- 1)  $M=m, H=h$
- 2)  $M=2m, H=h$
- 3)  $M=m, H=2h$
- 4)  $M=2m, H=2h$

正解：4)

問題で示された片持ち柱の固有周期  $T$  は、次式で表される。

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{M}{k}} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{3EI/H^3}} = 2\pi \sqrt{\frac{M \cdot H^3}{3EI}}$$

与えられた条件で、固有周期を求めると、以下のようになる。

$$T_1 = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot h^3}{3EI}}$$

$$T_2 = 2\pi \sqrt{\frac{2m \cdot h^3}{3EI}} = \sqrt{2} T_1$$

$$T_3 = 2\pi \sqrt{\frac{m \cdot (2h)^3}{3EI}} = \sqrt{8} T_1$$

$$T_4 = 2\pi \sqrt{\frac{2m \cdot (2h)^3}{3EI}} = \sqrt{16} T_1$$

(42) 下の写真は、上路式アーチ橋側径間桁のゲルバーヒンジ部に発生した疲労き裂である。関連する次の記述のうち、不適当なものはどれか。



- 1) 路面では伸縮装置部分に段差等の変状が生じている可能性がある。
- 2) 本橋の他のヒンジ部についても同様のき裂が発生している可能性がある。
- 3) 他のヒンジ部のき裂の発生状況によっては、緊急措置が必要と考えられる。
- 4) 切欠き部からき裂が発生し、下フランジ側に向かって進展したものと考えられる。

正解：3)

このような損傷は、主構造の致命的な損傷である。他のヒンジ部のき裂の有無にかかわらず、緊急措置が必要である。

(43) コンクリート橋の点検・診断に関する次の説明のうち、不適当なものはどれか。

- 1) RC 橋は PC 橋よりもひび割れが発生しやすいため、ひび割れに対する判定基準は RC 橋の方が PC 橋よりも厳しい。
- 2) PC 橋の桁端部付近にひび割れがみられる場合には、定着部近傍の PC 鋼材の腐食や破断が生じていることが考えられるため、詳細調査を実施することが望ましい。
- 3) PCT 桁橋では、T 桁間の打継目にテーパーがない場合、間詰コンクリートが抜け落ちた例もあるので特に注意が必要である。
- 4) 中央径間に対して側径間が著しく短い橋梁においては、端支点到負反力が発生している可能性があり、負反力を受け持つ部材の損傷に注意する必要がある。

正解：1)

PC 橋はひび割れを許さない構造が基本となる。一方、RC 構造は、引張応力を鉄筋で負担させ、引張応力部位はひび割れを許容する構造である。そのため、ひび割れに対する判定基準は PC 橋の方が RC 橋よりも厳しい。

(44) 道路橋の伸縮装置で発生する可能性のある損傷のうち、対策の優先順立がもっとも高いものは次のうちどれか。

- 1) 鋼製フィンガージョイントのフェイスプレート根元部における数センチのき裂
- 2) 埋設ジョイント目地周辺における深さ数ミリの舗装のひび割れ
- 3) 排水樋での数センチの土砂堆積
- 4) 荷重支持型ジョイントにおける数ミリの段差

正解：1)

鋼製フィンガージョイントのフェイスプレートの破断や損傷は、走行車両のタイヤを損傷させてパンク等が発生する可能性が高く、交通事故を招きやすいので、対策の優先順位はもっとも高い。

(45) 下の写真に示す上路プレートガーダー形式の鉄道橋の垂直補剛材上端に発生したき裂に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。



- 1) まくら木直下の垂直補剛材上端に生じやすい
- 2) フランジ幅が広い場合に生じやすい。
- 3) 上フランジ側の溶接止端に多く発生する。
- 4) 垂直補剛材上端が破断すると、スカラップの腹板側のまわし溶接部にき裂が発生しやすくなる。

正解：3)

垂直補剛材上端に発生するき裂は、溶接の止端から発生するものと、溶接のルート部から発生するものの2つに大別できる。止端から発生するものは、止端形状が悪かったり、天端に生じる応力が大きかったりした場合に生じる。製作時に桁を逆さまにして補剛材を組み立てるので、溶接止端がフランジ側に広がりやすく、止端き裂はほとんどの場合補剛材側に発生する。ルート部から発生するものは、溶接時の溶け込みが不足してフランジと補剛材にギャップがあった場合に生じやすい。止端き裂かルートき裂かによってき裂の発生原因が異なり、対策方法も変わるので注意して調査する必要がある。

(46) 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、地震や大雨等の災害時や類似変状の一斉調査時に実施する検査である。
- 2) 個別検査は、全般検査が実施できなかった箇所に対し個別に行う検査である
- 3) 通常全般検査は、目視を基本とし5年に1回行うことを標準としている。
- 4) 初回検査は、大規模な補修・補強工事を行った後にも実施する。

正解：4)

- 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。一般的な流れは通常全般検査と同様であるが、健全度の判定の確度を高めることを目的としており、通常全般検査が基本的に目視のみの検査であるのに対し、この検査では目視でもかなり詳細な部分まで見るのに加え、場合によっては非破壊検査や応力測定等の定量的な検査も実施する。
- 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 と判定された場合に実施する検査で、構造物の変状程度および性能の把握、変状原因の推定、精度の高い健全度の判定さらに措置の要否および措置する場合の時期、方法等について精査するための検査である。
- 3) 通常全般検査は、省令に定められた周期（2年毎）で定期的に行う検査で、性能の低下またはその恐れのあるものを抽出することと周辺環境変化の捕捉を行う。検査で健全度が A 判定されたものについては個別検査を行う。また、健全度が AA と判定されたものについては直ちに措置を行った後、個別検査を行う。
- 4) 構造物が建設あるいは大規模な補修工事を行った場合には初回検査を行い、損傷・劣化の初期状態と初期性能を把握しておくことが望ましい。その上で定期的な検査・診断を行い、変状の有無を調べるとともに健全度を判定する。そして、発見された変状に対して性能の劣化を考慮して、措置や予防保全が行われる。

(47) 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、不適當なものはどれか。

- 1) 電気防食工法において用いられる流電陽極は、一般にアルミニウム合金製である。
- 2) ペトロラタム被覆は、施工後の養生に長期間を必要とする。
- 3) 水中硬化型被覆は、鋼矢板の継手部などの複雑な形状の部位にも適用が容易である。
- 4) モルタル被覆は、現地施工が可能である。

正解：2)

ペトロラタム被覆は、港湾鋼構造物の防食工法として有効な方法であり、実績も多い。ペトロラタム被覆は、ペトロラタム系防食材を鋼表面に密着させ、これをプラスチックや強化プラスチック、耐食性金属などのカバーで保護する。ペトロラタム系防食材とカバーの間に、緩衝材を挿入する場合もある。さらに防食材、緩衝材、保護カバーを一体化した方法もある。この工法は、水中施工が可能であること、素地調整が比較的簡単でかつ施工後の養生期間も必要としないなどの特長がある。

(48) 港湾構造物の特徴に関する次の記述のうち、不適当なものはどれか。

- 1) 港湾鋼構造物において、集中腐食が生じやすい場所は M.L.W.L. (平均干潮面) 直下付である。
- 2) 矢板式係船岸では、鋼矢板と背後に設置した控え工をタイロッド等で連結した構造が一般的である。
- 3) 鋼管杭式栈橋では、海底面と杭の境界部でモーメントが最大となる。
- 4) 栈橋の上部工では、塩害劣化が生じやすい。

正解：3)

栈橋は地震作用によって断面諸元が決定されることが多い。栈橋と背後の土留め護岸とは構造的には分離しており、渡版で車輛走行の円滑化を図っている。したがって、地震時には鋼管杭と上部工との接合部において曲げモーメントが最大となることがほとんどである。

(49) ダムゲートに関する記述のうち、適当なものはどれか。

- 1) 漏水の原因として水密ゴムの摩耗が挙げられる。
- 2) 複数段の主桁のうち最上段の主桁で腐食が生じやすい。
- 3) 地震時の損傷として脚柱が座屈する事例が数多く報告されている
- 4) 自励振動は大開度での放流中に生じやすい。

正解：1)

- 1) ラジアルゲート、ローラゲートの側部の水密部では、扉体の開閉に伴う水密ゴムと戸当り金物との摩擦により水密ゴムの摩耗が進行する。底部の水密部では、放流時に水とともに流下する砂等により水密ゴムが摩耗する。摩耗が進行すると水密性が低下し、漏水となって表れる。また、底部においては、流水と接するスキンプレートなどでも摩耗が進行する可能性がある。
- 2) ダムゲートにおける主な劣化は腐食である。水圧鉄管と同様に、ダムゲートは淡水環境で使用されるため腐食速度は 0.02mm/年～0.03mm/年程度である。扉体のうち腐食が生じやすい部位としては、最下段の横主桁、横主桁と脚柱の接合部位近傍、スキンプレートの上流面などがあげられる。横主桁は放流時に撒き上がった土砂、塵芥などが部材のウェブ面上に堆積し、水抜き穴を塞ぐなどして常に湿潤状態となることから腐食が進行する。
- 3) これまで、日本国内で地震によりダムゲートの扉体が損傷した事例の報告はないが、2008年4月に中国で発生した四川大地震において、補助部材が座屈した事例が報告されている。この事例では、ラジアルゲートの縦補助桁（トラス材）のうち上部の圧縮材に動水圧荷重に起因すると思われる軸圧縮座屈が生じた。扉体以外の周辺設備に目を向ければ日本国内でも若干の被害報告があり、開閉装置ワイヤロープの滑車からの脱落、停電に伴う開閉装置の動作不能、ゲートピア（コンクリート部）のクラックなどがあげられる。
- 4) 扉体に疲労が生じるような振動としては、放流時に特定の開度（一般には微小開度）で生じる自励振動があり、底部のリップ部での流れの再付着、扉体底面板下での薄い水脈の振動などが原因となる。振動に対しては、設計段階でリップ部の形状の工夫、運用段階で振動を引き起こすような微小開度での長時間放流を避けるといった配慮があげられる。また、

必要に応じて放流時における放流水や貯留水水面の動揺の観察，振動測定などで，振動の有無を確認する．

(50) 1 MPa の内圧  $p$  が作用する内径  $D=2,000\text{mm}$ ，板厚  $t=10\text{mm}$  の水圧鉄管において，腐食により  $0.02\text{mm}/\text{年}$  で板厚が減少するとき，内圧によって生じる管の円周方向応力  $\sigma_h$  が管の許容応力度  $135\text{N}/\text{mm}^2$  を超過するまでのおよその年数として適当なものはどれか．

- 1) 40 年
- 2) 70 年
- 3) 100 年
- 4) 130 年

正解：4)

管の円周方向の応力  $\sigma_h$  と内圧  $p$ ，内径  $D$ ，板厚  $t$  の関係は次式で与えられる．

$$\sigma_h = \frac{pD}{2t}$$

ここで，円周方向応力度が管の許容応力度に達する限界板厚を算定する．

$$t = \frac{pD}{2\sigma_h} = \frac{1 \times 2000}{2 \times 135} = 7.4\text{mm}$$

当初板厚  $10\text{mm}$  が，腐食により  $0.02\text{mm}/\text{年}$  で板厚が減少し，限界板厚  $7.4\text{mm}$  に達する年数  $y$  を求める．

$$y = \frac{10 - 7.4}{0.02} = 130$$