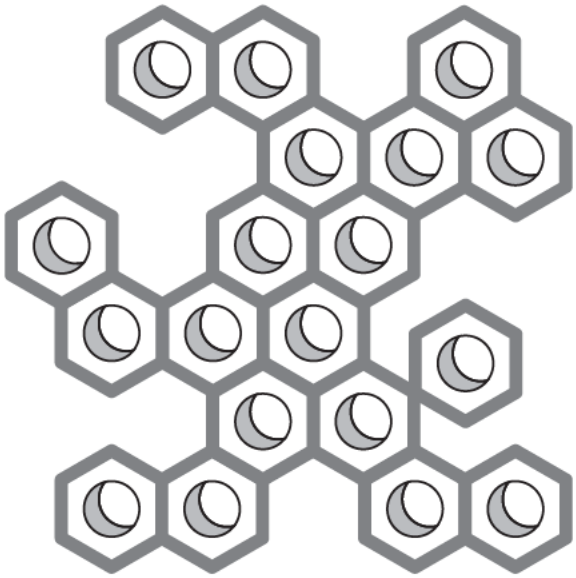
NO.1

機械要素とメンテナンス

監修・執筆／職業能力開発総合大学校　精密機械システム工学科　教授　塩田　泰仁



コガク

第 1 分冊　機械要素とメンテナンス

目　次

1. 設備・機械メンテナンス実務講座の考え方 i
2. 機械要素・機構コースのねらい ii

第1分冊　学習のねらい 1

第 1 週　リベット，溶接，ねじ
第1週の学習のポイント 3
1.1　リベット 4
1.1.1　破損事例 4
1.1.2　リベットに関する基礎知識 4
1.1.3　トラブルの徴候 6
1.2　溶　接 7
1.2.1　破損事例 7
1.2.2　溶接に関する基礎知識 9
1.2.3　溶接欠陥と検査 12
1.3　ね　じ 14
1.3.1　破損事例 14
1.3.2　ねじに関する基礎知識 17
1.3.3　ねじのゆるみと対策 18
第1週　練習問題 21

第 2 週　歯車，軸
第2週の学習のポイント 23
2.1　歯　車 24
2.1.1　破損事例 24
2.1.2　歯車のかみあいと創成 26
2.1.3　重要な歯車用語の意義 29
2.1.4　歯車の種類 30
2.1.5　歯面の損傷，診断，検査 31
2.2　軸 32
2.2.1　破損事例 32
2.2.2　軸に関する基礎知識 37
2.2.3　軸のメンテナンス 38

第2週　練習問題 39

第 3 週　軸受，はめあい
第3週の学習のポイント 41
3.1　軸　受 42
3.1.1　破損事例 42
3.1.2　すべり軸受 44
3.1.3　ころがり軸受 47
3.2　はめあい 54
3.2.1　寸法公差とはめあい 54
3.2.2　はめあいの事例 56
第3週　練習問題 59

第 4 週　芯出し，潤滑剤，保全管理
第4週の学習のポイント 61
4.1　芯出し 62
4.1.1　トラブル事例 62
4.1.2　芯出し基準となる5つの条件 64
4.1.3　芯出し作業のねらい 64
4.2　潤滑剤 65
4.2.1　潤滑剤の選択 65
4.2.2　潤滑油 66
4.2.3　グリース 67
4.2.4　潤滑剤試験 69
4.3　保全管理 70
4.3.1　安全に関する法令 70
4.3.2　保全管理の効果 70
4.3.3　設備診断技術の開発 73
4.4　新しい技術 73
4.4.1　新しい材料（1） 73
4.4.2　新しい材料（2） 75
第4週　練習問題 77

STEP UP 78
参考文献 79
練習問題の解答 80
索　引 83

第1週

リベット，溶接，ねじ

学習のポイント

リベット，溶接，ねじは機械・構造物の組立てに用いられる。

リベットと溶接はともに永久締結要素である。リベットは構造が簡単で，溶接に比べて熱影響が少なく，信頼性が高いので，圧力容器，鉄鋼構造物，船舶，航空機など多方面に利用されている。溶接はリベットに比べて継手効率（つないだ板と1枚の板との強度比）が大きいので重量軽減ができる。溶接棒，工法，検査法などの進歩に伴ってその使用分野が広くなった。ねじはボルト・ナットなどのねじ継手として重要な一時締結要素である。また，おねじとめねじの相互回転によって小さな回転モーメントで大きな軸方向力をうる**推力ねじ**としても大切な要素であるが，ここでは割愛する。

リベットと溶接については，どのような破壊が生じやすいか，そのあたりの学習が特に大切である。

ねじについては，どのようなトラブルや破壊が生じやすいかを考えてみよう。そのかみあい機構の学習が特に大切である。

リベット 1.1

1.1.1 破損事例

1 日航ジャシボ機墜落事故

これは，1985 年 8 月，ジャンボ機が羽田空港から大阪に向かって飛び立って間もなく操縦不能になり，約30分間迷走を続けたすえ，山に激突し，500人以上の死者を出した大事故である。当時の断片的な新聞やテレビの情報を総合すると**リベット**の疲労破壊あるいはねじのゆるみが引き金となり圧力隔壁の疲労破壊を生じ，そのため方向制御装置の破壊に至ったものと推察される。

1.1.2 リベットに関する基礎知識[1)]

リベットは，各種の圧力容器や建築物などで，2つ以上の鋼板や形鋼を重ねて，半永久的に結合するための機械要素である。リベットの頭部の形状によって，丸リベット，皿リベット，平リベットなどの種類がある。一般的には丸リベットがもっとも多く使われている。

リベットの材質としては，鋼以外には銅や黄銅などがある。その他に，アルミニウムやジュラルミンなども使われている。リベットで固定する相手材料と同じ材質のものを使用する。これは，熱膨張率などの関係である。

また，リベットを打ち込んで変形させるので，延性の大きな軟鋼を用いることが多い。耐食性が必要な場合は，特殊鋼も使われている。

2枚の板をリベットで接合するには，**図 1.1** (a) のように同心の穴にリベットをさし込み，リベッタでもう1つの頭を作って接合する。気密を必要とする場合は，図 1.1 (b) のように**コーキング**工具で頭の周囲や板の縁をかしめる。2枚の板材の組み付け部分で，堅くしっかりと組み付けるために，ポンチのような工具で叩いてかしめることをコーキングと呼んでいる。外見上は傷も残り，うまくはないが，現場では使われることがよくある。コーキングよりもさらに機密性を高めたいときには，フラーリングを行っている。これは，コーキングが図 1.1 (b) のように板厚の一部のみを先の細い工具で叩くのに対して，フラーリングは図1.1 (c) のように板厚と同じ幅の板を使って叩くことである。10 mm

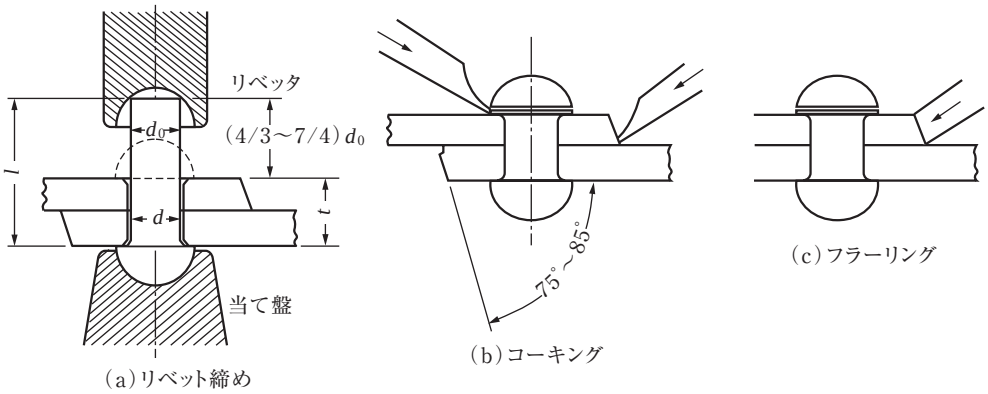


図1.1　リベット打ち

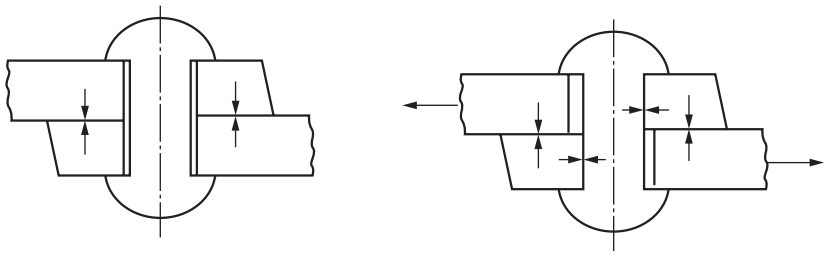
以下の鋼リベットやアルミ・銅系の軟材質リベットは常温で冷間リベットを行い，10 mm 以上の鋼リベットは約 1,000℃程度に予熱して**熱間リベット**を行う。その際，リベットのシャンクはリベット打ちによる大きな**そ性変形**仕事が大部分内部摩擦エネルギーに変換されるため，**冷間リベット**のときも相当な高温となる。

変形には大別すると，弾性変形とそ性変形がある。材料に力を加えると変形し，力を除くと元に戻るのが弾性変形である。戻らないのがそ性（塑性）変形である。プレス加工はこのそ性変形を利用している。

ここで熱間（ねっかん）とか冷間（れいかん）という言葉について説明する。基本的に，熱間の加工作業は高温に熱した状態で行う加工であり，冷間の加工作業は常温で行う加工作業である。したがって，（常温の）冷間作業でリベットを固定したときにも，締め付けたときの摩擦エネルギのために高温になってしまう，ということである。

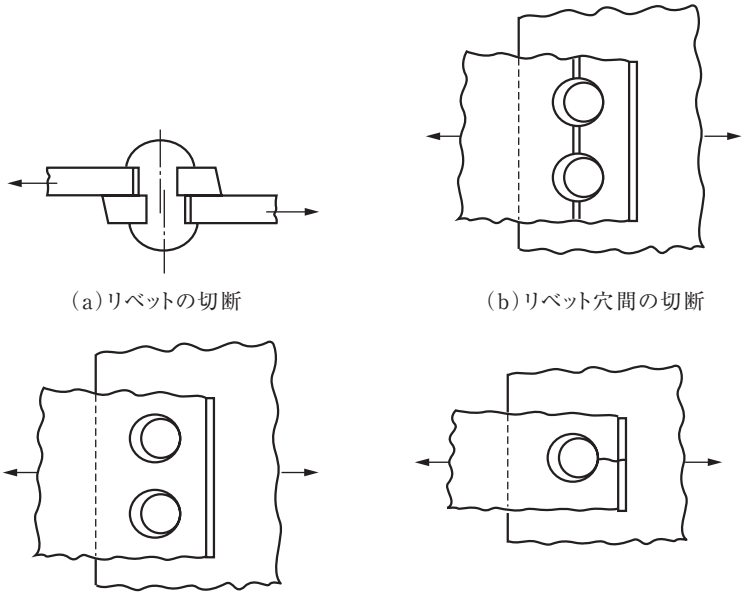
それで，冷却後は**図1.2**（a）に示すように板と板の間に圧縮力を生じると同時にリベット軸の周囲に遊びが生じる。したがって，継手を引張ると図1.2（b）に示すように板と板，板とリベット頭が相互にすべり，リベットと板とは軸線方向の線接触となり，その接触部には大きな応力を生じる。その後，さらに引張ると継手の最も弱い箇所で，**図 1.3** のいずれかの破断が起こる。荷重が軸直角振動のときは各接合面に摩耗が生じ，圧縮力が減少し，環境によっては腐食が起こり，図 1.3 に示した破壊は加速される。

金属の疲労破壊は次のような過程をたどることが多い。まず，材料内部に加工硬化が生じて，それが飽和する。次に，非常に細かな亀裂ができる。その亀裂が次第に大きくなる。それが割れになって，切欠き作用を起こし，最終的に破断に進行する。



(a) 冷却後　　(b) 継手を引張ったとき

図1.2　リベット継手が受ける力



(a) リベットの切断　　(b) リベット穴間の切断

(c) リベット軸または穴の圧潰　　(d) リベットと板端とのき裂

図1.3　リベット継手の破断

1.1.3　トラブルの徴候

(1) **テストハンマ**でリベット頭やその周辺を叩いてみて，正常な場合に比べて音が違うと，リベットのゆるみか板の亀裂がある。通常のハンマは叩いて固定するといった役割であるが，テストハンマは先端が細くなっていて，叩いた時の音で材料のよしあしなどを判断するものである。

(2) 気密を必要とする継手の場合，液もれや異臭があれば，それはリベットのゆるみか割れの徴候である。

(3) 構造によっては，リベット継手のトラブルで振動が激しくなることもある。

溶　接 1.2

1.2.1　破損事例

2　溶接部の疲労破損（その 1）[2)]

この破損は図 1.4 (a) に示した電気機関車台車の台車わくの溶接部に起こった。台車わくは機関車の車軸と主電動機を支え，ブレーキ機構を有する溶接構造で車体を支える重要な部分である。損傷が生じたのは図1.4 (b) に示す軸箱案内部であり，この部分は車軸を支える軸受を保持した軸箱（図 3.1 参照）を上下左右方向に案内し，かつ前後方向に引張力を伝達する機能が要求される。そのため，図1.4 (c) に示すように矩形の面板（SS41）を台車わくに重ねてそのへりが溶接されている。この電気機関車の稼働開始後 5 か月で図 1.4 (c) に示す亀裂が発見された。

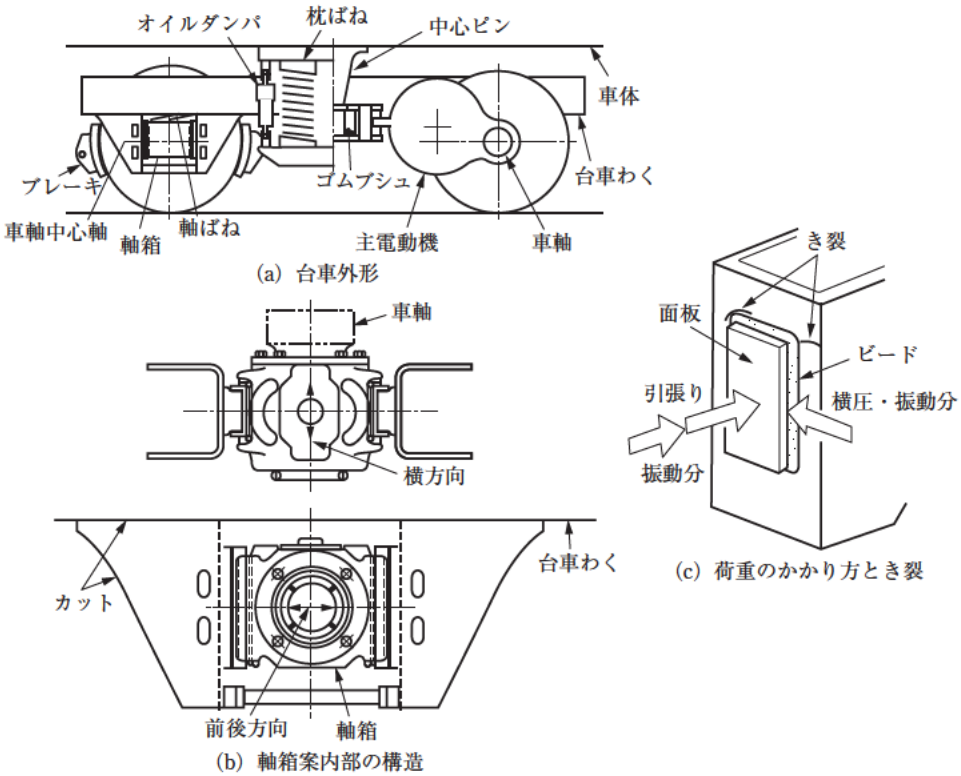


図1.4　電気機関車台車わく溶接部の疲労破損[2)]