

国鉄 構造物設計事務所 正員 高木芳光
国鉄 鉄道技術研究所 正員 阿部英彦
国鉄 東京第一工務局 正員 一條昌幸

1. まえがき

構造物に発生する応力のうち、変動する荷重によるものが大きな割合を占める鉄道路橋などの構造物では静的荷重の他に繰返し荷重による破壊すなわち疲労破壊も構造設計上重要な要素である。

鉄道路橋における高力ボルト摩擦接合継手の疲れ強さについては鉄道路橋設計標準(以下、設計標準とよぶ)により規定されており、引張部材の有効断面積はリベット継手と同様にリベット孔またはボルト孔を除いた純断面積としている。しかしながら、高力ボルト摩擦接合継手は非常に高い軸力で板を締付けており力の伝達機構および孔周辺の応力分布はリベット継手とはかなり異なり、また破断形状も異なることから一連の疲労試験を行い、特に千鳥配列の場合の有効断面積算定方法の検討を行うことにした。

2. 試験の概要

2枚の添接板によって接合された継手についてボルトの長手方向の間隔(P)および孔配置の角度(θ)が、疲れ強さおよび破断形状におよぼす影響を調べるため図-1に示す各試験片で疲労試験を行った。尚、試験片の形状は試験機の制約を受けた。使用材料はS41とし、試験片の摩擦面はショットブラスト処理を行った。高力ボルトはM12、F10Tを使用し、締付け軸力は標準ボルト軸力の6.3倍としトルクレンチにより締付けた。疲労試験は油圧式疲労試験機(AUP100型、最大荷重100t)により行い、繰返し荷重は片振りとし繰返し速度は600C.P.Mとした。下限応力は繰返し載荷の安定を考慮し2kg/mmとした。

3. 試験の結果

疲労試験に先立ち素材の引張試験を行った結果、降伏点応力が $\sigma_y = 34.9 \text{ kg/mm}^2$ 、引張強さ $\sigma_b = 45.9 \text{ kg/mm}^2$ であった。

設計標準に規定されているGoodmanの式(1903年)によると、今回の全ての試験片の破断線は千鳥状を呈することになるが、疲労試験の結果、全ての試験片で第1ボルト孔から横断方向に直線的に破断した。尚、全ての試験片で荷重載荷時にすべりは生じていない。図-2、図-3および図-4は繰返し数200万回の疲れ強さを基準となる断面積をかん、各シリーズ毎に最小2乗法で計算したS-N線図から求めた値をプロットし

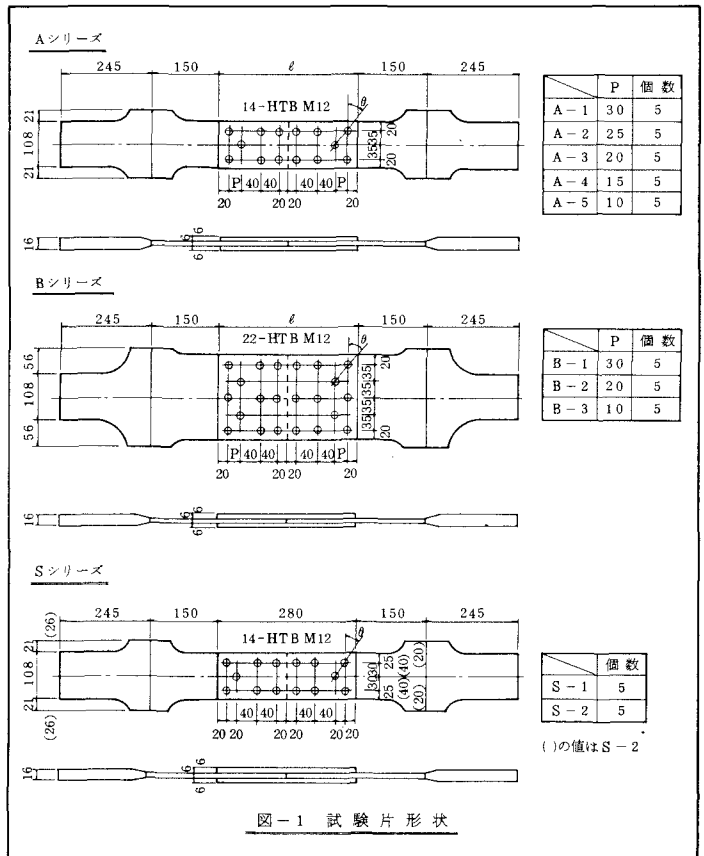


図-1 試験片形状

たものである。これらの図から疲れ強さは、設計標準により求めた純断面積に基づく応力度（以下、純断面応力度とよぶ）で整理すると θ の増加に伴ない減少する傾向にあり、実断面積からボルト孔を際除して求めた断面積に基づく応力度（以下、破断面応力度とよぶ）で整理すると多少バラツキが見られる。総断面に基づく応力度（以下、総断面応力度とよぶ）で整理すると θ の値にかかわらず $8 \sim 9.98/\text{mm}^2$ とほぼ一定値を示している。図-5、図-6は全ての試験結果をプロットしており、最小二乗法で計算して求めた $S-N$ 線図を同示している。これらの図から疲れ強さは、純断面応力度（相関係数 0.565 ）を用いるより総断面応力度（相関係数 0.867 ）を用いた方がバラツキが少なくなっている。

以上、今回の試験結果から考察すると高力ボルト摩擦接合継手の疲れ強さは総断面応力度で整理する方が適切であると思われる。繰り返し数 200 万回の疲れ強さ（総断面応力度）は $8 \sim 9.98/\text{mm}^2$ であり、母材の 20 数 kg/mm^2 に比べれば低い値となっている。

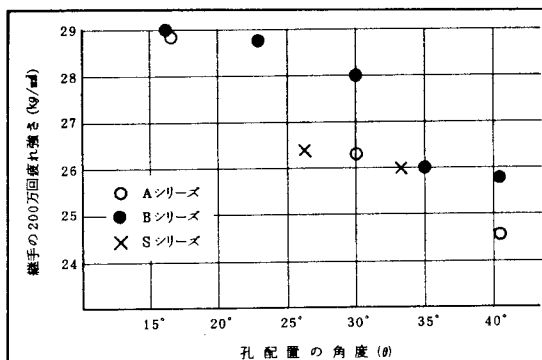


図-2 θ と疲れ強さ(純断面応力度)

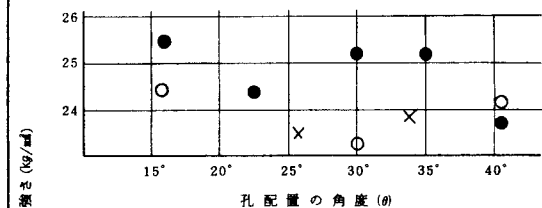


図-3 θ と疲れ強さ(石炭断面応力度)

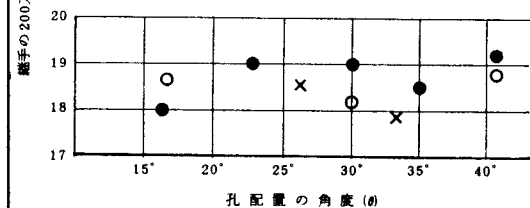


図-4 θ と疲れ強さ(総断面応力度)

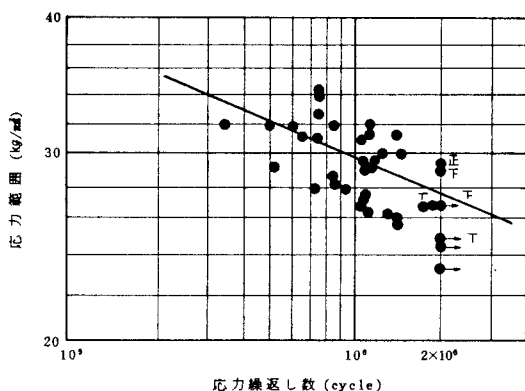


図-5 疲れ強さ(純断面応力度)

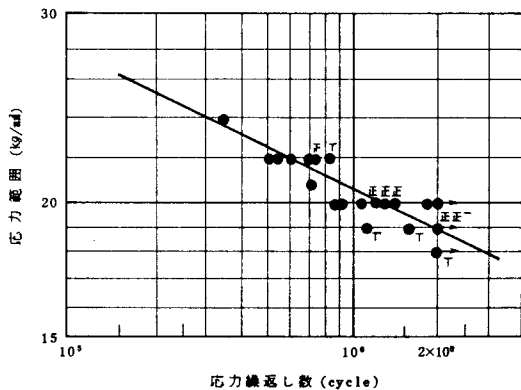


図-6 疲れ強さ(総断面応力度)

4. あとがき

疲労試験に先立ち各シリーズ毎に静的引張試験を行った結果、A-1およびB-1は第1ボルト孔から直線的に破断したがその他の試験片は全て干島に破断した。この結果から高力ボルト摩擦接合継手の疲労破壊の性状は明らかに静的破壊の性状とは異なることが確認された。今回の継手は、継手母材の降伏強さにくらべずべり荷重が高くなっており、一般に設計で決まる継手とは多少異なっていることから今後は継手母材の降伏強さとすべり荷重のバランスのとれた継手で試験を行いさらに確認し、設計標準を改訂する予定である。