# ストップホール壁の表面粗さが疲労強度に及ぼす影響

法政大学大学院　学生会員　○廣戸　一也　　法政大学　正会員　森　猛
首都高速道路㈱　正会員　小杉　剛史　　首都高速道路㈱　正会員　平野　秀一

## １．はじめに

近年，鋼 I 桁の主桁・横桁交差部に疲労き裂の発生が報告されている．この部位のき裂は，適切な処置を行なわずに放置しておくと，き裂が進展し鋼桁の破断・崩落につながる可能性がある．このような損傷に対して，首都高速道路では添え板（又は L 型鋼）ボルト締めストップホール法を用いて，補修を行なっている[1)]．

この補修の施工手順は，(1) 磁気ボール盤（アトラー）を用いて所定の位置に円孔を明ける．き裂が短い場合には，セイバーソー切断し円孔とき裂先端をつなぐ．(2) 円孔表面に生じるバリを取り除くために面取りを行う．面取りは，#36 の砥石を用いて円孔壁を含めて仕上げる．(3) #80，#120，#220 の順番で砥石の粒度を細かくして同様の仕上げを行う．(4) 添え板（または L 型鋼）をボルト締めにより設置する．

施工手順 (3) を行う理由は，円孔壁の粗さを小さくできれば疲労強度も高くなると考えられることにある．また，施工時に傷などがついたとしても，それを確実に除去する目的もある．しかし，この仕上げが補修作業時間の多くを占めており，施工能率向上の課題の一つとなっている．これまでのところ，砥石の粒度と粗さの関係，そして，仕上げ時間と粗さの関係は明らかにされておらず，過剰な仕上げが行われている可能性もある．

本研究では，仕上げに用いる砥石の粒度と仕上げ時間が，表面粗さにどの程度影響を及ぼすかを明らかにする目的で粗さ測定試験を行う．また，その砥石の粒度による表面粗さの違いが，疲労強度にどのような影響を及ぼすのかを明らかにする目的で，ストップホール法で補修した部材を模擬した小型試験体による疲労試験を行う．

## ２．粗さ測定試験

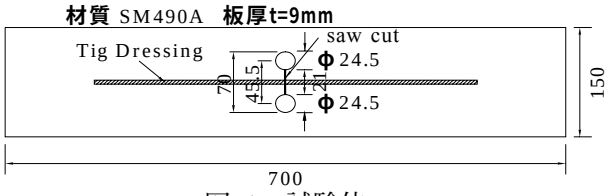

図-1　試験体

供試鋼材は溶接構造用鋼材 SM490A である．試験体の形状と寸法を図-1 に示す．表面粗さを示すパラメータとしては，代表的な粗さパラメータである算術平均粗さ(*Ra*)を用いる．

砥石は#36，#80，#120，#220 の 4 種類を使用した．砥石は番手（#）で区別され，数字は砥石に含まれる砥粒の粒度を表している．この数字は，砥粒を分類するときに使用するふるいの 1in$^2$ 当りの網目の数である．網目の数が多くなれば砥粒は小さくなるため，数字の小さいものは仕上げ面が粗く，大きいものほど仕上げ面が滑らかになる．

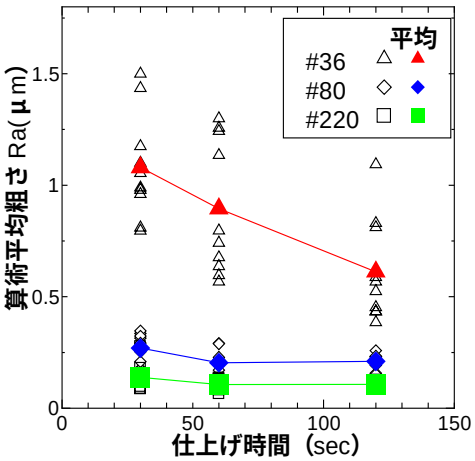

図-2　仕上げ時間の違いによる粗さ測定試験結果

①仕上げ時間と表面粗さの関係

円孔壁面（周長：24.5π mm=77.0 mm）を試験体の側面に置き換えて，側面 77.0 mmの範囲を研磨し，粗さを測定した．ここで用いた砥石の粒度は #36，#80，#220 の 3 つ，測定箇所はそれぞれ 10 箇所である．これらの測定から得られた *Ra* と仕上げ時間の関係を図-2 に示す．砥石の粒度を大きくすることによって，算術平均粗さも小さくなっている．#36 では，仕上げ時間が長くなるほど *Ra* が小さくなり表面は滑らかになっているが，#80 と#220 では 60 秒を超えると仕上げ時間による粗さの変化は認められない．このことから，#80 以上の砥石を使用した場合の仕上げは，60 秒程度が適切な時間で，それ以上の研磨は仕上がり程度にさほど影響しないといえる．また，砥石の番手を上げることで，*Ra* も小さくなっている．

キーワード：ストップホール，表面粗さ，砥石，粒度，疲労強度
連絡先：法政大学 (東京都小金井市梶野町 3-7-2　TEL:042-387-6287　FAX:042-387-6124)

②砥石の種類と表面粗さの関係

円孔壁面は，仕上げなしの他，#36，#80，#120，#220 の 4 種類の仕上げとした．円孔の仕上げ時間は，図-2 に示した結果に基づき，60 秒とした．測定数は各種円孔で 40 である．測定結果を図-3 に示す．粒度 0 は，ドリルで空けた円孔壁の状態を示している．

いずれの場合にもばらつきが大きいものの，その平均は仕上げなし（ドリルのみ）＞#36＞#80 #120＞#220 となっており，図-2 と同様に砥石の番手が大きいほど粗さは小さくなっている．ただし，#80 と#120 では，粗さが同程度となっている．

写真-1 は，円孔壁表面をデジタルマイクロスコープで撮影したものである．砥石の粒度を大きくするにしたがって，壁面に生じている傷も小さくなっている．

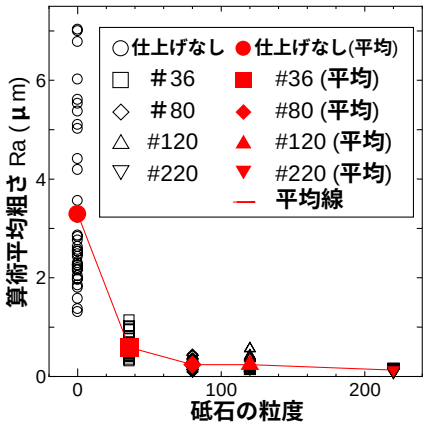


図-3　円孔壁面の粗さ測定試験結

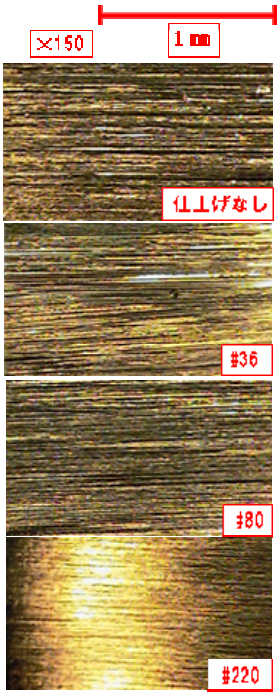


写真-1　円孔壁面

## ３．疲労試験

疲労試験に用いた試験体は図-1 に示したとおりである．試験体は，NF 試験体（仕上げなし），#36 試験体，#80 試験体，#220 試験体の 4 種類である．疲労試験には，動的能力 500kN と 200kN の電気油圧サーボ式材料試験機（写真-2, 200kN の試験機）を用いた．応力比はほぼ 0，荷重波形は正弦波，繰返し速度は 5～18Hz である．荷重繰返し数が 1000 万回に達した時点で疲労破壊しない場合には，そこで試験を中止した．疲労試験の結果を図-4 に示す．図中の直線群は，それぞれの試験体で得られた疲労寿命 N に対する応力範囲 Δσ の回帰直線である．NF と#36 の Δσ-N 関係はほぼ同じであり，#80 と#220 の関係はそれよりも若干上に位置している．

写真-2　動的能力 200kN 試験機

**図**-4 に示した回帰直線から各試験体の 10 万回，20 万回，50 万回，100 万回疲労強度を求めた．その結果を図-5 に示す．いずれの時間疲労強度においても，NF と#36 の疲労強度はほぼ同じであり，それらに比べて#80 と#220 の疲労強度は 20%程度高くなっている．また，#220 の疲労強度は，#80 よりも高くなっているものの，その差は小さい．

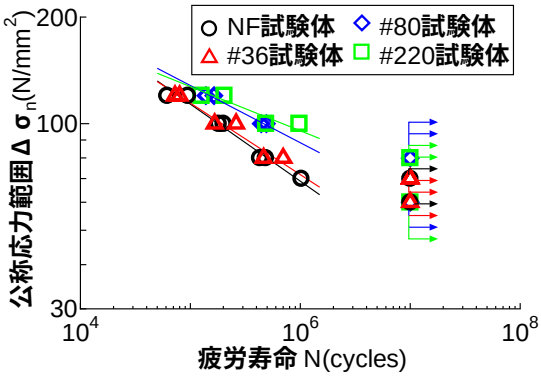


図-4　疲労試験結果

## ４．まとめ

試験結果より，以下のことが明らかとなった．

（1）仕上げ時間は，60 秒程度が適切である．

（2）砥石#80 と#120 では，仕上がり程度に顕著な差はない．

（3）#80 以上の砥石で仕上げると，ドリル明けのままに比べ疲労強度は約 20%向上する．

（4）#80 と#220 での疲労強度は，ほぼ同じであり，添え板（又は L 型鋼）ボルト締めストップホール法の円孔の最終仕上げに使用する砥石は#80 が適切と考えられる．

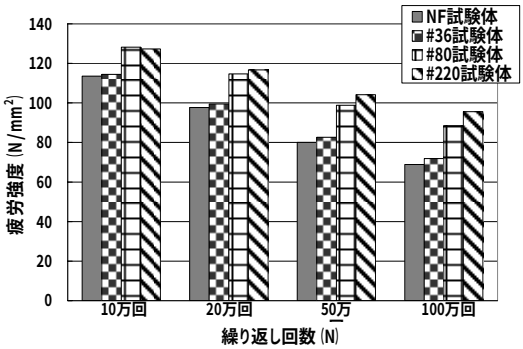


図-5　疲労強度の比較

**参考文献**

1）中村ら：「主桁-横桁取合い部」損傷の補修検討，土木学会，第 64 回年次学術講演会，I-140，2009.10