SBHS500 鋼母材における表面処理が欠陥面積に及ぼす影響と疲労強度の検討

岐阜大学 学生会員 〇加藤瑳那子 岐阜大学 学生会員 小野友暉 岐阜大学 正会員 木下幸治

1. はじめに

橋梁用高降伏点鋼板(SBHS)は、従来鋼と比 較して強度が高く、加工性、溶接性に優れた高性 能鋼材であり鋼桁の軽量化が期待できる.しか し、高強度鋼の適用には、応力集中が起こる溶接 部の疲労強度の確保が重要な課題となっている. そのため、高強度鋼の溶接部の止端形状改善や 圧縮残留応力導入といった疲労強度向上に関す る研究が進められ^{1,2)}、鋼材強度を加味した疲労 強度向上効果の評価式が提示されている³⁾、特に、 溶接部の疲労強度向上効果の評価の高度化に関 しては、パラメータである鋼母材の疲労限度デ ータが必要となる.

一方, 鋼母材の疲労限度に関しては, 欠陥寸法 や材料強度を基にした√areaパラメータモデル によって, 疲労限度に与える表面性状の影響を 定量的に評価できることが示されてきている⁴. そのため, √areaパラメータモデルを用いて SBHS 鋼の疲労限度を評価可能か明らかにした 上で, 従来の管理値となっている最大表面粗さ で整理可能か合わせて検討する必要がある.そ こで本研究では, SBHS 母材の疲労限度を明らか にすることを目的とし, 既往研究⁵で対象とした 780MPa 級の SBHS700 に引き続き, 3 種類の処 理を行った 500MPa 級の SBHS500 鋼母材の疲労 試験を実施する.さらに, √areaパラメータモデ ルを用いた疲労限度の評価を行った上で, 表面 粗さが疲労限度に及ぼす影響を検討する.

2. 疲労試験体

微小欠陥を有する鋼母材の疲労限度推定法と して、村上ら⁴⁾は以下の \sqrt{area} パラメータモデル (式 1)を提唱している.

$$\sigma_{\sqrt{area}} = \frac{1.43(\text{HV} + 120)}{\left(\sqrt{area}\right)^{1/6}} \left[\frac{1-R}{2}\right]^a \tag{1}$$

ここで,A は欠陥位置による係数(表面欠陥: 1.43,表面に接するような欠陥:1.41,内部欠陥: 1.56), HV はビッカース硬さ, area は欠陥を最大 主応力方向に投影した投影面積, R は応力比, α は0.226+HV×104である.また,疲労限度の上 限値は,引張強度の1/2としている.そこで,本 研究では、最大主応力方向に投影した欠陥面積 √areaに違いをもたせるように試験片を製作し た. 図-1 に試験体の形状,表-1 に鋼材の機械的 性質を示す.供試鋼材は,板厚 12mm の橋梁用 高降伏点鋼板 SBHS500 とした. ビッカース硬さ は経験式(2)を用いて、ミルシート値の引張強 度(σ_B)を代入することで推定する. $HV = \sigma_R / (0.36 \times 9.8 \times 0.94)$ (2)図-2 に試験体の表面性状,表-2 に試験体一覧を 示す. 表面処理は, 240 番のベルトサンダーを用 いて黒皮除去の後, ディスクグラインダにより, 粒度 40 で仕上げた Type1 (図-2 (a)), 粒度 40, 80,120 で仕上げた Type2 (図-2(b)), 粒度 40, 80, 120, 240, 400 で仕上げた Type3 (図-2 (c)) をそれぞれ製作した.



図-1 試験体形状と寸法

表-1 鋼材の機械的性質

	ミルシート値			推定值
鋼種	降伏強度 (N/mm ²)	引張強さ (N/mm2)	伸び (%)	ビッカース硬さ
SBHS500	560	622	15	201

表-2 試験体一覧

呼名	Type1	Type2	Туре3
グラインダ 粒度	40	40, 80, 120	40, 80, 120, 240, 400
試験体数	4	4	4



(a) Type1

(b) Type2 図-2 試験体の表面性状

(c) Type3

3. 試験体の表面粗さ

鋼母材(帯板)の200万回疲労強度は,道路 橋示方書のでは鋼材の最大表面粗さで強度等級 が分類されており,最大の疲労強度であるA等 級では最大表面粗さ50µm以下とされている. 本研究でも,試験体表面を道路橋示方書に定め られる最大表面粗さ50µm以下とすることを目 標とした.試験体製作時における表面粗さの管 理は,図-3に示される比較用表面粗さ標準片

(JIS B 0559-1)を用いて, 試験体の表面を視覚, 触覚にて比較を行い, 最大表面粗さ 50μm 以下 を管理した.

試験体製作後,マイクロスコープ (Leica DVM5000)を用いて詳細に粗さを確認する.マ イクロスコープの原理は, JIS B 0681 に示される 全焦点画像顕微鏡法によるもので、ピントが合 った複数枚の画像を合成し、3D処理表面が得ら れる. 図-4 にマイクロスコープ測定画像を示す. なお、ここでは計測の終了した Type1 および Type2 のそれぞれ 1 体の結果を扱う. 計測箇所 は、試験体1体につき1箇所とした.その際の 評価長さ,基準長さは,JISB 0633 に従い 12.5mm, 2.5mm とした. 図-4 に示すように, 幅約 0.6mm, 長さ約 2.5mm の領域で,幅方向に 0.05mm 間隔 に長さ2.5mmの基準長さをそれぞれ6本測定し た. 図-5 に測定した粗さ曲線を例示する. グラ インダー処理による不規則な凹凸が存在してい ることが分かる. 図-6 に各 Type の最大表面粗 さの測定結果を示す.図-6より、最大表面粗さ は、Type1 で 24 から 31µm、 Type2 で 18 から 25µm であった. これより, 現測定の限りでは, 最大表面粗さに関して, Type1 と Type2 ではほぼ 同程度であるといえる.よって,試験体の粗さ分 布形状の違いが及ぼす影響 ⁷や表面粗さと欠陥 面積√areaとの関係性について, 疲労試験を実 施し, 走査型顕微鏡 (SEM) による破断面の破壊 起点の観察から検討していく予定である.

〈参考文献〉

- 判治ら:止端処理による溶接継手の疲労強度改善効果とその鋼材強度依存性,構造工学論文集, 2017.3.
- 森ら:面外ガセット溶接継手の UIT 疲労強度改善効果に対する鋼材静的強度の影響,土木学会論文 集,2014.
- 島貫:超音波衝撃処理による溶接継手の疲労寿命 向上効果に及ぼす影響因子,溶接学会誌,2016.
- 村上ら:金属疲労 微小欠陥と介在物の影響,養賢 堂,1993.
- 小野ら:SBHS700 鋼母材の疲労強度とき裂進展特性、鋼構造年次論文集、2018.
- 6) 日本道路協会:道路橋示方書・同解説,Ⅱ鋼橋編, 2012
- 井藤賀ら:高強度鋼の長寿命疲労挙動に及ぼす切 欠きと表面粗さの影響, The Society of Materials Science, Japan, Vol. 54, No.12, pp. 1249-1254, Dec. 2005



図-3 比較用表面アラサ標準片



(a) Type1

(b) Type2

図-4 マイクロスコープ測定画像



図-5 粗さ曲線



I-024