

実橋から採取した材片による小型鋼材圧縮試験を用いた耐荷力評価

(一財) 土木研究センター 正会員 ○中島和俊
 (一財) 土木研究センター 正会員 落合盛人

(一財) 土木研究センター 正会員 安波博道
 (一財) 土木研究センター 正会員 中野正則
 九州工業大学大学院 正会員 山口栄輝

1. 背景と目的

近年, アセットマネジメントが導入され, 橋梁を適切かつ計画的に維持管理していくことが求められている. 一方, 建設年次が古い既設の鋼橋は建設時の設計図書類が現存せず, 詳細なディテールはもとより, 使用された材料の諸元も不明であることが多い. そのため, 鋼材の機械的性質を知るためには, 実橋梁から長さ 300mm 程度の鋼材片を採取する必要があるが, 劣化・損傷した橋梁からこのような鋼材片を採取することは構造安全性上の問題が生ずる. ここでは, 実橋梁へ与えるダメージを最小に抑えつつ, 鋼材の機械的性質を精度良く取得する手法として, 小型鋼材圧縮試験を試行し, 実橋梁の耐荷力評価へ適用した事例を報告する.

2. 小型鋼材圧縮試験の仕様と予備試験の実施

鋼橋において通常使用される鋼板では, JIS Z 2241 に規定される 5 号試験体等を使用し, 引張試験により鋼材の機械的性質を評価している. 一方, 小型鋼材圧縮試験は $\phi 6 \times 12\text{mm}$ の円柱形状に整形した鋼材片を圧縮する試験である. 図 1, 2 にそれぞれの試験体形状を示す.

小型鋼材圧縮試験の実橋での試行に先立ち, 予備試験として, 市中品の鋼板 (SS400, $t=19\text{mm}$) から JIS Z 2241 5 号試験体, 小型鋼材圧縮試験体を作製し, 各試験を行った. また, 両者の試験には引張試験と圧縮試験の試験方法の差, 試験体形状の差が内包されるため, それぞれの差を評価することを目的として小型鋼材圧縮試験体に相当する引張試験体 (JIS Z 3111 A2 号, 図 3) を作製した. 試験体は鋼板のロール方向 (L 方向), 直交方向 (C 方向) それぞれに 3 体作製し試験に供した (A2 号は C 方向 3 体のみ). 試験結果を表 1, 2 に示す. なお, 使用鋼板のミルシートによる降伏点強度は 275N/mm^2 である.

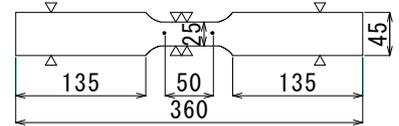


図 1 JIS Z 2241 5 号試験体

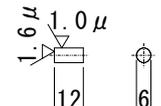


図 2 小型鋼材圧縮試験体

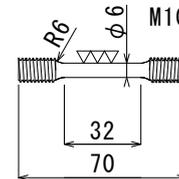


図 3 JIS Z 3111 A2 号試験体

表 1 予備試験 引張試験結果 (5号,A2号)

| 試験体記号 | | | | | (N/mm ²) | |
|----------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------------|--------------------------------------|
| | 上降伏点 σ_{yu} | 下降伏点 σ_{yl} | 引張強さ σ_{tu} | 破断伸び δ | 基準降伏点 σ_{ys} | 降伏点比※ $\sigma_{yl} / \sigma_{ys}$ |
| PT-t19-L1-5 号 | 299 | 291 | 443 | 46.5% | 235 | 124% |
| PT-t19-L2-5 号 | 292 | 282 | 443 | 46.5% | | 120% |
| PT-t19-L3-5 号 | 287 | 277 | 444 | 46.3% | | 118% |
| 平均 | 293 | 283 | 443 | 46.5% | | 121% |
| PT-t19-C1-5 号 | 295 | 279 | 444 | 44.5% | | 119% |
| PT-t19-C2-5 号 | 303 | 272 | 444 | 44.5% | | 116% |
| PT-t19-C3-5 号 | 306 | 283 | 444 | 43.9% | | 120% |
| 平均 | 301 | 278 | 444 | 44.3% | | 118% |
| PT-t19-C1-A2 号 | 281 | 268 | 445 | 20.4% | | 114% |
| PT-t19-C2-A2 号 | 254 | 253 | 443 | 16.8% | | 108% |
| PT-t19-C3-A2 号 | 269 | 260 | 443 | 17.8% | | 111% |
| 平均 | 268 | 260 | 443 | 18.3% | | 111% |

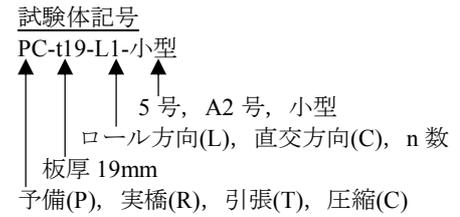
※降伏点は下降伏点で整理した[1]

キーワード 構造安全性, 機械的性質, 圧縮試験, 耐荷力評価, 降伏点強度

連絡先 〒110-0016 東京都台東区台東 1-6-4 一般財団法人土木研究センター 材料・構造研究部 03-3835-3609

表2 予備試験 圧縮試験結果 (小型) (N/mm²)

| 試験体記号 | 上降伏点 σ_{yu} | 下降伏点 σ_{yl} | 基準降伏点 σ_{ys} | 降伏点比 $\sigma_{yl} / \sigma_{ys}$ |
|--------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------------------|
| PC-t19-L1-小型 | 274 | 262 | 235 | 111% |
| PC-t19-L2-小型 | 277 | 261 | | 111% |
| PC-t19-L3-小型 | 271 | 259 | | 110% |
| 平均 | 274 | 261 | | 111% |
| PC-t19-C1-小型 | 285 | 263 | | 112% |
| PC-t19-C2-小型 | 275 | 263 | | 112% |
| PC-t19-C3-小型 | 278 | 260 | | 111% |
| 平均 | 279 | 262 | | 111% |



上記の試験結果から、5号試験結果はA2号試験結果に対して、106.9%(=278/260x100%)の降伏点強度が得られている。これは、試験体形状が板状と円柱状で異なることや、鋼板表面の加工硬化の影響によるものと考えられる。一方、小型鋼材圧縮試験結果とA2号試験結果はほぼ同等の降伏点強度が得られ、5号試験結果はと小型鋼材圧縮試験結果に対して106.1%(=278/262x100%)の降伏点強度が得られていることがわかる。これらの結果から、小型鋼材圧縮試験は鋼材の機械的性質を精度良く評価できる試験であり、また従来の引張試験結果へ換算するためには、降伏点強度に106.1%を乗ずることで評価できる。

3. 実橋から採取した鋼材片による小型鋼材圧縮試験

小型鋼材圧縮試験を試行した橋梁は、昭和33年の建設(設計図書類現存せず)から現在まで鋼桁の補強を行わずに供用されてきたが、再現設計による照査の結果、B活荷重載荷時に降伏強度を超える応力が生じることが報告されていた。一方で実構造には外力による変形等の異常は見られず、照査に



写真1 鋼材採取状況

用いた作用力そのものの問題や、実構造物の耐荷力がより大きいことが想定された。ここでは、基準降伏点よりも高い実降伏点強度[2]を照査へ反映することを目的として、小型鋼材圧縮試験を実施した。実橋は降伏点を超える応力が生じることが懸念されているため、着目部と同板厚で、応力度の超過が比較的少ない桁や部位を選定し、高力ボルト孔の削孔に使用する機材を用いて、外径φ26.5の鋼材片を各板厚毎に2体採取した(写真1)。小型鋼材圧縮試験の結果(表3)、基準降伏点に対して10%以上高い降伏点強度が得られ、さらに前記の引張試験への換算係数106.1%を乗ずると、実降伏点は基準降伏点より概ね20%程度高いことが判明した。なお、板厚26mmでは、橋歴板に記載されていない鋼種(SS50)に相当する降伏点強度が得られた。

表3 実橋試験 圧縮試験結果 (小型) (N/mm²)

| 試験体記号 | 上降伏点 σ_{yu} | 下降伏点 σ_{yl} | 基準降伏点 σ_{ys} | 降伏点比 $\sigma_{yl} / \sigma_{ys}$ |
|--------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| RC-t10-L1-小型 | 292 | 255 | 226 以上 (橋歴板に 記載され たSS41) | 129% |
| RC-t10-L2-小型 | 272 | 256 | | 120% |
| t10_平均 | 282 | 256 | | 125% |
| RC-t18-L1-小型 | 248 | 230 | | 110% |
| RC-t18-L2-小型 | 254 | 232 | | 112% |
| t18_平均 | 251 | 231 | | 111% |
| RC-t19-L1-小型 | 261 | 228 | | 115% |
| RC-t19-L2-小型 | 279 | 274 | | 123% |
| t19_平均 | 270 | 251 | 119% | |
| RC-t20-L1-小型 | 255 | 244 | 275 以上 (SS50) | 113% |
| RC-t20-L2-小型 | 249 | 229 | | 110% |
| t20_平均 | 252 | 237 | | 112% |
| RC-t26-L1-小型 | 305 | 282 | | 111% |
| RC-t26-L2-小型 | 307 | 281 | 112% | |
| RC-t26-L3-小型 | 325 | 295 | 118% | |
| t26_平均 | 312 | 286 | 114% | |

8. まとめ

鋼材の機械的性質を取得する手法として、小型鋼材圧縮試験を行った。得られる降伏点強度は従来の引張試験と比較してわずかに低いものの、安定して降伏点強度を取得できた。また、実橋へのダメージを最小限に留めて試験体を採取でき、既設橋の構造安全性をより精確に評価できると考えられる。

参考文献

[1]土木学会鋼構造委員会座屈設計ガイドライン改訂小委員会：座屈設計ガイドライン，2005
 [2]奈良 敬・中村聖三・安波博道・川端文丸・塩飽豊昭：橋梁向け構造用鋼板の板厚および強度に関する統計調査，土木学会論文集，No.752/I-66，pp299-310，2004.1