

突合せ溶接継手の強度特性における溶接金属の影響

東京工業大学 学生会員 福田 有樹 東京工業大学 フェロー 三木 千寿
 東京工業大学 正会員 穴見 健吾 東京工業大学 学生会員 休場 裕子

1. はじめに

鋼橋における継手形式として溶接継手が多く使用されることが多いが、この溶接継手部は構造物全体としての強度に大きく影響を及ぼすため母材部の強度と同等 (matching) もしくは若干高い (over-matching) 強度の溶接材料を用いて溶接部に十分な強度を確保させることが一般的である。一方、近年の鋼構造物の大型化や合理化を目的として高強度鋼の使用が注目され、それに伴い溶接材料も必然的に高強度のものが必要となるが高強度の溶接材料は、溶接性の良い材料の開発が現状では困難なため鋼材の高強度化に溶接材料が追いついていかないという問題が発生する。そこで母材より強度の低い溶接材料を用いた軟質溶接継手の使用可能性について検討されている。

そこで本研究では低サイクル疲労特性を含めた軟質溶接継手の強度特性を明らかにし、軟質溶接継手の適用性を検討することを最終目的として、横突合せ溶接継手の拘束効果、及び溶接欠陥が含まれた場合の溶接継手部の挙動の変化について引張試験から検討した。

2. 軟質継手の拘束効果

軟質継手の拘束効果¹⁾とは、母材部が溶接部の塑性変形を拘束し引張強度が上昇し、伸び性能の低下を引き起こすことである。拘束効果の程度は試験片板厚と板幅に対する溶接幅の比及び母材と溶接材の引張強さの比により主に影響を受ける。

3. 試験概要

図1に示す試験体を用いて平滑溶接継手引張試験及び溶接欠陥をモデル化した直径2mmの貫通穴を設けた溶接継手引張試験の2種類を行った。その際引張過程におけるひずみ分布特性をひずみゲージを貼付することにより把握した。溶接部には表1に示した3種類の溶接棒及び2種類の開先の計5種類の溶接を行った。開先形状としては通常の開先としてX開先を、狭開先としてV開先を使用した。(図2)また余盛は溶接金属の強度の影響の照査を目的としているため、止端部での応力集中などの影響を考え削除した。

4. 平滑溶接継手引張試験結果

鋼材と溶接材料の組み合わせの静的引張強度への影響を検討するために平滑溶接継手引張試験を行った。図3に荷重Pと試験体伸び(チャック間隔230mm)で整理した結果を示す。図より軟質溶接継手では狭開先であるV開先の試験体で強度が上昇していることが分かる。特に400MPa級溶接材を用いたものは強度上昇が大きい。また全ての軟質溶接継手試験体で伸び性能が低下していることが分かる。

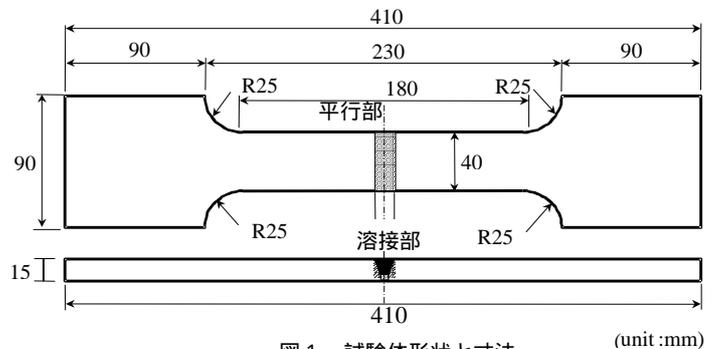


図1. 試験体形状と寸法 (unit:mm)

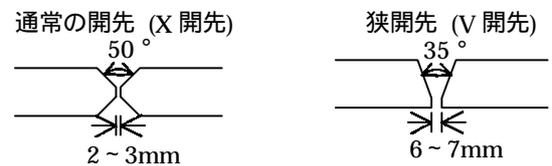


図2. 開先形状

表1. 試験片の種類

	X開先			V開先 (狭開先)	
	tp.1	tp.2	tp.3	tp.4	tp.5
溶接棒	SM400級	SM490級	SM570級	SM400級	SM490級
母材	SM570	SM570	SM570	SM570	SM570

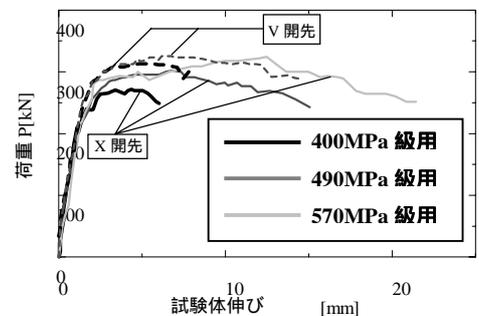


図3. 平滑溶接継手引張試験結果

キーワード：軟質溶接継手、拘束効果、低サイクル疲労

連絡先：〒152-8552 東京都目黒区大岡山 2-12-2 TEL：03-5734-2596 FAX：03-5734-3578

5. 軟質継手におけるひずみ分布特性

開先形状の差異により生じた拘束効果の違いを検討することを目的としてV開先とX開先について、荷重を3段階に分け軸方向ひずみの軸方向ひずみ分布を比較した。特に拘束効果が顕著に現れた400MPa級溶接材を用いた試験体についての結果を図4に示す。この図より溶接部が弾性域では分布が一様であるが、溶接部が降伏した後ひずみが徐々に溶接部に集中している。またV開先では拘束効果によりX開先に比べ特に溶接部のひずみが抑制されているのが分かる。この傾向は、490MPa級溶接材の軟質継手にも言え、また軸直角方向ひずみにおいても軸方向ひずみと同様の傾向が見られる。

6. 欠陥入り溶接継手引張試験結果

次に溶接部に欠陥を有する試験片を用い引張試験を行い欠陥が継手に及ぼす影響を検討した。図5に400MPa級溶接材（軟質溶接継手）及び570MPa級溶接材（overmatching）のX開先に関して欠陥入り溶接継手引張試験結果を荷重Pと試験体伸び δ で整理したものを示す。400MPa級X開先試験片に関しては欠陥を入れることによって若干強度が低下しているが、400MPa級V開先試験片及び570MPa級X開先試験片に関しては殆ど強度が低下していなかった。また欠陥により全てで伸び性能が若干落ちていた。

7. 解析によるひずみ集中の傾向の検討

欠陥近傍のひずみ集中に注目してovermatchingと軟質継手でのひずみ分布変化をFEM三次元弾塑性解析ソフトABAQUSにより解析し検討した。overmatchingの方は変位が増大するにつれてひずみが徐々に母材の方に分散されるのに対し、軟質継手では溶接部及び欠陥近傍に集中しているのが見られる。（図6）

8. 結論

1) 平滑軟質溶接継手について溶接幅が狭く、溶接材料の強度が低い場合には、溶接部において大きな拘束効果が生じる。溶接部のひずみ集中が抑制されていた。

2) 欠陥入り試験体での欠陥の影響に関して、overmatching及び拘束効果のある軟質継手では強度の低下が見られないが、拘束効果のない軟質継手では若干の強度の低下が見られた。またovermatching、軟質継手共に溶接部が弾性域においては欠陥にひずみが集中する。が、塑性域においては軟質継手では欠陥にひずみが集中するがovermatchingではひずみ集中が母材に分散することが分かった。

参考文献

1) 佐藤邦彦, 豊田政男: 軟層を含む溶接継手の静的強度に関する寸法効果, 溶接学会誌, Vol. 37(1968), No. 11, p. 58-70

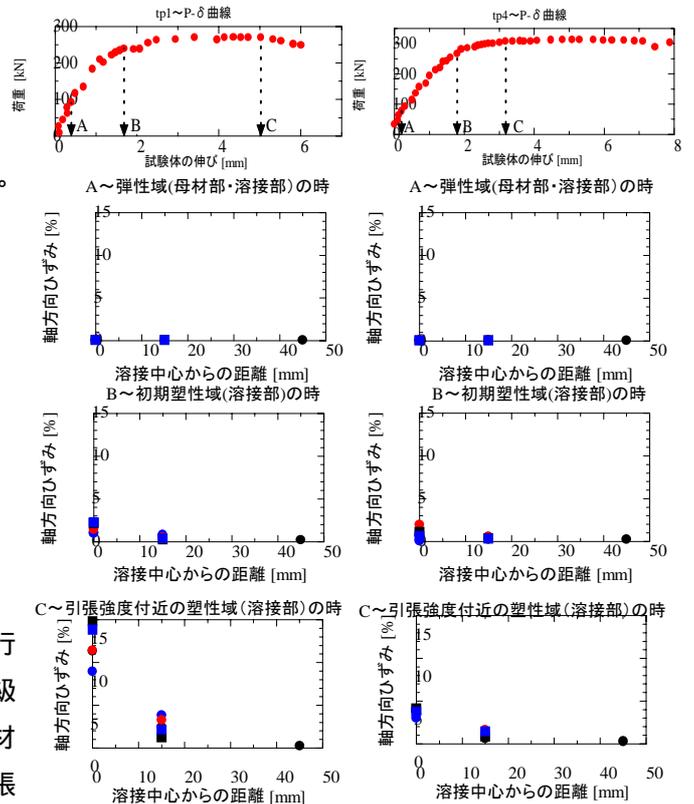


図4：ひずみ分布

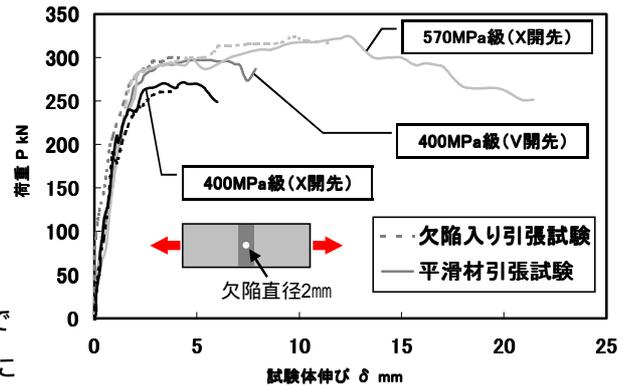


図5：欠陥入り溶接継手引張試験結果

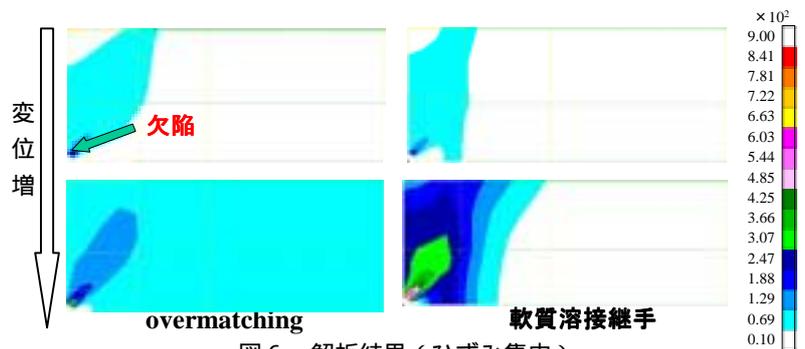


図6：解析結果（ひずみ集中）