

連携記事

建設機械に使用される鋼板とその課題

Feature of Steel Plates of Construction Machinery

堅田寛治

Kanji Katada

コマツ 生産技術開発センタ
技師監

1 はじめに

建設機械とは、土木工事や建設工事などに使われる機械であるが、その種類は非常に多い。図1は日本国内での建設機械の種類別生産金額である。河川や道路の維持管理、都市の工事で使われる油圧ショベルやミニショベルが最も多く、次に建設工事に使われるクレーンが続く。一方海外に目を転じると、近年の資源高を背景にマイニング用の建設機械の需要が伸びている。それらの機械の代表例として、図2に超大型油圧ショベル、図3に超大型ダンプトラックを示す。これらの機械は、国内で目にする建設機械に比べて非常に大きく、たとえば街中でよく見かける中型油圧ショベルの車体重量が20トン程度であるのに対して、マイニング用の油圧ショベルの車体重量は300トンから800トンであり、使用される鋼板も厚いものが使われている。また建設機械の特徴としては、土や岩石を相手に作業をするために、油圧ショベルやホイールローダのバケットやブルドーザのブレード、ダンプトラック

クのボディなどに耐摩耗鋼板が多く使用されていることがあげられる。

2 溶接構造物

前述したように建設機械の種類は多く、それを構成する溶接構造物もいろいろな形、いろいろな大きさのものがある。ここでは中型油圧ショベルの例を図4に示す。溶接構造物と



図2 超大型油圧ショベル



図3 超大型ダンプトラック

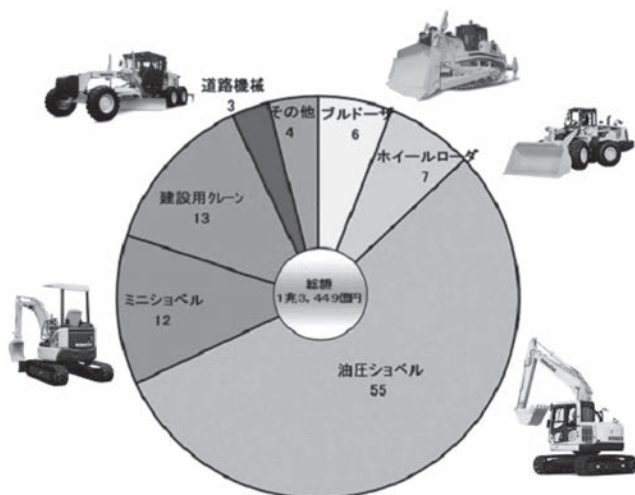


図1 平成22年度国内建設機械生産高構成比 出典：建機工自主統計

しては大きく分けてトラックフレーム（下部走行体）、レボフレーム（上部旋回体）、作業機（ブーム、アーム、バケット）の3つの部位に分かれる。これらは主に鋼板と鋳鋼で構成されている。鋼板は大部分が安価な引張強さ40キロ級の軟鋼が使用されており、板厚は6mmから50mm程度である。溶接法としては高能率であることと自動化しやすいことからマグ溶接が採用されている。ロボット溶着化率は80～90%と高く、また溶接の生産性を上げるために500A以上の大電流で溶接されている。図5に中型油圧ショベルのレボフレームおよびクローラフレーム（トラックフレームの構成部品）の溶接ロボットシステムを示す。いっぽう超大型建設機械の溶接構造物では、引張強さ50キロ級から80キロ級の高張力鋼板が使用されており、板厚も40mm～250mmと大きくなる。図6に超大型油圧ショベルのトラックフレームを示す。また超大型油圧ショベルのバケットでは、図7のように大量の耐摩耗鋼板が土砂が当たる部分に使用されている。溶接構造物の建設機械の製品原価に占める割合は30%以上あり、その大きな部分が鋼板材料費であるため、鋼板のコスト改善のニーズは非常に高い。

3 鋼板の種類

表1にコマツ建設機械に使用されている溶接構造用鋼板の

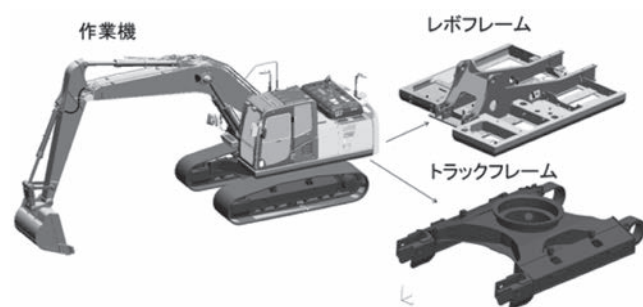


図4 油圧ショベルの主要構成部品

種類を示す。引張強さが40キロ級の軟鋼から50キロ級、60キロ級、80キロ級、110キロ級の高張力鋼板まで使用されている。これら鋼板は、表中に示す引張試験や衝撃試験のほかに、曲げ試験や溶接割れ感受性指数（化学組成）が規定されている。ここで110キロ級の鋼板はブルドーザのブレードに使用されており、土砂に対する耐摩耗性も考慮された鋼板である。また表2は耐摩耗鋼板の種類を示しており、硬さがHB360～440のSAR400と、HB450～520のSAR500がある。これらも硬さ、衝撃値のほかに溶接割れ感受性指数が規定されている。図8に、それら鋼板の使用割合を示す。この表では、薄板用圧延鋼板（SPHC他）も含まれており、これらは主に建設機械の外装部品やタンク類に使用されており、板厚は6mm以下である。この表より、建設機械に使用される鋼板の割合としては、引張強さ40キロ級～110キロ級の溶接構造用鋼板が87.5%、耐摩耗鋼板が2.4%、薄板用圧延鋼板が10.1%であるといえる。また溶接構造用鋼板の中では、軟鋼が全体の67.2%と圧倒的に多い。軟鋼が使用される理由は、価格が安いこともあるが、高張力鋼を採用しても溶接継手の疲労強度は変わらないため、板厚を下げることができず高張力鋼のメリットが生かせないためである。しかし燃費向上や作業性の向上からブーム、アームなどの作業機では軽量化のニーズ

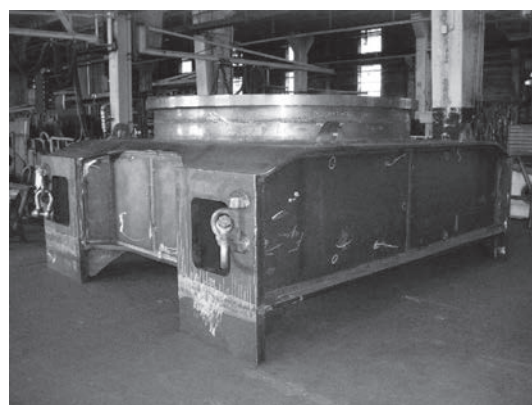


図6 超大型油圧ショベルのトラックフレーム

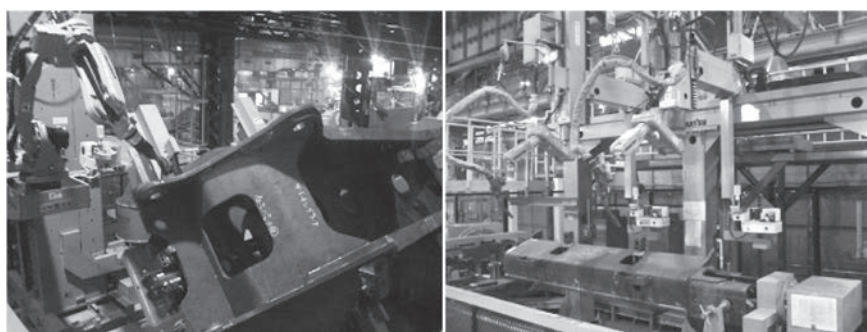


図5 レボフレーム（左）とクローラフレーム（右）の溶接システム

は高く、そのため大型油圧ショベルなどでは高張力鋼を使用し、溶接部をグラインダ仕上げして疲労強度の向上を行い、薄肉軽量化を図っている。またダンプトラックのボディも積載量をアップするため軽量化のニーズは大きい。ボディには耐摩耗鋼板が多く用いられているので、耐摩耗性を従来よりもさらに向上した鋼板を採用することにより薄肉化を図っている。

4 鋼板に対する課題

(1) 溶接継手疲労強度の向上

建設機械の溶接構造物は疲労強度に基づいた設計がなされており、強度的にネックとなるのは溶接継手部である。ベンチ試験などで高応力が発生した場合は、その部分をグラインダ仕上げしたり、補強板をあてたりして対策がなされている。

最近では、溶接ビードの止端部をピーニング処理することにより、疲労強度を改善する手法が検討されている。図9は隅肉継手で、As Weld品と止端部ピーニング処理品の疲労強度を比較したものである。ピーニング処理品はAs Weld品に比べて、約3倍の寿命を有している。また溶接に低変態温度溶材を使用することにより、溶接部に圧縮の残留応力を付与して疲労強度を向上する手法も検討されている。これらは溶材や後処理により疲労強度を改善する手法であるが、一方では鋼板そのもので溶接継手の疲労強度を向上する、高疲労強度鋼板の開発、適用も進められている。これらの溶接継手の疲労強度を改善する手法の開発と適用は、建設機械溶接構造物にとって今後も重要な課題である。

(2) 鋼板溶接の予熱フリー化

前述したように建設機械溶接構造物では主要な鋼板は軟鋼

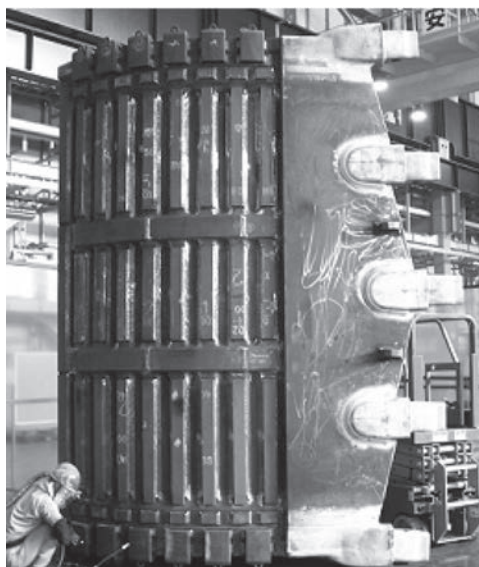


図7 超大型油圧ショベルのバケット

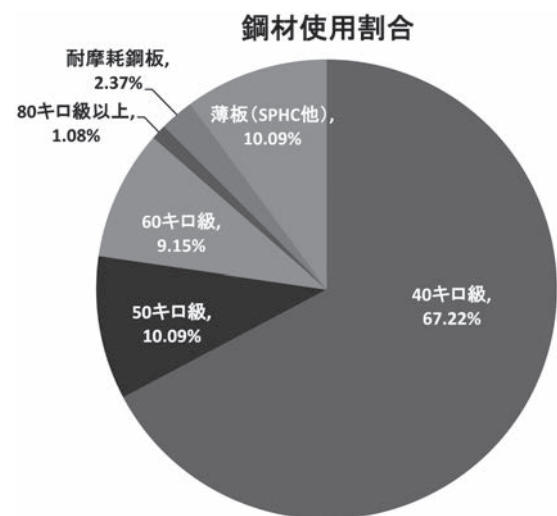


図8 建設機械に使用される鋼板の割合

表1 建設機械に使用されている溶接構造用鋼板

記号	引張試験		衝撃試験	
	降伏強さ (N/mm ²)	引張強さ (N/mm ²)	試験温度 (°C)	シャルピー吸収エネルギー (J)
SM400	235以上	400～590	0	27以上
SHT490	295以上	490～610	-5	27以上
SHT560	410以上	560～740	-5	31以上
SHT780	685以上	780～930	-20	35以上
SHT1080	980以上	1080～1270	0	20以上

表2 建設機械に使用されている耐摩耗鋼板

記号	硬さ試験	衝撃試験	
	ブルネリ硬さ (HB)	試験温度 (°C)	シャルピー吸収エネルギー (J)
SAR400	360～440	0	20以上
SAR500	450～520	0	32以上

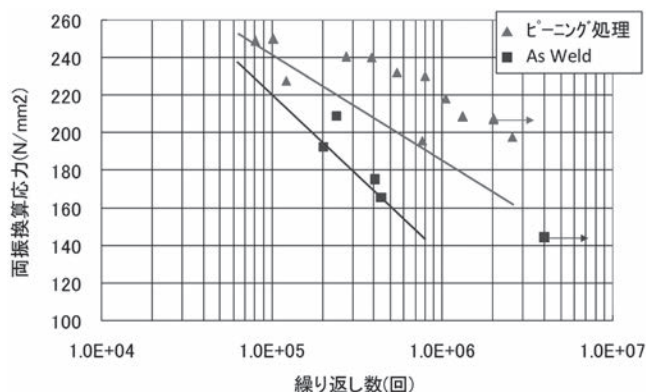


図9 溶接止端部ピーニング処理品の疲労強度



図10 溶接構造物の予熱作業

であり、この場合はいくら板厚が大きくても予熱は実施されていない。マイニング用の大型建設機械に使われている高張力鋼板では、引張強さ50キロ級の場合は100mm以上で、80キロ級の場合は40mm以上で100℃程度の予熱が実施されている。これらはY型割れ試験により決められている。図10は作業機（アーム）の溶接で予熱を実施している状況である。また耐摩耗鋼板の場合は、SAR400クラスは予熱なしで実施されているが、SAR500クラスでは100℃程度の予熱が実施されている。マイニング用の建設機械などに使用されている板厚の大きい耐摩耗鋼板の場合は150℃程度の予熱が実施されている。このように建設機械では一部ではあるが予熱を実施しており、これらは溶接の生産性、特にロボット溶接化の阻害要因となっている。予熱フリー化の鋼板および溶材の開発が望まれる。

(3) 塗装後の外観品質

建設機械の外観品質は、ユーザからの要望に応える形で、ここ数十年で格段にレベルアップした。溶接構造物は溶接後に全面ショット処理され、そのあとに塗装される。鋼板の表面粗度が悪い場合は、ショット後に表面がアバタになり、このまま塗装すると外観検査でNGとなる。そのためショット後にパテ処理やバフ研磨処理が施される。図11は中型ホイールローダの作業機の鋼板を処理した状況である。これらの問題はかなり改善されてはいるが依然として残っており、鋼板表面粗度のさらなる向上および安定化が望まれる。

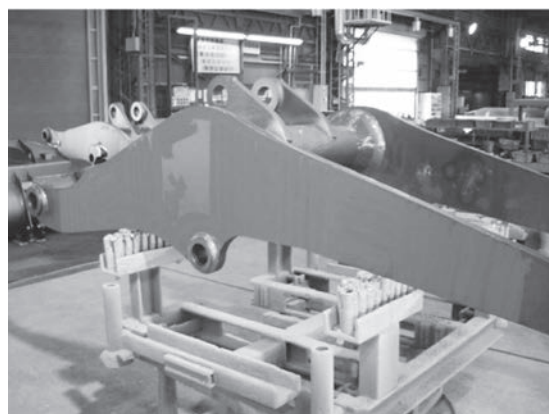


図11 鋼板表面の塗装前手入れ作業

の展開が必要となる。コマツの場合、海外に20以上の車体工場を有しており、それぞれで溶接構造物の製造を行っている。現地工場で使用される鋼板、特に軟鋼についてはローカル材を使用するようにしている。それらは日本の鋼材規格をもとに現地材の評価試験を行い、「海外鉄鋼使用基準」を作成し対応している。またマイニング用の超大型油圧ショベルはドイツ工場の設計であり、この機械を日本生産する場合はDIN規格と合致した材料を選定する必要がある。こういった作業については各鉄鋼メーカーに協力いただいて実施している。今後もこのような材料のグローバル調達が増加することが予想されるので、全世界的な規格の統一もしくは互換表の整備が望まれる。

(4) グローバル対応

(2012年10月26日受付)

建設機械の国内需要は頭打ちであり、必然的に海外市場へ