



建設機械の高度化に応える鉄鋼材料

鉱山で稼働する超大型ダンプトラックと超大型油圧ショベル
(写真提供: コマツ)

世界的なエネルギー・資源需要の増大や新興国のインフラ整備の進展に伴い、建設機械の市場は活況を呈している。日本の建設機械は、優れた品質と使いやすさで、世界的に評価が高い。耐摩耗性や強度など、優れた特性を発揮する鉄鋼材料が、建設機械のさらなる高度化に対応している。

世界の需要に応える日本の建設機械

ここ数年、レアアースなどの資源開発が話題に登るたびに、海外の鉱山の採掘現場の映像を目にすることが多くなった。スケールの大きな鉱山の風景になくはないのが、大型のブルドーザやショベル、ダンプトラックといった建設機械である。

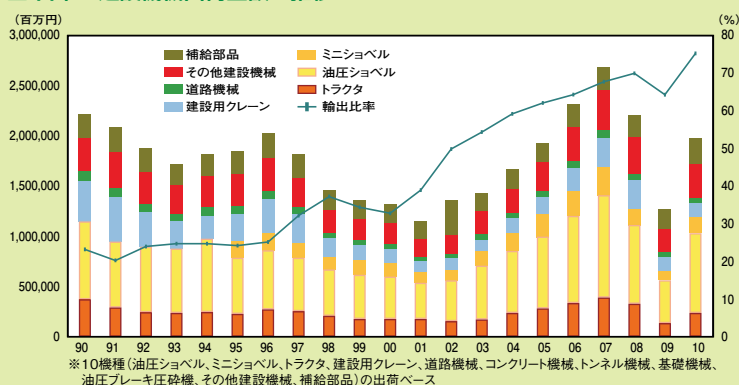
建設機械は古くはヨーロッパやアメリカで発達したが、日本では1930年代ごろから国産のショベルやブルドーザなどの製造が始まった。その後、戦後の国土復興、さらに高度成長期のイ

ンフラ整備という建設需要の増大に伴い、建設機械産業は大きな成長を遂げた。そして日本の建設機械は、すぐれた性能と使いやすさ、品質の高さで世界をリードする存在となり、一時は世界の半数近くを占めるまでになった。

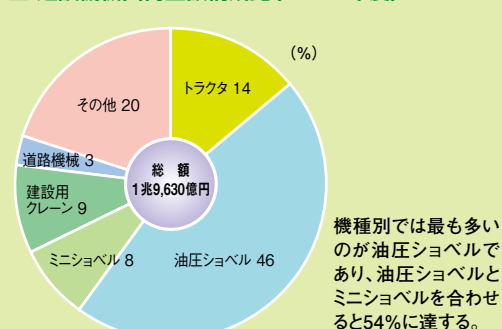
最近の20年間で建設機械市場は拡大し、生産台数は10年前の約40万台から最近では70万台へと増加している。また地域別に見ると、かつての中心だった日米欧に替わり、最近では中国や東南アジアなどの新興国が多くを占めるようになった。

日本の建設機械業界に目を転じれば、総出荷金額は2007年度には約2兆7,000億円の規模だったが、その後リー

■ 日本の建設機械出荷金額の推移



■ 建設機械出荷金額構成比(2010年度)



(出典: (一社) 日本建設機械工業会統計)



バケット

鉱山用の油圧ショベルでは、ショベルのバケット部外側に耐摩耗鋼が使用されている。(写真提供：コマツ)

■ ガウジング摩耗とスクラッチング摩耗

● ガウジング摩耗



● スクラッチング摩耗



ガウジング摩耗(上)は、岩石や鉱石などの掘削・破砕時に生じる摩耗で、部品の表面から比較的大きな金属の塊がむしり取られ溝状のキズが残るような摩耗をいう。スクラッチング摩耗(下)は、比較的小さな鉱石や砂粒が金属表面を擦る際に生じる摩耗で、摩耗キズも比較的浅く、ダンプベッセルなどに見られることが多い。

マンショックなどの影響があり、2009年度には約1兆3,000億円と落ち込んだものの、2010年度には約2兆円に戻っている。プラスに転じた理由は、中国やインドなどの新興国における建設機械の需要が増大したことや、インドネシアやオーストラリアなどの鉱山用大型建機の需要が増大したことが挙げられる。

輸出先では近年、新興国のアジアおよび中国市場の需要が堅調に推移しており、輸出額の約4割を占めるまでになっている。

建設機械に不可欠な鉄鋼材料

一口に建設機械といっても、その種類は多い。土を削るブルドーザ、土砂をすくうホイールローダ、多様な作業をする油圧ショベル、大きなものの積み下ろしをするクレーン、そのほか道路舗装や地下工事など、目的に合わせたさまざまな建設機械が使われている。また、東日本大震災のがれき処理で多くの建設機械が活躍したことは言うまでもなく、災害時の復旧には建設機械はなくてはならない重要な存在である。

建設機械を作るには、鉄鋼材料が不可欠である。建設機械の外板や構造部には、溶接構造用鋼材400N/mm²クラスが一般的に使用されている。ただし機械の種類や目的に応じて、鉱石や土砂などによる摩耗を軽減するために材料に耐摩耗性が求められたり、大型化や軽量化に対応するために部品の

高強度化が求められたりする場合も多い。また、使用される鉄鋼材料はそれぞれの機械に合わせて選択され、必ずしも規格化されているわけではない。そのため材料の選定には、機械の用途や目的を考慮して建設機械メーカーと鉄鋼メーカーがその都度選択することになる。

数ある建設機械の中から、今回は油圧ショベルと移動式クレーンについて、機械の特徴と使用される鉄鋼材料について紹介する。

鉱山用建設機械の信頼性を支える鉄鋼材料

建設機械の代表格が油圧ショベルである。油圧ショベルは、掘る、運ぶ、吊る、解体するなどの作業ができる万能機械である。もともと油圧ショベルは、日本の建設機械メーカーと油圧機器メーカーが開発したもので、現在でも日本製が世界のスタンダードといわれている。

油圧ショベルには、都市内での工事で活躍するミニショベル、幅広く使われる中型、鉱山などで使われる大型などの種類があり、最も数が多いのはバケット容量0.8m³クラスの中型油圧ショベルである。

ショベルの構造は下から下部走行体、上部旋回体、作業機に大別できる。このうち、走行体や旋回体は、運転時や旋回時でも車体を安定させるために車体を重くする必要があり、旋回

体下部のフレーム(シャーシ)やキャブ外板には厚鋼板が使用される。

油圧ショベルでも、鉱山などで使われる大型ショベルになると、さらに頑丈にする必要がある。鉱山では、採掘した鉱石や硬い土砂をすくう作業を行う。鉱山用の超大型油圧ショベルのバケット容量は世界最大級で約44m³である。このようなショベルは世界でも数社しか製造しておらず、何よりも信頼性が求められる。油圧ショベルに使用される鋼板の強度は400N/mm²クラスが中心だが、使用される部位により高張力鋼板も使われる(作業機のブーム、アームなど)。

摩耗部の耐摩耗性改善は、部材の補修などランニングコストに大きく影響するため、重要な課題の1つである。摩耗という現象は、摩耗の形態やメカニズム、材料特性の影響などさまざまな要素が絡んでいる。扱う土砂の種類や状態などによって摩耗の状態が異なるため、最適な材料の選択が必要となる。例えば、油圧ショベルのバケット部には、土砂にあたる箇所のライナー材として耐摩耗鋼が使用される。またショベルのほかダンプトラックのベッセル(荷台)や、ブルドーザのブレードなどにも耐摩耗鋼が使われる。

耐摩耗鋼は、一般的には低合金鋼を熱処理してマルテンサイト組織として硬度を高め、ブリネル硬さ400程度を確保している。一方で、衝撃特性や耐遅れ破壊特性、溶接性などへの配慮が必要であり、とくに溶接性を改善した鋼種も開発されている。

また、鉱山や寒冷地で使用される場合には、耐摩耗性に加えて低温靱性の向上が要求される。そのため、合金成分を調整して結晶粒の微細化を図り、-40℃の低温下でもすぐれた衝撃特性を有する鋼板が開発されている。

移動式クレーンの高強度化に応える高張力鋼板

移動式クレーンのうち一般道を走行できるクレーンには、トラックにクレーン装置が搭載されたトラッククレーン、不整地でも走行でき機動性に優れたラフテレーンクレーン、高速移動能



ラフテレーンクレーンでは、ブーム、走行体フレーム、アウトリガなどに高張力鋼板が使用される。



高張力鋼板を採用し、断面形状を工夫したブームの採用により、車両の軽量化とクレーン性能の両立を実現した。



ブームの高張力鋼板の溶接工程。溶接性の改善により、信頼性の高いブーム構造を可能としている。

(写真提供: (株) タダノ)

力が高い大型のオールテレーンクレーンなどがある(テレーン(terrain):地形)。

ラフテレーンクレーンは、走行とクレーン運転を1つの運転席で行うことができ、すぐれた小回り性を持つため、市街地の現場でも使いやすく、軽量でコンパクトなクレーンである。オールテレーンクレーンは大型で吊り上げ能力は日本国内では最大550tである。移動の際には、作業現場までクレーン部を分解搬送して公道を移動する。これは、道路運送車両法により公道走行できる重量制限*があるためである。巨大な車両を軽量化するために、高張力鋼板の採用が進んでいる。ラフテレーンクレーンで高張力鋼板が使われる箇所は、走行体のフレーム(シャーシ)や、アウトリガ(走行体から左右に脚のように出て踏ん張る骨組み)、作業部

*クレーンなどの特殊車両は車両総重量20t以下、または1軸重(タイヤ1対あたりの重さ)10t以下(通行項目緩和の場合)と定められている。

のブームなどであり、なかでもブームへの採用が最も進んでいる。

ブームは、高張力鋼板を曲げ、溶接して管状とする。使用される高張力鋼板は引張強さ1000N/mm²クラス以下が多いが、使用箇所により600N/mm²クラスから1200N/mm²クラスまで、最適な強度を持つ高張力鋼板が使い分けられる。

ブームは、移動時には数本の管が重なって収納され、作業時にはこれを送り出し長く伸ばして使用する。例えば吊り上げ能力が300tを超える大型のオールテレーンクレーンでは、継ぎジブ（荷を吊るために突き出した腕）を使用すると長さは100m以上となる。そのため、高強度材料を使用することに加え、ブームに発生する圧縮応力に対し座屈強度を確保できるようにする必要がある。そのため、ブームの断面形状の辺の長さを短くしたり、溶接箇所に負荷がかからないようにするなどの工夫がされている。最近では、ブームをさらに軽量化するため、内蔵されるブーム送り出し機構の軽量タイプが実用化されている。

移動式クレーンの需要は現在世界的に高まっている。新興国のインフラ整備はもちろんのこと、高層ビルの建設ラッシュや風力発電の大型風車建設など、どれも大型の移動式クレーンがなくては難しい。このようなニーズに応え、クレーンの大型化、性能向上はまだ進められると見られ、高強度材料への要求もさらに高まることが予想される。移動式クレーンで使用される高張力鋼板の強度は600～1000N/mm²クラスが中心であり、厚鋼板の用途としては最も高強度だといえる。しかしヨーロッパでは、すでに建設機械用として1400N/mm²クラスの高張力鋼板の検討が行われており、高強度化の流れの一步先を進んでいる。

環境技術や情報化へのニーズの高まり

ここ数年、日本の建設機械業界にとって環境技術への対応は新たな課題となっている。なかでも排出ガス規制への対応は、ガソリン車やディーゼル車と同様、建設機械でも喫緊の課題である。世界的な建設機械の排出ガス規制には、2011年1月から開始されている米国のEPA Tier4 Interim、EUのStageⅢB、および2011年10月から施行されている日本のオフロード排出ガス規制がある。このうち、日本のオフロード排出ガス規制に対応するために、建設機械はディーゼル微粒子除去装置（DPF）、排気ガス再循環装置（EGR）などを搭載し、排出ガス中の窒素酸化物（NO_x）や粒子状物質（PM）の大幅低減を果たさなければならない。

環境対策としては、エンジンの燃費向上技術も大きな課題である。例えば、建設機械の稼働時間が比較的長い新興国では、燃費性能は燃料費に大きく影響する。低燃費技術の例として、2006年に世界初のハイブリッド油圧ショベルが日本で開発されている。これは、建設機械の運動エネルギーを電気エ



最近では、風力発電の風車の建設などで大型クレーンの需要が高まっている（ブーム長さ約80～100m）。これに応えるためさらに高強度化が進むことが予想される。

（写真提供：（株）タダノ）

ネルギーに変換して回収・蓄積し、エンジン加速時の補助エネルギーとして活用するものである。この後、他のメーカーでもハイブリッド建設機械が開発された。

情報化技術の導入も注目されている。その1つが遠隔監視システムである。これは情報技術を活用して建設機械を遠隔監視し、より効率的に稼働管理、メンテナンス管理をする技術である。例えば山奥の鉱山から鉱石を運ぶために複数台の無人のダンプトラックを操作するため、GPS衛星を使ったデータ通信を活用するなどの例がある。このような技術の導入に伴い、排ガス処理装置や制御機器など、これまでとは異なる鉄鋼材料の活用も期待される。

●取材協力 コマツ、（株）タダノ、新日鐵住金（株）

●文 杉山 香里