

(解説)

## 量産普通鋼棒鋼圧延設備

### High-productivity Rolling Mill for Concrete Reinforcement Steel Bars



西垣内徳生\*

Norio NISHIGAICHI



森本剛司\*

Takeshi MORIMOTO

The rolling mill for concrete reinforcement steel bars has undergone technological development, e.g., for decreasing production-costs and increasing productivity. Kobe Steel has been supplying rolling-mills with innovative technologies for years and, in 1995, delivered a bar rolling-mill capable of producing one million tonnes per year. The mill is one of the most productive mills in the world. This paper introduces Kobe Steel's development history of rolling mills and outlines its bar-mill which has world-class productivity.

まえがき = 鉄筋棒鋼 (異形棒鋼) を主体とする普通鋼棒鋼は、主原料のスクラップを電気炉で溶かして成分調整し、連続鋳造工程、圧延工程を経て最終製品となる。これらの製造プラントは一般にミニミルと呼ばれ、スクラップ発生地域の近隣に建設され、その地域の建材 (鉄筋棒鋼や形鋼など) 需要を満たすことが多い。資源リサイクル事業として、規模・歴史ともにトップクラスであり、社会貢献度の高い産業といえる。高度成長期にはインフラ建設需要などに伴って普通鋼棒鋼の新設プラントが次々と建設され、2000年まで継続的に新設あるいは更新された。とくに90年代には大型設備の建設が増え、生産性向上、製造コスト低減のための種々の技術革新が行われた。

当社は古くから棒鋼の圧延設備を製作・納入しており、1924年の神戸条鋼工場建設以来、数多くの圧延設備を国内外に納入してきた。本稿では、当社が手がけてきた普通鋼棒鋼圧延設備と技術変遷、および1995年に韓国に納入し、現在も世界最大級の生産量を誇る圧延設備を紹介する。

#### 1. 普通鋼棒鋼圧延設備の建設数推移と設備能力

図1に1970年代以降の国内普通鋼棒鋼圧延設備の建設数 (更新分を含む) と、それらの中で当社が納入した設備数の割合を示す。70～80年代の当社による普通鋼棒鋼圧延設備の建設は比較的少ないが、この間は主に自動車関連の素材となる特殊鋼棒鋼圧延設備の建設を手がけてきた。特殊鋼圧延設備の国内需要が一巡した90年代のはじめに、それまで蓄積した特殊鋼圧延設備の技術を普通鋼棒鋼圧延設備に取り込み、90年代の建設プラントのほぼ3分の1を当社が納入した。2000年以降は国内普通鋼棒鋼圧延設備の新設投資は減少したが、老朽更新や付加価値向上、省エネルギーに関連した設備投資が継続して行われ

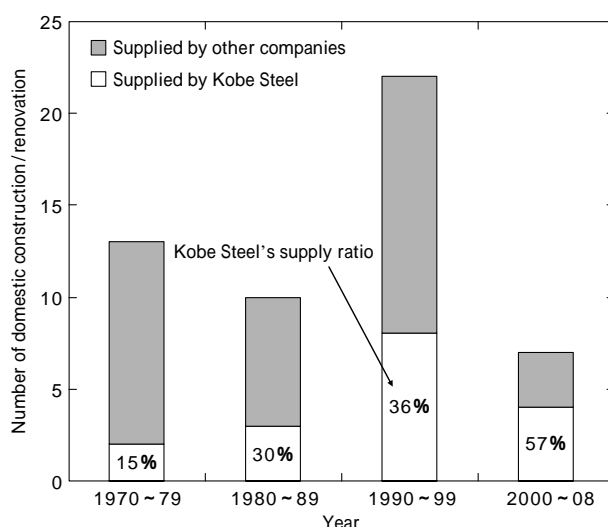


図1 年代別普通鋼棒鋼圧延設備の建設数 (更新分含む) と当社実績  
Fig.1 Number of domestic construction/renovation of steel bar mill and Kobe Steel's record

ている。

設備能力については、従来50t/h程度であったものが、90年代には100t/h以上と大規模になるなど、生産能力向上のための設備技術が開発された。

#### 2. 普通鋼棒鋼圧延設備の技術変遷

鉄筋棒鋼を主体とする圧延設備が近代化した70年代から今日までの技術革新の変遷について以下に述べる。

##### 2.1 生産性向上

鉄筋棒鋼は一般的に製品サイズD10～D51を生産対象としている (例えばD10は概算直径が約10mm)。70年代までは、細物直棒を生産する場合の圧延速度は15m/s程度が限界とされていたため、細物サイズの製品は生産性が悪くなるのが一般的であった。この問題を克服する

\*機械エンジニアリングカンパニー 産業機械事業部 重機部

ことが大きなテーマであり、以下のように種々の技術開発が行われてきた。

### 2.1.1 1970年代末～1980年代：圧延速度の高速化・精整処理能力向上

70年代末に当社は、高速で圧延された材料を分割切断して、直棒のまま安定して冷却床に取込む技術を開発した。1980年には細物(D10)の仕上圧延速度30m/s(圧延能力67t/h)を達成し、この技術で昭和55年度機械振興協会賞を受賞した。現在の細物材冷却床取込装置のベース技術であり、高速圧延と長尺冷却床で特徴づけられる当社棒鋼圧延設備の原型となった。

また、圧延能力向上に伴い、切断～出荷の処理能力(精整能力)の向上が課題となり、当社はそれまでの定尺切断後に本数カウントして結束する工程を見直し、定尺切断前の長尺グループの本数を管理して処理する方式をユーザとともに実用化した。これにより、精整設備の大幅な処理能力向上と結束本数精度の向上を果たした。

### 2.1.2 1980年代：2条スリット圧延技術の実用化

2条スリット圧延とは、圧延途中材を全長にわたり長手方向に分割し、2条の製品を同時に製造する技術である。この技術は1979年にカナダで最初に実用化され、現在の細物鉄筋棒鋼圧延では必須技術となっている。図2(a)にそのパススケジュール例を示す。この技術で圧延機台数の削減、電力原単位の向上を図ることができる。

当社は、独自の駆動ローラを用いたスリット方式で高速圧延が可能なシステムを1984年に開発した。この当社方式によるスリット圧延で国内最速25m/s(D10)の圧

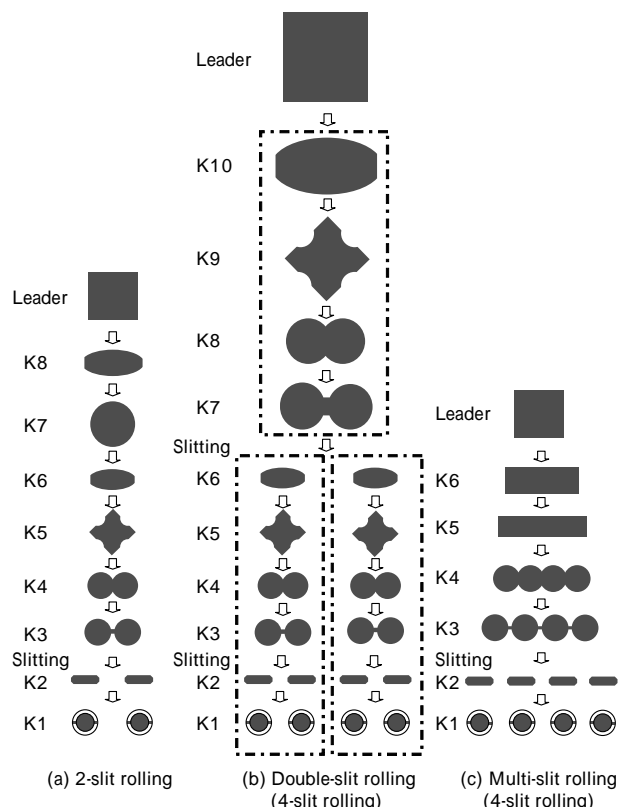


図2 スリット圧延パススケジュール  
Fig. 2 Pass schedule for slit rolling

延能力80t/h)を達成し、細物生産の生産性の大幅な向上や製造コストの低減に寄与した<sup>1)</sup>。

### 2.1.3 1990年代：4条スリット圧延技術の実用化

さらなる量産化のニーズにこたえるため、1995年に4条スリット圧延を開発、実用化した<sup>2)</sup>。これは、圧延途中のスリットで4条の製品を同時に製造する技術であり、2条スリットより製造コストの削減効果大きい。4条に分割する過程は二とおりあり、従来方式の2条スリットを2度繰返すダブルスリット方式と、圧延機間で1条から4条に分割するマルチスリット方式がある。図2(b)(c)に4条スリット圧延のパススケジュール例を示す。当社は両方式とも実績があり、現在も順調に稼働している。

### 2.2 省エネルギー

製造コスト削減のための省エネには数々の取組みがなされてきた。その代表的なものの一つが、前項のスリット圧延であり、もう一つがダイレクト圧延技術である。通常、連鑄機で製造された鋼片は常温まで冷却し、圧延工程では加熱炉にて1,000 近辺まで再加熱して圧延する。この加熱工程を省略すればエネルギー削減効果が大きいことは明白である。

80年代は高温の鋼片を直接加熱炉に挿入するホットチャージが数多く導入された。90年代にはさらなる省エネ策として、連鑄機で製造された鋼片を直接圧延機に搬送し、加熱炉を使用しないダイレクト圧延も行われている。図3にその概念図を示す<sup>3)</sup>。当社は、1984年に本格的なホットチャージ設備を国内電炉メーカーに納入し、この経験により次ステップのダイレクト圧延の知見が得られた。2004年には連鑄工程を出た鋼片を高速搬送して圧延設備に接続するダイレクト圧延システムを韓国の

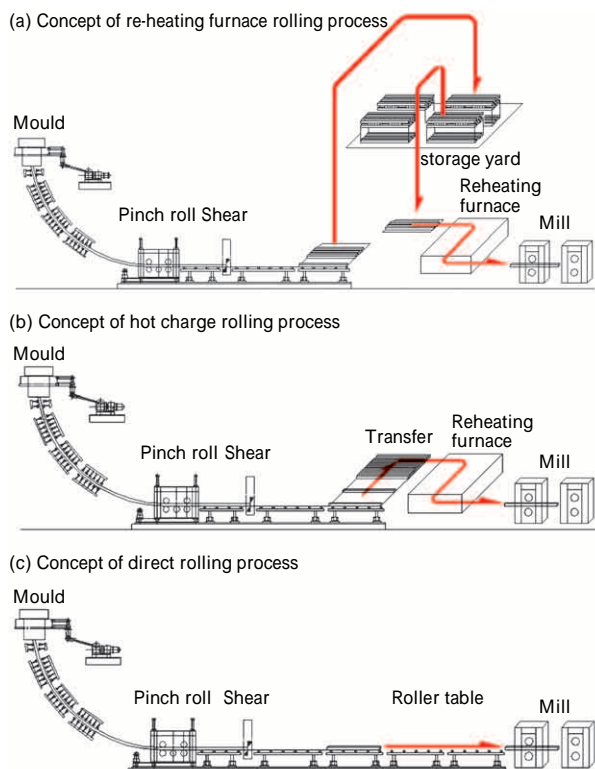


図3 連鑄～圧延工程プロセスの概念図  
Fig. 3 Concept drawings of continuous caster-rolling mill process

鉄筋棒鋼メーカーに納入した。このシステムは当社開発の高速連铸と高剛性圧延機を組合せ、連铸と圧延の操業を一体で運用している。

ホットチャージ、ダイレクト圧延とも、製鋼能力と圧延能力を同等としなければサイズにより製鋼能力とのアンバランスが生じ、操業に不都合が生じる。この問題を解決するためには全サイズの圧延能力を同等とすることが必要であり、細物サイズの生産性を向上できる前項のスリット圧延技術がこの面で大いに寄与している。

### 2.3 省人化

90年代に入り、量産圧延設備において圧延する製品サイズを変えるときに圧延機組替の自動化、操業の自動運転など、装置やセンサを駆使した省人化を図っている。組替の自動化はダウンタイムの短縮につながり、生産性向上に寄与している。また、製品出荷において、リフマグ付きクレーンの使用による玉掛け省人化を図っている。

### 2.4 歩留り向上

製造コスト削減のためには歩留り向上も重要な要素である。90年代以降、新技術の導入によって鋼片単重の増加、圧延途中材の切断精度の向上による先後端クロップ切断量の最小化、製品単重のばらつき最小化、冷却床における曲がり防止などの実現を図っている。また、製品サイズによって連铸設備で铸造ピレット重量を調整することにより、工場全体での歩留り向上を図っている。

### 2.5 品質向上

鉄筋棒鋼といえども近年は製品品質の向上が要求され、技術的に進歩してきた。70年代は水平式圧延機をタンデムに配置し、駆動用モータは複数台共通駆動としたレイアウトが多かった。このような配置では圧延材をツイストしながら圧延し、さらに圧延機間で材料を引張りながら圧延する方式となる。このため、製品品質（単重、曲り、きず）を維持し操業安定を図るためには熟練した技能を必要とした。80年代以降、圧延操業を容易にし、品質を向上させるための種々の技術が導入され、近代化が図られた。

主な技術を以下に紹介する。

#### 1) 圧延設備のHV配列・個別駆動化

圧延機を水平式・垂直式交互配列および個別駆動とし、圧延材のツイストをなくす。これにより製品きずを防止し、圧延機間の引張りを最小限に抑え、寸法（単重）精度を向上させる。

#### 2) コンパクトミルの導入

粗列にスタンド間隔の短いコンパクトミルを導入することにより、下記の効果が得られる。

高減面圧延が可能

圧延材通材性がよく、操業が容易

圧延材の温度降下が少ない（圧延動力が小さい）

図4に最新形コンパクトミル（2008年納入）の外観を示す。

#### 3) コールドシャワー穴刃切断

圧延された太物の製品を定寸長さに切断するときのせん断刃を穴刃とし、切断面のつぶれを防止す



図4 NKCS ミル (New KOBELCO Compact Solid Mill)  
Fig. 4 NKCS Mill (New KOBELCO Compact Solid Mill)

る。また、穴刃と製品の位置合せも自動化している。

### 2.6 高付加価値化

鉄筋棒鋼のなかには付加価値を高めたネジ節鉄筋や高強度鉄筋がある。ネジ節鉄筋は鉄筋棒鋼の節をネジ山として利用し、特殊ナットをカブラとして鉄筋棒鋼同士を接続するもので、ネジ節の形状に高い精度が要求される。これにより、圧接などを行ってきた建設現場での鉄筋接続作業を軽減できる。

高強度鉄筋は降伏強度を高めた高張力鉄筋である。鉄筋コンクリートによる高層ビル建設において耐震性を確保する目的で使用されることが多く、近年需要が増えている。

当初、これらの製品は高炉メーカーの特殊鋼圧延設備で生産されたが、電炉メーカーでも生産されるようになった。当社は既納入設備に対して各種改造を実施し、2007年には上記付加価値を持った製品の製造を目的とした新設圧延設備を納入した。この設備には、制御圧延による鉄筋高強度化に対応するため、圧延温度を制御できる圧延機列間水冷装置と低温圧延が可能な高トルク駆動設備を配置している<sup>4)</sup>。

## 3. 世界最大級の生産能力を誇る鉄筋棒鋼圧延設備

2章で述べた技術変遷の中、生産能力100万トン/年を誇る世界最大級の細物主体の圧延設備を1995年に韓国に納入した。図5に設備外観を示す。当時、細物を主体とする鉄筋棒鋼圧延設備はせいぜい50万トン/年程度であり、一気に能力を倍増させた設備である。現在もこの圧延設備は韓国で最強のコスト競争力を持ち、2007年には128万トン/年を達成している。

以下に、この設備の概要と導入技術について述べる。

### 3.1 設備仕様およびレイアウト

表1に設備仕様、図6に設備レイアウトを示す<sup>5)</sup>。本設備は、サイズD10～D19の細物を主体にしたものであり、ホットチャージやダイレクト圧延を前提とし、全サイズ（D10～D19）を180t/hの同一能力で圧延可能であ



Roughing mill train



Finishing mill train

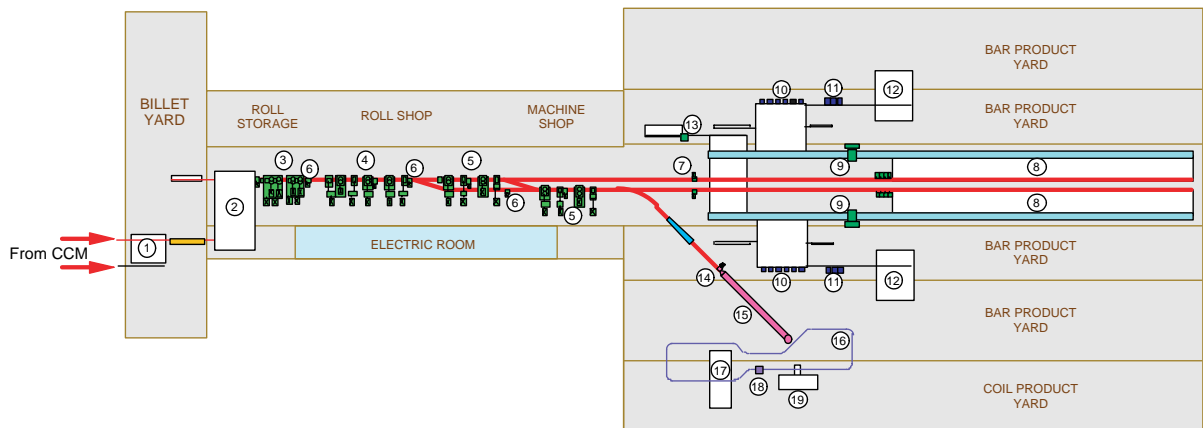


Cooling bed



Cooling bed

図5 韓国に納入した世界最大級の量産普通鋼棒鋼圧延設備  
Fig. 5 Bar rolling mill with world-leading high productivity in Korea



- |                               |  |  |
|-------------------------------|--|--|
| 1 : Billet Receiving Conveyor | 8 : Cooling Bed                          | 14 : Laying Reel                         |
| 2 : Reheating Furnace         | 9 : Cold Shear                           | 15 : Laying Conveyor                     |
| 3 : Roughing Mill Train       | 10 : Small Bundling Machine              | 16 : Hook Conveyor                       |
| 4 : Intermediate Mill Train   | 11 : Large Bundling Machine              | 17 : Coil Compacting and Binding Machine |
| 5 : Finishing Mill Train      | 12 : Shipping Conveyor                   | 18 : Coil Weigher                        |
| 6 : Crop and Cobble Shear     | 13 : Cold Shear for Irregular Length Bar | 19 : Coil Unloader                       |
| 7 : Dividing Shear            |  |  |

図6 韓国に納入した量産普通鋼棒鋼圧延設備レイアウト  
Fig. 6 Layout of high-productivity bar mill plant in Korea

る。レイアウト上、連铸設備出側と圧延設備を同一平面、かつ最短距離とし、鋼片の搬送を容易にするとともに、鋼片の温度低下を最少とした。大量生産に対応できるよう、製品出荷ヤードはハンドリング能力に余裕を持たせた。また、鉄筋をコイル状に巻取るパーインコイル製造設備も有している。

### 3.2 特長

本設備の特長を以下に示す。

- 1) 細物の生産能力を高めるため、ダブルスリット圧延を採用し、仕上圧延速度は安定操業可能な最大速度 25m/s とした。スリット後の2ストランドラインも圧延機をH(水平)V(垂直)配列とし、圧延材のツイストをなくした。H-H配列のほうが次スタンドへの圧延材誘導が容易であるが、圧延機間で材料をツイストすることになる。いずれの方式も一長一短があり、ユーザ要望によりH-V配列を採用した。

表 1 設備主仕様 (韓国納入設備)

Table 1 General specification of Korean bar mill

Type of mill	Continuous bar and wire rod mill
Start up	1995
Production capacity	1,000,000t/y
Steel grade	Reinforcing bar, Carbon steel
Billet size	150mm <sup>2</sup> × 12m (2,076kg)
Product size	Deformed bar D10 ~ D19 (Max.D25 at present) Wire rod 10 ~ 16mm Plain bar 14 ~ 32mm
Type of rolling	D10 ~ D13 Double slit rolling (4-strand) D14 ~ D19 (D22) Slit rolling (2-strand) 10 ~ 32mm (D25) Single strand rolling
Rolling speed	Max. 25m/s for bar Max. 30m/s for wire rod

- 2) 高速圧延された4条の製品を分割切断して同時に冷却床に搬入するため、冷却床を2面配置した。1面は細物から太物まで処理するため細物用のトラフ式と太物用リフタ式の搬入装置を配置し、もう1面は細物用のトラフ式搬入装置のみ配置している。図7に冷却床搬入装置断面図を示す。
- 3) 冷却床以降を2ライン設置し、細物サイズでも余裕ある冷却切断・精整処理能力を持たせた。
- 4) 冷却床出側で本数カウントし、所定の本数でグループ切断の後、精整でグループ計数することにより、精整設備における細物材本数カウントの誤差発生を防止した。
- 5) コールドシヤーでは、細物は平刃、太物は穴刃と使い分けることにより、定尺切断の処理能力アップおよび切断面品質向上を両立させた。

#### 4. 普通鋼棒鋼圧延設備の今後の動向

鉄筋棒鋼の国内需要は、今後大幅な伸びは期待できる環境にはないが、製造コスト削減や高付加価値化への改造・更新の需要が見込まれる。

一方、海外においては、おう盛な建設環境にある開発途上国における鉄筋棒鋼の需要に応じるため、さらに生産性を高めた量産圧延設備の建設が見込まれる。また、地域に密着したフルサイズの製品を効率よく生産できる中規模圧延設備のニーズもある。とくに海外向けの設備は、技術的に熟練した操業技術を必要とせず、容易に安定した生産ができるシステムや初期投資額の低減が必要になる。

国内においては、さらなる製造コストの削減、温暖化対策を意識した省エネに向けた技術革新が行われていくものと考えられる。

むすび = 当社は長年、鉄筋棒鋼をはじめ普通鋼棒鋼圧延設備を製作・納入し、1995年には世界最大級の生産性を誇る棒鋼圧延設備を韓国に納入した。現在でもこの圧延設備は最強の生産性を維持している。この設備以降も、今日まで生産コストの低減や高付加価値化のための取り組みを続けている。

今後、環境面への配慮など時代に即した対応が求められるものと推察され、当社としてもユーザーニーズに十分にこたえられる設備を供給すべく、設備メーカーとしての責務を果たしていく所存である。

#### 参考文献

- 1) 松宮克行ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.35, No.2(1985) p.58.
- 2) 森本剛司：R&D 神戸製鋼技報，Vol.48, No.1(1998) p.52.
- 3) 浅野文樹ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.58, No.2(2008) p.2.
- 4) 黒田直行ほか：R&D 神戸製鋼技報，Vol.58, No.2(2008) p.7.
- 5) 落合和夫：神鋼テクノ技報，Vol.15, No.29(2003) p.11.

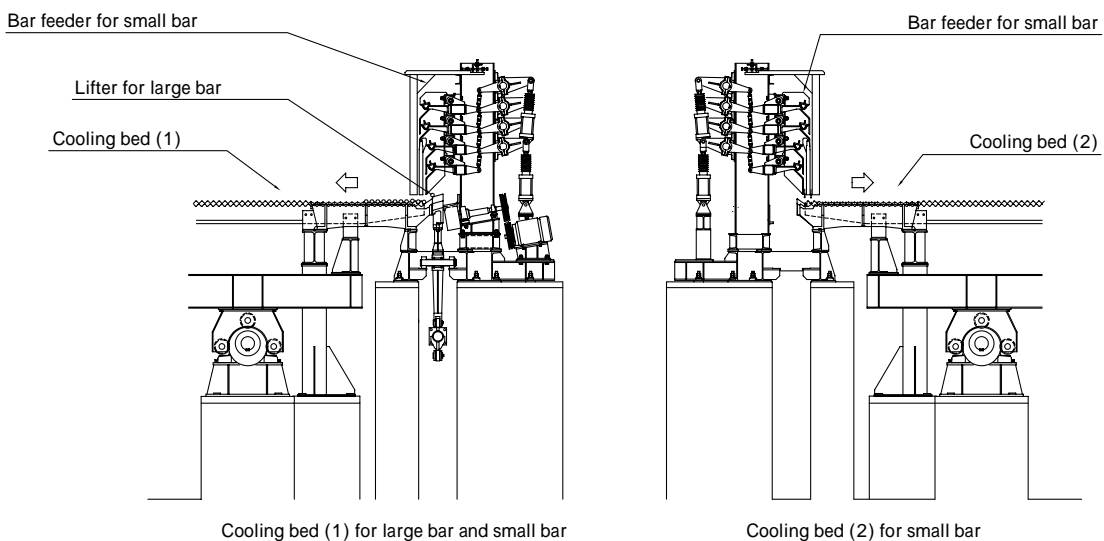


図7 冷却床搬入装置断面  
Fig. 7 Bar feeder section of cooling bed