

い。この理由として、これらの部材に要求される重要特性である張り剛性や部材剛性は、ほぼヤング率と板厚で決まり、高強度化しても板厚低減の効果が期待できないためであると考えられる。ただし、ディスクホイールやフレーム・メンバー類などの一部では現状の強度レベルよりも100~200 MPa 高いレベルが予測されており、これらについては高強度化の余地が残されていると考えられる。なお、同じ自技会アンケートによると、ホワイトボディにおける高張力鋼板の使用比率は1983年の平均18.2%に対して1993年には25.7%となっており、使用比率は着実に伸びており、この傾向は今後も続くものと見られる。

以上のことをまとめると、これらの部材に関しては高強度化はほぼ限界にきているというのが自動車各社の大方の見方であるといえる。今後はむしろ、すでに開発されている高強度鋼板を、安価に、安定して製造することと、現状の強度を保ちながらプレス成形性やBH特性などの付加特性を改善する方向へと開発が進むものと考えられる。

一方、機械構造用鋼や棒鋼、線材に関しては上記のような系統的な調査結果がないが、これらの鋼材が使用される部品の軽量化は、単なる重量低減の直接効果だけではなく、慣性ロスやフリクションロスの低減を通じてエンジン効率の向上、ばね下重量の低減による燃費改善につながるものが多く、高強度化の要求は依然根強いといえる。弁ばねや懸架ばね、スチールコードなどがこの例である。また、エンジン廻りや足廻り部材においては加工費の占める割合が大きく、他の特性やトータルコストとのバランスにおける高強度化が追求されよう。熱処理省略鋼である非調質鋼において、さらに機械加工を考えた被削性の付与が進んでいることがこの例といえる。

排気系用鋼材においては、地球温暖化の問題から排ガス温度が1,000°C程度まで上がることが予測され、ステンレス鋼の使用がますます増えよう。排気マニフォールドやマフラー用にはフェライト系ステンレス鋼が主体となるが、高温強度や加工性と相俟って、耐高温酸化性、熱疲労や高温高サイクル疲労などの開発が進むものと考えられる。

最後に自動車を構成する材料に対するリサイクル性の問題も提起された。これはむしろプラスチック系の材料に対する問題が大きいですが、鉄鋼材料でも廃車解体時やリサイクルを考慮にいたれた材料開発が要求されよう。さらに再生材の特性に影響するP, Cu, Sn, Asなどの不純物元素や、再精錬時の環境問題となる可能性のあるZn, Pbなどの使用制限も重要な問題として突きつけられており、今後の課題となろう。

### 8.3.2 社会資本の充実と鉄鋼材料

社会資本はインフラの整備によって国民生活を豊かにし、地域の活力を再生産に結び付けていく基盤をなすものであり、住宅やビル、上下水道などの施設、旅客・物資の輸送設備、通信伝達関連設備、エネルギー創出・輸送・貯蔵設備、

治山・治水・国土開発などの諸施設など極めて広範囲にわたる。この中には他の項で記述されるものもあり、この項では1984年以降の建築、橋梁、鉄道、建設機械に使用される鉄鋼材料開発・実用の状況を述べることにする。

社会資本向けの需要は元来鉄鋼需要の主要分野をなしてきたが、この時期のこの分野の特徴は日本の貿易収支大幅黒字に伴う海外との経済摩擦対策のために内需拡大政策を閣議決定(1987年)して以来、鉄鋼需要拡大の意味で熱い期待が特に込められ、鋼材開発も盛んであったところにある。

この10年間に多数の大型プロジェクトが実現している。国土開発のための幹線道路・新幹線鉄道網整備に伴う本州四国間の長大橋、各地の湾岸橋・横断橋、ウォーターフロント利用の一つである人工島、人口・情報の都市集中に伴う地価高騰対策やインテリジェンス化のための高層ビル、国際空港、地下空間利用の地下鉄道網、地下道路網の建設などである。

一方、この10年間は経済性はもとより環境順応性(耐震性、耐火性、景観性など高意匠性、静粛性)と労働力不足や高齢化への対策(メンテナンスフリー、施工の容易化・省力化・自動化)とが強く求められてきた時期でもあった。

鉄鋼材料もこれらの動きに呼応してこの期に活発に開発・実用化された。

#### (1) 建築

狭い国土と人口の都市集中の上に、比較的永かった好調な経済時期の投資余力の増勢が重なり、地価が大幅に高騰した。このような時代背景のもと、ハイパービルディング(高さ1,000m級で数万人以上を収容できる超々高層建造物)構想を設計事務所、ゼネコン各社がこの期に華々しく提唱し、現実にはFig. 8.26のように日本の高層ビルの最高軒高は296mに達した。このような高層ビルや大スパン空間をもつビルが増え、①鋼板の厚手化要求、②その高強度化要求、③溶接性向上のさらなる要求、④巨大地震に遭遇しても倒壊し

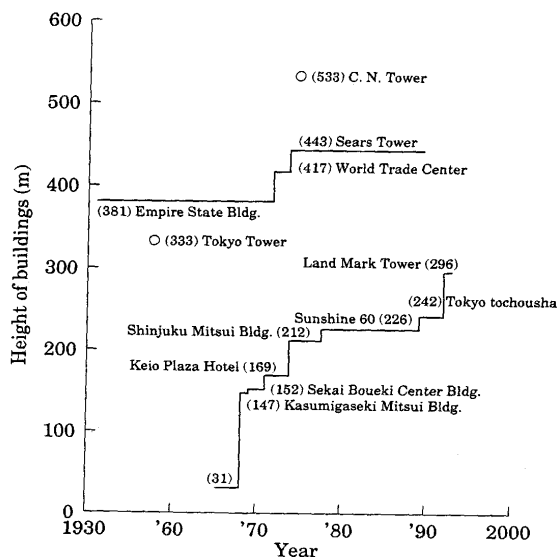


Fig. 8.26. Trends of high rise building.

ないための低降伏比鋼もしくは極低降伏点鋼の要求が起こった。

また、労働力不足への対処、意匠性・メンテナンスフリー追求や特殊機能追求から、①被覆材低減もしくは省略型の耐火鋼、②外法一定 H 形鋼、③建築用ステンレス鋼、④磁気シールド鋼材、⑤騒音対策用鋼材などの要求もでた。

#### (a) 建築用鋼材の開発・実用化と規格改訂

1971 年以降、建築には JIS の軟鋼である SS400, SM400 や引張強さ 490 MPa 級の SM490 などを主体に、一部により高強度な引張強さ 570 MPa 級の SM570 を使用していたが、この期に主に上記①～③の要求に応える鋼材を開発し、建設大臣特認、一般承認を得て、すでに大量に使用している。このうち引張強さ 490 MPa 級鋼板は船舶、海洋構造物、ラインパイプなどにすでに適用されていた製造法（熱加工処理：TMCP）を駆使し、従来の建築用鋼材を一新したものである。すなわち、高層化などにより厚手鋼材の要望が増加したが、従来は厚手化により強度を低下させていたのを制御圧延と制御冷却により少ない合金添加で高強度が得られるので、開発鋼では板厚にかかわらず強度一定にして設計の便宜と重量増加に伴う不利益の軽減を図り、合わせて溶接割れ性を改善している。また上記④の意図で巨大地震でも建物が倒壊しないように塑性変形能を骨組みの鋼材で確保しようとして、軟鋼並の降伏比 80% 以下を明示した等級も設けている。

一方、1994 年 6 月には、SS, SM に代わって新しい鋼材が JISG3136 の SN 400, 490 などとして制定された。この新規格では成分、強度、降伏比、靱性、鋼材の冷間溶接割れ性指標としての炭素当量の規定を設けるほかに、建物倒壊防止に対する損傷度制御のもくろみを具現化するため降伏点の上下限を設けてそのばらつきを規定した等級を設けたり、さらに溶接による板厚方向開裂性を防止するため鋼中不純物である硫黄量の規制を厳しく規定した等級を設けたりしている。

#### (b) 新耐震設計向け新鋼材

1981 年に建築基準法施工令にいわゆる新耐震設計が取り入れられたが、これは巨大地震時にも建築物の倒壊を防ぎ、人命を確保しようというものであり、二つの流れがある。

① 鉄骨・鉄筋の塑性変形により大地震のエネルギーを吸収

② 建築物の一部に低降伏点の鋼材の弾塑性復元力特性を利用した鋼板ダンパーを設置し建物の振動を減衰

これらの目的で以下のような鋼材がここ 10 年間に開発され、一部は実用されている。

#### (i) 引張強さ 570, 780 MPa 級 (HT570, 780) 低降伏比鋼板

建物の高層化、大広間化、建物自体の大スパン化などから厚手化のみでは不十分となり、HT570, HT780 などの高張力鋼の利用が考えられた。

上記の耐震性に対する①の観点（塑性変形能）の耐震設計には低い降伏比（降伏点の引張強さに対する比）が必要との

提案がなされた。しかし、従来の高張力鋼は高い降伏比をもち、この要求に対応できないため、低降伏比型 HT570 鋼板がこの期に開発され、1986 年以来建築に相当量使用されてきており、軒高日本最高のランドマークタワーにも大量に使用された。

より高強度の HT780 鋼板は古くから国内外の橋梁やベンストックに使用されているが、高層建築用に輸出した実績もあるものの国内ではまだ本格的には利用されていない。しかし、各鉄鋼メーカーは低降伏比 HT780 鋼板を開発して発表している。

鋼の低降伏比化の金属学的機構は、軟らかい金属組織と硬い金属組織の混合組織とし、軟らかい相において従来材より低い応力で降伏を開始させ、硬軟両相の面積比率に応じた混合則で引張強さを確保するというものである。この種の鋼材の製造法は古くから知られており、高 Ni 鋼で焼入れ (Q) 後、オーステナイトとフェライトとの二相温度域に再加熱し、硬軟両相の比率を制御 (L or Q') し、靱性確保のために焼戻す (T) 処理である。この処理を Ni 含有量にかかわらず適用することを基本に、TMCP を利用した種々の製造法が提案されている。十分な焼入れ性をもてば水冷は必須でないとの報告や制御圧延後の空冷途中の二相域からの急冷処理を Q+L に代替させる報告もあるが、硬軟金属組織比率を制御して低降伏比を得ようとの目的は同じである。

むしろこれらの低降伏比鋼も他の需要分野用高張力鋼と同様に溶接割れ防止のため不利な合金量を少なくしよう（低  $C_{eq}$ 、低  $P_{cm}$  化）と常に努力している。

一方これらの新しい鋼材の利用技術の検証・充実を目指した研究を各社がこの期に活発に実施したが、1988 年以来 5 年間にわたる建設省建築研究所総合技術開発プロジェクト「建築事業への新素材・新材料利用技術の開発」の中で、厚板分野では HT590 の技術指針がまとめられている。

#### (ii) 大入熱溶接用低降伏比 HT780 鋼板

直近、上記の低降伏比、溶接割れ性軽減に加え、省力のための大入熱溶接にも耐えうる最大板厚 100 mm の HT780 鋼板が報告された。

一般に従来の HT780 では溶接入熱が大きくなるとその合金量の影響から金属組織が低温靱性の悪い粗大な上部ベイナイト組織を生成するため、入熱量を約 5 kJ/mm 以下に制限しているが、開発鋼では箱型断面柱とダイアフラムとの組立てには 50~100 kJ/mm 程度のエレクトロスラグ溶接を想定して、靱性のよい下部ベイナイト組織となるよう合金調整するほかに溶接による硬化を軽減すべく B 無添加かつ C 低減を図り、大入熱溶接の適用を可能にしたものである。さらに柱に HT780、梁に SM490 からなる部材を作製し、その大型試験で十分な塑性変形能をもつこと、より高層ビルでは風荷重の検討が必要であるが風荷重を想定した繰り返し荷重下での疲労特性も他分野で使用されている疲労設計線図で評価しうることを確かめ、開発を終了し、使用待ち段階にあると

報告されている。

### (iii) 外法一定 H 形鋼

従来の圧延 H 形鋼はフランジの内面間距離が一定（内法一定）の製造法であり、建て方時に外法を合わせるため労力を費やしてきた。TMCP を利用した製造法が検討され、この労力を軽減する外法一定の H 形鋼が使用されている。この鋼材でも低降伏比を実現している。

### (iv) 鉄筋用高強度棒鋼

鉄筋コンクリート系建築物も高層化し、この期について高層住宅で 30 階建てまで実現した。鉄筋には降伏強度 390 MPa 級棒鋼を主体に一部 490 MPa 級棒鋼を超過密配筋したと報告されている。

前記の建設省建築研究所の総合技術開発プロジェクトの中での鉄筋分野ではさらなる高層化を目指し「鉄筋コンクリート造の超軽量化・超高層化技術の開発」を取り上げ、鋼材面では降伏強度 685, 980 MPa 級棒鋼を規定した。降伏強度 685 MPa 級は熱間圧延による析出硬化、フェライトの細粒化とフェライト分率制御で、980 MPa 級は焼入れ・焼戻しで試作が行われた。耐震性の面で棒鋼には厚板同様の降伏強度の上下限と降伏比低減以外に一部降伏歪を定義し、その歪量を規定したが、試作鋼はこれを満足していると報告されている。

### (v) 低降伏点鋼

前記の耐震性に対する②の流れからは、塑性変形能の大きな極軟鋼を建物に組み込んで地震時に積極的に降伏させて地震のエネルギーを吸収し、主構造の損傷を回避する方法が実現されている。柱や梁に積層合成材とするか、主架構とは別のブレースや間梁とするか、さらには架構の一部とするか種々の方法が提案されているが、この極軟鋼は低降伏点で、かつ大きな延性（伸び量）があるほどよいとされ、その利用技術も報告されている。

### (c) 耐火鋼材

建築物が火災に遭遇すると建築物の強度を受け持つ鋼材の温度が上がって鋼材の強度が低下するため、従来は鋼材が 350℃ 以上とならないように規制（350℃ 以上になると常温の規格降伏点の 2/3 以下に強度が低下し、建物の長期許容応力度が確保できないとして）し、耐火被覆が行われていた。

前記総合技術開発プロジェクトの一貫として「建築物の総合防火設計法の開発」が 1987 年に終了した。火災の状況、設計条件、使用鋼材の性能により総合的に防災安全性を評価できるようになり、設計手法と検証の確立とともに火災時鋼材温度が 600℃ まで耐えられる耐火鋼が開発され、1988 年から使用開始された。火災中の鋼材強度確保は短時間クリーブ阻止であり、高温強度を確保しながら建築材料としての一般的特性と溶接加工性を合わせ持つ必要があり、Mo などの固溶強化と Nb などの析出硬化を利用し、さらに金属組織制御も行っている。むろん、常温引張強さ 400~520 MPa 級の鋼板のみならず、鋼管、形鋼、ボルト、溶接材料も開発され

整備されている。

当初の耐火鋼適用は耐火被覆材の軽減や被覆作業の低減によるコスト低減と省力化を実現したが、自走式立体駐車場などのような用途限定建築物や外部鉄骨建築物では無被覆の実績をもつに至った。意匠性という意味合いでも意義深いものと考えられる。

### (d) ステンレス鋼

耐食性、美しい金属光沢などをもつステンレス鋼は屋根、壁など内外装やドアノブなどの建築金物として年間 20 万 t 強使用されている。

意匠性を重んじる体育館やイベントホールのような広い屋根にロール成形鋼板を溶接で繋ぎ合わせたステンレス屋根が多用され、1987 年以降のみでも 60 万 m<sup>2</sup> 以上の実績を持つと報告されている。この分野では腐食による穴あきで評価すると SUS316 でも 50 年以上の寿命があるとされているが、海浜地区では海塩粒子による発錆があり、フェライト系の鋼（21%Cr に 1%Mo を添加）が開発され、さらに海塩粒子に重点をおいた名古屋国際展示場や関西新空港では耐海水性を有する各々 20%Cr-18%Ni-6%Mo, 30%Cr-2%Mo の高級鋼を実用するに至った。

一方柱や梁などの強度部材としてステンレス鋼を利用するため、ステンレス協会は 1984~1989 年にかけて、棟高 15m 以下、スパン 20 m 以下、延床面積 3,000 m<sup>2</sup> 以下の建物を対象に、強度を普通鋼に合わせた SUS304, 304N2, 316, SCS 13A で、設計、施工を研究し、「ステンレス鋼構造設計・施工基準案」を刊行し、建設大臣特認のもと建物の実績もできた。前述の総合技術プロジェクトの一貫としてはさらに降伏比、耐火問題などを組み込んだ「新ステンレス鋼利用技術指針」を作成し、大臣特認に有効な手段としている。

### (e) その他機能材料

#### (i) 騒音対策材料

体育館など建物の屋根、床、階段や自動車のオイルパンなどの騒音低減のため、樹脂サンドイッチ型制振鋼板が利用されているが、これは薄鋼板間に可塑性樹脂を挟み込み振動エネルギーを塑性変形に変換し制振作用を得るものである。

鉄道、高速道路、船舶、住宅の給排水管、工場などの騒音・振動低減がこの期に改めてニーズとして顕在化した。強度部材としても樹脂サンドイッチ型制振鋼板を厚板に適用した厚板制振鋼板も開発され、工場騒音対策で実用化されている。これより機能は劣るがサンドイッチ型ではなく、鉄鋼材料のみでこの機能を得ようとする開発も進んでおり、振動エネルギーを強磁性体としての鉄の磁区移動に変換して制振作用を得ようとするもので、磁区移動が容易なように粗粒とした純鉄、Fe-Al-Si, Fe-Al-Cu, Fe-Cr-Al などが製品化され、この期に引張強さが 400 MPa 級で、溶接も可能なものが試用されている。

#### (ii) 磁気シールド鋼

病院での磁気による計測機器誤動作防止などのために磁気

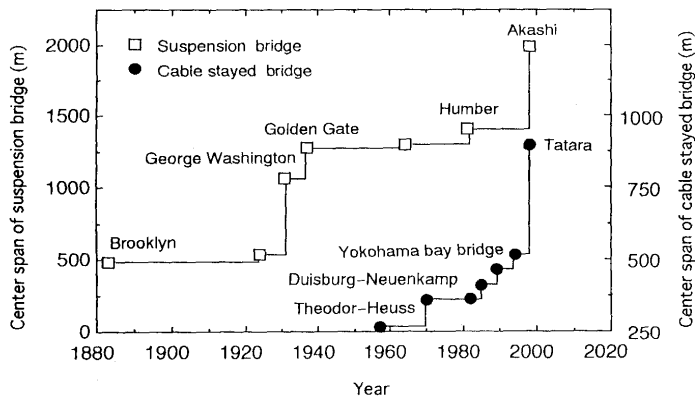


Fig. 8.27. Changes in center span of suspension and cable stayed bridges.

シールド鋼もこの期に実用されている。

建築物の大型化、耐震性やその溶接施工性向上を目指した厚手高張力鉄鋼材料、火災対策の耐火鋼、海浜地区での耐食性を狙ったステンレス鋼などを述べてきたが、いずれも機能追求ばかりでなく労働力不足に伴う部材製作対策や建て方容易さをも追求している。

また、柱・梁仕口を含む自動溶接法・建物自動組立法などもロボット化・機械化され、この期に実用化された。

## (2) 橋梁

我が国では橋長 2 m 以上の橋が 65 万橋以上あると言われるが、ここ 10 年間で鉄鋼材料に大きな影響を与えた技術的動向は本州四国連絡橋の吊橋や名古屋港などの斜張橋など長大橋の建設 (Fig. 8.27 参照)、メンテナンスを考えた耐候性鋼裸使用の多用や亜鉛メッキ橋の見直しであろう。

### (a) 長大橋

本州四国連絡橋のように橋梁の支柱間距離が長い本格的長大橋では死荷重軽減が課題であり、橋桁軽量化のための高張力鋼の利用と高強度ケーブルの利用が考えられた。

我が国では 1960 年芦有道路の西村橋、平野橋に SM570 鋼板が、1974 年完成の南港大橋で HT780、690 鋼板がそれぞれ最初に利用された。昭和 40 年代から大々的に研究された設計、施工に関する高張力鋼板利用技術を反映して本四連絡橋の神戸・鳴門ルートの大鳴門橋 (1985 年完成)、兎島・坂出ルート (瀬戸大橋) の番の州高架橋 (1988 年完成) に再加熱焼入れ焼戻しマルテンサイト系 HT690 鋼板が、後者ルートの与島橋に同焼戻しマルテンサイト系 HT670 と HT780 の高張力鋼板が在来の SM400、490、520、570 鋼板とともに相当量使用された。

現在建設中の明石海峡大橋は支柱間 1990 m と世界最長であり、軽量化に向け溶接性を改善した橋桁用の新開発鋼板 HT780 が本格的に使用されようとしており、またケーブル用にも新線材 (引張強さ 1800 MPa 級) が新たに使用されようとしている。

この新開発鋼板は高い信頼性を求め、種々の特性が従来鋼と同等以上であることは言うまでもないが、溶接施工コスト

低減や溶接作業環境改善の面から熱影響部における溶接われ防止のための予熱温度を従来の 100°C 程度から 50°C 以下へと低下を図ったところに特徴がある。新鋼板の合金設計思想や製造法は大別して 2 種類に分かれる。第一は TMCP の一種である圧延後直接焼入れして再加熱焼戻しすることにより従来鋼とは異なる新たな金属組織の焼戻し細粒ベイナイトに Cu などの析出硬化を図り、より低 C の予熱温度低減タイプ、第二は再加熱焼入れ焼戻しあるいは直接焼入れ焼戻しによる T1 鋼以来の金属組織を踏襲した焼戻しマルテンサイト系の予熱温度低減タイプである。

構造上、溶接部の板厚方向拘束度が高くなるため、重要部材では溶接割れの一つであるラメラテアを防止する必要がある。板厚方向の延性を高めた耐ラメラテア技術 (高純・高 cleanliness 鋼) が利用されることは言うまでもない。

吊り橋用ケーブルには従来引張り強さ 1,600 MPa 級メッキ鋼線を供してきたが、明石海峡大橋ではこの強度で設計するとケーブルが片側 2 本ずつの 4 本必要となり、複雑構造・死荷重増加・架設費増大を生ずる。合計 2 本とすべく世界に先駆けて高強度化され、線径 5.1 mm の引張強さ 1,800 MPa 級メッキ鋼線が本線に、架設用キャットウオーク用には線径 4.6 mm の引張強さ 2,000 級が使用されることになった。パテニング・冷間伸線加工・耐食性向上のための亜鉛メッキ工程で得られたパーライトラメラ間隔の極めて微細なパーライト鋼である。この強度を得るため固溶体硬化とメッキ作業時のパーライトの崩壊を防止するため Si を 1% に増量しており、今後のさらなる高強度化の基礎も築いたといえよう。

若戸大橋以降、伊勢湾の名港 3 大橋 (1996 年完成予定)、東京湾岸横断道路 (1998 年完成予定)、本州四国連絡橋の多々羅大橋など大型の斜張橋タイプの湾岸橋が相次いでいる。東京湾岸・横断道路は大型の斜張橋、埋立地、トンネル、人工島、橋梁などで結ばれる。

### (b) 人工島

種々の海上調査や海中に沈没することを防止するための沖の鳥島人工島や東京湾横断道路の川崎・木更津間の人工島、明石海峡大橋の世界最大といわれる鋼製ケーソンなどがこの期の製作として著名であるが、東京湾川崎人工島では溶接割れ防止予熱温度を低減し施工性を向上した  $P_{CM} < 0.16\%$  で板厚 50 mm 以下の TMCP 系 HT570 鋼板が大量に使用された。

### (c) 耐候性

耐候性鋼は古くから世界中で建築とともに橋梁にも用いられている。大気中の腐食に耐えてメンテナンスを軽減する耐候性機能を持つ以外に、自然に適合する色調をもつ高意匠性材との認識も強い。耐候性鋼の全体使用量は横ばいであるが、メンテナンス費用軽減、労働力不足からメンテナンスフリー機能が強く要望されているこの期の特徴は表面に通常塗装した耐候性鋼使用から裸もしくはさび安定化処理耐候性鋼

の使用比率が高まりである。また、耐候性鋼を使用した全国41橋梁調査から、飛来海塩粒子が少ない海岸から離れた場所では耐候性機能を十分期待できること、飛来海塩粒子が1日で平均0.1 mg/dm<sup>2</sup>以上となる海浜地帯では耐候性機能を期待しにくいと言った利用技術も確立された。

亜鉛メッキ橋梁も耐候性を狙ったものであり、メンテナンス費用を大幅に減少させようとしてされている。しかし、構造体溶接組立後のメッキ時に溶融亜鉛金属の旧オーステナイト粒界への侵入が原因で生ずる割れが施工上の懸案事項である。その懸念は送電耐候性亜鉛メッキ鉄塔用鋼板と同様に溶接部の旧オーステナイト粒界にフェライトを析出させる合金設計と製造法を採用すること、橋梁特有の非対称・不連続などの構造・形状の点からメッキ時に生ずる大きな面外変形を考慮して歪の一部を鋼板でも分担させるためにメッキ温度での鋼材の降伏点を下げることで、さらに局部歪量を軽減させる種々の施工上の利用技術を重畳して解決された。メンテナンス費用低減指向のなかでさらなる使用が期待される。

#### (d) 耐食性

海中に設置される橋脚は海水による腐食が課題である。東京湾横断道路の海中橋脚には新しい試みがなされている。チタンは中性塩化物環境で表面に酸化皮膜を形成し、防食機能を持つ。そこでこの橋脚の海上大気部は塗装し、海中部は電気防食してある期間ごとに更新するが、その中間の飛沫帯や干満帯では海水腐食に耐えるチタンを圧延クラッドした鋼板を使用し、その継ぎ目はチタン板で覆いチタン同士を溶接で継いでいる。将来のウオーターフロント開発を想定すればこれも新たな試みである。

### (3) 鉄道

物資や旅客を大量に運ぶことができる鉄道では、国内外ともに高速化が一つの動向 (Fig. 8.28) であり、また海外では鉄道の重荷重化がもう一つの動向である。

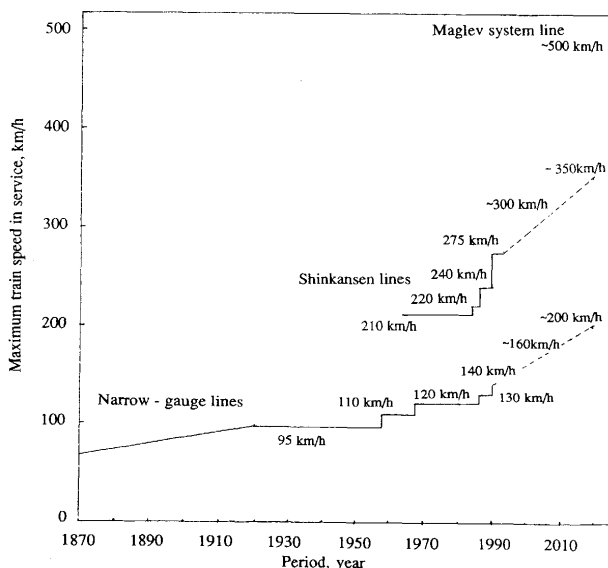


Fig. 8.28. Progress of train speed in Japan. (M. Hayashi: *JREA*, 35 (1992), p. 4)

基本特性として溶接性を確保し、耐摩耗性、耐疲労性を向上させることがレールに求められている。国内鉄鋼メーカーは他に先駆けこれらの技術開発を行ってきている。

この期に我が国は大量生産方式の新しいレール製造法を世界に先駆け実現させた。すなわち1987年熱間圧延後強制空冷するレールインライン製造技術である。海外の重荷重鉄道や国内の高速鉄道での利用でその特性の優れていることが実証された。その結果圧延後強制空冷のみでなく、水冷方式も含めた開発・導入が世界各国のレールメーカーに広がっている。すなわち、昭和50年代に合金系パーライト組織の圧延まま高強度レールから高炭素・少量合金成分系の微細パーライト組織熱処理型（レール頭部を誘導加熱もしくはガス火炎で再加熱し強制空冷）高強度レールへと急速に交代していったが、この期に熱処理のインライン化に成功したもので、製造における単なる省エネルギーのみでなく、レールの硬さの自在つくり分けやレール表面の硬化層の厚み（硬さ深さ）増加を可能にし、後述するレールの使用性能を向上したものである。

数次にわたる米国鉄道実験線 FAST (Facility for Accelerated Service Testing) やその他の結果により、重荷重鉄道レール使用中の疲労現象としての内部欠陥 (Shell もしくは Transverse Defects) はレール頭部の上隅の内部から生じ、その発生はレール硬さならびに酸化物系非金属介在物の量と長さからなる Shell index により予測でき、硬さ深さの調整も内部欠陥防止に有効であることが判明した。また、近年世界各国で盛んな高速（軽軸重）鉄道においては転がり疲労現象であるレール頭頂面からの亀裂 (Dark spot もしくは頭頂面 Shelling) が起こり、現状保線作業の一部として早期レール削正や交換を対策としているが、1994年この損傷の実験室再現に成功し、支配因子が一部明らかになった。その結果は過去の数種の実敷設テスト結果とも合致している。これらの成果からベイナイト組織の有用性が見直され、レールへの適用が進められている。また、高速鉄道ではロングレール化を避けて通れず、現地で溶接するフラッシュバット溶接や高炭素エンクローズアーク溶接が開発され、後者の自動化も検討されている。レール溶接部やウェブの亀裂進展、地下鉄レール継ぎ目締結部に見られるフレッチング疲労には残留応力が大きな影響を与えることが明らかにされ、レール各部の冷却制御が対策となった。このような要望に答える製造法としてレールインライン製造法は期待されている。その理由は耐摩耗性、耐疲労性確保のためのレール頭部硬さとその内部への硬さ分布との調整や残留応力制御、溶接性確保のための合金あるいは熱プロセス調整に有利なことなどにある。

一方、レール上をリニアモーター駆動する新しい方式の鉄道も実現している。さらなる高速鉄道を目指した磁気浮上型鉄道もいくつかの方式が検討されており、その一つは宮崎での初期実験成功を受け、山梨で実証段階の実験線建設に入っている。車体、推進体の軽量化のためのステンレス鋼材や磁

気シールド鋼材特に軌道構造を支える強度構造体として非磁性鋼材などが検討されている。

高速化や重軸重化は今後いっそう進められる機運にあり、材質制御技術、高精度圧延、利用技術の開発を通じて保守の容易な、また使用環境に調和した鉄道を発展させる努力が今後も続けられることになる。

(4) 建設機械

内需拡大策による公共投資や民間投資による工事は地域開発型以外に都市開発型をも喚起し、都市開発型工事に使用される移動クレーン車や油圧ショベルなどの台数を伸ばしている。

移動式クレーンのブームには従来引張強さ 800MPa 級以下の鋼板が使用されてきたが、この期に引張強さ 950MPa 級の鋼板が開発され、使用されている。

油圧ショベルのバケット、ダンプの荷台、ブルドーザの排土板などでは土砂などによる摩耗が問題になり、耐摩耗鋼板が使われる。HB450, 500, 600 などの高硬さ鋼板の開発が行われている。

社会資本充実の分野は広がりも大きく、国民の絶えざる願いが続き、創造的発展を期待できる分野である。

産業構造審議会の基本問題小委員会は 21 世紀の日本の経済・産業構造論のなかで住宅関連・環境関連・都市環境整備関連分野など社会資本充実を 3 本の柱の一つに位置づけている。地球環境、人口動態、産業構造などの視点から日本社会に対するビジョンが見直され続けるであろうが、大規模な超々高層構造物や大深度地下空間利用などの構想などを含めて新しいプロジェクトの創出が期待される。これら社会資本充実に向け鉄鋼材料の開発・利用技術の進展を引き続き図っていく必要がある。その際には構造躯体の強度や施工面からだけでなく、安全性、防振、防音などの機能面やメンテナンス費用削減面からの鋼材開発が今以上に要求されるのではなかろうか。

8.3.3 豊かな生活と鉄鋼材料

豊かさやゆとりを実感できる社会が実現する中で、個人におけるライフスタイルの変革と価値感の多様化により、生活と密接に関係する家電、建材用途の鉄鋼製品の高級化、高機能化、多様化が著しく進んできた。また地球環境問題や公害問題、省エネルギーからも、鉄鋼材料に対する新たな要求がでてきた。このような社会ニーズに応えるために、既製品の改良と新たな機能や特性を付与した新製品開発が行われており、その消長も極めて激しい。ここでは、豊かな生活を創出するに不可欠な鉄鋼材料として、電磁鋼板、ステンレス鋼板、表面処理鋼板、冷延鋼板を取り上げ、生活との関連を中心にこの 10 年間の技術進歩について概説する。

(1) 電磁鋼板の進歩

(a) 方向性電磁鋼板

省エネルギーの見地から、電気機器の高効率化が強く求め

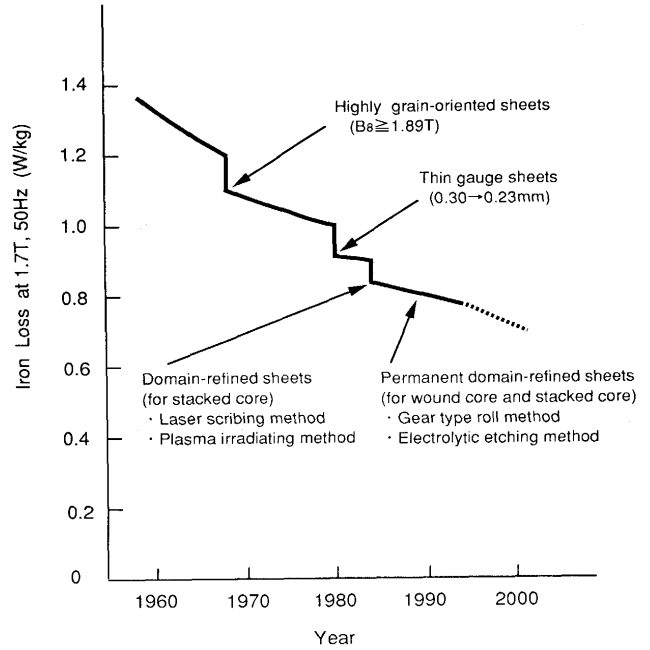


Fig. 8.29. Historical improvement of iron loss in grain-oriented electrical steel sheets.

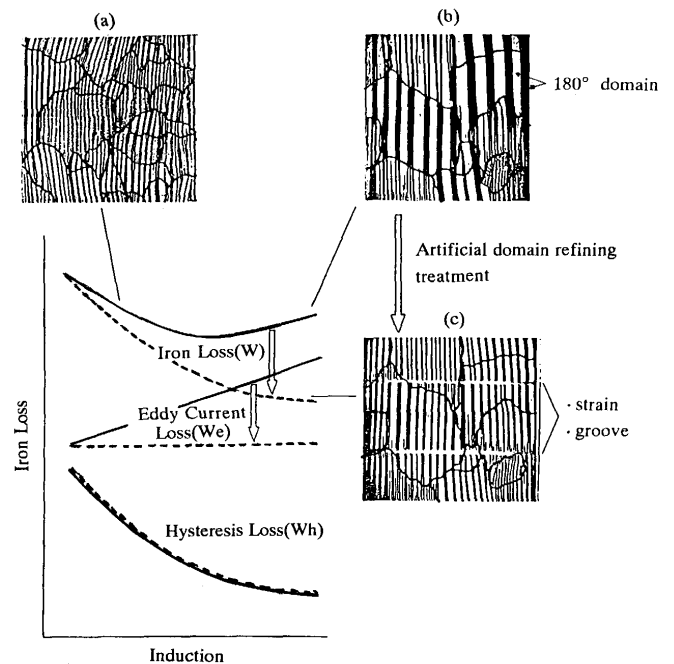


Fig. 8.30. Iron loss and domain structures of grain-oriented electrical steel sheets. (a) Low induction material; (b) High induction material (before domain refined —); (c) High induction material (after domain refined ---).

られ、鉄心材料としての電磁鋼板の低鉄損化の開発研究に大きな進歩がみられた。Fig. 8.29 に方向性電磁鋼板の鉄損低減の歴史を示す。高磁束密度方向性電磁鋼板の開発によって、履歴損が低減し、鉄損は飛躍的に改善された。渦電流損に関しては、板厚を薄くする、Si 含有量を増し電気抵抗を高くする、結晶粒径を小さくする、などの方法により低鉄損化が図られる。しかし、結晶方位を損なわずに板厚や粒径を減