

トンネル二次覆工用鉄筋のプレファブユニット化

The Application of SK-Steel-Bar-Mesh Unit to Tunnel Inner-Lining-Reinforcement

黒川健次/Kenji Kurokawa・住倉鋼材㈱ 技術部 担当部長

甲斐敏雄/Toshio Kai・住倉鋼材㈱ 支配人 技術部 部長

山本 尚/Hisashi Yamamoto・住倉鋼材㈱ 支配人 関西事業部 部長

池田純三/Junzo Ikeda・住倉鋼材㈱ 技術部 次長

要 約

我が国の山岳地域のトンネル工事の大半は NATM で施工されている。ロックボルト、鋼製支保工および吹き付けコンクリートで一旦安定させた内空はコンクリートによる二次覆工が行われ、二次覆工のうちトンネルの両抗口や、地山の不安定な場所では鉄筋補強されるのが一般的である。トンネル二次覆工工事での配筋作業は、その苦渋性と危険性が大きく種々の努力が払われている。一方、①作業者の高齢化 ②熟練労働者の減少 ③新規就労者の減少など労働条件の悪化傾向の傍ら、近年特に工事の施工に当たっては高品質・高精度が求められている。住倉鋼材は豊富な溶接金網製造技術を生かし、曲げ加工した太径鉄筋の溶接金網を供給し、施工現場では一般汎用重機を活用することのみで、配筋作業に関わるこれらの課題を一挙に解決できる画期的な工法を開発した。

Synopsis

The NATM (New Austrian Tunnelling Method) is currently applied widely to tunnel construction in Japan. Sumikura Steel developed a UNIQUE PROCEDURE for inner-reinforcing-bar arrangement for tunnels. This procedure includes three features:

1. Using deformed bar fabrics bent in the shape of reinforcement design.
2. The bent fabrics are set in the design position by means of specially developed equipment.
3. The equipment is installed on a traditional heavy duty vehicle like a BACK HOE SHOVEL.

The application of this procedure can help to resolve issues involved with ① advancement of laborer's age, ② decrease in number of skilled workers, and ③ new workers, and also avoid the "3K-Problems". (Kiken = Dangerous, Kitanai = Dirty, and Kitsui = Hard work) Consequently, higher construction quality is achieved.

1. 緒 言

住倉鋼材株式会社は、熱間圧延鋼材（棒鋼およびバーインコイル）の生産を主とする一方で、線材二次加工製品（伸線、溶接金網）および建材加工製品の製造にも豊富な技術を蓄積している。

本報告は、建材加工製品の中でも特にトンネル二次覆工における鉄筋工事の合理化・省力化・3K 対策等の面で高い評価を受けている新製品・新技術に関するものである。

トンネルは大別して、鉄道トンネル、道路トンネルおよび水路トンネルの3者となる。日本の国土の約70%は山地であるため幹線道路網の整備においては、道路トンネルの建設が不可欠であり、現在当社が生産している鉄筋金網のほとんどが道路または道路トンネル用である。

1976（昭和51年）オーストリアよりトンネルの新工法 NATM (New Austrian Tunnelling Method) が導入され、日本鉄道建設公団上越新幹線中山トンネル（延長14.830km, NATM 工法800m）に採用されて以来急速に普及し、現在では山岳トンネルのほとんどが NATM にて施工されるといっても過言ではない。トンネル工事における鉄筋配筋作業は作業環境の管理徹底に困難さを伴うこともあって、トンネル二次覆工工事における配筋作業はその苦渋性・危険性が大きくそれらからの開放こそ現在の焦眉の急課題である。また、建設事業においては近年特に高い品質・高い精度の施工が要求されている。一方、土木・建築業界における工事現場にあっては、殊のほか ①作業者の高齢化 ②熟練労働者の減少 ③新規就労者の減少等の課題を有している。

製品紹介

当社では、かかる趨勢に対応し、1973（昭和48年）自動溶接金網機を導入して以来の豊富な技術をベースとして、トンネル二次覆工用鉄筋金網ユニットおよびその施工方法を開発した。このことにより業界の課題解決に多大な貢献をしていると自負しているので、以下にその概要を報告する。

2. トンネル二次覆工工事の概要

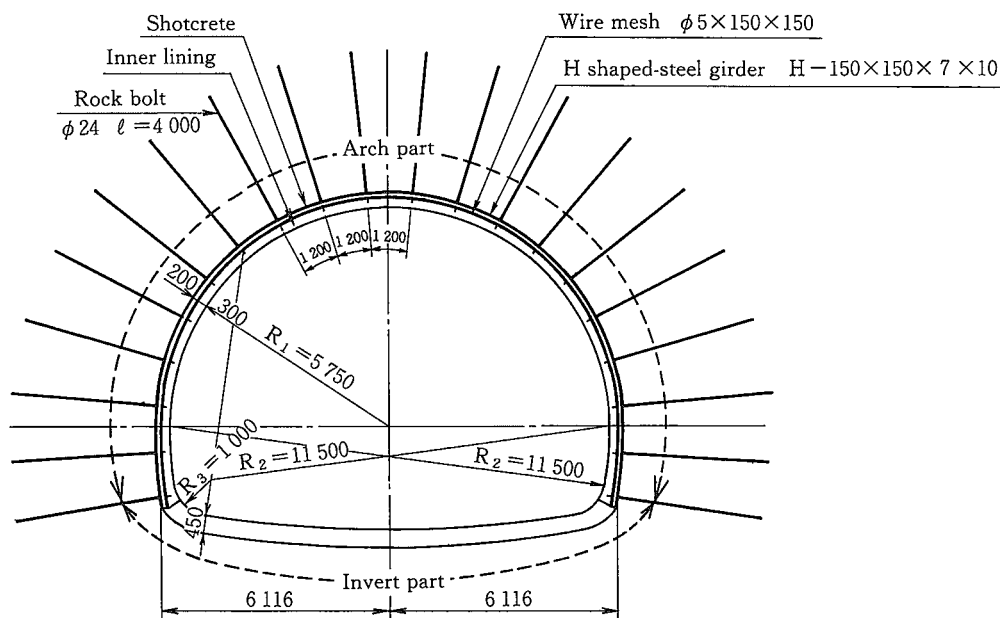
NATMでは第1図の通り、掘削されたトンネル内空を保持するために、ロックボルト、吹き付けコンクリートおよび支保工によって補強し、地山と一体化（一次覆工）させた後現場打ちコンクリートで二次覆工を行う。この二次覆工では、両抗口付近の土かぶりが浅く、地山の緩みが懸念される部分に対してはほとんど補強鉄筋コンクリート工事が施工されるのが一般的である。抗口付近を除く部分では、軟弱地盤のケースで補強鉄筋が使用される他は無筋コンクリートである。

具体的には、トンネル断面の両側壁および上部（以下アーチ部）と道路面が構成される下部（以下インバート）では構造が違ってくる。即ち、アーチ部はロックボルト、金網、吹き付けコンクリートおよび鋼製支保工の内空側に鉄筋とコンクリートによる二次覆工が施工されている。インバート部は鉄筋とコンクリートのみである。

3. バーマッシュユニット化工法の概要

在来工法として行われている鉄筋工事の方法は、現場にて鉄筋一本一本を手作業で格子状に組み、その交点を結束番線で固定している。特に、アーチ部の鉄筋組立工事では専用の台車が必要である。バーメッシュユニット化工法では、これに代わって品質管理の行き届いた工場で鉄筋を自動溶接金網機により、トンネル工事現場までの輸送上の制約範囲内の長さ、幅で格子状の鉄筋金網として生産する。これらの金網はトンネル内取付位置の形状に合わせて曲げ加工を行い、且つ取付順番を考慮した結束を行い現場へ搬入する。具体的には第2図に示すごとく、コンクリート打設作業の単位である1スパン（長さ10.5mが標準）に配筋される鉄筋を、主鉄筋である周方向を金網の長手方向として生産する。1スパンを36枚（アーチ部24枚、インバート部12枚）に分割するのを標準としている。

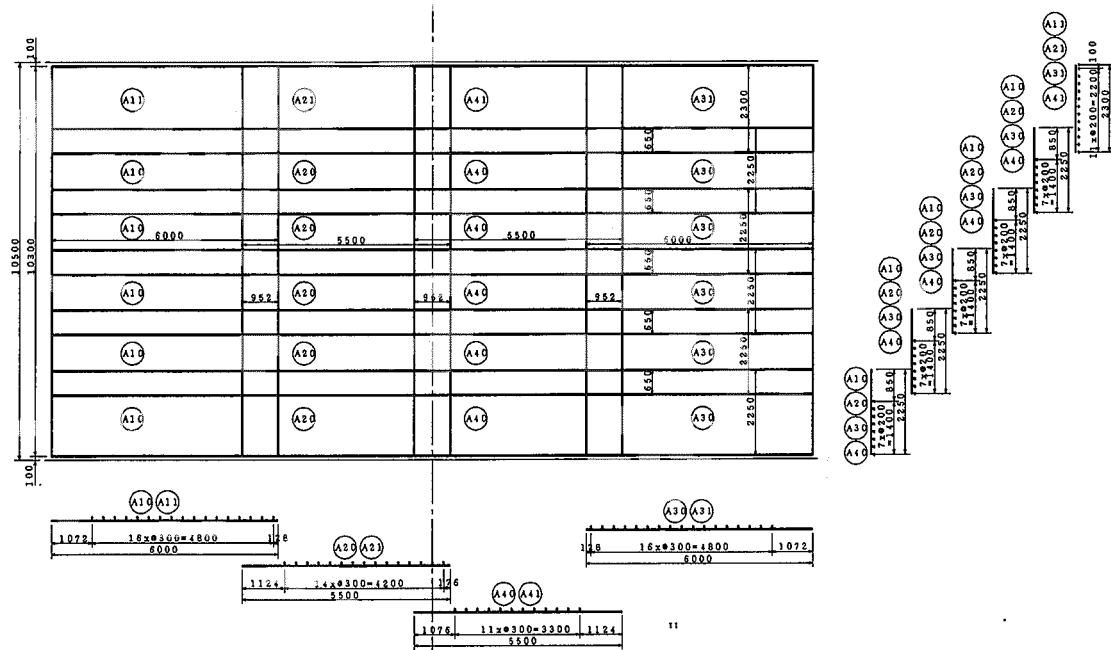
従って、現場では一般的にトンネル工事で使用されている重機を活用して、所定の取付部位へセットする感覚で作業できるので従来の苦渋作業から開放されることとなる。特にアーチ部の配筋については当社が独自に開発した専用取付装置を使用することにより高品質の鉄筋工事を容易に、且つ短時間で完成させることができる。以下はその主要工程である。



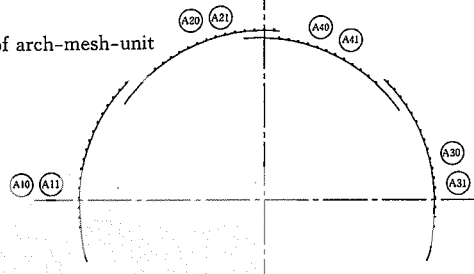
第1図 NATM工法トンネル断面の例²⁾

Fig.1 Cross-sectional structure of tunnel by the NATM

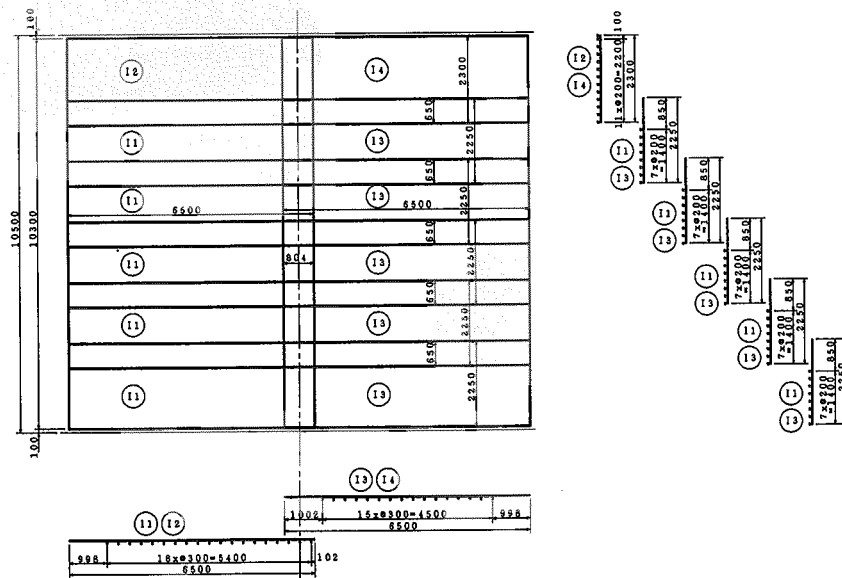
(1) Layout of arch-mesh-unit



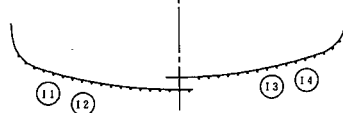
(2) Cross sectional layout of arch-mesh-unit



(3) Layout of invert-mesh-unit



(4) Cross sectional layout of invert-mesh-unit



第2図 メッシュユニット割付図

Fig.2 Layout of bar-mesh-unit for tunnel reinforcement

製品紹介

3-1 主要工程

3-1-1 バーメッシュの製造

自動溶接金網機により安定した溶接条件で量産される。

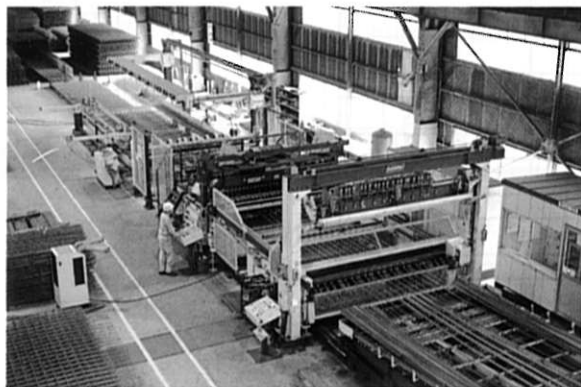
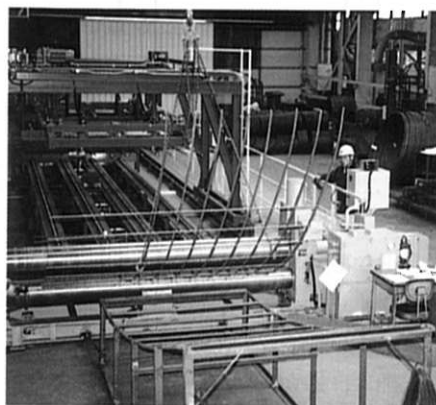
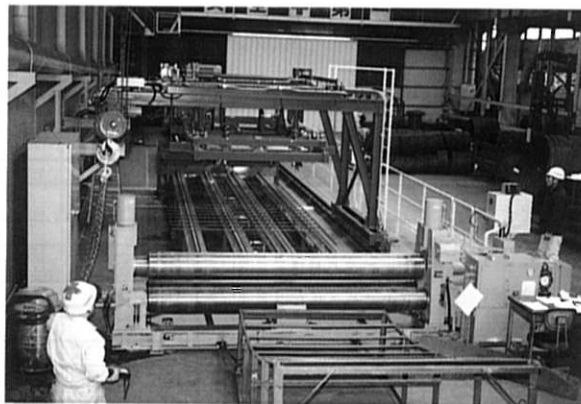


写真1 自動溶接金網機外観
Photo 1 Bar-mesh-welding machine

3-1-2 曲げ加工

3 ロール曲げ機でトンネル断面形状に応じて加工する。



3-1-3 現地での施工

(1) インバート部：メッシュユニットはユニック、バックホー等作業現場で通常使用されている機械を使用しセットする感覚で段取り筋の上に敷き込み、数カ所を結束するだけで完了する。作業状況例を写真3に示す。

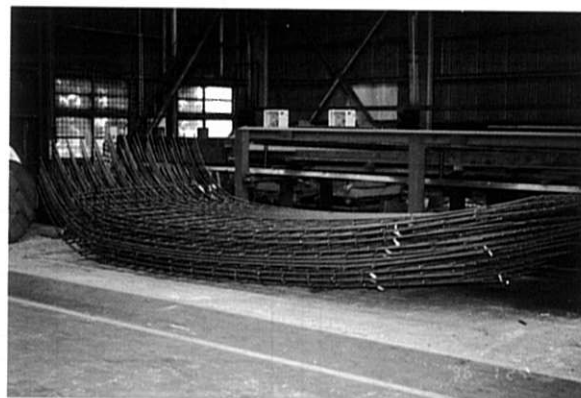


写真2 3ロール曲げ機での加工状況と曲げ加工されたバーメッシュユニット
Photo 2 3-Roll-bender and SK-BAR-MESH UNIT

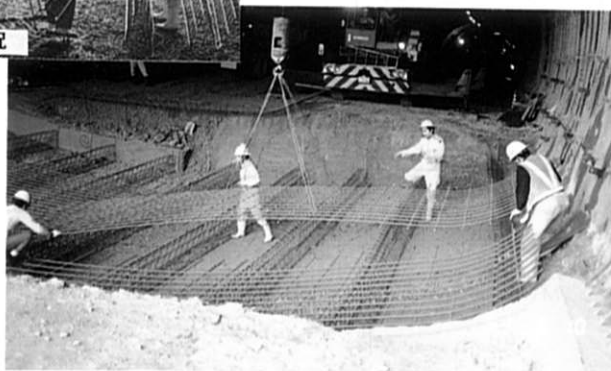


写真3 インバートメッシュユニットの敷設状況
Photo 3 Setting of SK-BAR-MESH UNIT at invert part

- (2) アーチ部：特別に開発した専用取付装置 (写真 4) をバックホーのバケット部と取替し、メッシュユニットを把持し、バックホーの可動機構と取付装置の 6 台のモータによる位置合わせ機構を操作して取付位置へセットする。取付装置はバックホーのジョイント部を起点とした、左右旋回・上下スライド機能を有し、また 4 本のアームは独立した伸縮機構を備えている。従って重機固有のアームの動きと合わせて使用することで非常に容易で、且つ短時間で高精度な配筋作業を実施できる。また、段取り筋への固定には、クリップを使用することで専門職でなくとも容易に確実に固定できると共に取付作業時間の短縮が図れるようにした (第 3 図)。作業状況例を写真 5 に示す。

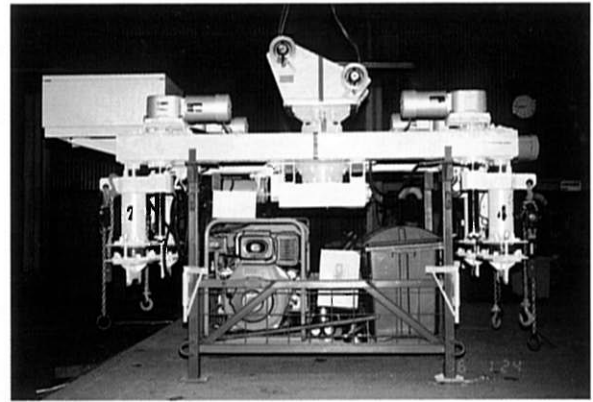


写真 4 アーチ部施工用専用取付装置

Photo 4 Special equipment for reinforcement of steelbar arrangement in arch part



写真 5 アーチメッシュユニットの取付状況

Photo 5 Setting of SK-BAR-MESH UNIT at arch part

3-2 在来工法との比較

第 1 表に示す通り、鉄筋組み台車が不要になり、且つ大幅な作業性の向上が図れる。

第 1 表 鉄筋組立作業性の比較

Table 1 Comparison of workability on steelbar arrangement for the NATM inner lining

| Items | SK-unit method | | Conventional method | |
|---------------------|----------------------|--|---------------------|---------------------|
| | Invert part | Arch part | Invert part | Arch part |
| On site bending | Non | Non | Necessary | Necessary |
| Number of operator | 4 | 4 | 6 | 6 |
| Equipment | Back hoe shovel etc. | Special equipment installed to back hoe shovel | Non | Reinforcement jumbo |
| Time required /span | 1 ~ 2 h | 5 ~ 6 h | 5 ~ 6 h | 10 ~ 12h |

製品紹介

3-3 バーメッシュユニットの形状、寸法

第2図に、1スパン分(10.5m)のメッシュユニット化割り付け例を示す。

輸送上の制約により幅2.25m、長さ7m程度を標準とする。

3-4 継ぎ手

在来工法と同様に、重ね継ぎ手であるが、原則としてその継ぎ手位置は金網化の利点を最大限に活用するために、メッシュユニットの四周部が継ぎ手となる同列継ぎ手(芋継ぎ)を標準とすることで設計変更をお願いしている。

千鳥継ぎ手用のユニット化も対応は可能である。

4. 曲げ加工した溶接金網の機械的性質

電気抵抗溶接法で工場生産されたメッシュの溶接点を含む鉄筋の引張強度(TS, YP, EI)は母材と同等であることを確認している。従って、許容応力度は母材に対するものと同一の基準で適用できる。

5. 結 言

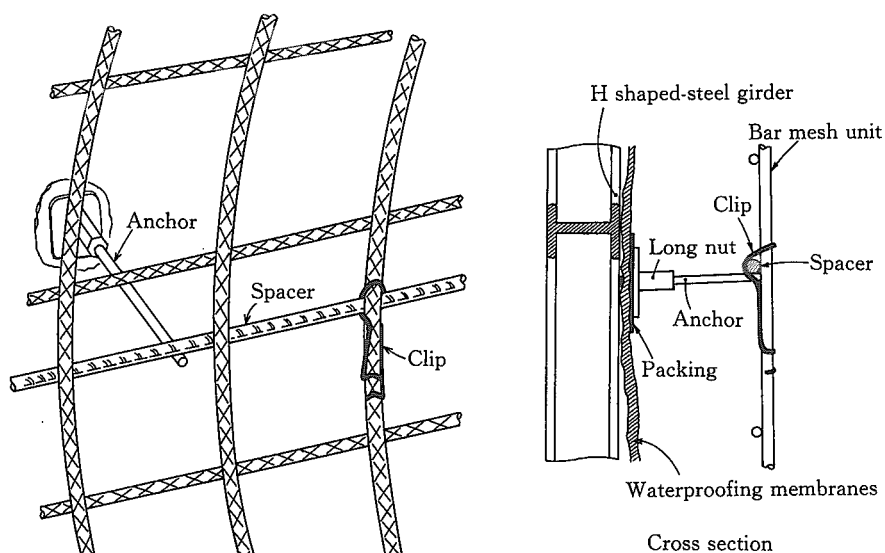
永年にわたり蓄積された溶接金網製造技術と、一般汎用重機を活用した当社独自開発の専用取付装置を使用することで、トンネル建設工事が抱える諸難課題へのスムーズな対応が可能な商品と技術を提供できることとなった。

業界の状況から判断して今後、メッシュユニット化のニーズは益々拍車がかかるのは必至である。現在当社では第2表の如くD29までの異形棒鋼を溶接金網化可能であり、また、曲げ加工に於いても写真6に示すように多種取り組んでおり、今後とも自動化・省力化・労働環境の快適化等に貢献できる商品・技術の開発に取り組んで参りたい。

第2表 当社の異形棒鋼金網溶接機仕様の抜粋

Table 2 Specifications of SUMIKURA's bar mesh welding machine

| Machine type | Available dia. (mm) | | Available products | |
|--------------|---------------------|-----------|--------------------|---------------|
| | Line bar | Cross bar | Length (mm) | Width (mm) |
| H 1 | D6 - D10 | D6 - D10 | 1 000 - 8 000 | 1 000 - 2 600 |
| H 2 | D10 - D22 | D10 - D19 | 1 000 - 12 000 | 1 000 - 3 300 |
| H 3 | D6 - D16 | D6 - D10 | 2 000 - 8 500 | 1 000 - 3 300 |
| K 1 | D6 - D16 | D6 - D16 | 1 500 - 8 000 | 800 - 2 650 |
| K 2 | D6 - D29 | D6 - D22 | 1 800 - 8 000 | 850 - 3 300 |



第3図 固定用クリップ

Fig.3 Fixing clip

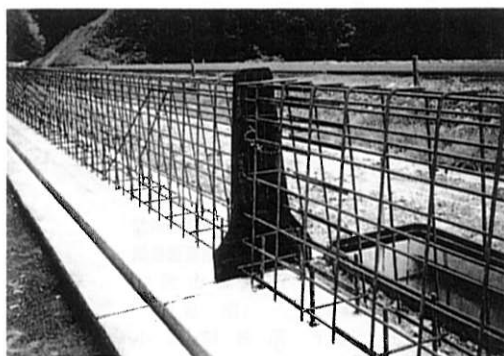
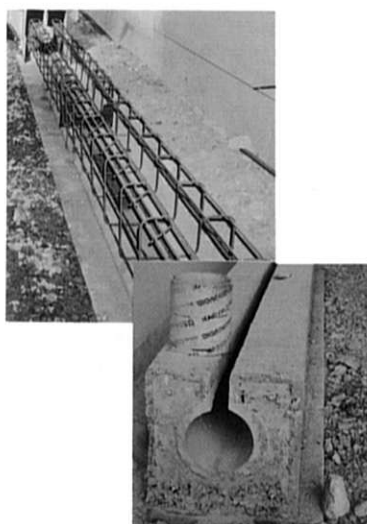
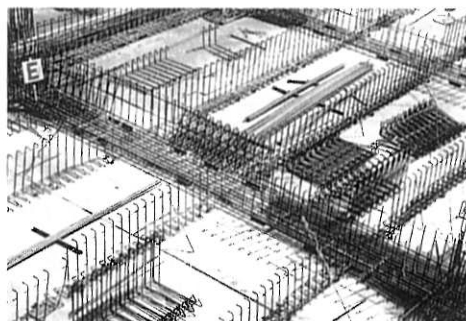


写真 6 当社の異形棒鋼金網曲げ加工製品の例
Photo 6 Examples of bar-mesh bent products

問合せ先
住倉鋼材㈱
技術部 担当部長
☎093-561-4721 黒川

参考文献

- 1) 高山 昭 NATM の理論と実際 土木工学社 p.60
- 2) トンネル施工積算研究会編 トンネルの施工と積算 財建
設物価調査会 p.425