

(Ⅲ-11)

鉄筋自動配筋・結束装置の開発

Automatic placing and tying Apparatus for Large-Diameter
Reinforcing Bar Mesh Unit

清水建設(株) ○菊地 雄一*
清水建設(株) 丸山 克夫*
清水建設(株) 梶岡 保夫**
清水建設(株) 佐藤 等 **

by Yuichi KIKUCHI, Katuo MARUYAMA, Yasuo KAJIOKA, and Hitoshi SATOH

本装置は、地下タンクの側壁に使用する鉄筋メッシュユニットの自動配筋と自動結束を行うシステムで、従来人力で実施していた鉄筋プレハブユニットの製作作業の省力化、安全性向上を目指したものである。装置は縦筋配筋装置、湾曲筋配筋装置、自動結束装置、配筋架台から構成されており、各装置の運転はあらかじめ設定された配筋パターンを選択することにより自動的に実施される。

製作する鉄筋プレハブユニットは、地下タンクの直径と同一の曲率の湾曲筋と直筋を格子状に組み合わせたもので、最大鉄筋径はD41となる。また、自動結束装置は鉄筋の交点を番線により結束する装置で、結束箇所は全鉄筋交点の約33%である。

本装置を使用することにより、鉄筋配筋精度（ピッチ精度、端部出入り精度）の向上および省力化、安全性向上が可能となる。

【キーワード】プレハブ化、結束、自動化

1. はじめに

最近の地下タンク建設工事では、熟練労働者不足、工期短縮などの観点から様々な省力化工法が採用されている。その中で、タンク側壁の鉄筋工事もプレハブ化を行うことで大きな効果が得られている。

しかし、取り扱う鉄筋が太径で長く、さらに横筋に相当する鉄筋はタンク形状に合わせて湾曲しておりハンドリング性が非常に悪いものとなっている。

また、鉄筋プレハブユニットを製作する工程では従来と同様に人力で実施しているため、非常に苦渋な作業であり、さらに悪い足場上で実施するため、

非常に危険な作業となっている。

そこで、鉄筋プレハブユニット製作における危険苦渋作業を解消し、さらに少人数で作業が出来るシステムの開発が望まれていた。

『鉄筋自動配筋装置』は、従来人力で実施していた鉄筋プレハブユニットの製作作業を自動化したもので、鉄筋の配筋から結束作業まですべて機械で自動的に実施するシステムである。

2. 従来の鉄筋プレハブユニット製作作業

2-1 鉄筋プレハブユニット製作作業の概要

従来方式による鉄筋プレハブユニット製作作業では、あらかじめタンク形状に合わせた曲率を持った配筋架台を製作し、この架台上に縦筋に相当する直筋と横筋に相当する湾曲筋を1本づつ配筋していくものである。この配筋作業は、取り扱う鉄筋が太い

* 土木本部 03-5441-0556

** 技術開発本部 03-5441-0107

ものでD41を使用しており、さらに鉄筋長さは平均10mと長いものを使用しており、鉄筋1本当たりの重量は100kgを越えるもので、また所定のピッチに配筋した鉄筋同士を結束する作業も従来のような結束線ではなく番線（12～10番線）と呼ばれる線径2.3～3.2mmのなまし鉄線を使用している。

写真－1に従来作業の状況を示す。

2-2 従来作業の問題点

従来の鉄筋プレハブユニット製作作業では、前述したような太径長尺重量鉄筋を人力で扱うため、多くの問題点があった。以下にその一部を示す。

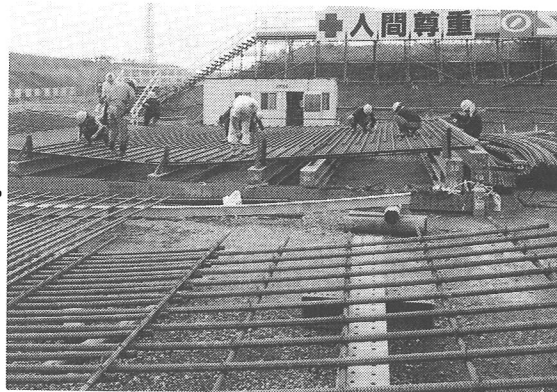
- ・ 多くの作業員を必要とする。
- ・ 不安定な足場上での作業であり危険である。
- ・ 結束材料が番線であり、結束時の作業姿勢が中腰であるため、疲労度が大きい。
- ・ 苦渋作業である。
- ・ 配筋精度にバラツキがある。

上記に示した様に、鉄筋プレハブユニット製作作業は取り扱う対象が重量物であるため、特に作業環境での問題が大きな問題となっている。

3. システム概要

3-1 鉄筋自動配筋装置

鉄筋自動配筋装置は、従来人力で行っていたタンク側壁鉄筋のプレハブユニット製作作業を自動化したもので、ユニット形状としては横筋に相当する鉄

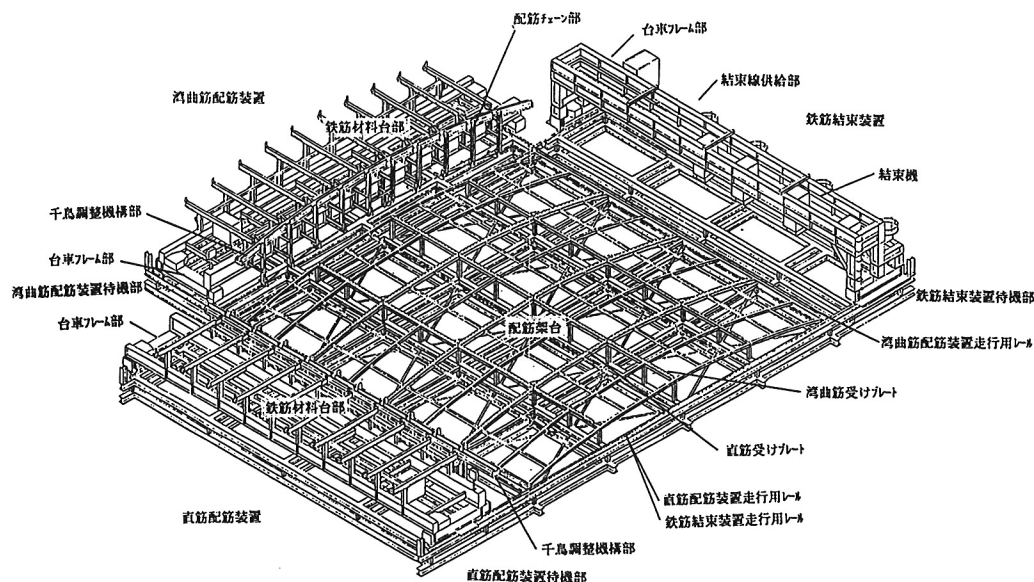


写真－1 従来作業の状況

筋がタンク直径と同一の曲率を持つ湾曲筋で、もう一方は縦筋に相当する直筋の組み合わせとなっている。

本装置は、湾曲筋形状に合わせて鉄骨で製作された配筋用の架台の上にX-Y方向にそれぞれ走行自在な鉄筋配筋台車を設け、それぞれの鉄筋配筋台の上に配筋対象となる鉄筋を搭載して、それを一本ずつ所定の位置に配置する装置である。この装置の主な仕様を表－1に示す。また、装置全体概要を図－1および写真－2に示す。

この装置は図－1に示すように鉄筋を配置する鉄筋配筋台車が湾曲筋用と直筋用の2台と、配筋架台、さらに、後述する自動結束装置から構成されてい



図－1 装置全体概要

る。図-2に湾曲筋配筋装置側面図を、図-3に直筋配筋装置側面図を示す。

配筋方法はまず、直筋用配筋台車が所定の位置まで前進し、次に後退しながら配筋架台上に所定のピッチで鉄筋を一本ずつ配筋する。この際、湾曲筋形状に倣って直筋を配筋するため、直筋用配筋台車の鉄筋配筋部分は、配筋架台の湾曲形状に合わせて上下可能な構造となっている。直筋の終了後、同様に湾曲筋配筋台車も所定位置まで前進し、後退しながら鉄筋を一本ずつ所定ピッチに配筋してメッシュユニットを組み立てる。結束は後述する自動結束装置により実施される。

表-1 主な仕様

配筋可能鉄筋径	D19, D25, D32, D38, D41
鉄筋形状	直筋, 湾曲筋 (R=32.5m)
鉄筋長さ	直筋: 7,000 ~ 10,500mm 湾曲筋: 9,500 ~ 10,000mm
配筋ピッチ	148 mm, 296mm
端部千鳥量	65d (2,300 2,700 2,900)
配筋精度	材長方向 : ± 20 mm 配筋ピッチ精度: 148 ± 15
配筋速度	1,200 mm/min
最大搭載重量	6,000 kg
使用結束線	10番線
結束速度	20秒/1 サイクル

各鉄筋の配筋位置は、配筋架台上に設けられた配筋位置検出用ドグを配筋用台車に設けられた近接センサーで検出し、配筋用台車を配筋位置で停止させ

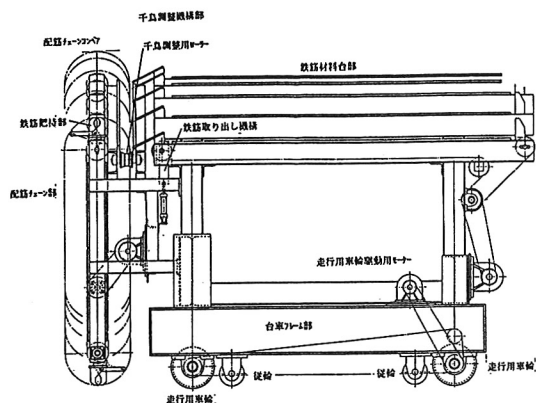


図-2 湾曲筋配筋装置側面図

鉄筋を配筋する。

直筋用配筋台車には、配筋架台の湾曲形状を検出するための検出器が設けられており、配筋架台上に

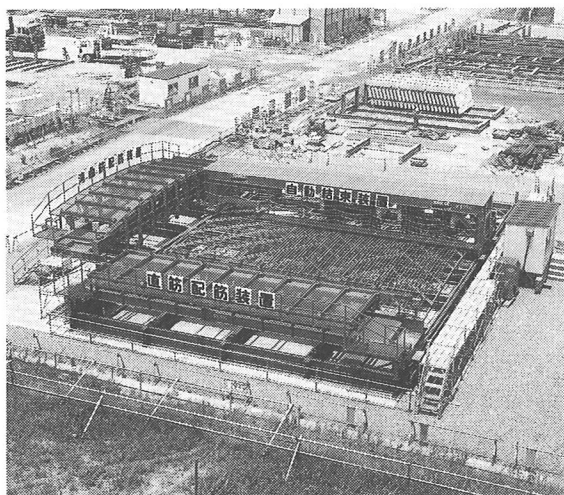


写真-2 装置全景

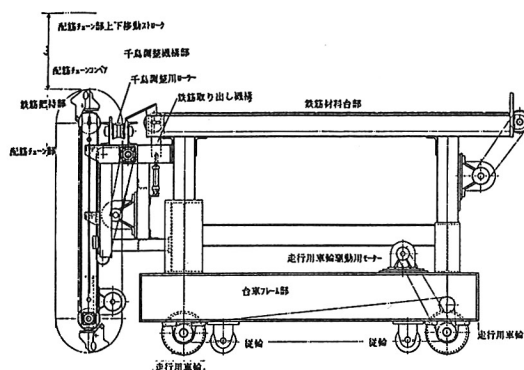


図-3 直筋配筋装置側面図

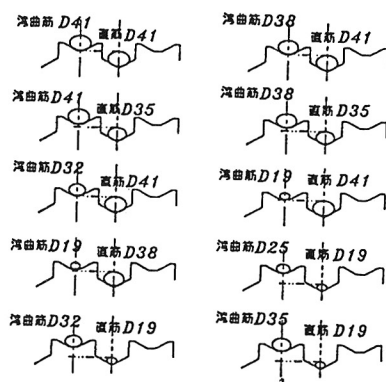


図-4 鉄筋受けプレート

設けられている配筋架台高さ検出用プレートの高さを検出し、鉄筋配筋チェーン装置部分の上下位置を制御している。

配筋架台には図-4に示す鉄筋受けプレートが鉄筋に対し 45° の角度で設けられており、配筋台車から配筋される鉄筋はこのV溝に収まるように配筋される。この鉄筋受けプレートは図-1に示すように2種類のV溝が交互に設けられており、深い部分のV溝が直筋を受ける部分で、浅い部分のV溝が湾曲筋を受ける部分となる。またV溝形状とすることにより、鉄筋径が変わっても確実に位置決めが可能となっている。

3-2 自動結束装置

自動結束装置は、従来人力で実施していた結束作業を全自動化したもので、鉄筋の上部から番線を供給し、番線同士を振じることにより結束を行うものである。結束材料としては番線(10番線)を使用している。図-5に自動結束装置の概念図を示す。

装置本体は結束装置走行用台車、結束装置横行用フレーム、結束装置本体、番線供給装置から構成されており、結束装置本体および番線供給装置は所定の間隔を隔てて4台設置されている。

自動結束装置は、前述した鉄筋配筋装置により配筋架台上に鉄筋が配筋された後、配筋架台上を所定

の位置まで走行し最初の結束位置に達した段階で結束作業を開始する。

結束位置は予め結束するユニットに合わせてプログラム化されており、鉄筋ユニット全鉄筋交点の約33%を結束する。結束位置の検出には、自動結束装置走行用の2本のレール付近に設けられた結束位置検出用ドグを、結束装置走行フレームの両側に設けられた位置検出用センサーで検出する方法を用いている。位置検出用センサーを結束装置走行用フレームの両側に設けたのは、4台の結束装置が所定のエリアを同時に結束するため、直筋と自動結束装置を常に平行にしておくためである。

結束装置本体を結束位置へセットするには以下の手順で実施する。

- ・ 自動結束装置が結束位置で停止する。
 - ・ 結束装置本体が下降する。結束装置本体は結束装置横行装置からワイヤーで吊り下げられている。
 - ・ 結束装置本体の鉄筋押さえ部が鉄筋に当たった後、さらに下降させる。この段階でエアシリンダーが押されることで鉄筋上に結束装置本体の荷重を徐々に載荷し鉄筋を押さえ込む。本装置での鉄筋を押さえ込む力は約100kgに設定してある。この値はエアシリンダーのリリーフバルブの調整を行うことにより変更することが可能である。
 - ・ 結束装置本体下部に設けられたリミットスイッチが鉄筋に当たって作動することで結束装置本体は停止する。
- これで結束作業の準備工程が完了する。

図-6に結束装置本体の概略図、図-7に結束位置に位置決めが完了し、結束準備工程が完了後の結束装置本体の動作概要を示す。

結束装置本体による結束作業は、以下の手順で実施される。

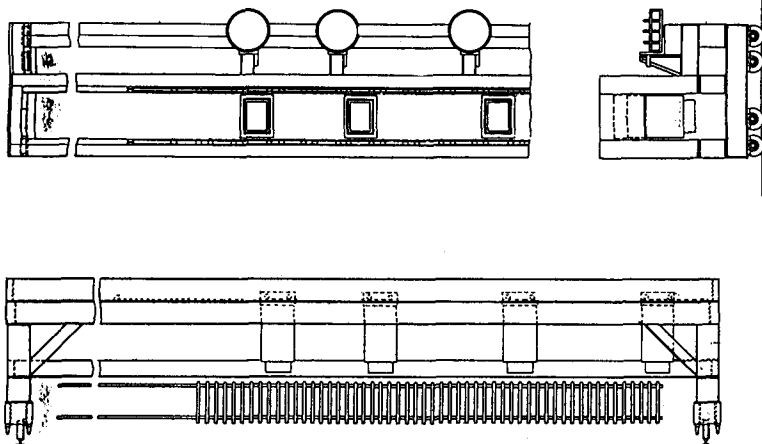


図-5 自動結束装置概念図

- ・ 結束装置が鉄筋交点位置に達した段階で、番線供給アームが下降する。初期状態では左側番線供給アーム先端の番線把持部は番線を把持した状態で、右側番線供給アーム先端の番線把持部は開放された状態となる（図-7の①～②）
- ・ 左右の番線供給アームを最下部まで下降させる。（図-7の③）
- ・ 左右の番線供給アームの先端部分を内側に折曲げ、右側の番線供給アームに番線を受け渡す。この段階で右側番線供給アーム先端の番線把持部は番線を把持し、この動作が完了後左側番線供給アーム先端の番線把持部は解放される（図-7の④～⑤）
- ・ 番線の受け渡し完了後、左右の番線供給アームを所定の位置まで上昇させる。これにより鉄筋交点に番線が通ったこととなる。（図-7の⑥）
- ・ 番線振りアームを閉じ、鉄筋交点を通った把持する。これにより番線を鉄筋に密着させる。次に、左右の番線供給アーム先端の番線把持部を把持状態とする。（図-7の⑦）
- ・ 番線カッターを作動させ、左側番線供給アームと番線振りアーム間の番線を切断する。次に、左側番線供給アーム先端の番線把持部で番

線を把持したまま右側番線供給アーム先端の番線把持部を解放させ、左右の番線供給アームを上限まで上昇させる。（図-7の⑧）

- ・ 番線振りアームを上昇させ番線に張力を加えながら番線振りアームを回転させ番線を振る。所定回数の振りが終了した段階で番線所定の回数に振りが終了後、番線振りア

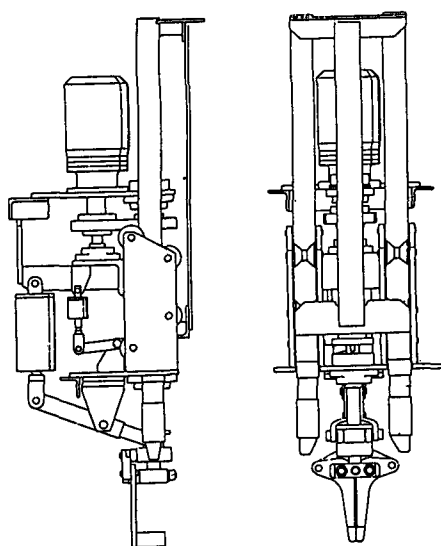


図-6 結束装置本体概略図

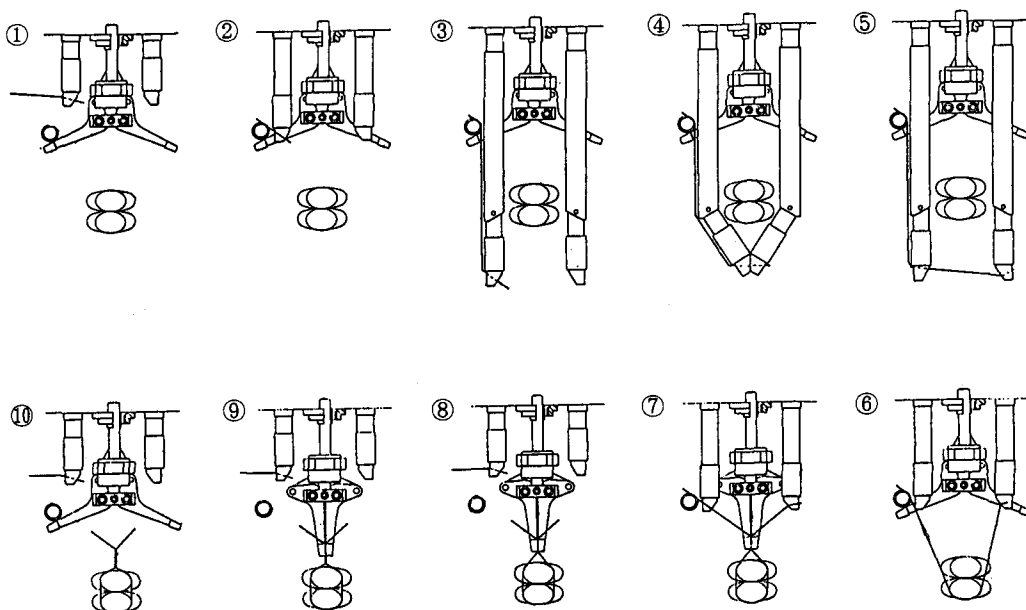


図-7 結束装置本体の動作概要

ームを開き、番線振り部折り曲げ装置により結束線端部を折り曲げる（図－7の⑨～⑩）

以上により結束作業が終了する。

本装置では、D 19～D 41までの鉄筋の組み合わせによる結束が可能であり、鉄筋径の差は番線振りアームの振り回数を変更することで対応している。

結束材料となる番線は、結束装置本体の後部に設けられた番線供給装置のターンテーブル上にコイル状態のままで搭載されている。

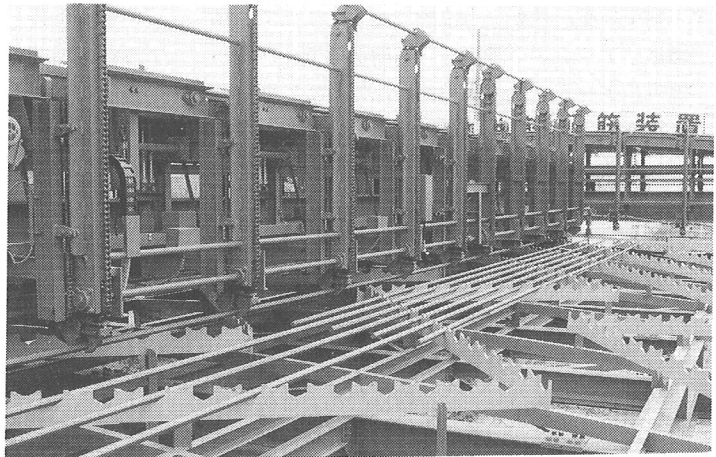
最近では自動結束装置の開発が盛んであるが、現在までに開発されている結束装置は専用の結束材料を使用したり、或いは結束線を専用のリールに巻いて使用している。この方法では、材料にかかるコストも大きな問題となる。しかし、本装置の様に従来市販されている番線を使用することにより、結束材料にかかるコストを抑えることが可能となる。

結束作業時に番線が必要となった場合、ターンテーブルの番線取り出し口に設けられたセンサーが番線の張力を検出し、ターンテーブルを回転させ番線を供給する。このターンテーブルは番線に加わる張力の有無により自動運転される。

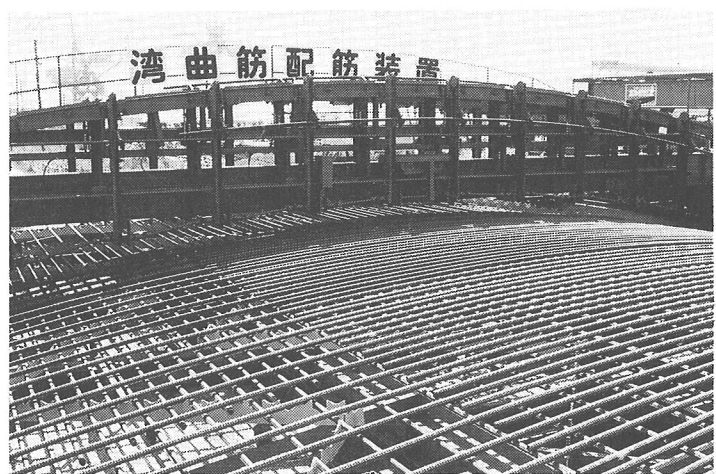
写真－3に直筋配筋装置での配筋状況、写真－4に湾曲筋配筋装置での配筋状況、写真－5に結束状況、図－8に本装置で製作するユニットの例を示す。図－8の中で、○印の部分は自動結束装置により結束を行う箇所を示す。

4. 本装置に置ける管理ポイント

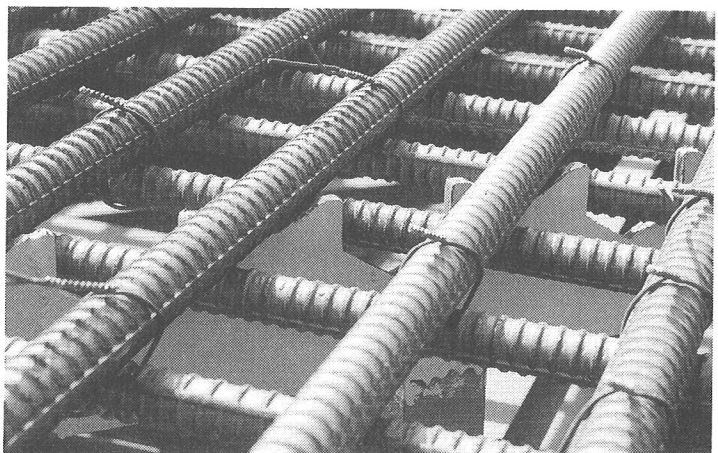
鉄筋工事で先組工法を採用した場合、あらかじめ製作した鉄筋プレハブユニットをクレーンなどを使用して現場へ建て込む作業となるが、こ



写真－3 直筋配筋装置での配筋状況



写真－4 湾曲筋配筋装置での配筋状況



写真－5 結束状況

ここで重要となるのは各鉄筋の配筋ピッチ精度と鉄筋端部の出入り寸法（千鳥量、縦筋に対する湾曲筋の出寸法および湾曲筋に対する縦筋の出寸法）となる。この部分の精度が悪いと、各鉄筋プレハブユニットを現場でジョイントする際にジョイントが不可能となる可能性がある。

通常、鉄筋は各鉄筋径毎に複数本の束として現場に搬入され、これを必要な形状に加工を行う。加工された鉄筋は、同じ形状、同じ径、さらに使用するユニット別に束にまとめられる。

鉄筋配筋作業の自動化を考えた場合、鉄筋配筋装置などに配筋対象となる鉄筋束をセットする作業が必要となるが、この作業を行う際に製作する鉄筋プレハブユニットの千鳥量や縦筋に対する湾曲筋の出寸法および湾曲筋に対する縦筋の出寸法をいちいち考慮して鉄筋束をセットするのは非常に大変な作業となり、このような方法ではたとえ機械化したとしても実用的ではない。

本装置における鉄筋材料の搭載方法は、縦筋配筋装置および湾曲筋配筋装置それぞれに材料台と呼ばれる鉄筋ストックエリアを設けており、この材料エリアに鉄筋束を搭載し鉄筋の束崩しを行うだけで完了

する。この際、前述した鉄筋プレハブユニットの千鳥量や縦筋に対する湾曲筋の出寸法および湾曲筋に対する縦筋の出寸法を考慮する必要はない。

鉄筋プレハブユニットの千鳥量や縦筋に対する湾曲筋の出寸法および湾曲筋に対する縦筋の出寸法は、配筋装置に設けられた千鳥調整装置で実施する。この千鳥調整装置は、固定ストッパーと可動ストッパーで構成されており、可動ストッパー部は各鉄筋径に応じた千鳥量に対応可能となっている。また、固定ストッパーと可動ストッパーはそれぞれ基準位置に対して±200mmの範囲で5mm単位で微調整が可能となっている。これにより、鉄筋プレハブユニットの千鳥量や縦筋に対する湾曲筋の出寸法および湾曲筋に対する縦筋の出寸法を自由に設定することが可能となる。

次に、配筋ピッチ精度に関しては、『3-1 鉄筋自動配筋装置』で述べた様に、配筋架台に設けられた鉄筋受けプレートの鉄筋を受ける部分の形状がV溝となっているため、配筋装置により配筋された鉄筋は必ずV溝の中心部分に収まることとなり、正確な配筋精度が確保できる。従って、各配筋装置の配筋位置への位置決め精度をある程度ラフに考えら

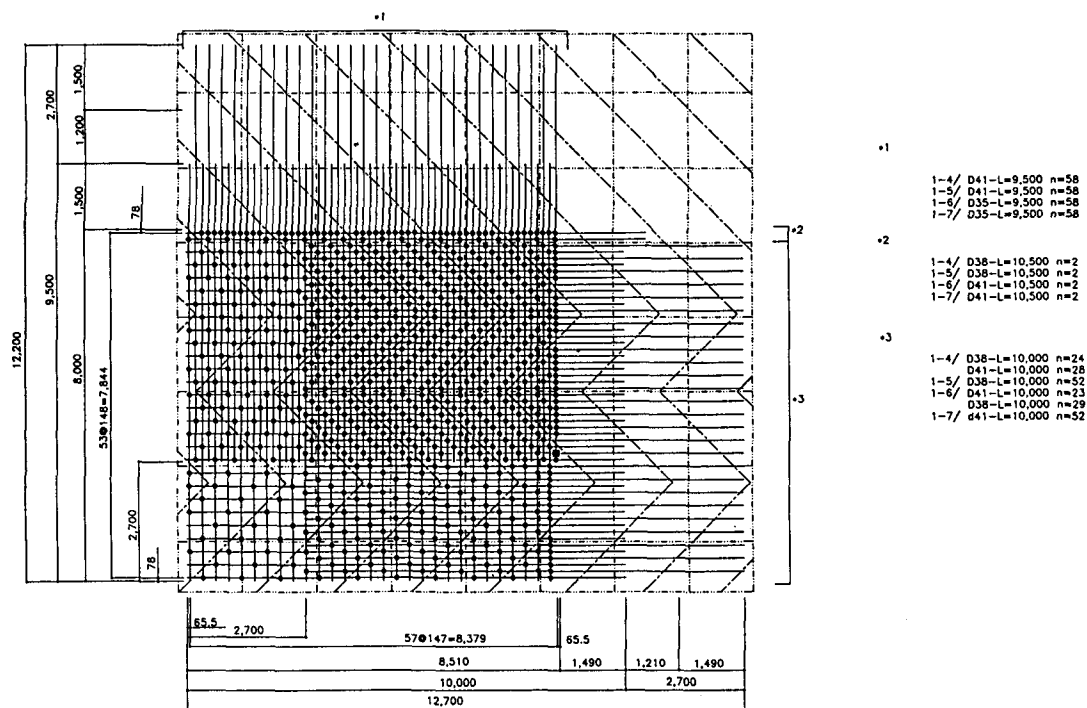


図-8 本装置で製作するユニットの例

れる。

この様に、本配筋装置では、従来非常に手間のかかっていた鉄筋配筋位置決めを簡略化しており、作業者が注意して管理しなければならない項目は千鳥調整用の固定ストッパーと可動ストッパーの調整作業のみで済むようになった。また、この調整作業は一度調整すればユニット形状が変わらない限り調整する必要がない。従って、従来の様に一本ずつ鉄筋の出入りを管理する必要がなくなり、大幅な省力化が可能となっている。

5. おわりに

日本の建設業では、熟練工不足や若年層離れが深刻な問題となっている。今回開発したシステムは、大型構造物の鉄筋工事の観点からこの問題にアプローチしたもので、特に苦渋作業となっている太径長尺重量鉄筋の配筋・結束作業を自動化することで建設工事の省力化、安全性向上をはかるための第一ステップとしてとらえている。また、従来人間が管理していた鉄筋の端部出入り量や配筋ピッチ精度を機械に置き換えることにより、なるべく機械使用時の管理項目を少なくすることを目標として開発したものである。

今後、この様なシステムを多くの現場に適用し、実績を積み上げた上でさら使いやすいシステムの確立を進めていく予定である。

【参考文献】

- (1) 佐藤 等他：太径鉄筋メッシュユニット自動配筋・結束、第2回建設ロボットシンポジウム、pp249～254