

コンピュータグラフィックスを利用した 骨組RC構造物自動配筋システム

近畿日本鉄道(株) 技術研究所 正会員 後久 義昭
全日本コンサルタント(株) 技術部 ○中島 康光
三橋 康伸
田中 十好

1. はじめに

コンピュータによる構造物の自動設計は、現代の土木構造物の設計にとって、それ無しでは考えられないほどに一般化している。しかし、構造解析をはじめとして設計の各段階においてかなりコンピュータが利用されているものの、計画から設計計算、検証、製図、積算に至る一貫した完全自動設計システムの開発には、まだ多くの問題点が残されている。とりわけ、試行錯誤による作業や制約条件が多様で、自由度が高く、アルゴリズムが明確でないものへのアプローチは誠に困難である。これらの問題点の1つとして、配筋設計が挙げられる。従来のシステムでは、設計者はコンピュータの出力した必要鉄筋断面積リストをもとに配筋設計を手作業で行ない、決定した鉄筋径、本数を再度コンピュータに入力して応力度計算をする。必要に応じてこの作業を繰り返し行ない、設計条件を満足する安全かつ経済的な結果を求めていた。配筋図等の図面作成では、ほとんどが断面設計とは独立して、あらかじめ加工形状を決めた鉄筋を、設計者が一本一本部材に配置して行く方法をとっていた。

しかし、今回われわれは、自動設計システムではコンピュータと人間両者の担う領域をどの様にバランスさせるか、又、両者の間の情報交換をいかにスマートに行い得るかがシステム設計の重要ポイントであると考え、手順がパターン化され決められたアルゴリズムに従って逐次的に解くことができる論理的な部分はコンピュータに任せ、人間は、経験、勘、創造性を必要とする非論理的な部分を、対話型のCADの機能を効果的に活用して処理を進めることができる配筋システムを開発した。以下に本システムの概要を述べる。

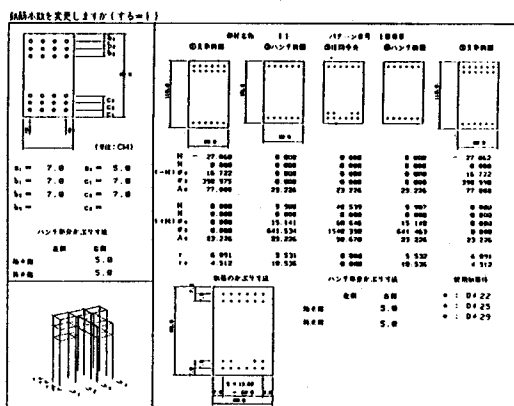


図1 断面算定結果(梁)

2. 断面設計

断面設計では、まず応力度計算に必要な設計条件(配置パターン、使用鉄筋の本数、径に関する条件、鉄筋のかぶり等)を入力し、安全かつ経済的な鉄筋配置を求めて曲げ応力度等のチェックを実施する。応力解析より得られた部材力から各着目点における必要鉄筋量を計算し、又、入力された鉄筋本数と径に関する条件データを基に、自動的に必要鉄筋量を満足する鉄筋径や本数を求める。

結果は、スクリーン上に一部材の全着目点の断面が表示される。しかも、使用する鉄筋の径や配置が

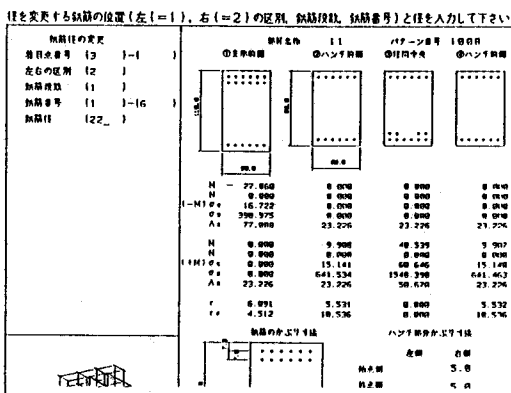


図2 断面データの修正

色を分けて、さらに必要鉄筋量や応力度計算結果も併せて表示するので、設計者にとって結果が一目瞭然である（図1参照）。設計者はその結果を見て、部材内における鉄筋の流れを考慮して、必要があれば各着目点における鉄筋本数、鉄筋径等を修正する（図2参照）。応力度の可否の状態を○×で表示したチェック図、応力度表を出力する。なお、許容応力度を超えている箇所は赤で表示する。

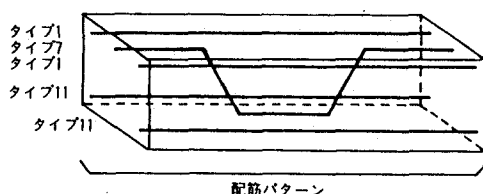


図3 配筋パターンの概念図

3. 配筋パターン

構造物の各部材に配置される鉄筋は、それらの部材に作用する応力の状態及び施工性、経済性からその本数、径、加工形状が決定される。一つの部材の中には、同じ加工形状を持った鉄筋が数種類存在する。ここでは、この鉄筋一本の加工形状をタイプと定義し、一部材分の集まりを配筋パターンと呼ぶ（図3参照）。

われわれは、この配筋パターンとタイプに着眼し、まず部材単位の配筋を自動計算し、それを構造物全体に展開する方法を考案した。

3-1 配筋パターンの自動生成

断面設計サブシステムで作成された、部材内部の最大5着目点における鉄筋情報（断面データファイル）をもとに、その部材内で各鉄筋がどのような流れ（加工形状）になっているかを判定し、配筋パターンを生成する。以下に図4のブロックチャートに従って、その処理内容を述べる。

(1) 結合部材指定

部材内部の鉄筋が、隣接する部材の、どの部材の鉄筋に結合するかを決めるために、その結合情報をCRTの画面からカーソルで指定する。ここでは、二部材結合のみを取扱う。結合指定しない部材端は、その取付く部材へアンカー（定着）される様になっている。

(2) 配筋処理

断面データファイルから、1パターン分のデータを取り出す。鉄筋一本一本について、部材内の各着目点における鉄筋情報をチェック（各着目点で同じ位置に鉄筋があれば直筋とする、第2着目点の左側に鉄筋が有り、第3着目点の左側に鉄筋が無く右側に鉄筋が有る場合は、その間でベンドする、ただし第2着目点の右側には鉄筋が無いこと

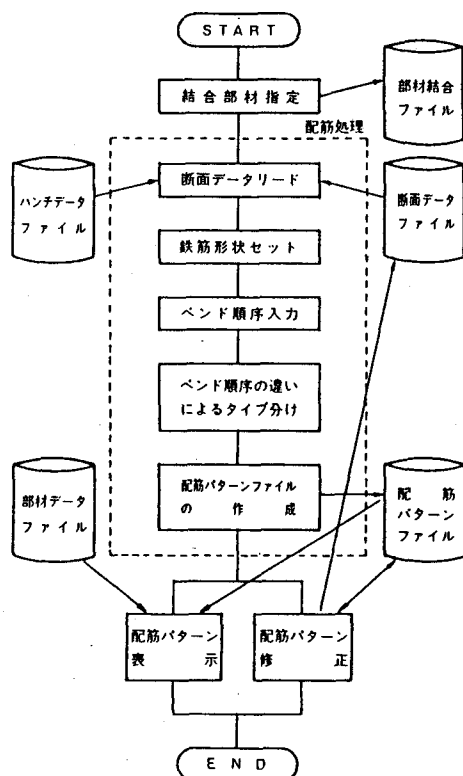


図4 配筋パターン作成手順

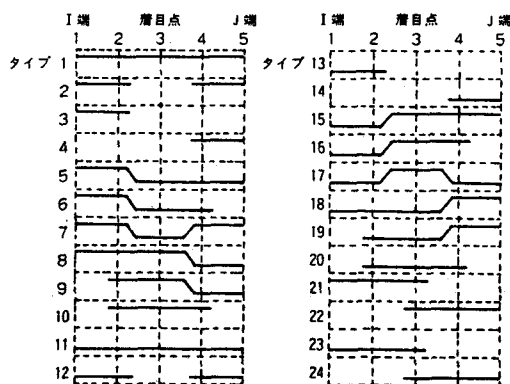


図5 基本24タイプ

等をチェック)して、基本の24タイプ(図5参照)のいずれに該当するかを決定する。途中、バンド筋(折曲げ鉄筋)が存在すれば、バンドの順番を決めるため、バンド筋それぞれに対して、バンド開始位置を設計者に指定させる。バンド位置は、第1バンドから第3バンドまでの三種類が指定できる。又、この時バンド順序による鉄筋のタイプ分けは、自動的に行われる。以上の作業を繰り返し行い、全パターンのデータを配筋パターンファイル(図6参照)として作成する。このファイルは、1パターンごとに、タイプの数とそのデータを持っている。タイプのデータは、その鉄筋のバンド順序と各着目点での鉄筋の位置及び、本数とその鉄筋番号を持っている。

(3) 配筋パターンの表示

配筋処理で作成された配筋パターンは、任意の部材を指定して表示することも可能であるが、通常の処理手順は、まず配筋パターン中のタイプの数だけ配筋を表示する。結合部材があれば、その部材の配筋パターンと接合させて表示し、無ければ、アンカー表示とする。この接合処理では、同じ段、同じ鉄筋番号の鉄筋同志が接合し、段や鉄筋番号が違えば接合しないという前提条件がある。結合部材の相手側に接合されるべき鉄筋が無い場合は、自動的にアンカー表示となる。ハンチ筋は、ハンチに平行な線分で、柱・梁各々の軸線まで表示される。図7に配筋パターンの表示例を示す。

3-2 配筋パターンの修正

自動生成された配筋パターンは、前述のルールに従って処理されたものであるもので、場合によっては、設計者が希望する結果が得られないこともある。そこで、結果の妥当性を設計者がチェックし、簡単に修正できる様に、配筋のタイプを画面に表示し、任意に選択変更できる様になっている。部材番号又はパターン番号を指定すると、その配筋パターンが表示される。設計者は、鉄筋のタイプ一覧表の中から希望するタイプを選び、それと置き換えることにより、適切な配筋パターンを作成する(図8参照)。

4. 配筋図・加工図

配筋図作成では、主筋に関する情報と主筋以外の

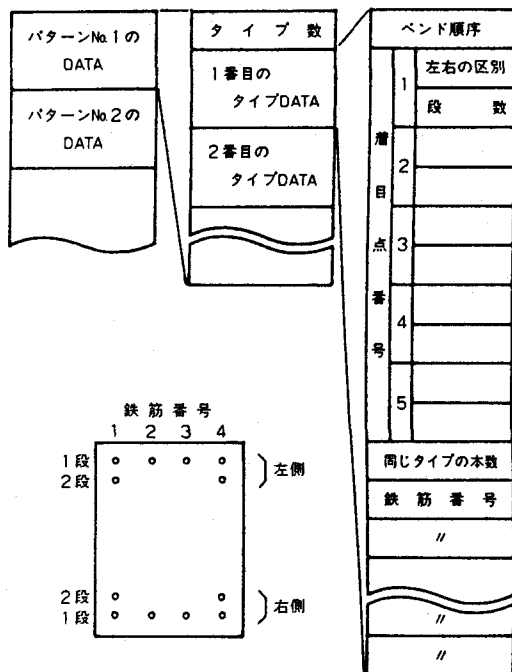


図6 配筋パターンファイル

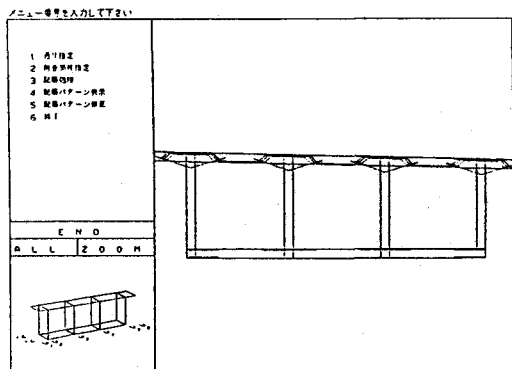


図7 配筋パターンの表示

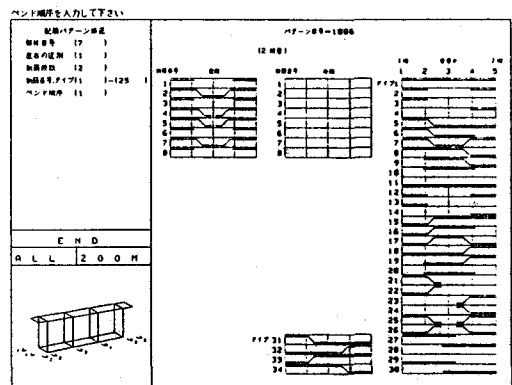


図8 配筋パターンの修正

4-1 データ入力

4-1 データ入力

共通データとは、対象構造物が変わっても、鉄筋の加工や継ぎ手に関するデータが同一で使用される情報のことをいう。これは、施主により決められる場合が多い（大阪市交通局仕様、近鉄仕様等）。隅角部の鉄筋曲げ半径（図10）や継ぎ手長、フック長（図11）のデータを入力する。これらのデータは、共通データコードを付けてディスク内に保存され、対象構造物が変わっても、共通データコードをインプットするだけで、データの再入力の手間が省かれる様になっている。

4-2 主筋情報ファイル

[illegible]

図9 配筋図・加工図作成のシステム構成

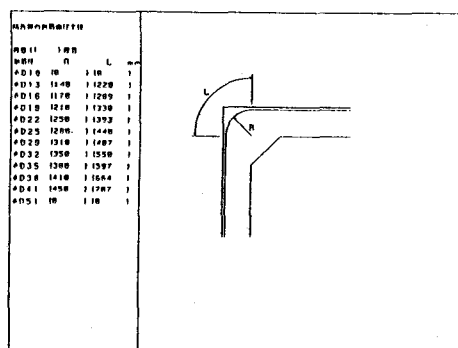


図10 隅角部の鉄筋曲げ半径

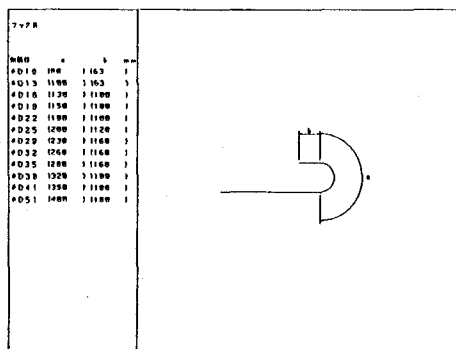


図11 フック長

主筋情報ファイルのレイアウトを示す。

4-3 配筋図

この図面には通常、通り断面図、部材断面図、位置図を描く。

通り断面図は、その通りでの配筋の状態を示したもので、主鉄筋や水平鉄筋、ハンチ筋、スターラップ、柱の帯鉄筋等の補助鉄筋を描く。又、配筋の状況を示す寸法線（かぶり、ピッチと個数等）や、使用する鉄筋の径や本数を示した鉄筋記号も併せて描く。主鉄筋は、主筋情報ファイルのベクトルデータを読んで描く。又、補助鉄筋のデータは、別途入力されたパラメータ情報を使用する。

部材断面図は、全部材の各着目点（支承前面と径間中央）における輪切り断面での配筋状態で、種類の異なるものをすべて抽出して描く。図18に部材断面図を示す。

位置図とは、現在描いている通りが、構造物全体のどの通りであるかを示す図である。

図19に高架橋の場合の配筋図を示す。

4-4 加工図

加工図では、配筋図に描かれた鉄筋（主鉄筋及び補助鉄筋）の一本一本について、同一加工（長さ、曲げ角度及び曲げ半径等の値が同じ）かどうかの判定を行い、異なる加工の鉄筋をすべて図面に描く。

図面への割り付け（配置）は、鉄筋を描くための大きさ（寸法線、鉄筋記号も含めた領域）と、図面上の空き領域を考慮して、最適な位置に自動的に配置する。配置順序としては、上層梁の主鉄筋から地中梁、柱の主鉄筋、水平鉄筋、スターラップ、柱の帯鉄筋等の補助鉄筋の順に配置する。マニュアルでの配置・修正も可能である。

図20に作成された加工図を示す。

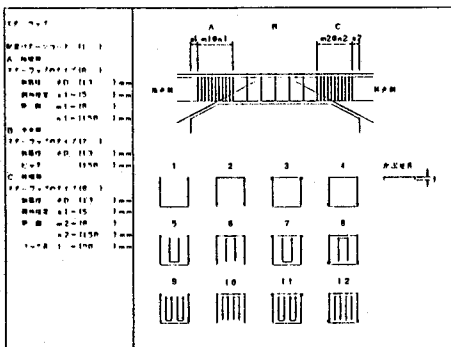


図15 スターラップ

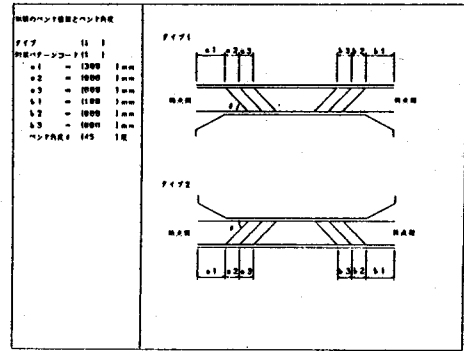


図12 バンド位置

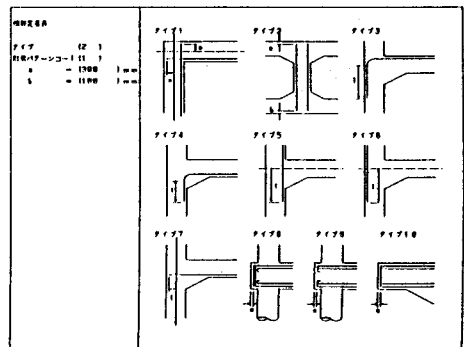


図13 端部定着長

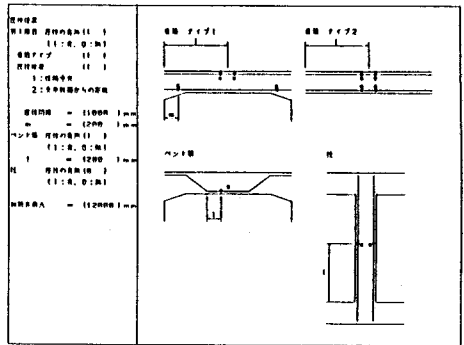


図14 圧接位置

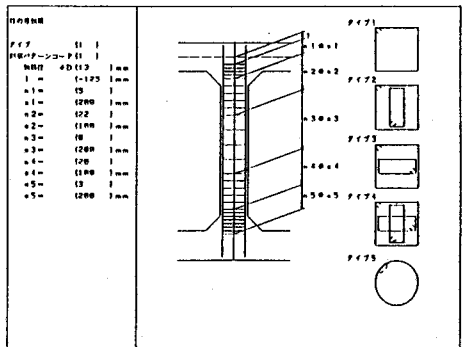


図16 柱の帯鉄筋

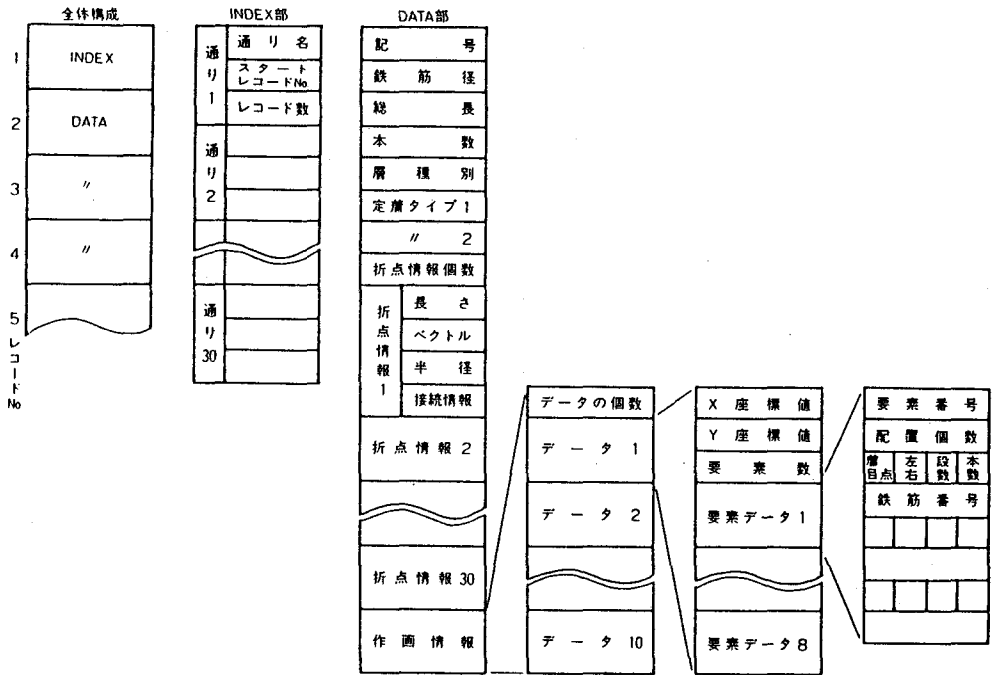


図17 主筋情報ファイル

5. おわりに

CADシステムは、利用者イコール設計者自身であるので、コンピュータの知識が無くても誰でも容易に使えることが第一であるが、そのために使い方が画一化され、成果物がどれもこれも一樣になると、逆に敬遠されることになる。

われわれは、対話型のCADの機能を効果的に取り込み、コンピュータによる自動一貫処理と設計者による手作りとの整合性をあらゆる局面で可能とし誰でも簡単に利用でき、かつ設計者の要求レベルに応じた設計ができるシステムを開発することができた。

又、今回発表した配筋システムを含めて、開発計画当初よりトータルシステムを目指し、システムの規模がかなり膨大になったが、これはCADシステムの効果を高めるために、一度取り込んだデータを一元化して、可能な限り設計の各段階で活用できるように務めたためで、このような総合効果を求めないと、単独バラバラでは顕著な効果は生み出しにくいであろう。

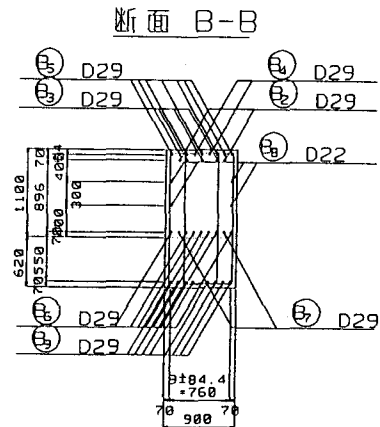


図18 部材断面図

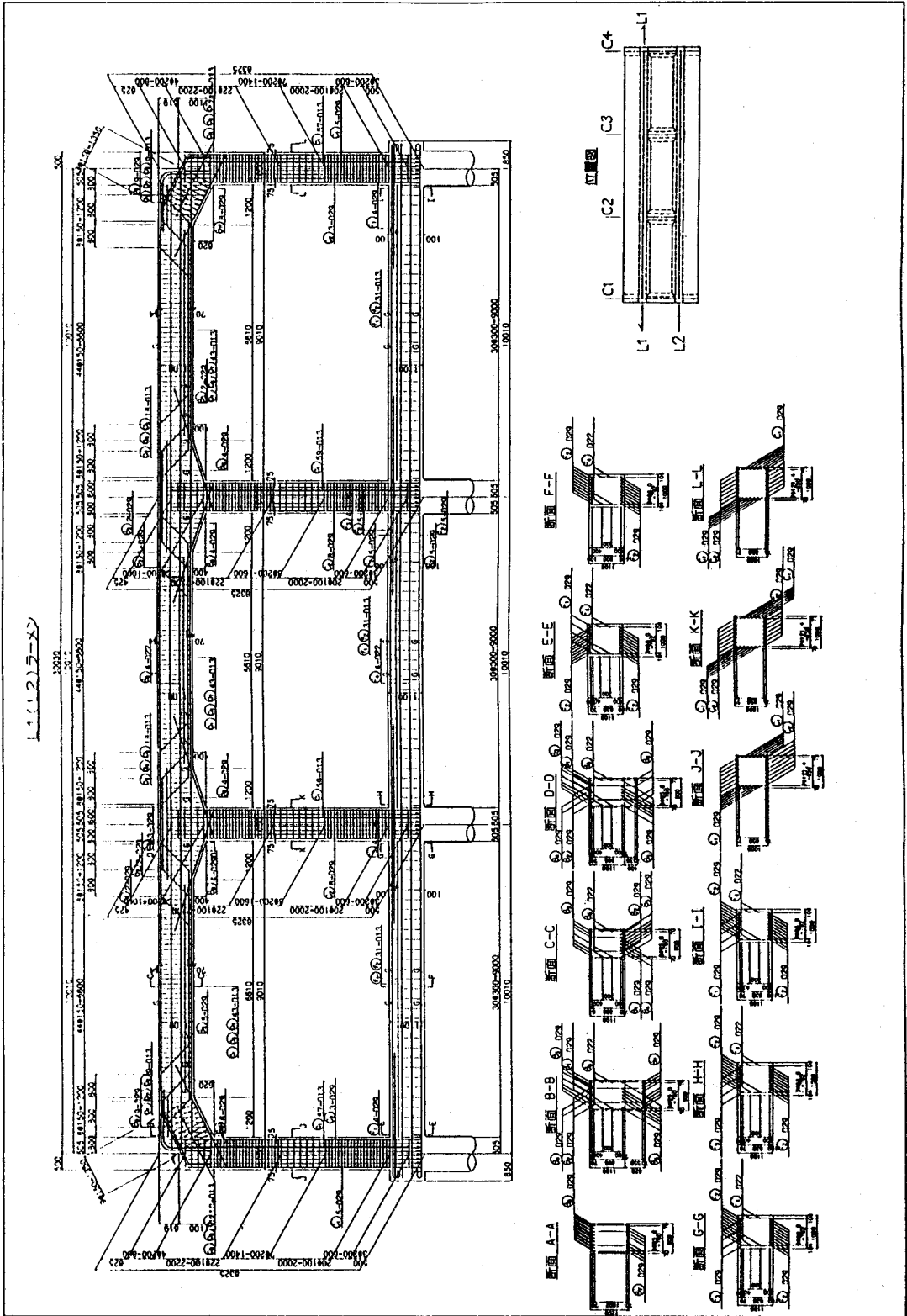


図19 配筋図

