

港 湾 技 研 資 料

TECHNICAL NOTE OF
THE PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 300 Sept. 1978

さん橋上部工の配筋設計の自動化

南	兼	一	郎
山	本	修	司
本		浩	司
塩	沢	俊	彦

運輸省港湾技術研究所



目 次

要 旨	5
1. ま え が き	5
1.1 自 動 設 計	5
1.2 自動設計システム開発に伴う問題	5
2. さん橋上部工の配筋設計システムの概要	5
2.1 システム設計の基本方針	5
2.2 システム構成およびフロー	6
2.3 設計対象および範囲	6
2.4 設 計 条 件	7
3. 設 計 法	7
3.1 基 本 方 針	7
3.2 設計計算の流れ	7
3.3 はりの設計断面力の計算法	7
3.4 はりの配筋法	13
3.5 床版の設計断面力計算法	34
3.6 床 版 の 配 筋 法	38
3.7 くい頭部の配筋法	43
3.8 設計計算結果の出力項目	47
4. 自 動 製 図 法	47
4.1 基 本 方 針	47
4.2 製図の範囲および対象図面	47
4.3 製 図 法	47
5. 自動設計法の検討	48
5.1 くいの軸方向ばね定数とはりの曲げモーメント	48
5.2 鉛直軸まわりの剛度	51
5.3 換算等分布荷重強度	53
5.4 連続ばりの反曲点の位置	53
5.5 施工例との比較	56
6. 自動設計の利用法およびシステムの構成	57
6.1 システムの利用法	57
6.2 利用上の留意点	57
6.3 入力データの作成例	75
7. あ と が き	95
付録 A. はりの断面力計算法	99
付録 B. 床版上の鉛直集中荷重の取扱い	106
付録 C. 床版上の等分布荷重の取扱い	107
付録 D. 移動荷重の載荷法	108
付録 E. はりの下側筋の配筋パターン	116
付録 F. 漂流物による断面力の算定法	117
付録 G. 四辺固定版の曲げモーメント表	119

詳 細 目 次

3.3 はりの設計断面力計算法	7
(1) 計算モデル	7
(2) はりの設計外力	9
(3) 計 算 法	9
(4) 設計外力の取扱い	10
(5) 移動荷重の載荷法	12
(6) はりの設計に用いる外力の組合せ	12
(7) はりの設計断面における設計断面力の値	13
3.4 はりの配筋法	13
(1) はり 番 号	13
(2) 大ばりの配筋法	13
a. 配筋計算を行うはり	13
b. 配筋法の一般的基準	13
c. 大ばりのかぶりと有効高さ	14
d. 大ばり下側筋の配筋	14
(i) 検 討 断 面	14
(ii) 必要鉄筋量の計算式	14
(iii) 配筋本数の決定	15
(iv) 応力度の計算式	16
e. スターラップの形状	16
f. 大ばり上側筋の配筋	16
(i) 検 討 断 面	16
(ii) 必要鉄筋量の計算式	17
(iii) 全長筋本数の決定	17
(iv) 補強筋本数の決定	17
(v) 応力度の計算式	20
g. 大ばり配筋量の最小化	20
h. 大ばりの鉄筋の配置パターン	20
i. スターラップの配筋	20
(i) 検 討 断 面	20
(ii) 必要鉄筋量の計算	21
(iii) 鉄筋径とピッチの決定	21
(iv) 配 筋 区 分	21
j. 大ばり施工鉄筋の配筋	21
(i) 検 討 断 面	21
(ii) 必要配筋量の計算式	21
(iii) 配筋本数の決定	21
k. 用心鉄筋の配筋	22
l. 組立鉄筋の配筋	22
(3) 大ばりの鉄筋形状および鉄筋長	22
(4) 鉄筋の継手位置と継手長さ	25
(5) 小ばりの配筋法および鉄筋形状	28
a. 配筋計算を行うはり	28

b. 配筋法の一般的基準	28
c. 小ばりのかぶりと有効基準	28
d. 小ばり下側筋の配筋	28
(i) 検討断面, 配筋量, 配筋領域	28
(ii) 全長筋配筋本数の決定	28
e. スターラップの形状	30
f. 小ばり上側筋の配筋	30
(i) 全長筋本数の決定	30
(ii) 補強筋本数の決定	35
g. スターラップの配筋	35
3.5 床版の断面力計算法	34
(1) 設計対象版の選定	34
(2) 二方向版の設計断面力	34
(3) 一方向版の設計断面力	37

Automatic Design System of Piled Wharf Supperstructure

Kenichiro MINAMI*
Shuji YAMAMOTO**
Koji MOTO***
Toshihiko SHIOZAWA ****

Synopsis

In this paper, we report the automatic design system of piled wharf supperstructure, which carry out the calculation of bar arrangement and makes bar arrangement drawing using computer and automatic drafting machine.

This system has some characteristics as follows that the supperstructure is treated as grillage girder supported elastically by steel pipe pile and that the design section force caused by moving loads is calculated efficiently as a result of many considerations about loading point on slab. We are able to obtain the results in one or two days just putting the design conditions into this system.

-
- * Ex-member of Automatic Design Laboratory, Design Standard Division
 - ** Member of Automatic Design Laboratory, Design Standard Division
 - *** Ex-Chief of Automatic Design Laboratory, Design Standard Division
 - **** Chief of Automatic Design Laboratory, Design Standard Division

さん橋上部工の配筋設計の自動化

南 兼 一 郎*
山 本 修 司**
本 浩 司***
塩 沢 俊 彦****

要 旨

鋼ぐい式さん橋・横さん橋の上部工の配筋設計および配筋図の作成を電子計算機（当所 T O S B A C 5 6 0 0 / 1 6 0 ） および、自動図化機を用いて自動化を行うシステムが完成したので報告する。本システムの特徴は、さん橋上部工をくいで弾性支持された格子げたと考えて、はりの断面力を計算していること、および移動荷重の載荷法を工夫してはりの設計断面力を効率よく求めるようにしたことである。このプログラムを使用すると従来 1～2 か月要していたさん橋上部工の配筋設計が、わずか 1～2 日ででき、大幅な省力化に役立つものと思われる。本報告はシステムの構成、設計方法の詳細、システムの利用法についてまとめたものである。

1. ま え が き

1.1 自 動 設 計

自動設計プログラムの開発を、当研究室の前身である設計基準課が昭和 4 5 年に始めて以来すでに 7 年の年月が経過した。まず自動製図用のサブルーチンの開発から始めて、各種の基本設計プログラム（矢板式係船岸 L 0 0 8 , ケーソン式係船岸, 防波堤 L 0 0 7 , 鋼矢板セル L 0 0 8 , L 形ブロック式係船岸 L 0 0 7 , さん橋, 方塊ブロック式, セルラーブロック式係船岸, 防波堤, L 0 1 5), および配筋設計プログラム（ケーソンの配筋設計 L 0 0 6 , 港資 No. 2 1 6 , L 形ブロックの配筋設計 L 6 0 0), を開発し、共同利用プログラムとして各建設局に提供して、設計の省力化、高精度化に貢献してきた。今回、さん橋の上部工の配筋設計をとり上げ、これを 2 か年計画で作成した。

昨今の港湾工事では、水質汚濁を伴う軟弱地盤に対する地盤の床掘・置換が困難となっており、この心配の全くないさん橋構造に対して需要が高まってきていると考えられる。従来さん橋の設計といえは熟練者でも 1～2 か月を要する仕事で、設計の比較的容易な、矢板、ケーソン等におくれをとってきたが、これを自動化することによりわずか 1～2 日で設計を完了することができ、大

幅な省力化が期待できる。

1.2 自動設計システム開発に伴う問題

自動設計プログラムが、設計者の創意・工夫の自由を奮い、かつその能力を低めるとの指摘がある。確かに、プログラムは、ブラックボックスとなり、途中の過程に対する知識なしに成果を得ることができる点、その危険性はある。しかし、自動設計により設計可能な構造は、標準化された形のみであり、その手順はすでに決められたものである。設計者は、定常的な、設計業務は、計算機に任せ、より困難なより新しい業務にその精力を投入することにすればよい。また、そこで新しく見出された点は、計算プログラムにフィードバックにするようにすれば、これが理想的な姿と考えられる。自動設計システムの開発には多大の資金と労力を投入する必要がありこれに見合う成果は、プログラムの有効利用によってのみ得られるものであろう。

2. さん橋上部工の配筋設計システムの の 大 要

2.1 システム設計の基本方針

(1) プログラムを、設計条計の入力から部材の設計断面力および配筋量の決定までの応力計算部分と、応力計算の結果を読み込んで図化計算を行う部分とに分けるこ

* 前自動設計研究室
** 自動設計研究室
*** 前自動設計研究室長
**** 自動設計研究室長

と。

(2) プログラムの構成は、可能な限りシンプルにすること。

(3) プログラムの構成は、サブルーチンを積上げていく方式をとり、プログラムの仕様の部分的な変更にも即応できるようにしておくこと。

(4) プログラム完成後のメンテナンス作業を容易にするため、プログラムの構成の詳細な説明書を作成すること。

2.2 システム構成およびフロー

システムの構成および処理の流れを図-2.2.1に示す。

2.3 設計対象および範囲

本システムで設計の対象とするのは、はりが直交する、鋼管を用いた直ぐい式（斜ぐい式も一部）横さん橋上部工の配筋設計と配筋図の図化である。具体的には、次のものが得られる。

- i) 床版の配筋設計結果および配筋図
- ii) はりの配筋設計結果および配筋図（大ばり・小ばり）
- iii) くい頭詳細図
- iv) 一般図および標準断面図

斜ぐい式は、最も陸側の一組が斜ぐいとなっている構造のみを対象としている。

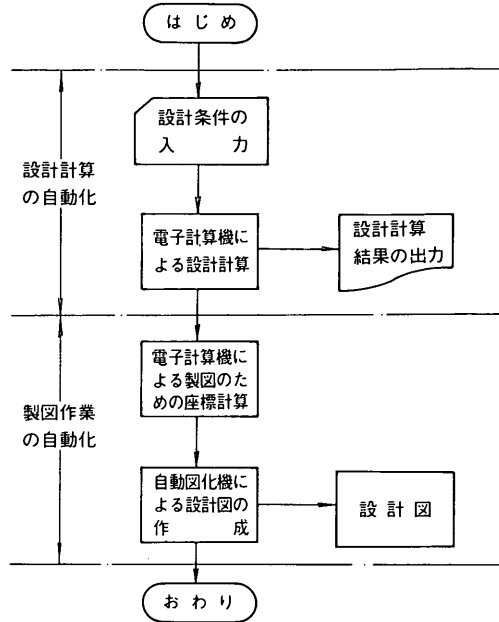
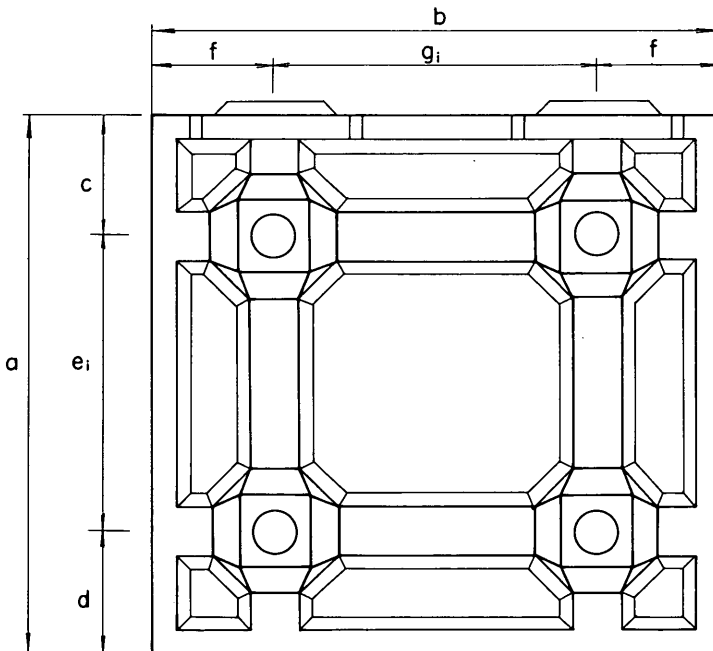


図-2.2.1 自動設計システム

また、使用するくい径は、同一とし肉厚は変えうる。ただし斜ぐい部のみはくい径も変化させうる。



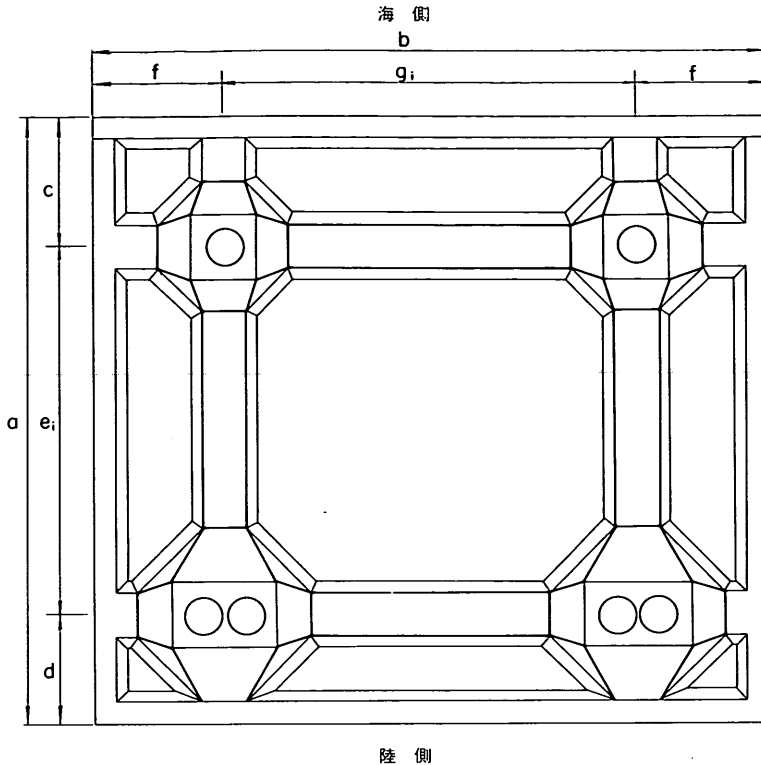
くいの本数の制限

法線方向		法線直角方向
2	×	2
	∩	
6	×	5

入力データ

くいの本数 m, n
 $a, b, c, d, e_i (i=1 \sim m-1)$
 f
 $g_1 = g_2 = \dots = g_{n-1}$

図-2.3.1(1) 上部工の形状（直ぐい部）



斜ぐい部の位置についての制限
斜ぐい部は、最も陸側に、一か所だけ設けることとする。

入力データ

直ぐいか、斜ぐいかのフラグ

a, b, c, d, e_i ($i=1, \sim m-1$)

f

$g_1 = g_2 = \dots = g_{n-1}$

ϕ_i ($i=1, \sim m-1$)

図-2.3.1(2) 上部工の形状(斜ぐい部)

2.4 設計条件

(1) 上部工の形状(上部工の大きさ、はり幅、はり高、床版厚、舗装厚、くい頭の形状、防玄材取付部の形状、渡版受部の形状など)

(2) くい の 諸 元 (径 , 肉 厚 , 自 由 長 , 全 長 , ヤ ン グ 率 , 等)

(3) 土質条件(土の横方向地盤反力係数)

(4) 荷重条件(設度、船舶の接岸、クレーン、トラック(5種類)など)

3. 設計法

3.1 基本方針

(1) 床版の設計は、従来から行われている方法を用いる。すなわち、床版を辺長比により、一方向版または二方向版とし支点は完全固定として、設計曲げモーメントを計算する。移動荷重は、等分布荷重に換算する(吉田徳次郎;鉄筋コンクリート設計法 p.652)。

(2) はりの設計は、くいを弾性支承とする格子げたとして解析し、単鉄筋の配筋を行う。はりの設計に従来か

ら用いられてきた連続ばりによる方法は、鉛直荷重のはりへの分配法や、隣接ばりへの荷重分配の効果が、不明確であった。本プログラムではばね支承上の格子げたとして解析することにより設計の精度を上げようとした。

3.2 設計計算の流れ

設計計算の流れを図-3.2.1に示す。

3.3 はりの設計断面力の計算法

(1) 計算モデル

さん橋上部工を、くいで弾性支持された格子げたと考える。床版上に載荷された鉛直荷重は、付録Bに述べる方法で、各はりに分配しはり上の荷重として扱う。

また、床版上の等分布荷重は、付録Cに述べる方法によって各はり上の等分布荷重として扱う。

格子げたの各節点は、6つの自由度をもつとして解析する。くいは、横方向には、Changの方法による横抵抗をもつばね部材として、軸方向には、押込み、引抜きに対して同じばね定数をもつばね部材としてそれぞれ扱う。また、はりは、床版と一体として作られるので、有効幅を有するT形ばりとして剛度を計算している(コンクリート標準示方書第42条)。ただし、はりのねじ

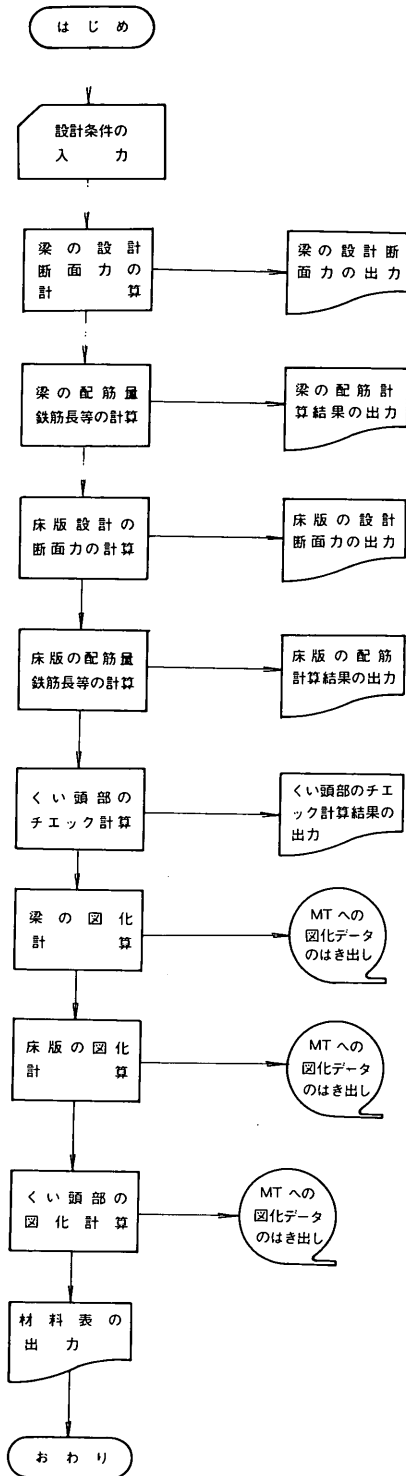


図-3.2.1 設計計算の流れ

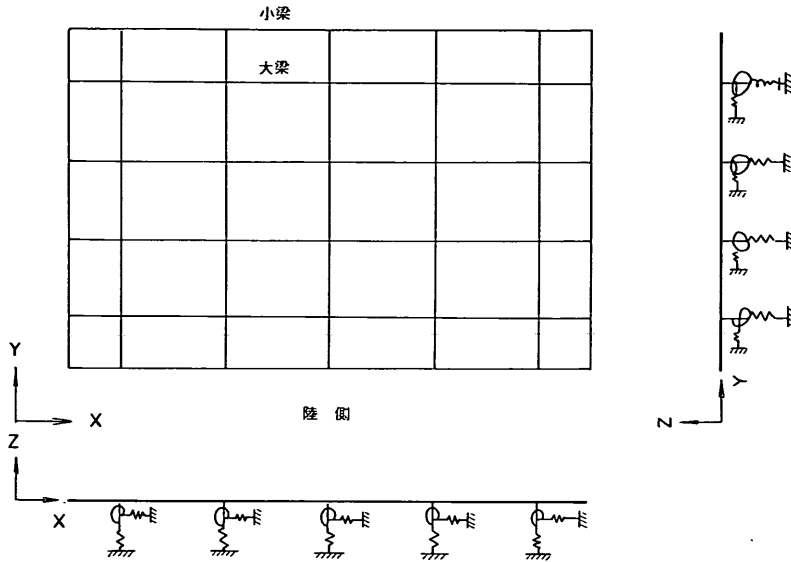


図-3.3.1 はりの計算モデル

れ剛性は、無視している。これは、はりのねじれ中心と、曲げの中心の位置が異なるので正確な解析が困難であることと、これを無視しても計算結果に大きな影響がないことによる。くのねじれ剛性は、偏心荷重による上部工の回転に対する抵抗力としてきいてくるので、考慮した(港湾技研資料 No. 59, p. 41~44)。また、鉛直荷重のみを対象とすれば、節点の自由度は3でよい。しかし、地震力等の水平力によるはりの断面力を求める場合には、自由度は、6必要である。自由度の異なる2つの剛性マトリックスを組立て別個にとくことは、プログラム上煩雑であるし、連立方程式を解くのに要する時間が、全体の計算時間に占る割合も小さいので、本プログラムは、自由度を6として、解析を行っている。

(2) はりの設計外力

はりの設計に用いる外力を、次に示した。

a. 水平荷重

- (i) 上部工に働く地震力
- (ii) 船舶の接岸力
- (iii) クレーンに働く暴風力
- (iv) 流木等の衝突力

b. 鉛直荷重

- (i) 上部工の自重
- (ii) 積載荷重(常時・地震時)
- (iii) 揚圧力
- (iv) 移動荷重(トラック、トレーラ、フォークリ

フト、トラッククレーン)

(V) クレーン荷重(荷役時、地震時、暴風時)

(VI) 渡版荷重

(VII) けい船柱に作用するけん引力

(3) 計算法

構造解析の手法としては、直接剛性法を用いた。その方法の詳細は、付録Aに示してある。ここでは、鉛直荷重の計算を効率よく行うために検討した方法について述べる。移動荷重によってはりに生ずる断面力の最大値、最小値を求める問題は、最適化問題の一種と考えられる。従来の設計では、連続ばりの影響線を用い、設計者が各断面ごとに、荷重の配置を目でみて、決めていた。この方法を含めて、計算機でこれを行う方法は、次の3通りが考えられる。

a. はりの各点に単位荷重 $P = 1$ を作用させ、断面力の影響線を求めファイルにストアしておく。これを用いて、移動荷重に対する断面力を計算する。

b. はりの各節点に単位荷重 $P = 1$ 、 $M_x = 1$ 、 $M_y = 1$ をそれぞれ載荷して、そのときの断面力をファイルにストアしておき、はりの上に単位荷重 $P = 1$ をかけたときの等価節点力を計算し、先程のファイルからの断面力値を重ね合わせるにより影響線を作成し、影響線により部材の断面力値を計算する。

c. はりの各節点に単位荷重 $P = 1$ 、 $M_x = 1$ 、 $M_y = 1$ をそれぞれ載荷して、そのときの断面力値をファイ

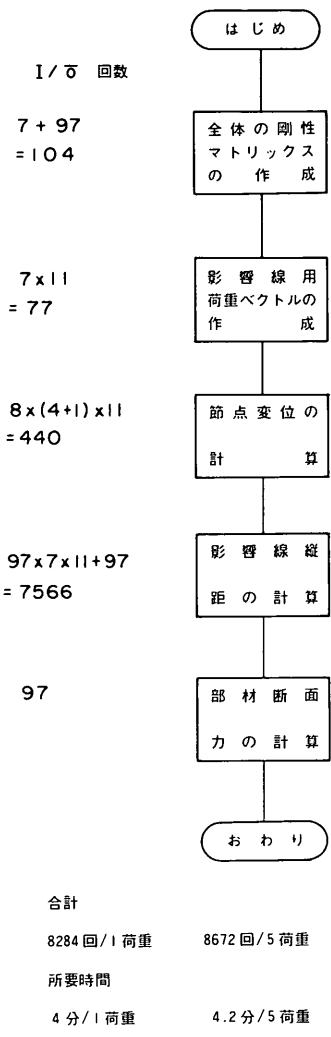


図-3.3.2 影響線を用いる方法 (その1)

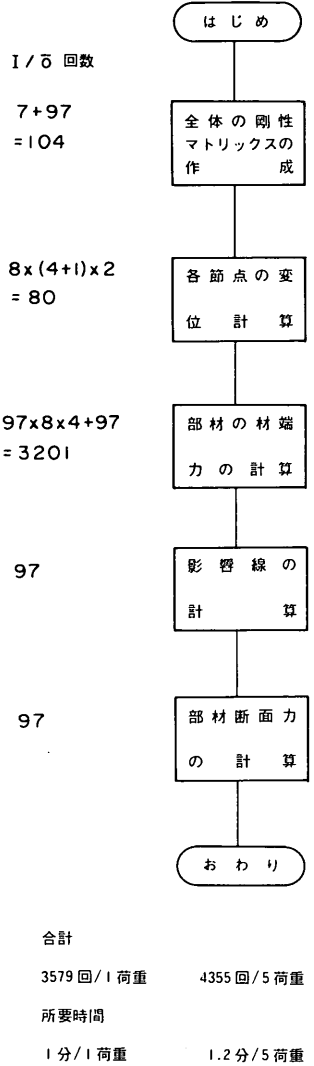


図-3.3.3 影響線を用いる方法 (その2)

ルにストアしておき、はりの上に荷重がのったときの等価節点力ベクトルを計算して、単位荷重に対して計算した断面力値を重ね合わせるにより、断面力を計算する。

方法 a は、ディスクとの I/O タイムが最小となるが、各断面ごとに、移動荷重に対して断面力値を計算するので、計算量は、最大となる。また、一つの輪荷重に対する断面の影響値を計算するのにも多数の判断が必要となる。方法 b は、影響線の計算時間は若干短縮できるが、やはり、計算量は多い。方法 c は、ディスクとの I/O タイムは、多くなるが、移動荷重に対して、輪荷重ベクトルを一度だけ計算しておけば後は、単なるマトリックスの乗算のみで、解が得られるので、計算時間は最小と

なる。

以上の検討より、本プログラムでは、方法 c を用いた。

(4) 設計外力の取扱い

はりの断面力を計算する場合に考慮する荷重の取扱い法を次に示した。

a. 床版の自重

床版の自重は、等分布荷重として扱う。

$$w_s = \gamma_1 t_1 + \gamma_2 t_2 \quad (tf/m^2) \quad (3.3.1)$$

b. はりの自重

はりの自重は、くい頭補強部を無視して、等分布荷重

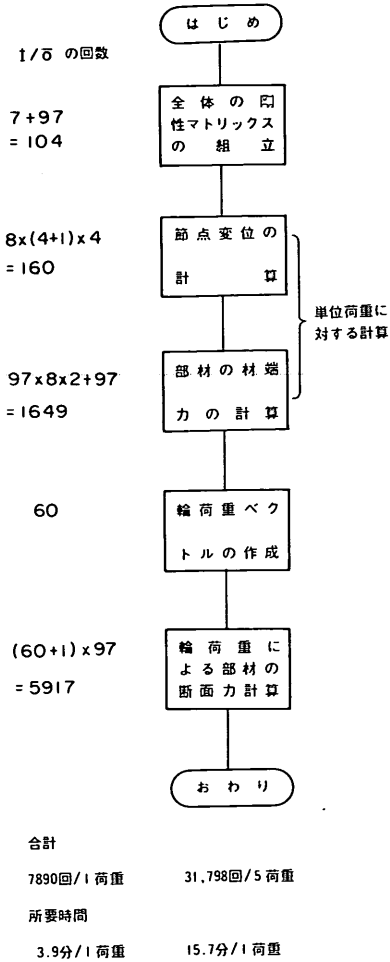


図-3.3.4 単位荷重による部材力を重ね合わせる方法(その3)

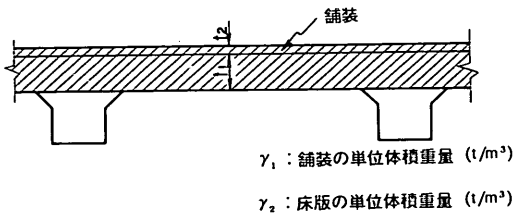


図-3.3.5 床版の自重

として、扱う。

$$(大ばり) \quad w_G = \gamma_2 (b_G h + b_s^2) \quad (tf/m) \quad (3.3.2)$$

$$(小ばり) \quad w_B = \gamma_2 (b_B h + \frac{1}{2} b_s^2) \quad (tf/m) \quad (3.3.3)$$

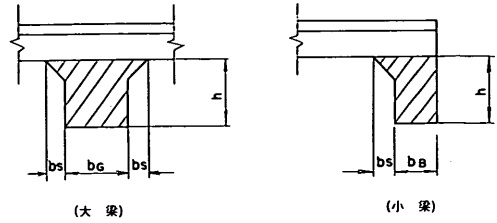


図-3.3.6 はりの自重

- c. 積載荷重
床版上の等分布荷重として扱う。
- d. 移動荷重
床版上(またははり上)の集中荷重として扱う。
- e. 船舶の接岸力
海側小ばりの水平集中荷重として扱う。

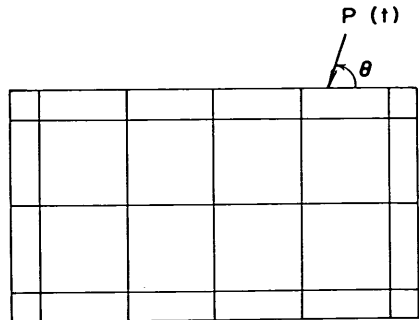


図-3.3.7 船舶の接岸力

- f. 地震力
床版上(またははり上)の水平集中荷重として扱う。
震度と作用方向(法線平行方向のみ又は、法線直角方向を含む)を入力し、自重はプログラム内で計算する。

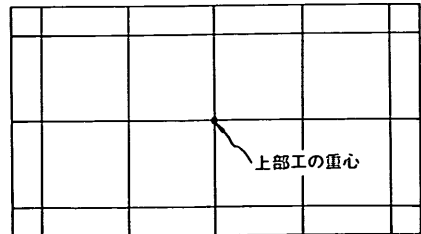


図-3.3.8 地震力

- g. クレーン荷重

入力データで指定するはり上の集中荷重として扱う。
ただし、暴風時、地震時には、水平集中荷重も村加される。

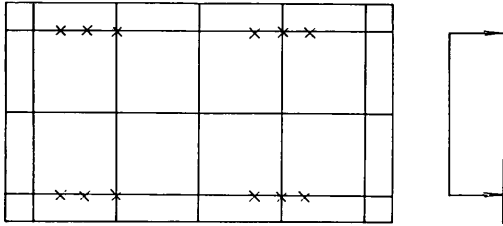


図-3.3.9 クレーン荷重（荷役時）

h. 揚圧力

床版上の等分荷重として扱う。

i. 施工時の一時荷重

（床版+はり）の自重の α 倍（ α は入力データ）を荷重として扱う。

j. けい船柱に作用するけん引力

指定したはりの片持部に働く上向きの力として、そのはりの張出部を片持ばりと考えてその部分の設計用荷重として扱う。

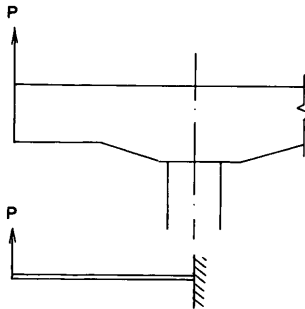


図-3.3.10 船舶のけん引力

k. 渡版荷重

陸側小ばりに作用する等分荷重として扱う。

(5) 移動荷重の載荷法

移動荷重によりはりに生じる断面力の最大値・最小値を求めるのは、複雑な問題である。従来から設計に用いられている方法は、連続ばりの各断面の断面力の影響線を使い、設計者が、適当な荷重配置について2、3の繰返し計算を行って、最大値を求めるものであった。計算

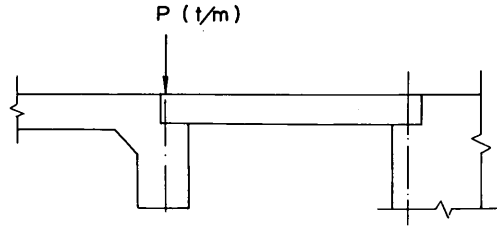


図-3.3.11 渡版荷重

機にこれと同じことをさせることは、不可能であるので、これに代る方法として次のような方法をとった。

あるモデルケースについて、断面力の影響線を作成し、この影響線を見て、断面力の最大値、最小値を与える荷重配置とはりとの相対的な位置関係を、荷重の種類およびはりの種類ごとに整理した。この結果を用い各はりごと、各荷重ごとに、荷重とはりとの相対的な位置関係を決定した。なおこの際、各荷重が互に接触して載荷される場合、単独で載荷される場合、互に離れて載荷される場合についても考慮できるようにした。載荷される荷重の台数も、2台または4台を選択して入力できるようにした。各はり、各断面ごとの載荷法の詳細および、接触載荷については、付録Dを参照されたい。影響線の事例についても、付録Dを参照すること。またこの検討とは別に、各はりについて付録Dの図-D1~D3に示す荷重配置を考え、はりの延長方向に荷重の最大荷重輪および重心位置の最大間隔が50cmを越えないように配置し、一台の荷重による断面力の最大値をそれぞれ決定する。決定された荷重の近傍に、図-D4に示すように荷重を接触して載荷して、第2位の最大・最小断面力を選択した後、この2つの断面力の和をとる。この操作を全ての入力された荷重について行う。最大・最小の断面力を求める場合Y軸方向のはりについては、左側半分についてのみ計算を行う。これは上部工の対称性を考慮してのものである。以上の方法の詳細は、付録Dに譲ることにして、その結果をのべる。断面力の最大を与える荷重配置は、その断面力の最大値を単独で与える荷重または第2位の値を与える荷重を、それぞれ、または互に、同方向に接触させた場合である。これは、端げたのスペンセンターの曲げモーメントの最大値の場合には、すこしずらして載荷した方が大きいという例外はあるが、その差はわずかである。この整理の結果から、本プログラムは、2台の荷重を接触載荷させる場合は、各荷重を並進させることにした。

(6) はりの設計に用いる外力の組合せ

はりの設計に用いる外力の組合せおよびその取扱いを、表-3.3.1に示す。短期荷重による断面力は、その値を1.5で除して長期荷重と比較して取扱う。

表-3.3.1 荷重の組合せ

部材名	荷重の取扱い	荷重の組合せ
梁	長期	① 床版の自重+梁の自重+上載荷重 (+船舶の衝撃力)**
		② * + * + 移動荷重*
	短期	③ * + * + 上載荷重** + 船舶の衝撃力**
		④ * + * + * (異常時) + 地震力
		⑤ * + * + クレーン荷重 + 地震力
		⑥ * + * + クレーン荷重 + 暴風力
		⑦ * + * + 揚圧力
施工時の梁	短期	① (床版の自重+はりの自重) × α
海側小梁	短期	① 流木等の衝突力
張出し梁	長期	① けい船柱荷重

(注) *印：移動荷重は、考えている断面に最大又は最小の断面力を生じる載荷状態に対するものとする。

**印：船舶の衝撃力とそれと組み合される、上載荷重の取扱い、(異常時、異常時)は、入力データである。

(7) はりの設計断面における設計断面力の値

はりの設計断面を、図-3.3.12に示す。ハンチ始点

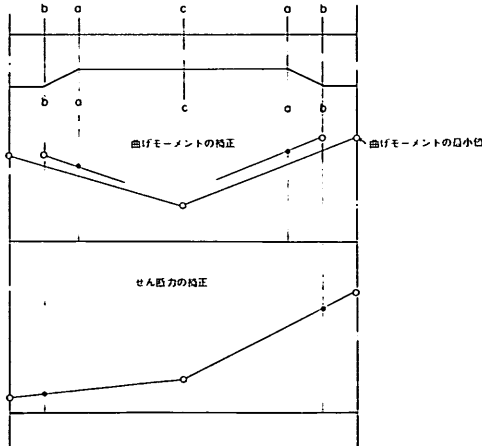


図-3.3.12 設計断面力の計算法

部(a-a)断面での曲げモーメント値ははりの端部および中央部の最大または最小値から、直線補間して求める。検討する断面は、曲げモーメントに対してa-a, b-b, c-c, せん断力に対してb-b, c-cである。

3.4 はりの配筋法

(1) はり番号

はりに図-3.4.1に示すような番号をつける。

(2) 大ばりの配筋法

a. 配筋計算を行うはり

大ばりのすべてについて配筋計算を行うのではなく、法線直角方向、法線平行方向はりの内数種類に対して行う。すなわち配筋計算を行うはりは次のとおり。

- (i) G-1ばり
- (ii) G-2, G-3, G-4ばり
- (iii) G-5ばり
- (iv) G-2, G-3, G-4ばりのうちクレーンが載荷されるはり
- (v) G-6, G-11ばり
- (vi) G-7, G-8, G-9, G-10ばり

ただし、(ii), (vi)の場合は、各はりの同一位置の断面に加わる最大(最小)の断面力で配筋することとする。また、(v), (vi)のはりの海側張出部については、けい船柱荷重によるモーメント、せん断力を考慮している。

b. 配筋法の一般的基本準

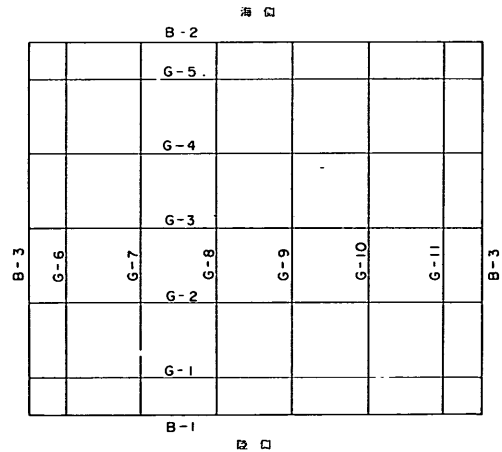


図-3.4.1 はりの番号

大ばりの配筋では、上側筋、下側筋、スターラップ、施工鉄筋について配筋量を決定する必要がある。これ以外の用心鉄筋、組立鉄筋では、鉄筋の本数を決定するのみでよい。配筋量決定に当たって次の基準を用いる。

- (i) 使用鉄筋量が最小となること。
- (ii) なるべく一段配筋となるようにする。
- (iii) 使用鉄筋径は、D16, D19, D22, D25の4種とする。

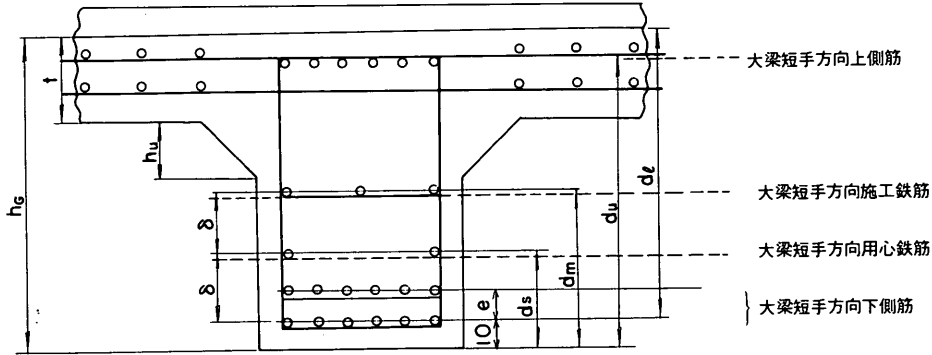
また大ばりの配筋では、上側筋と下側筋を囲んでスタ

ーラップがかかるので上側筋と下側筋を独立して決定することはできない。配筋決定の順序として次の方法を用いる。

- (i) 下側筋を配筋する。
- (ii) スターラップの形状を決定する。
- (iii) 上側筋（全長筋・補強筋）を配筋する。

c. 大ばりのかぶりと有効高さ

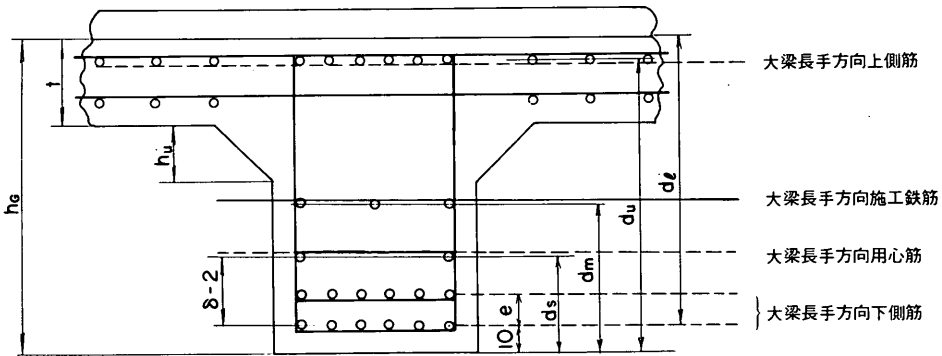
はりの下側筋のかぶりは、最小 8 cm、上側筋のかぶりは、6 cm とする（ただし、ここでいうかぶりの値は、鉄筋の中心軸からの距離とする）。港湾構造物設計基準では、ケーソンの外側筋のかぶりを 7 cm、内側筋のかぶりを 5 cm と規程している（ただしここでいうかぶり



$$h_g - d_l = 10 \text{ cm} \quad h_g - d_u = 10 \text{ cm}$$

$$h_g - t - d_m - h_u = 6 \text{ cm} \quad d_s - \delta = 10 \text{ cm}$$

図-3.4.2(1) 大ばり（長手方向はり）の配筋



$$h_g - d_l = 10 \text{ cm} \quad h_g - d_u = 8 \text{ cm}$$

$$h_g - t - d_m - h_u = 8 \text{ cm} \quad d_s - \delta = 8 \text{ cm}$$

図-3.4.2(2) 大ばり（短手方向はり）の配筋

は、鉄筋の表面からの距離をいう）。D22, D25 を使用した場合、若干かぶりが、不足するが、とくに問題とは、ならないと考える。

d. 大ばり下側筋の配筋

(i) 検討断面

下側鉄筋の配筋量を検討する断面は a, b, d, f, g である。下側筋はくい頭に溶接されるので、1つのス

パンでは、どの断面でも同一配筋量となる。したがって a, b, d, f, g の各断面のモーメントの最大値に対して配筋量を計算すればよい。

(ii) 必要鉄筋量の計算式

大ばりの配筋計算は、長方形ばりとして行う。断面力の方向によっては、床版の有効幅を考慮した T 形ばりとして計算できる場合もあるが、T 形ばりとして計算して

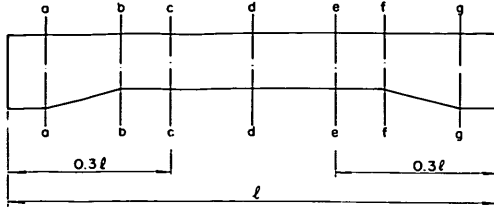


図-3.4.3 配筋量検討断面

も必要鉄筋量は、ほとんど変わらず、コンクリートの応力度が小さくなるだけであるので、本プログラムでは、便宜上、長方形はりとして扱った。

必要鉄筋量の計算式は、次のとおり。ただし弾性係数比は1.5とする。

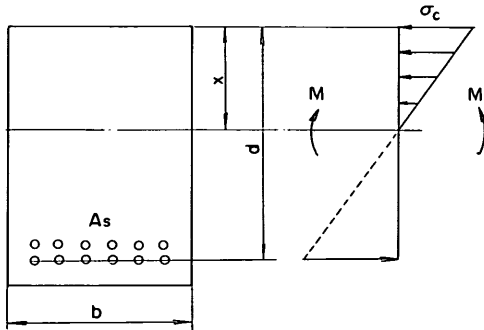


図-3.4.4 必要鉄筋量の計算式

$$A_s = \frac{M}{\sigma_{sa} \left(d - \frac{x}{3}\right)} \quad (3.4.1)$$

ここで

$$x^3 - 3dx^2 - \frac{90 \cdot M}{\sigma_{sa} \cdot b} (x - d) = 0$$

x ; 中立軸からコンクリートの圧縮縁までの距離

d ; 下側筋の有効高さ

M ; 作用モーメント

σ_{sa} ; 鉄筋の許容応力度

b ; はり幅

A_s ; 必要鉄筋量

(iii) 配筋本数の決定

(ii)で求められた必要鉄筋量を一つのはりについて図-3.4.5.に示す。

また使用する鉄筋の径番号と一本当りの断面積を表-

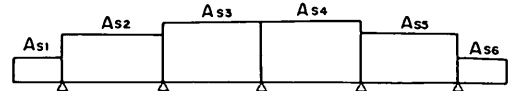


図-3.4.5 はりの必要鉄筋量

表-3.4.1 鉄筋の径番号と断面積

径番号	2	3	4	5
径(mm)	D 16	D 19	D 22	D 25
断面積 (cm ²)	1.986	2.865	3.871	5.067

3.4.1に示す。

たがり幅を b 、鉄筋の最小配筋間隔を d_{min} とする。ただし d_{min} は次式で計算する。

$$d_{min} = \max \left\{ \frac{4}{3} \cdot Q, 3.0 \right\} + D \text{ (cm)} \quad (3.4.2)$$

ここで Q ; 最大粗骨材径

D ; 鉄筋径

一段配筋可能本数は、次式 (3.4.3) で与えられる。

$$n_d = \left\lfloor \frac{b - 2(w + 2)}{d_{min}} \right\rfloor + 1 \quad (3.4.3)$$

ここに w ; 海面側のかぶり

n_d が1.5本以上のときは、 $n_d = 1.5$ 本とする。

[] ; ガウスの記号

このとき $n_d \leq 3$ のときは配筋不能としてメッセージを出す。またはりの最大の鉄筋量に対する配筋本数を n_{max} とするとき式 (3.4.5) を満足したときは、配筋不能とする。

$$n_{max} = \left\lfloor \frac{\max \{A_{si} \mid i=1, \dots, 6\}}{S(j)} \right\rfloor + 1 \quad (3.4.4)$$

$$n_{max} > 2 \cdot n_d \quad (3.4.5)$$

ここに、 $S(j)$; 径番号 j に対する断面積

但し、 $n_{max} \leq 3$ のとき $n_{max} = 4$ とする。

以上により n_1 (一段目の配筋本数) を次のように決定する。

(1) $n_{max} \leq n_d$ のとき

$$n_1 = n_{max}$$

(ロ) $n_{max} - n_d = 1$ 又は 3 のときまたは、 $n_{max} =$ 奇数かつ、 $n_d =$ 偶数かつ、 $n_{max} \leq 2(n_d - 1)$ のとき
 $n_1 = n_d - 1$

(ハ) (イ), (ロ) 以外するとき

$$n_1 = n_d$$

結局、各はりの配筋は、以上の各値を使用して次のように決定される。

$$n = \left\lceil \frac{A_{si}}{S(j)} \right\rceil + 1 \quad (3.4.6)$$

一段目の本数は、 $n \leq n_1$ のとき n 本

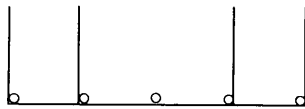
$n > n_1$ のとき n_1 本

二段目の本数は、 $n - n_1$ 本

ただし、 $n - n_1 = 1$ または 3 のときまたは、 $n =$ 奇数かつ $n_1 =$ 偶数のとき

$$n + 1 - n_1 \text{ 本}$$

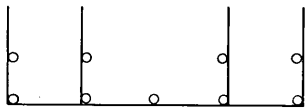
二段目の配筋は、 $n > n_1$ のときのみ配筋される。



$$n_{max} = 5$$

$$n_d = 6$$

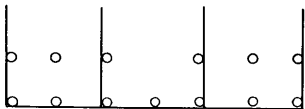
(イ) $n_{max} \leq n_d$ のとき



$$n_{max} = 7 \text{ or } 9$$

$$n_d = 6$$

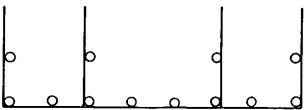
(ロ) $n_{max} - n_d = 1$ 又は 3 のとき



$$n_{max} = 13$$

$$n_d = 8$$

(ハ) $n_{max} =$ 奇数かつ $n_d =$ 偶数
かつ $n_{max} \leq 2 \cdot (n_d - 1)$ のとき



$$n_{max} = 12$$

$$n_d = 8$$

(イ), (ロ), (ハ) 以外のケース

図-3.4.6 下側筋の配筋本数の決定

(iv) 応力度の計算式

下側筋の配筋本数が決定された後、応力度の計算を式(3.4.7) ~ (3.4.9) で行う。

$$x_0 = \frac{15 \cdot A_s'}{b} \left[\sqrt{1 + \frac{2bd}{15A_s'}} - 1 \right] \quad (3.4.7)$$

$$\sigma_c = \frac{2M}{b \cdot x_0 \cdot (d - x_0 / 3)} \quad (3.4.8)$$

$$\sigma_s = \frac{M}{A_s' \cdot (d - x_0 / 3)} \quad (3.4.9)$$

A_s' ; 使用鉄筋量

x_0 ; 中立軸からコンクリート圧縮縁までの距離

σ_c ; コンクリートの曲げ圧縮応力度

σ_s ; 鉄筋の引張応力度

e. スターラップの形状

スターラップは、下側筋の配筋本数によって決定される。

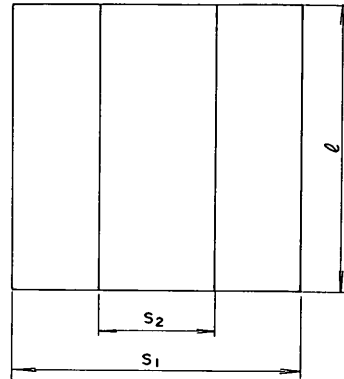


図-3.4.7 スターラップの形状

$$s_1 = b - 2 \cdot w$$

$$s_2 = s_1 - 2 \times \frac{b - 2(w + 2)}{n_1 - 1} \times \left[\frac{n_1 - 1}{3} \right]$$

$$l = h - w - (w' + 2) - \delta$$

$$(3.4.10)$$

ここに、 w' ; 上側のかぶり

δ ; = 0 ; 長手方向大ぶり

= 2 ; 短手方向大ぶり

h ; はりの中央部での高さ

ただし、図-3.4.3 で $a - a \sim b - b$, $f - f \sim g - g$ 区間の l については別項を参照すること。

f. 大ぶり上側筋の配筋

上側筋は全長筋と部分的な補強筋の 2 種類がある。

(i) 検討断面

上側筋の配筋量を検討する断面は、 $a - a$, $b - b$,

$d-d$, $f-f$, $g-g$ である。下側筋の決定とは異なり各断面についての検討が必要である。ただし $a-a$, $b-b$ と $f-f$, $g-g$ の区間は、配筋については、同一領域とし配筋量の大きなものについて検討する。

(ii) 必要鉄筋量の計算式

必要鉄筋量の計算式は、式(3.4.1)を用いる。はりの有効高さは次式(3.4.1.1)を用いる。

$$d = h - (w' + 2.0) - \delta \quad (3.4.1.1)$$

ここに δ ; 2 ; 長手方向大ばり

= 4 ; 短手方向大ばり

ただし断面 $a-a$, $g-g$ については、有効高さは $d + r/3$ を用いる。

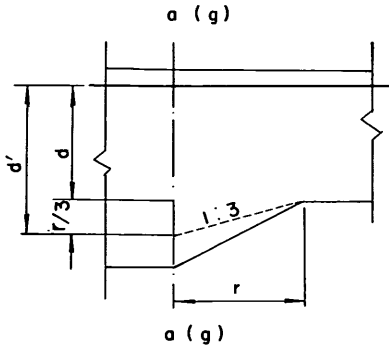


図-3.4.8 $a-a$ (g-g) 断面の上側筋に対する有効高さ

(iii) 全長筋本数の決定

(ii)によって各スパン当り3断面の必要配筋量が計算される。これらのうちで最小の配筋量に対して全長筋の配筋を行う。ただし、全長筋の最小本数は4本とする。

スパン数が5で使用鉄筋径の径番号を j とする時の決定法は次の通りである。

全長筋本数 n は、

$$n = \left\lceil \frac{\text{Min} \{ A_{si} \mid i = 1, 2, \dots, 15 \}}{S(j)} \right\rceil + 1 \quad (3.4.1.2)$$

ただし以下の場合には、配筋不能となる。

(イ) $(d_1 < 2 \cdot d_{\min}$ または、 $n_1 = 6$ または、 $n_1 = 8)$ かつ $n > 2 \cdot n_1$

(ロ) $d_1 \geq 2 \cdot d_{\min}$ かつ $n_1 \neq 6$ かつ $n_1 \leq 8$ かつ $n > 2 \cdot n_1 + 2(n_1 - 1)$

ここで

$$d_1 = \frac{b - 2(w + 2.0)}{n_1 - 1} \quad (3.4.1.2)$$

n_1 ; 下側筋の最大配筋本数

必要鉄筋本数は、 n であるが、スターラップ、配筋パターン等の制約条件により以下の調整を行う必要がある。

(イ) $n = 1$ または 3 の場合

4本を一段目に配筋する。

(ロ) $n \leq n_1$ の場合

1. $n =$ 奇数 かつ $n_1 =$ 偶数のとき、
 $n + 1$ 本を一段目に配筋する。

2. 上記以外の場合
 n を一段目に配筋する。

(ハ) $n > n_1$ かつ $d_1 > 2 \cdot d_{\min}$ かつ $n_1 \leq 8$ かつ $n_1 \neq 6$ の場合

1. $n \leq 2 \cdot n_1 - 1$

n 本を一段目に配筋する。

2. $n - (2n_1 - 1) = 1$ または 3 の場合

$n_1 - 1$ 本を一段目に配筋する。 $n - (2n_1 - 1) + 1$ 本を二段目に配筋する。

3. 1. 2. 以外の場合

$2 \cdot n_1 - 1$ 本を一段目に配筋する。 $n - (2n_1 - 1)$ を二段目に配筋する。

(ニ) $n > n_1$ かつ $(d_1 < 2 \cdot d_{\min}$ または $n_1 = 6$ または $n_1 > 8)$

1. $n - n_1 = 1$ または 3 あるいは、 $n - n_1 =$ 奇数 かつ $n_1 =$ 偶数

n_1 本を一段目に配筋する。 $n - n_1 + 1$ 本を二段目に配筋する。

2. 1. 以外の場合

n_1 本を一段目に配筋する。 $n - n_1$ 本を二段目に配筋する。

(iv) 補強筋本数の決定

(iii)によって全長筋の本数が決定されたのちに、各断面ごとに必要な鉄筋量を満しているかどうか調べ、不足している場合は、補強筋を配筋する。仮に、全長筋の本数が、一段目 n_2 本、二段目 n_3 本であったとして、各断面の必要配筋量が、 A_{si} ($i = 1, 2, \dots, 15$) であった場合について、補強筋の本数決定の手順についてのべる。補強筋には、端部補強、中央部補強、複合補強とあるので、それらを考慮しながら配筋して行く必要がある。補強筋の必要本数 m_i 本は、

$$m_i = \left\lceil \frac{A_{si}}{S(j)} \right\rceil + 1 - (n_2 + n_3) \quad (3.4.1.4)$$

ここで $m_i < 0$ のときは、 $m_i = 0$ とする。

ただし以下の場合には配筋不能とする。

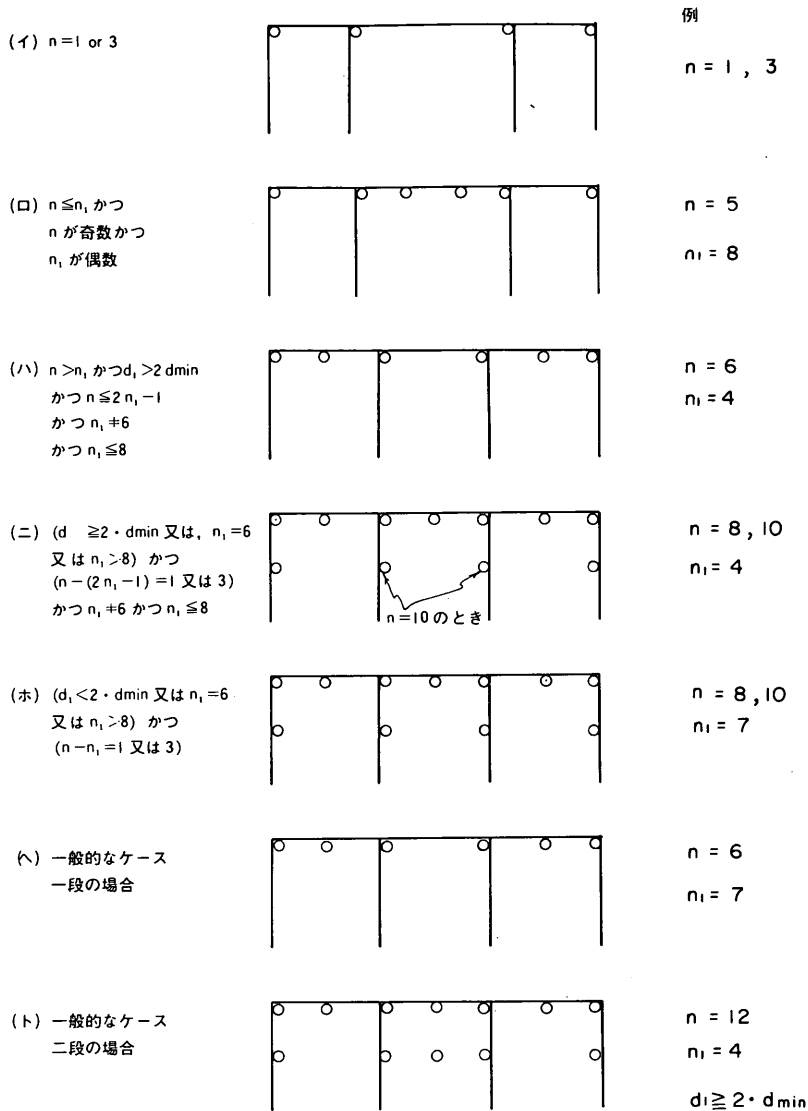


図-3.4.9 大ばり上側筋の配置

- (イ) $(d_1 < 2 \cdot d_{min}$ または $n_1 = 6$ または $n_1 = 8)$ かつ $m_i + n_2 + n_3 > 2 \cdot n_1$
- (ロ) $(d_1 \geq 2 \cdot d_{min}$ かつ $n_1 = 6$ かつ $n_1 \leq 8$ かつ $m_i + n_2 + n_3 > 4 \cdot n_1 - 2$
- (ハ) $m_i + n_2 + n_3 > 30$

端部補強, 中央部補強について配筋を決定したものを表-3.4.2に示す。

表-3.4.2により端部補強, 中央部補強の配筋可能本数への調整を行ったあとで, 複合補強の可能性のチェックを行う。

複合補強となるのは, 以下のケースである。

区間 i に m_i 本, 区間 $i+1$ に m_{i+1} 本の補強筋が配筋された場合, ($m_i < m_{i+1}$)

case - 1 ; m_{i+1} 本の補強筋が一段目のみで収まる場合, または, 二段目のみの場合, すなわち ($n_3 = 0$ かつ $d_1 \geq 2 \cdot d_{min}$ かつ, $m_{i+1} + n_2 \leq 2n_1 - 1$ かつ $n_1 \leq 8$ かつ $n_1 \neq 6$) 又は, ($n_3 = 0$ かつ $m_i + n_2 \leq n_1$), または, $n_3 \neq 0$ の場合

(イ) $m_i = \text{奇数}$ かつ $m_{i+1} = \text{偶数}$

m_i 本を複合補強とし m_{i+1} を 1 本増加させる。

表-3.4.2 端部補強, 中央部補強の配筋本数

全長筋状態	中間配筋	補強筋本数	一本増加させる条件	補強筋の本数	
				一段目	二段目
$n_3=0$	有	$m_i+n_2 \leq 2n_1-1$	$n_2=奇数$ かつ $m_i=奇数$	m_i または m_i+1	0
		$m_i+n_2 > 2n_1-1$	$m_i-(2n_1-1-n_2)=1$ or 3	$2n_1-1-n_2$	$m_i-(2n_1-1-n_2)$ または $m_i-(2n_1-n_2)+2$
	無	$m_i+n_2 \leq n_1$	$m_i=奇数$ かつ $n_1=偶数$ または $n_1=n_2=m_i=奇数$	m_i または m_i+1	0
		$m_i+n_2 > n_1$	$m_i-(n_1-n_2)=1$ or 3 または $n_1=偶数$ かつ $m_i=奇数$	n_1-n_2	$m_i-(n_1-n_2)$ または $m_i-(n_1-n_2)+1$
$n_3 \neq 0$	有		$n_2=m_i=奇数$	0	m_i または m_i+1
	無		$m_i=奇数$ かつ $n_1=偶数$ または $n_1=n_2=m_i=奇数$	0	m_i または m_i+1

(イ) (イ)以外の場合

m_i 本が複合補強となる。

case - 2 ; m_{i+1} 本の補強が2段にわたる場合すなわち, ($n_3=0$ かつ, $d_1 \geq 2 \cdot d_{min}$ かつ $n_1 \neq 6$ かつ $n_1 \leq 8$ かつ $m_{i+1} + n_2 > 2n_1 - 1$) または, ($n_3=0$ かつ ($d_1 < 2 \cdot d_{min}$ または $n_1 = 6$ または $n_1 > 8$) かつ $m_{i+1} + n_2 > n_1$)

(イ) m_i 本の補強が一段のみで収まる場合

m_i 本の複合補強となる。

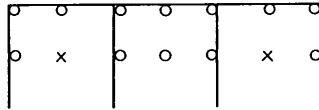
(ロ) m_i 本の補強のうち m'_i 本が, 2段目に配筋される場合

1. $m'_i=奇数$ かつ $m_{i+1} - (m_i - m'_i) = 奇数$
 m_i 本を複合補強とし m_i+1 を一本増加させる。

2. 1.以外

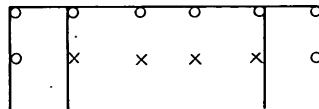
m_i 本が, 複合補強となる。

(イ) $d_1 \geq 2 \cdot d_{min}$ かつ
 $n_2=奇数$ かつ
 $m_i=奇数$ かつ
 $n_1 \leq 8$ かつ
 $n_1 \neq 6$



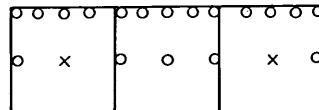
$d_1 \geq 2d_{min}$ $m_i = 1$
 $n_1 = 4$
 $n_2 = 7$
 $n_3 = 5$

(ロ) ($d_1 < 2 \cdot d_{min}$ 又は $n_1 = 6$ 又は
 $n_1 > 8$) かつ
 $m_i=奇数$ かつ $n_1=偶数$



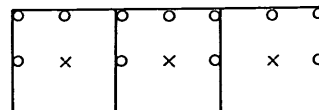
$m_i = 3$
 $n_1 = 6$
 $n_2 = 6$
 $n_3 = 2$

(ハ) ($d_1 < 2 \cdot d_{min}$ 又は $n_1 = 6$ 又は
 $n_1 > 8$) かつ $n_1=奇数$ かつ
 $n_2=奇数$ かつ $m_i=奇数$



$m_i = 1$
 $n_1 = 13$
 $n_2 = 13$
 $n_3 = 5$

(ニ) 一般的ケース



$m_i = 3$
 $n_1 = 7$
 $n_2 = 7$
 $n_3 = 4$

図-3.4.10 $n_3 \neq 0$ のときの補強筋のパターン

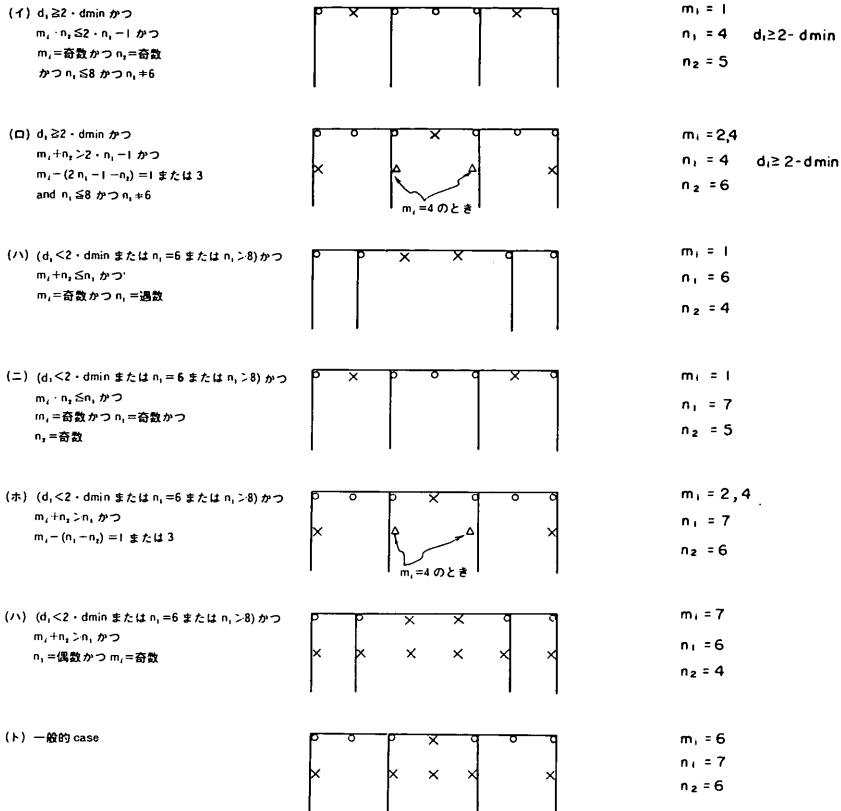


図-3.4.10(2) $n_3 = 0$ のときの補強筋のパターン

(V) 応力度の計算式

上側筋の配筋本数が決定されたのち、応力度の計算を行う。計算式は式(3.4.7)～(3.4.9)を用いる。ただし、計算する断面は、5断面(a-a, b-b, c-c, d-d, e-e, f-f, g-g)となり、有効高さも断面により変化する。

g. 大ばり配筋量の最小化

大ばりの配筋については、上側筋・下側筋の重量の最小化を行った。その方法は、上側筋(全長筋、補強筋)、下側筋の配筋計算を鉄筋径を変化させながら行うことによって選択する方法である。以下に、その手順を示す。

- (i) 下側筋使用鉄筋の径番号を1として以下の処理を行う。
- (ii) 下側筋の配筋を行い、配筋不能のときは、(vi)へ進む。
- (iii) 上側使用鉄筋の径番号を1として以下の処理を行う。
- (iv) 上側筋(全長筋・補強筋)の配筋を行う。

(v) 上側使用鉄筋の径番号を1だけ増し、(iv)へ戻る。すべての径番号について(v)の処理を行い、最小の鉄筋量を与える鉄筋径を選択する。

(vi) 上側筋と下側筋の使用鉄筋量が、最小となる下側使用鉄筋径を選択する。すべての鉄筋径についての処理が完了するまでは、(ii)へ戻って繰返し計算を行う。

(vii) 決定された上側筋と下側筋の鉄筋径により最終の配筋計算を行う。

h. 大ばりの鉄筋の配置のパターン

大ばりの鉄筋の配置のパターンおよび、優先順位を付録Ⅹに載せている。

i. スターラップの配筋

スターラップの形状は、すでに大ばり下側筋の配筋時に決定しているので、ここでは、鉄筋径とピッチの決定を行う。

(i) 検討断面

a-a, c-c, d-d, e-e, g-gの各断面で検討を行う。この時c-c, e-e断面でのせん断力は、a-a, d-dまたは、d-d, g-gの値から線型補間

で求める。またこの検討は、せん断力の最大値について行うので、各断面での最大値および最小値のうち絶対値の大きな方を検討に用いる。

(ii) 必要鉄筋量の計算

必要鉄筋量の計算は、次式(3.4.15)を用いる。

$$\frac{A_v}{s} = \frac{S_v}{\sigma_{sa} \cdot j \cdot d} \quad (3.4.15)$$

ここで S_v ; 設計せん断力

d ; 断面の有効高さ

j ; $j = (d - x/3) / d$

x ; 中立軸からコンクリートの圧縮縁までの距離

$$x = \max \{ x_{0l}, x_{0u} \} \quad (3.4.16)$$

x_{0l} ; 下側筋に対する x

x_{0u} ; 上側筋に対する x

ただし $c-c$, $e-e$ 断面については、中立軸が計算されていないので、 $b-b$, $d-d$ 断面における中立軸

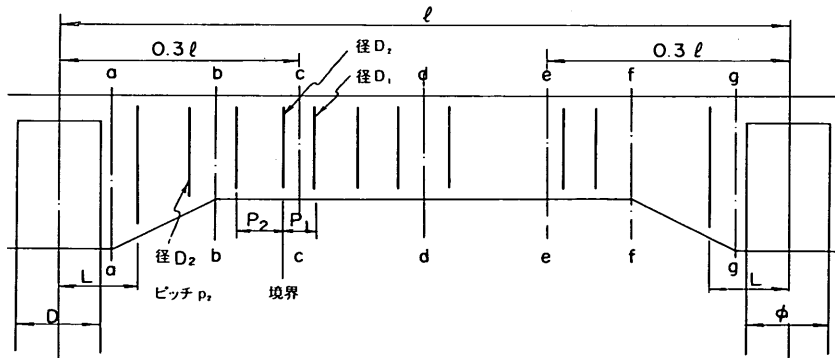
の値を用いる。

(iii) 鉄筋径とピッチの決定

(ii)で計算された A_v/s の値を用いて、次表-3.4.3を用いて決定する。

表-3.4.3 スターラップの配筋 (ダブル)

$P = A_v / s$	鉄筋径	ピッチ
$p \leq 0.1689$	D13	30 cm
$0.1689 < p \leq 0.2534$	D13	20
$0.2534 < p \leq 0.2648$	D16	30
$0.2648 < p \leq 0.3820$	D19	30
$0.3820 < p \leq 0.3972$	D16	20
$0.3972 < p \leq 0.5730$	D19	20



L : スターラップの配筋終端からくい中心までの距離
 $= (\frac{D}{2} + 20.0 + 5.0 + 0.5)$ cm 以下四捨五入

図-3.4.11 スターラップの配筋

(iv) 配筋区分

$c-c$, $e-e$ 断面の径、ピッチが $d-d$ 断面の径、ピッチと一致しない場合、 $d-d$ 断面の A_v/s の方が、小さい場合は、径、ピッチが、一致するもので、 $c-c$, $e-e$ 断面を、10 cm きざみで、 $d-d$ 断面側に移動させて計算し、配筋の区分線を求める。

j. 大ばり施工鉄筋の配筋

施工時に大ばりに加わるモーメントのうち負のモーメントに対し、配筋する。

(i) 検討断面

施工鉄筋の必要鉄筋量を検討する断面は、 $a-a$, b

$-b$, $d-d$, $f-f$, $g-g$ である。大ばり下側筋と同じく、1スパン内では、配筋は、同一であるので、各断面での値のうち、最小のものに対して配筋すればよい。

(ii) 必要鉄筋量の計算式

必要鉄筋量の計算式は、式(3.4.1)を用いる。ただし、有効高さ d は、次式で与えられる。

$$d = h - t - h_a - (w' + 2) - \delta \quad (3.4.17)$$

ここに $\delta = 0$; 長手方向大ばりのとき

$= 2$; 短手方向大ばりのとき

(iii) 配筋本数の決定

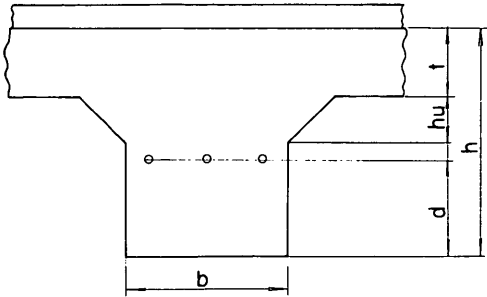


図-3.4.1.2 施工鉄筋の配筋

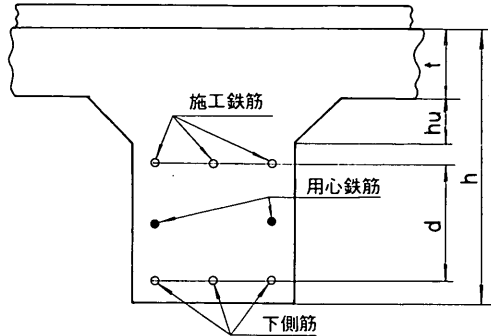


図-3.4.3 用心鉄筋の配筋

(ii)で計算された各スパンにおける必要鉄筋量を用いて大ばりの配筋を行うときの方法を以下に示す。

- (イ) 各スパンの配筋本数は、3本または5本とする。
- (ロ) 使用鉄筋径は、一本のはりでは、同一とする (D13, D19, D22, D25のいずれか)。
- (ハ) 径番号を j とするとき必要本数 n_j を次式 (3.4.18) で計算する。

$$n_j = \left\lceil \frac{A_s}{S(j)} \right\rceil + 1 \quad (3.4.18)$$

ただし $1 \leq n_j \leq 3$ のとき $n = 3$
 $3 < n_j \leq 5$ のとき $n = 5$
 $5 < n_j$ のとき 配筋不能とし、メッセージを出力する。

- (ニ) すべてのスパンについて径番号 j で配筋可能かどうかを調べる。
- (ホ) j を 1~4 まで変化させ、配筋可能なものうち使用鉄筋量が、最小となるものを選択する。
- k. 用心鉄筋の配筋

用心鉄筋の形状は、直ぐい式の場合は、施工鉄筋と同一とする。径は D13 で固定とする。配筋本数 n は、次のようにして決定する。

$$d = h - t - h_u - (w + 2) - w' \quad (3.4.19)$$

$d > 50 \text{ cm}$ のとき

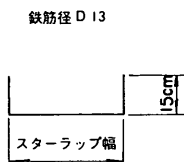


図-3.4.1.4 組立鉄筋の形状

$$n = \left\lceil \frac{d-1}{30} \right\rceil \times 2$$

ピッチ δ は

$$\delta = \frac{d \times 2}{n}$$

1. 組立鉄筋の配筋

組立鉄筋は、施工鉄筋、用心鉄筋、下側筋の第二段、上側筋の第二段を組み立てるための補助鉄筋であり、中間スパン部に4本、張出部に2本配筋する。鉄筋形状は、図-3.4.1.4のとおり。配筋位置は、図-3.4.1.5のとおりとする。ただし、張出部等で、同一スターラップに2本配筋されるような状況になった場合は、1本のみの配筋となるよう調整する。

(3) 大ばりの鉄筋形状および鉄筋長

a. 下側筋の形状

下側筋は、張出部の両サイドの鉄筋のみにフックを付ける。(フック長 20 cm)

b. 下側筋の長さ (直ぐい式さん橋)

下側筋は、1スパン当り最大3種類の鉄筋長を使用す

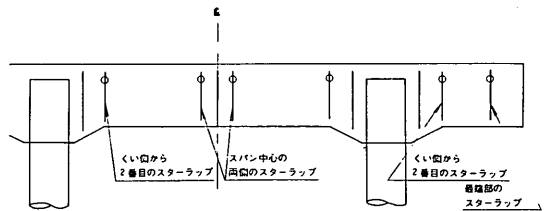


図-3.4.1.5 組立鉄筋の配置

る。鉄筋長として3種類以上が必要となるときは、メッセージを出力し、3種類の中で最長の鉄筋を配筋する。以下に、鉄筋長の決定法について述べる。

- (イ) 配筋本数が奇数本の場合は、 $\delta = 0$
配筋本数が偶数本の場合は、 $\delta = p/2$ (p ; ピッチ)とする。
- (ロ) $x = 0$, 種類数 = 0 とする。
- (ハ) 溶接長を計算する。 ($a = \delta$)
- (ニ) 溶接長が15 cm 以上の時は、(ト)へ進む。
- (ホ) 種類数が、3の場合は、メッセージを出力し(ト)へ進む。
- (ヘ) 鉄筋長を計算し、種類数を1増す。 ($b = \delta$, $x = \text{鉄筋長}$)

(ト) [(配筋本数+1)/2]回になるまで、(ロ)以下を繰返す ($\delta = \delta + p$ とする)。

溶接長の計算式は次のとおり (直ぐいの場合)

$$l_b = x + \sqrt{\left(\frac{\phi}{2} + 20.0\right)^2 - a^2} - \frac{l}{2} \quad (3.4.20)$$

鉄筋長の計算式は次のとおり。

$$y = \frac{l}{2} - \left\{ \sqrt{\left(\frac{\phi}{2}\right)^2 - b^2} + 2 \right\} \quad (3.4.21)$$

ただし、 $b \geq \phi/2$ のときは、 $y = l/2 - 2$

c. 下側筋の長さ(斜ぐい式さん橋)

斜ぐい式さん橋の場合の鉄筋長の計算式は、次のとお

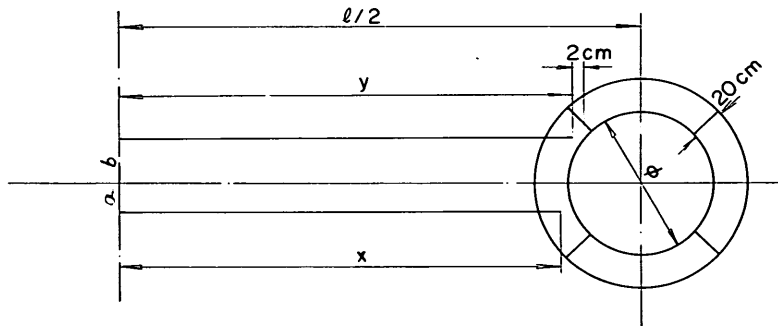


図-3.4.16. 下側筋の長さ(直ぐい)

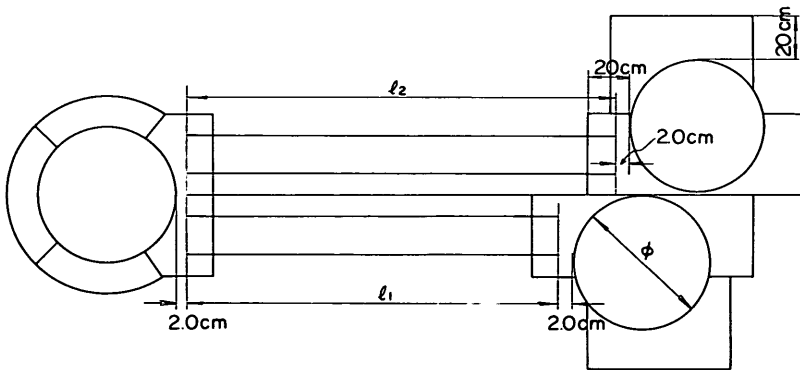


図-3.4.17. 下側筋の長さ(斜ぐい)

り。

$$l_1 = a - \frac{\phi}{2} - 0.02 - h \tan \theta_1 \quad (3.4.22)$$

$$l_2 = a - \frac{\phi}{2} - 0.02 + h \tan \theta_2$$

ただし h ; はりの下端からプレートまでの距離
 θ_1, θ_2 ; 斜ぐいの鉛直軸からの傾き。

d. 上側筋の全長筋の形状

張出部の両端の鉄筋のみフックをつける。フック長の計算式は、次式(3.4.23)で与えられる。

$$l_f = h - (w' + 2) - (w + 2) - \delta \quad (3.4.23)$$

ここで h ; 大ばりのはり高

w, w' ; かぶり

$\delta = 2$; 長手方向大ぶり

$= 0$; 短手方向大ぶり

e. 上側筋の補強筋の形状および長さ

上側筋の補強筋は、端部補強、中央部補強筋に分れる。

(イ) 端部補強筋

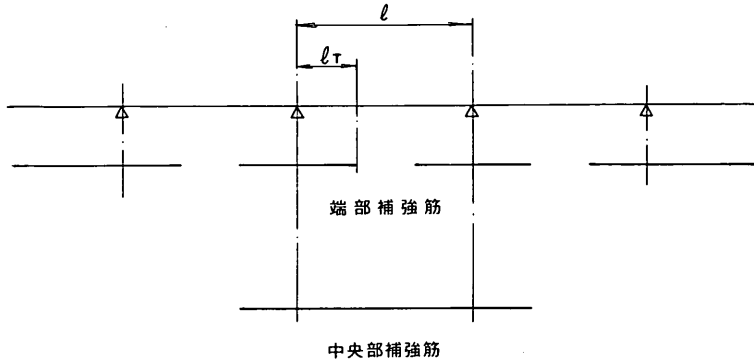


図-3.4.18 補強筋の形状と長さ

図-3.4.18 に示す形状のものを用いる。

(ロ) 中央部補強筋

図-3.4.18 に示す形状のものを用いる。

(ハ) 補強筋の長さ

補強筋の長さは、コンクリート標準示方書 21条(3)によって、計算上曲げ応力度を受ける必要のなくなった点を越えて定着長（はりの有効高さと同スパン長の1/16のいずれか大きい方の長さ）だけをとる。具体的には総鉄筋数と補強筋の本数の比の値を用いて、標準の継手位置 $0.2l$ を短縮する。

$$l_T = 0.2l \times \frac{n_R}{n} + \max \{ d, 1/16 l \} \quad (3.4.24)$$

ここに l_T ; 補強筋の片側の長さ

l ; スパン長

n_R ; 補強筋の本数

n ; 鉄筋の総本数

d ; 有効高さ

f. スターラップの形状および鉄筋長

スターラップの形状を図-3.4.19に示す。ここでスターラップの幅 a mm は、(2)e.で決定されている。スターラップの高さ b mm を、図-3.4.20に示す。スターラップの鉄筋長の計算式を式(3.4.25)に示す。

$$l = \left[\frac{2(a+b) + (3\pi - 8)r + 2c + 5}{10} \right] \times 10 \quad (\text{mm})$$

$$c = \left[\frac{\max \{ 60, 6\phi \} + 5}{10} \right] \times 10 \quad (\text{mm})$$

$$r = 2\phi \quad (3.4.25)$$

ここで l ; スターラップの鉄筋長 (mm)

c ; スターラップの定着長 (mm)

ϕ ; スターラップの鉄筋径 (mm)

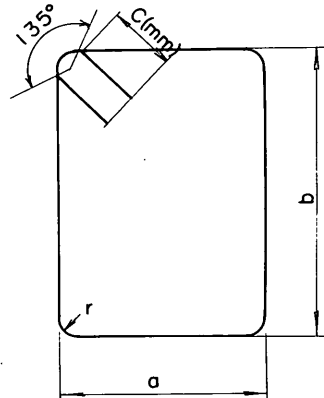


図-3.4.19 スターラップの形状

ただし、 l, c とも1 cm 以下四捨五入とする。

くい頭の近傍でのスターラップの高さ b の計算式を式(3.4.26)に示す。

$x \leq l_0$ のとき

$$b = [h + d - t_1 - 10 + 4 + 0.5]$$

$l_0 < x \leq l_1$ のとき

$$b = [h + d - t_1 - 6 - (x - l_0) \tan \theta + 0.5]$$

$$l_1 < x$$

$$b = [h - t_1 - t_2 + 4 + 0.5] \quad (3.4.26)$$

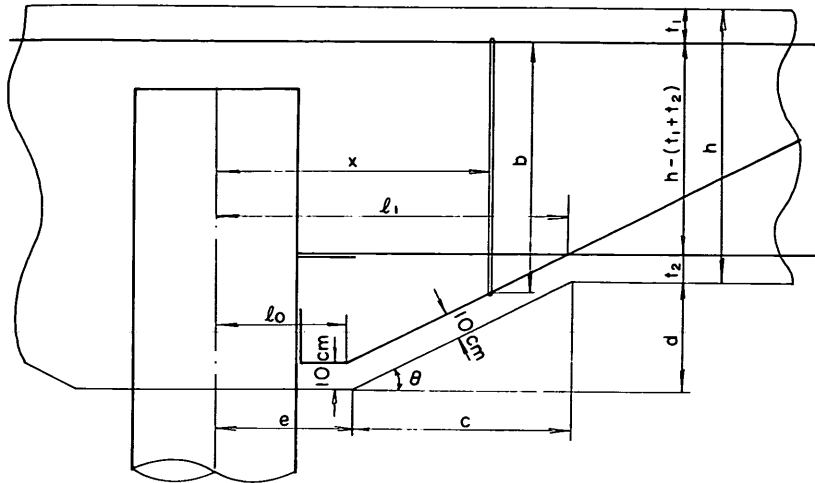


図-3.4.20 スターラップの高さ

ここで

$$l_0 = e - \frac{10 \cdot \sin \theta}{1 + \cos \theta}$$

$$l_1 = l_0 + (d + t_2 - 10) \frac{c}{d}$$

$$\tan \theta = \frac{d}{c}$$

ただし、 b は 1 cm 以下は、四捨五入とする。

g. 施工鉄筋の形状

施工鉄筋の形状を図-3.4.21に示す(直ぐいの場合)。

$$\frac{a}{2} + c - \frac{1}{2} b - x < 10 \text{ cm のとき}$$

$$x = \frac{a}{2} + c - \frac{b}{2} - 10 \text{ cm とする。}$$

上記以外の場合 $x = 2 \cdot d$

ただし x は、1 cm 単位でまるめる。斜ぐい式の場合の形状を図-3.4.22に示す。

h. 用心鉄筋の形状

用心鉄筋の形状は、直ぐい式さん橋の場合は、施工鉄筋と同一とする。斜ぐい式さん橋の場合、法線直角方向大ばりに入る用心鉄筋の形状を、図-3.4.23に示す。

(4) 鉄筋の継手位置と継手長さ

全長筋等で一本の長さが、1.0 m を越えるものについては、継手を設け、最大長を 1.0 m 以下とする。ただし、施工鉄筋については、例外的に、若干 1.0 m を越えるも

のも認めた(鉄筋の市販長の最大は、1.1 m である)。

(i) 継手長

継手は、重ね継手を用いる。継手長の計算式は、次式を用いる。実際の継手長は、この値を 5 cm 単位に切り上げて用いる。

$$l = \frac{\sigma_{sa}}{4 \tau_{0a}} D \quad (3.4.27)$$

ここで σ_{sa} = 鉄筋の許容引張応力度

τ_{0a} = コンクリートの許容付着応力度

D = 鉄筋の公称直径

(ii) 継手位置の決定

継手位置は、交互配筋により、いも継ぎにならないように決定する。また使用鉄筋長は、なるべく市販長になるよう 50 cm 単位にまるめ、継手の数は、最も小くなるようにする。指定されたスパンによっては、交互配筋が不可能となる場合があるので、そのときは、鉄筋の種類を、2種類としても継ぎを避けるようにする。ただし、全長筋のうち両端の鉄筋(フック付き)に対しては、鉄筋の種類は1種類とし、交互配筋でいも継ぎが避けられないときはこれを許容する。

(1) 交互配筋の場合

交互配筋にするための継手位置を決定する方法について述べる。

1) 継手位置として選択してよいものの決定

図-3.4.24に示す継手可能位置を、 x_1, \dots, x_n とする。全長を l とするとき、以下の継手位置を選択可

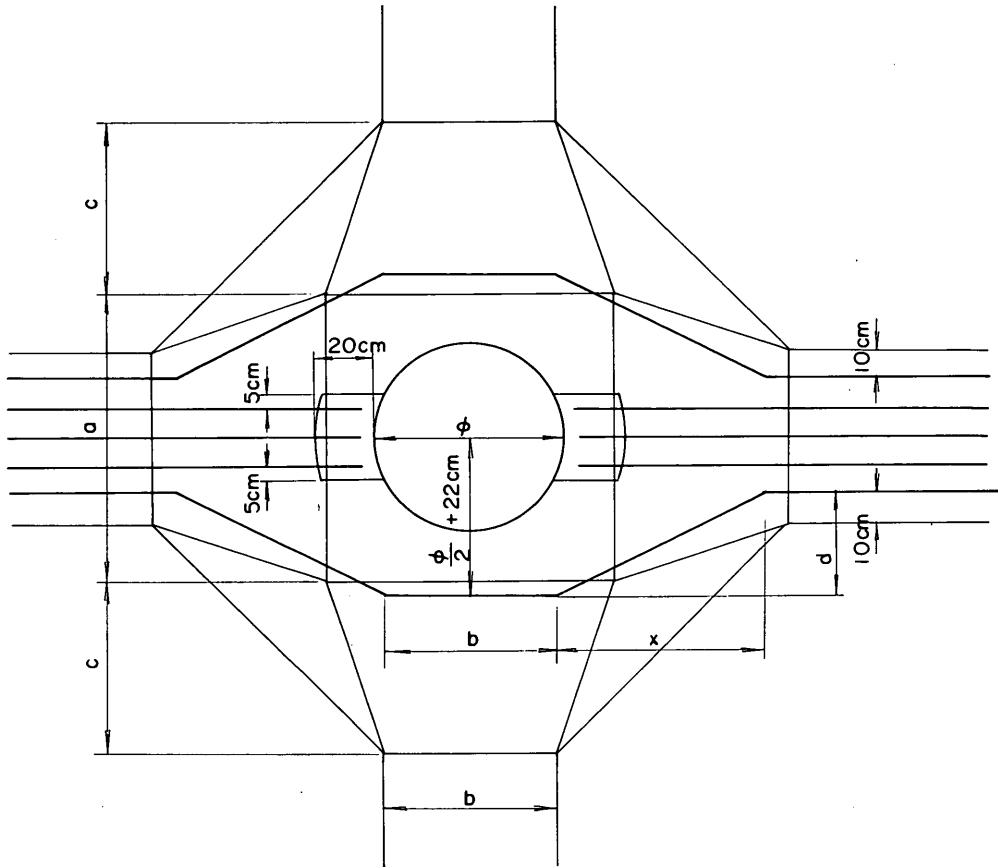


図-3.4.2.1 施工鉄筋の形状

能とする。

$$x_i = l - x_j + \epsilon \quad (-10 \leq \epsilon \leq 10) \quad (3.4.28)$$

式(3.4.28)を満たす x_j が存在するような x_i を残し、式(3.4.29)で示される x_k は取り除く。

$$x_k = l - x_j + \epsilon \quad (j=1, \dots, n) \quad (3.4.29)$$

(ロ) 鉄筋長の計算

1) 左端部

$$y = \left[\left(x_i + \frac{\bar{l}}{2} + 25 \right) / 50 \right] \times 50 \quad (3.4.30)$$

\bar{l} ; 継手長

$i ; 1, 2, \dots$ とし y が10m以内で、最も長いものを探す(以下同じ)。

f cm のフックがある場合

$$y_f = \left[\left(x_i + \frac{\bar{l}}{2} + f + 25 \right) / 50 \right] \times 50 \quad (3.4.31)$$

$i = 1, 2, \dots$ とし y_f が10m以内で最も長いものを探す。

2) 中央部

$$y = \left[\left\{ x_i - \sum_{j=1}^k (y_j - \bar{l}) + \frac{\bar{l}}{2} + 25 \right\} / 50 \right] \times 50 \quad (3.4.32)$$

ここに y_j ; この点までの鉄筋長、 $i = m + 1, \dots$ の中から選択する(n は最後の継手位置の番号)。

f cm のフックがある場合

$$y_f = \left[\left\{ x_i - \sum_{j=1}^k (y_j - \bar{l}) - f + \frac{\bar{l}}{2} + 25 \right\} / 50 \right] \times 50 \quad (3.4.33)$$

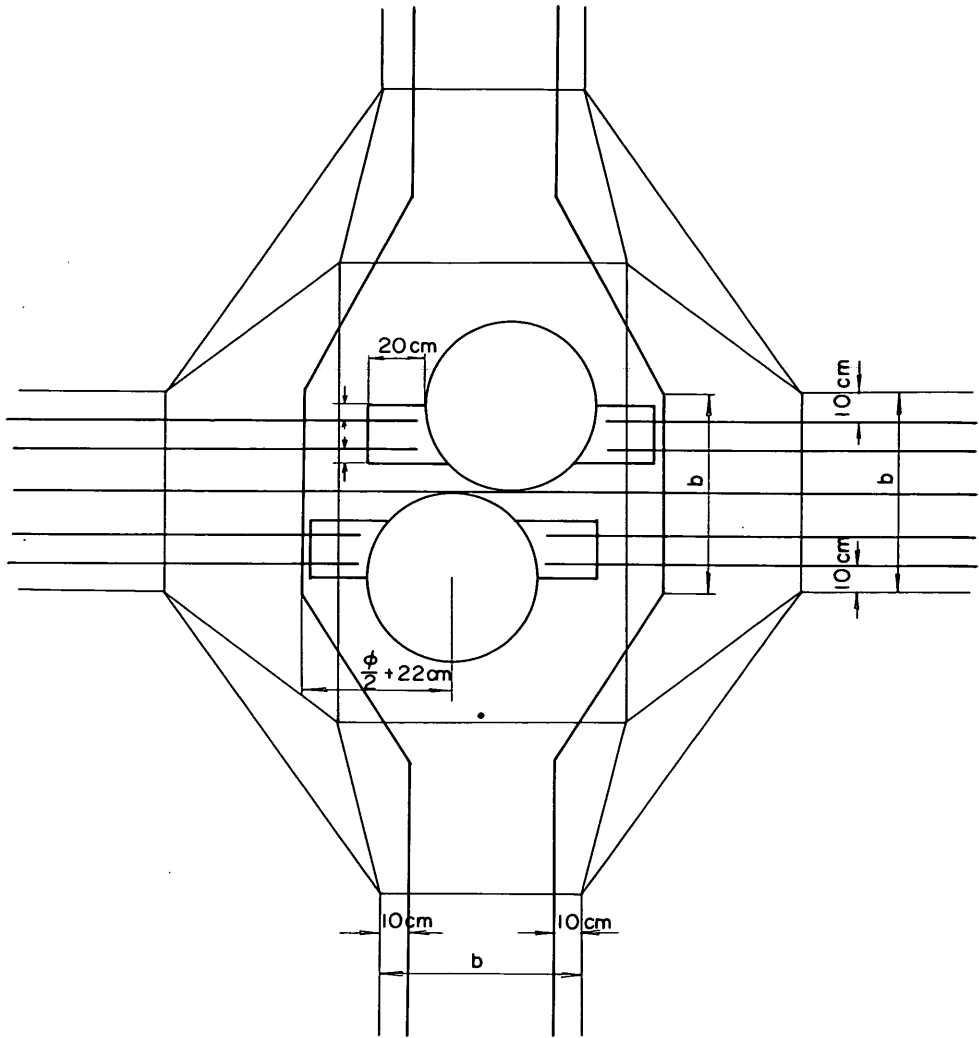


図-3.4.2.2 施工鉄筋の形状 (斜ぐい部)

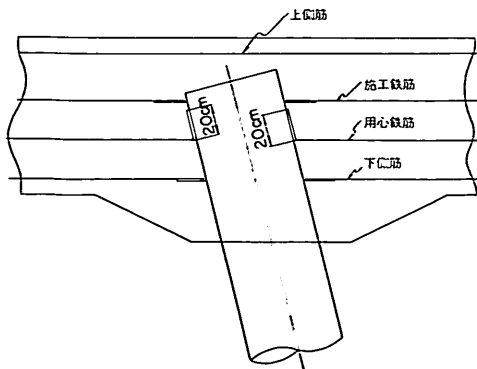


図-3.4.2.3 用心鉄筋の形状 (斜ぐい部)

$i = m + 1, \dots$ の中から選択する。

3) 右端部

$$y = l - \sum_{j=1}^{k'} (y_j - \bar{l}) \quad (3.4.34)$$

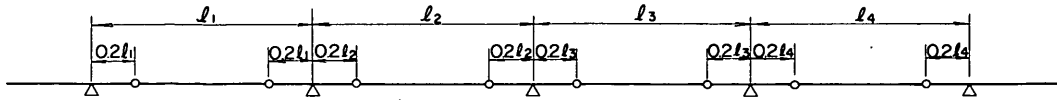
f cm のフックがある場合

$$y_j = l - \sum_{j=1}^{k'} (y_j - \bar{l}) + 2 \cdot f \quad (3.4.35)$$

い) その他

鉄筋長の計算を行う時、 x_i が選択された場合、その対称位置の継手位置をとり除く。これは、交互配筋時のいも継ぎを避けるためである。

(ii) 2種類の継手で配筋する場合



○印；継手可能位置

図-3.4.2.4 継手可能位置

交互配筋で継手位置を選択する事が、できなかった場合は、2種類の鉄筋を考える。

(イ) 継手位置として選択してよい位置の決定

図-3.4.2.4の継手可能位置を x_1, x_2, \dots, x_n とする時、すべての位置を選択可能とする。

(ロ) 鉄筋長の計算

左端部、中央部、右端部とも交互配筋の場合と同様とする。

(ハ) その他

交互配筋の場合、 x_i が選択された場合に、その対称位置を取除いていたが、2種類の配筋を考える場合には、 x_i そのものを取除く。一組の鉄筋が、選択された後、二組目を同様な計算法によって選択していくものとする。

(ニ) 施工鉄筋の継手位置

施工鉄筋の継手位置は、 $0.2l$ の位置を原則とするが、施工鉄筋の傾斜部に継手位置がくるときは、図-3.4.2.5.

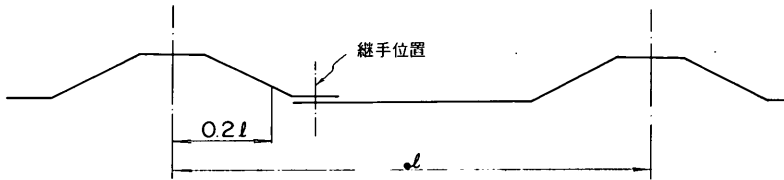


図-3.4.2.5 施工鉄筋の継手位置

に示す位置にずらす。これに伴って、鉄筋長が10mを若干越える場合もある。

(5) 小ばりの配筋法および鉄筋形状

小ばりの配筋法は大ばりの場合とおおむね同様であるので異なる点を中心に説明する。

a. 配筋計算を行うはり

小ばりは海側小ばり、陸側小ばり、側部小ばりの3種類あり、図-3.4.1のB-1、B-2、B-3の各はりについて配筋計算を行う。ただしB-3はりについては両方のはりの同一断面に作用する最大(最小)の断面力で配筋する。

b. 配筋法の一般的基準

小ばりでの配筋量決定の基準は3.4(2)の大ばりと同じである。なお、配筋量の計算は不要であるが、位置、形状等を決定しなければならない鉄筋には次のものがある。

- ・用心鉄筋
 - ・組立鉄筋
 - ・防玄部ハンチ筋
 - ・防玄部補強筋
 - ・防玄部突出スターラップ筋
 - ・陸側小ばりの用心鉄筋
- } 海側小ばり
- } 陸側小ばり

・大型渡版用の用心鉄筋

c. 小ばりのかぶりと有効高さ
はりの下側筋のかぶりは、最小8cm、上側筋のかぶりは6cmである。

d. 小ばり下側筋の配筋

(i) 検討断面、配筋量、配筋領域

下側筋の配筋量を検討する断面はa、c、eである。配筋量の計算式は式(3.4.1)である。配筋領域は(図-3.4.2.8)のとおりである。

(ii) 全長筋配筋本数の決定

大ばりの配筋と同様に中央部のみの補強筋は考えないことにするので中央部の必要配筋本数はその両端の端部の必要配筋本数以下とする。各領域の必要本数は図-3.4.2.9のとおりである。

各領域での必要配筋本数が決定されたのちにその中の最小配筋本数で全長筋を配筋する。全長筋の本数は領域数を k とした場合次式で求まる。

$$n = \min \{ M_i \mid i = 1, \dots, k \} \quad (3.4.3.6)$$

また次の条件が満足された場合は配筋不能となる。

$$n > 2 \cdot n_d \quad (3.4.3.7)$$

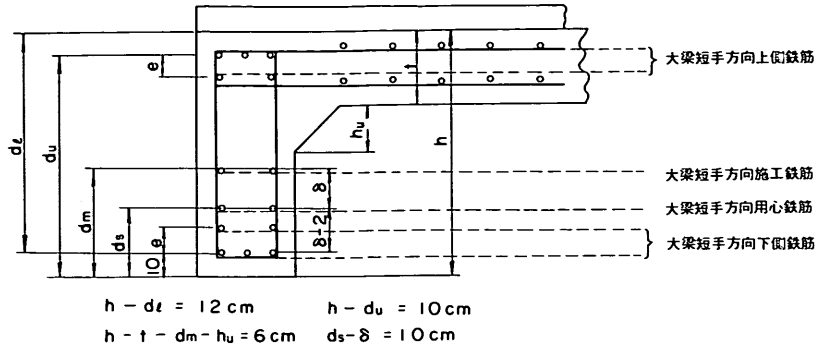


図-3.4.2.6(1) 小ばり（長手方向ばり）の配筋

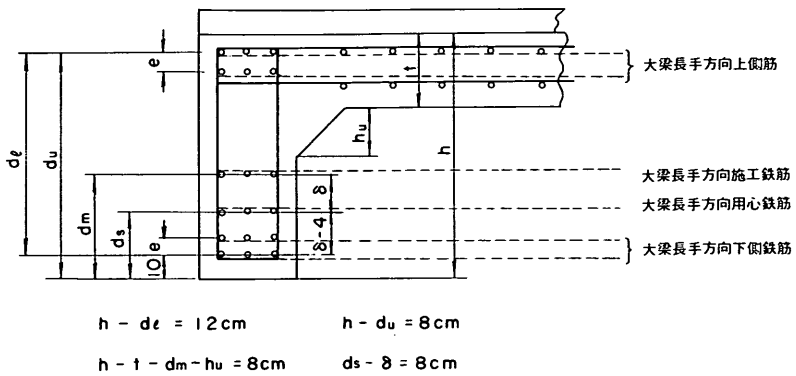


図-3.4.2.6(2) 小ばり（短手方向ばり）の配筋

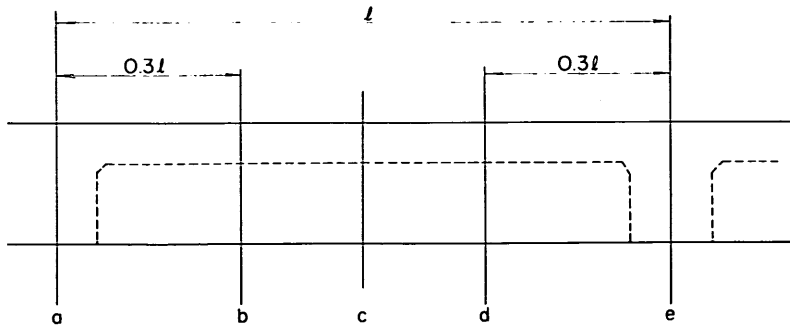
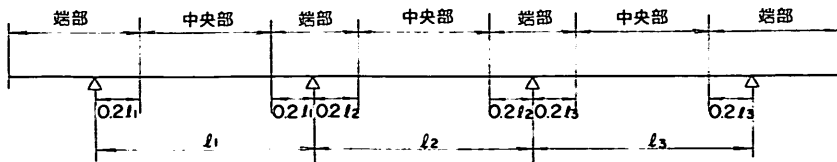
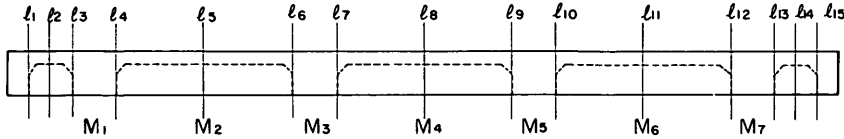


図-3.4.2.7 配筋量の検査断面



△印は大梁との交点を示す

図-3.4.2.8 小ばりの配筋領域



$$M_1 = \max (l_1, l_2, l_3, l_4, l_5)$$

$$M_2 = l_5$$

$$M_3 = \max (l_5, l_6, l_7, l_8)$$

$$M_4 = l_8$$

$$M_5 = \max (l_8, l_9, l_{10}, l_{11})$$

$$M_6 = l_{11}$$

$$M_7 = \max (l_{11}, l_{12}, l_{13}, l_{14}, l_{15})$$

\$l_i\$; 検討断面における必要配筋本数

\$M_i\$; 各領域の必要配筋本数

図-3.4.29 配筋本数の決定

ここに
$$n_d = \left\lceil \frac{b - 2(w + 2)}{d_{\min}} \right\rceil + 1$$

記号については大ばりの項参照

一段目、二段目の配筋本数は次の順序で求める。

(イ) $n \leq n_d$ のとき 一段目 n 本

(ロ) $n > n_d$ のとき

1. $n - n_d = 1$ かつ $n_d \geq 4$ の場合

一段目 $n_d - 1$ 本

二段目 2 本

2. $n =$ 奇数かつ $n_d =$ 偶数かつ $n_d \geq 4$ かつ $n < 2(n_d - 1)$ の場合

一段目 $n_d - 1$ 本

二段目 $n - (n_d - 1)$ 本

3. $n - n_d = 1$ かつ $n_d \leq 3$ または $n =$ 奇数かつ $n_d =$ 偶数かつ $n_d \geq 4$ かつ $n \geq 2(n_d - 1)$ の場合

一段目 n_d 本

二段目 $n - n_d + 1$ 本

4. 1, 2, 3 以外の場合

一段目 n_d 本

二段目 $n - n_d$ 本

以上まとめると図-3.4.30 のようになる。

e. スターラップの形状

スターラップは、原則としてシングルである。しかし小ばり幅が 50 cm 以上であってかつ $n_1 \geq 4$ となった場合はダブルで配筋するものとする。形状は図-3.4.31 のとおりである。

シングルの場合

$$s = b - 2 \cdot w$$

$$l = h - w - w' - \delta$$

$$\delta ; = 2 \text{ 長手方向小ばり}$$

(3.4.38)

= 0 短手方向小ばり

ダブルの場合

$$s_1 = s$$

$$s_2 = s_1 - 2 \times \frac{b - 2 \cdot (w + 2)}{n_1 - 1} \times \left[\frac{n_1 - 1}{3} \right]$$

(3.4.39)

f. 小ばり上側筋の配筋

検討断面、必要鉄筋量の算定は下側筋と同様であるの
ここででは全長筋の配筋本数の決定法について述べる。

(i) 全長筋本数の決定

上側筋の全長筋は一般的には下側筋と独立して決定される。この場合の決定法は下側筋の場合と同様である。しかしスターラップがダブルになった場合には大ばりの場合と同様に下側筋の全長筋本数に依存する。

全長筋の必要配筋本数を n 、一段あたりの最大配筋可能本数を n_1 とするとき次の場合は配筋不能となる。

(イ) $(d_1 < 2 \cdot d_{\min}$ または $n_1 = 6$ または $n_1 > 8$)
かつ $n > 2 \cdot n_1$

(ロ) $(d_1 \leq 2 \cdot d_{\min}$ かつ $n > 2 \cdot n_1 + 2 \cdot (n_1 - 1)$ かつ $n_1 \leq 8$ かつ $n_1 \neq 6$)

$$\text{ここで } d_1 = \frac{b - 2(w + 2)}{n_1 - 1}$$

スターラップ、配筋パターン等の制約条件により以下の調整を行う必要がある。

(イ) $n = 1$ の場合

2 本を一段目に配筋する。

(ロ) $n \leq n_1$ の場合

1. n に奇数かつ $n_1 =$ 偶数のとき

$n + 1$ 本を一段目に配筋する。

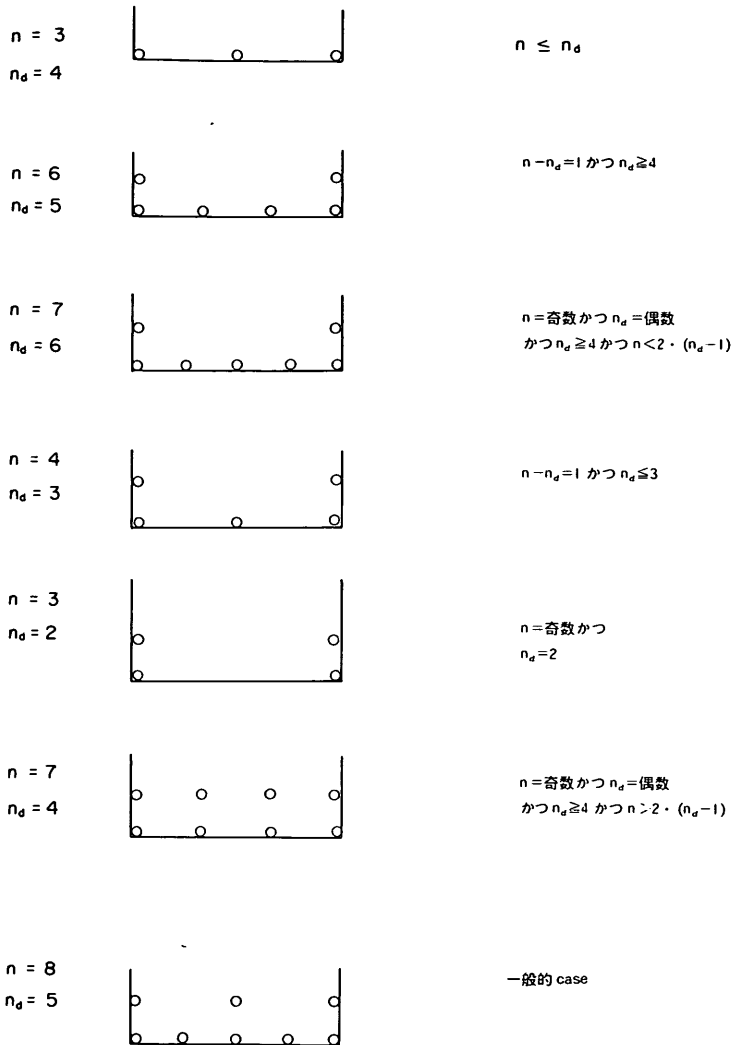


図-3.4.3 0 下側筋の配筋本数の決定

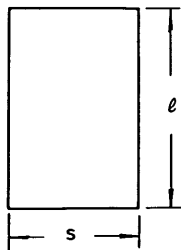


図-3.4.3 1(1) 小ばりのスターラップ(シングル)

2. $n = 3$ かつダブルのスターラップのとき
 $n + 1$ 本を一段目に配筋する。

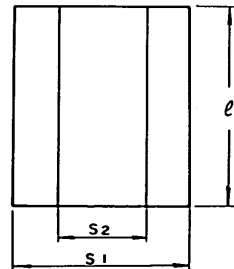
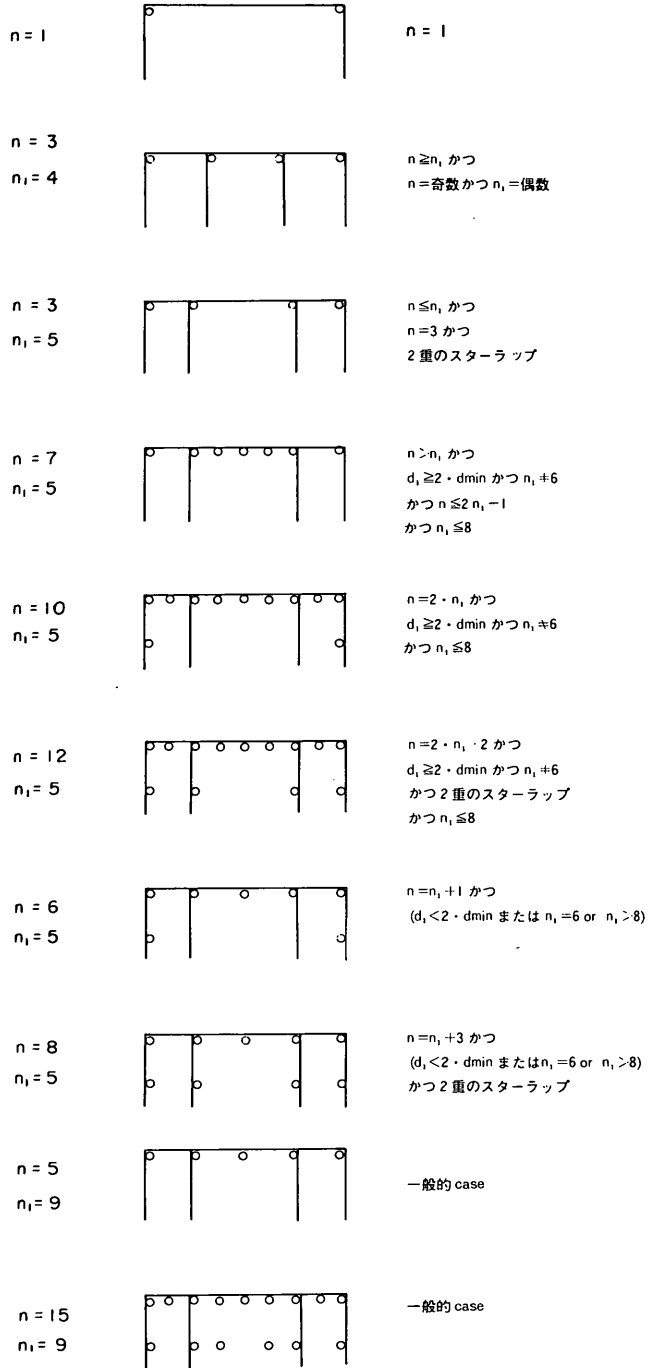


図-3.4.3 1(2) 小ばりのスターラップ(ダブル)

3. 上記以外
 n 本を一段目に配筋する。



図はスターラップがダブルの場合を示しているが、梁幅によってはシングルである。その時は内側のスターラップが取り去られる。

図-3.4.3.2 小ばり上側筋の全長筋の決定

(イ) $n > n_1$ かつ $d_1 \geq 2 \cdot d_{\min}$ かつ $n_1 \neq 6$ かつ $n_1 \leq 8$ の場合

1. $n \leq 2 \cdot n_1 - 1$ のとき
 n 本を一段目に配筋する。
2. $n = 2 \cdot n_1$ のとき
 $2n_1 - 1$ 本を一段目に配筋する。
 2 本を二段目に配筋する。
3. $n = 2 \cdot n_1 + 2$ かつダブルのスターラップの場合
 $2n_1 - 1$ 本を一段目に配筋する。
 4 本を二段目に配筋する。
4. 上記以外の場合
 $2 \cdot n_1 - 1$ 本を一段目に配筋する。 $n - (2 \cdot n_1 - 1)$ 本を二段目に配筋する。

(ニ) $n > n_1$ かつ ($d_1 < 2 \cdot d_{\min}$ または $n_1 = 6$ または $n_1 > 8$) の場合

1. $n = n_1 + 1$ のとき
 n_1 本を一段目に配筋する。 $n - n_1 + 1$ 本を二段目に配筋する。
2. $n = n_1 + 3$ かつダブルのスターラップのとき
 n_1 本を一段目に配筋する。 4 本を二段目に配筋する。
3. 上記以外の場合
 n_1 本を一段目に配筋する。 $n - n_1$ 本を二段目に配筋する。

以上の条件をまとめて図示すると図-3.4.3.2となる。

(ii) 補強筋本数の決定

補強筋の本数の決定法は上側筋、下側筋とも同じなのでまとめて次に述べる。補強筋の必要本数は次式で計算する。

$$m_i = M_i + 1 - (n_1 + n_2) \quad (3.4.4.0)$$

ここで M_i ; i 領域での必要配筋本数

n_1 ; 一段目の全長筋本数

n_2 ; 二段目の全長筋本数

また、次のいずれかの条件を満足する場合は補強不能とする。

(イ) ($d_1 < 2 \cdot d_{\min}$ または $n_1 = 6$ または $n_1 > 8$) かつ $l_i + n_2 > n_1$

(ロ) $d_1 \geq 2 \cdot d_{\min}$ かつ $l_i + n_2 \geq 3 \cdot n_1 - 2$ かつ $n_1 \neq 6$ かつ $n_1 \leq 8$

(ハ) $m_i + n_1 + n_2 > 30$

以上まとめて各領域での補強筋本数の決定方法および配筋パターンを表-3.4.5.および図-3.4.3.3に示す。複合補強の本数決定法および上側筋と下側筋の配筋量の最小化の方法はほとんど大ばりの場合と同様である。

g. スターラップの配筋

小ばりの場合は通常スターラップはシングルなので表-3.4.6.に示す諸量によって径とピッチを決定する。検討断面の移動法、配筋位置の決定法は大ばりに準ずる。

h. その他の鉄筋の配筋

(i) 防玄部補強筋

(イ) ハンチ筋

ハンチ筋は防玄部一か所について2本配筋するものとする。鉄筋径はD13とし形状は図-3.4.3.4.のとおりである。

(ロ) 水平方向の補強筋

鉄筋径はD13とし形状は図-3.4.3.5.のとおりである。

配筋段数は次式で求まる。

$$n = \left[\frac{x+16}{20} \right] \times 2 + 1 \quad (3.4.4.1)$$

(ハ) 突出部スターラップ筋

鉄筋径はD13とし、配筋本数は式(3.4.4.1)で $x \rightarrow y$ として求まる。鉄筋の形状は図-3.4.3.6.の4通りが考えられる。

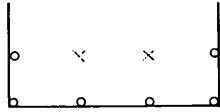
(ニ) 陸側小ばり用心筋

渡版の支承部のきりかき部には図-3.4.3.7.に示す用心筋を配筋する。径はD13で床版の上側全長筋にそわせて配筋する。ただしこの鉄筋を配筋するのは渡版反力が入力されている場合のみである。

表-3.4.5 端部補強、中央部補強の配筋本数

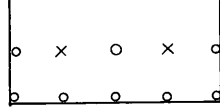
全長筋状態	補強筋本数	一本増加させる条件	一段目配筋	二段目配筋	
$n_2 = 0$	有	$l_i \leq n_1 - 1$	$n_1 = \text{奇数}$ かつ $l_i = \text{奇数}$	l_i または $l_i + 1$	0
		$l_i > n_1 - 1$	$l_i - (n_1 - 1) = 1$ または 3	$n_1 - 1$	$l_i - (n_1 - 1)$ または $l_i - (n_1 - 1) + 1$
	無		$l_i = \text{奇数}$ かつ $n_1 = \text{偶数}$	0	l_i または $l_i + 1$
$n_2 \neq 0$			$l_i = \text{奇数}$ かつ $n_1 = \text{偶数}$ または $n_1 = n_2 = l_i = \text{奇数}$		l_i または $l_i + 1$

$m_1 = 1$
 $n_1 = 4$
 $n_2 = 2$



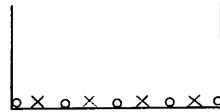
$m_1 = \text{奇数かつ } n_1 = \text{偶数}$

$m_1 = 1$
 $n_1 = 5$
 $n_2 = 3$



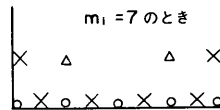
$n_1 = \text{奇数かつ } n_2 = \text{奇数}$
 かつ $\ell_1 = \text{奇数}$

$m_1 = 3$
 $n_1 = 5$



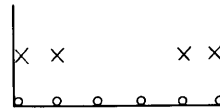
$d_1 \geq 2 \cdot d_{min}$ かつ
 $\ell_1 \leq n_1 - 1$ かつ
 $n_1 = \text{奇数かつ } \ell_1 = \text{奇数}$
 かつ $n_1 \leq 8$ かつ $n_1 \neq 6$

$m_1 = 5, 7$
 $n_1 = 5$



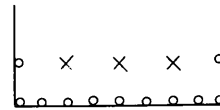
$d_1 \geq 2 \cdot d_{min}$ かつ
 $m_1 > n_1 - 1$ かつ
 $m_1 - (n_1 - 1) = 1 \text{ or } 3$
 かつ $n_1 \leq 8$ かつ $n_1 \neq 6$

$m_1 = 3$
 $n_1 = 6$



$(d_1 < 2 \cdot d_{min} \text{ または } n_1 = 6 \text{ or } n_1 > 8)$
 かつ
 $m_1 = \text{奇数かつ}$
 $n_1 = \text{偶数}$

$m_1 = 3$
 $n_1 = 9$
 $n_2 = 2$



一般的 case

図-3.4.3.3 補強筋本数の決定

表-3.4.6. スターラップの配筋 (シングル)

A_v/s	径	ピッチ
$A_v/s \leq 0.0842$	13 [mm]	30 [cm]
$A_v/s \leq 0.1267$	13	20
$A_v/s \leq 0.1324$	16	30
$A_v/s \leq 0.1910$	19	30
$A_v/s \leq 0.1986$	16	20
$A_v/s \leq 0.2865$	19	20

$A_v/s > 0.2865$ の場合はメッセージを出力する事とする。

3.5 床版の設計断面力計算法

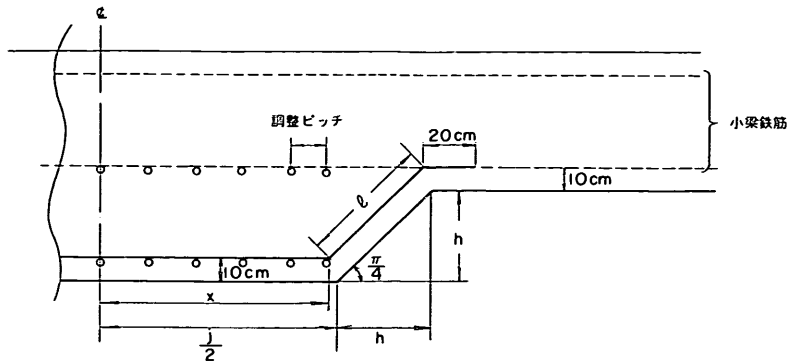
(1) 設計対象版の選定

床版に図-3.5.1に示す番号をつける。設計の対象とする床版は、法線平行方向の支間長が等しいことから床版番号 1~12 (最大) をとる。

床版の辺長比 $\lambda = l_y / l_x$ が、0.4より小さいか2.5より大きい場合は一方向版、それ以外は、二方向版として扱う。

(2) 二方向版の設計断面力

二方向版は、四辺固定版として解析する。設計断面力は、曲げモーメントのみとし、せん断に対する計算は、行わない。等分布荷重に対する曲げモーメントの計算は、



$$x = \left[\frac{j}{2} - 10 \cdot \frac{1}{1 + \sqrt{2}} \right] \text{ cm 以下切り捨て}$$

$$l = \left[\sqrt{2} h + 0.5 \right] \text{ cm 以下四捨五入}$$

図-3.4.34 防玄部補強筋形状

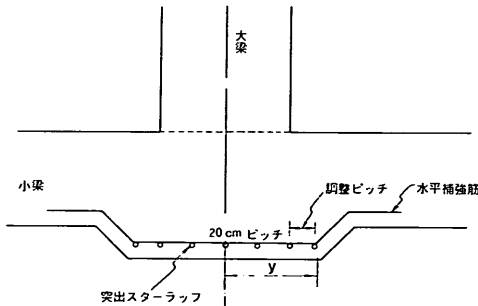


図-3.4.35(1) 防玄部水平補強筋

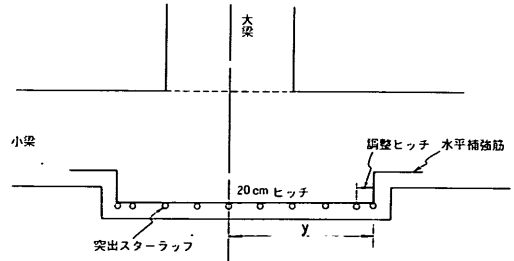


図-3.4.36(2) 防玄部水平補強筋

版の数表(付録F)を用いる。辺長比 λ が、この表にないときは、それをささむ2つの数表の値から直線補間を行って求める。移動荷重等の集中荷重は、式(3.5.1)を用いて等分布荷重に換算する(図-3.5.2)。

$$w_1 = \frac{2(P_i + P_j)}{(0.5L_1 + 0.25L_2)C} \quad (3.5.1)$$

ここで P_i, P_j ; 集中荷重

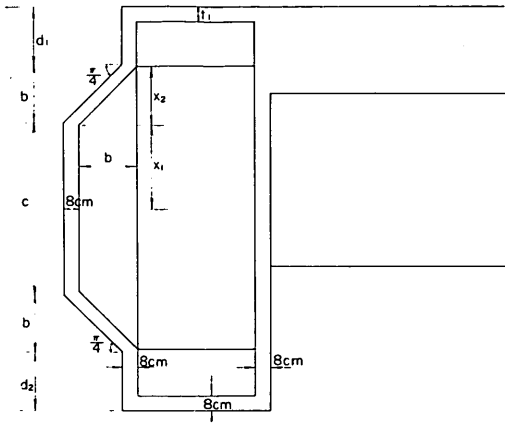
L_1 ; 床版の長手方向スパン

L_2 ; 床版の短手方向スパン

C ; 車体幅

w_1 ; 換算等分布荷重

ただし、移動荷重等が、床版上に乗っているかどうかは、図-3.5.3に示すように、荷重が床版の純スパン内にあるかどうかで判断する。車輪が多いときは純スパン内にのっている荷重について、式(3.5.1)を用い

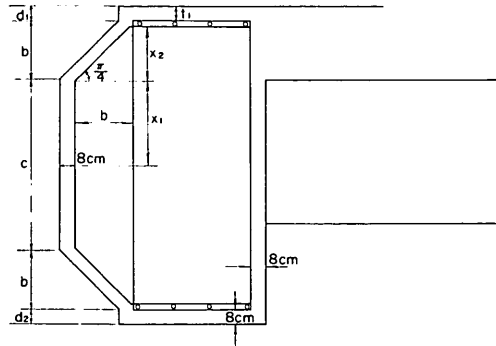


$$x_1 = \left[\frac{c}{2} - 8 - \frac{l_1}{1 + \sqrt{2}} \right] \quad \text{cm 以下切り捨て}$$

$$x_2 = b$$

$$\text{Case 1} \quad \begin{cases} \frac{c}{2} + b + d_1 > x_1 + x_2 + l_1 + 4 \\ \frac{c}{2} + b + d_2 > x_1 + x_2 + 8 + 4 \end{cases}$$

図-3.4.36(1) 突出部スターラップの形状

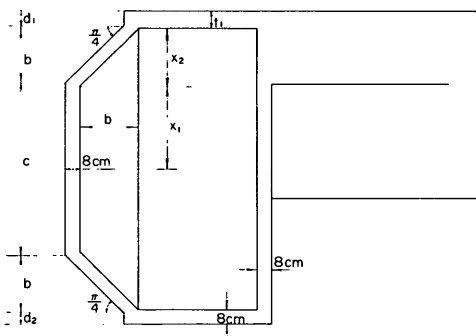


$$x_1 = \left[\frac{c}{2} - 8 - \frac{l_1}{1 + \sqrt{2}} \right] \quad \text{cm 以下切り捨て}$$

$$x_2 = \left[\frac{c}{2} + b + d_1 - x_1 - l_1 - 4 \right] \quad \text{cm 以下切り捨て}$$

$$\text{Case 2} \quad \begin{cases} \frac{c}{2} + b + d_1 - l_1 - 4 \leq x_1 + b < \frac{c}{2} + b + d_1 - l_1 \\ \frac{c}{2} + b + d_2 - 8 - 4 \leq x_1 + b < \frac{c}{2} + b + d_2 - 8 \end{cases}$$

図-3.4.36(2) 突出部スターラップの形状

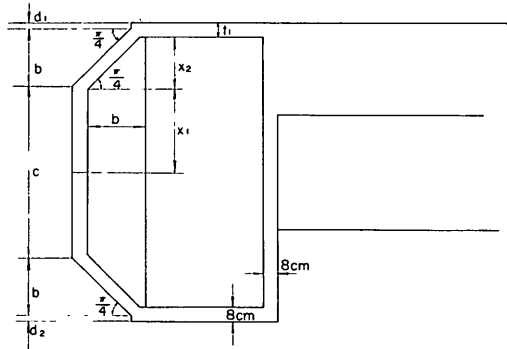


$$x_1 = \left[\frac{c}{2} - 8 - \frac{l_1}{1 + \sqrt{2}} \right] \quad \text{cm 以下切り捨て}$$

$$x_2 = b$$

$$\text{Case 3} \quad \begin{cases} \frac{c}{2} + b + d_1 - l_1 = x_1 + b \\ \frac{c}{2} + b + d_2 - 8 = x_1 + b \end{cases}$$

図-3.4.36(3) 突出部スターラップの形状

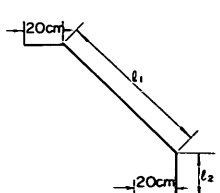
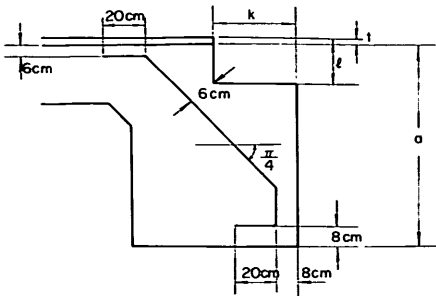


$$x_1 = \left[\frac{c}{2} - 8 - \frac{l_1}{1 + \sqrt{2}} \right] \quad \text{cm 以下切り捨て}$$

$$x_2 = \left[\frac{c}{2} + b + d_1 - x_1 - l_1 + 0.5 \right] \quad \text{cm 以下四捨五入}$$

$$\text{Case 4} \quad \begin{cases} \frac{c}{2} + b + d_1 - l_1 < x_1 + b \\ \frac{c}{2} + b + d_2 - 8 < x_1 + b \end{cases}$$

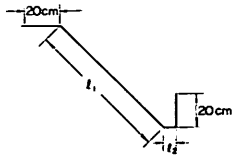
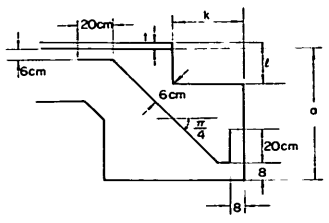
図-3.4.36(4) 突出部スターラップの形状



$w = 8$
 $w' = 6 + 8$
 $\delta = \begin{cases} 0 & \text{短手方向小梁} \\ 2 & \text{長手方向小梁} \end{cases}$

$l_1 = [\sqrt{2} \cdot \{l + k - t + (\sqrt{2} - 1) \cdot w' - w\} + 0.5] \text{ (cm)}$
 $l_2 = [a - w - w' - \{l + k - t + (\sqrt{2} - 1) \cdot w' - w\} - 2.0 + 0.5]$

図-3.4.37(1) 陸側小はり用心鉄筋形状(その1)



$w = 8$
 $w' = 6 + 8$
 $\delta = \begin{cases} 0 & \text{短手方向小梁} \\ 2 & \text{長手方向小梁} \end{cases}$

$l_1 = [\sqrt{2} \cdot (a - w - w' - 2.0) + 0.5] \text{ (cm)}$
 $l_2 = [k + (l - t) + w' \cdot \sqrt{2} - a + 0.5] \text{ (cm)}$

図-3.4.37(2) 陸側小はり用心鉄筋形状(その2)

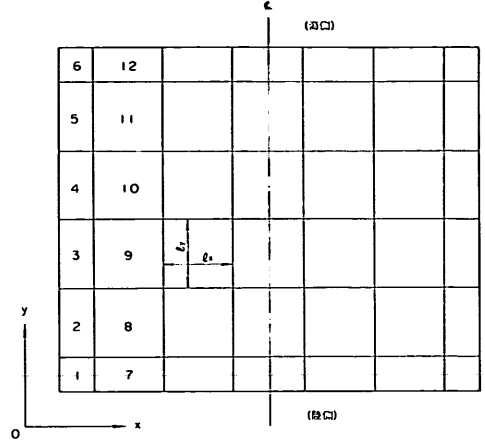


図-3.5.1 設計対象版の選択

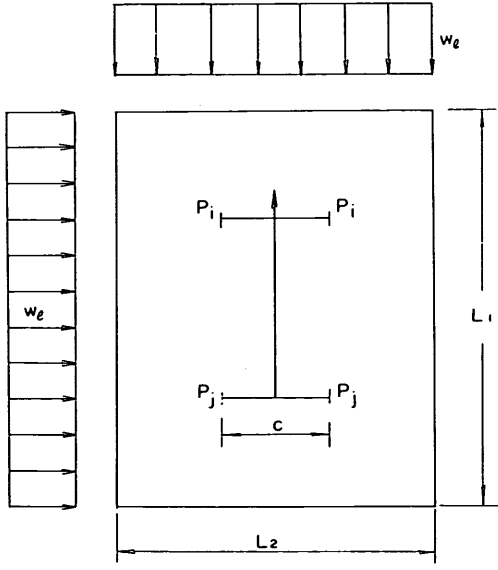


図-3.5.2 換算等分布荷重強度

る。
 (3) 一方向版の設計断面力
 一方向版の設計外力は、輪荷重(図-3.5.4)である。一方向版の曲げモーメント計算式は、式(3.5.2)で与えられる。
 床版中央部

$$M_c = \frac{q l_w}{24 l} (6 a l + l_w^2)$$

床版端部

$$M_e = \frac{-q l_w}{24 l} (3 l^2 - l_w^2) \quad (3.5.2)$$

$$q = \frac{P}{l_1 \cdot l_2}$$

いて曲げモーメントを計算し大きい方をとる。

$$l_w = l_1 + \frac{t_1}{2} + t_2 \quad (3.5.3)$$

$$l_w = l_2 + \frac{t_1}{2} + t_2$$

梁幅の1/2

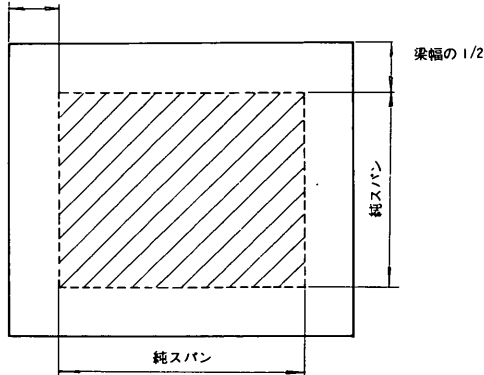


図-3.5.3 移動荷重の荷重可能領域

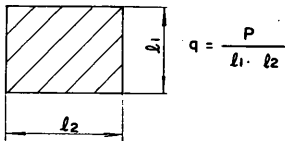


図-3.5.4 輪荷重

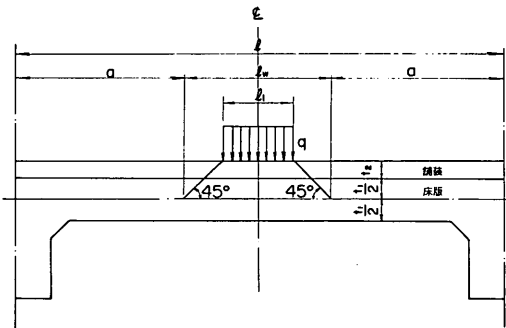


図-3.5.5 一方向版の設計外力

ここに P ; 輪荷重

l_1, l_2 ; 輪荷重の荷重幅

l ; 床版のスパン長

ただし、輪荷重の作用方向は二方向考えるので、式(3.5.2)で l_w としては、次式で与える2つの値を用

3.6 床版の配筋法

(1) 配筋区分

床版の配筋区分を図-3.6.1に示す。張出部の床版については、床版を端部、中央部とに分けない。これは床版のスパンが短いため、スパンの中央部補強が不要と考えられるためである。

(2) 鉄筋の配置とかぶり

鉄筋の配置は、床版の短手方向の鉄筋を下にして図-3.6.2に示すように決める。床版の長手方向、短手方向は、床版の法線平行方向のスパン長の最大と、法線直角方向の最大を比較して、長い方を長手方向、短い方を、短手方向と決める。鉄筋のかぶりは、はりと同じく下側は最小8 cm、上側は最小6 cmとする。ここでいうかぶりとは、鉄筋の中心軸からコンクリートの表面までの距離で表わしている。

(3) 床版上側筋の配筋

床版上側筋は、床版に作用する負のモーメントに対して配筋する。

a. 検討領域

法線平行方向筋の配筋領域区分を図-3.6.3に示す。法線直角方向筋の配筋領域区分を図-3.6.4に示す。

b. 鉄筋の有効高さ

床版の下側筋の有効高さは、全断面で、同一であるが、上側筋は、端部の格子点で、有効高さが大きくなる。

c. 必要鉄筋量の計算式

必要鉄筋量の計算式は、単鉄筋として設計するので、次式(3.6.1)で与えられる。

$$A_s = \frac{M}{\sigma_{sa} \left(d - \frac{x}{3} \right)} \quad (3.6.1)$$

ここで、 $x^3 - 3dx^2 - 90M/\sigma_{sa}(x-d) = 0$

この必要鉄筋量は、曲げモーメントが計算されている点のすべてについて求める。ただし一方向版の場合、配力鉄筋は、主鉄筋量の20%とする。配筋の決定に用いる鉄筋量と、この節で計算される鉄筋量との関係を図-3.6.6に示す。

d. 配筋の径とピッチの決定

c.で計算された各領域での必要鉄筋量を用いて、以下

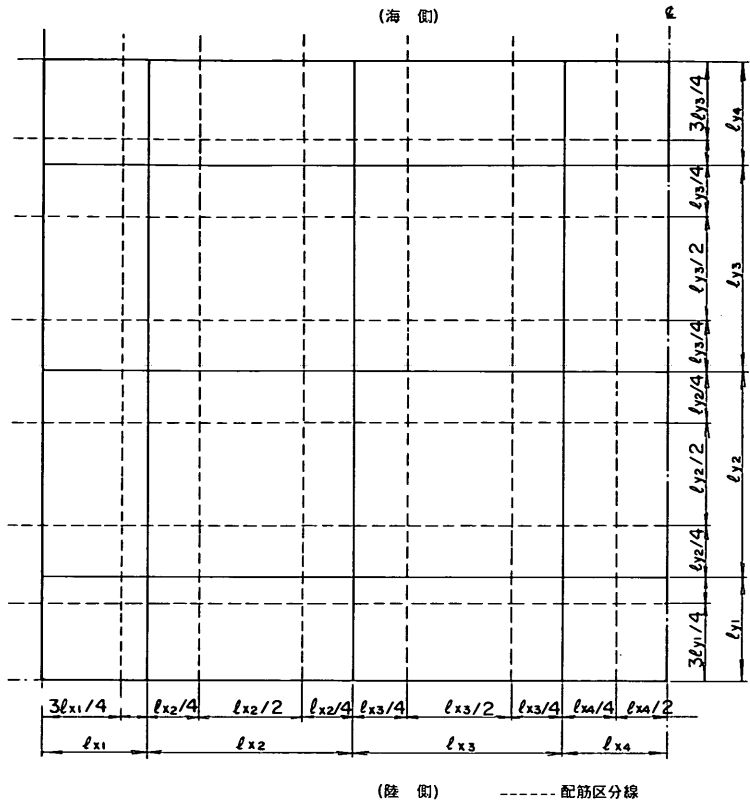


図-3.6.1 床版の配筋区分

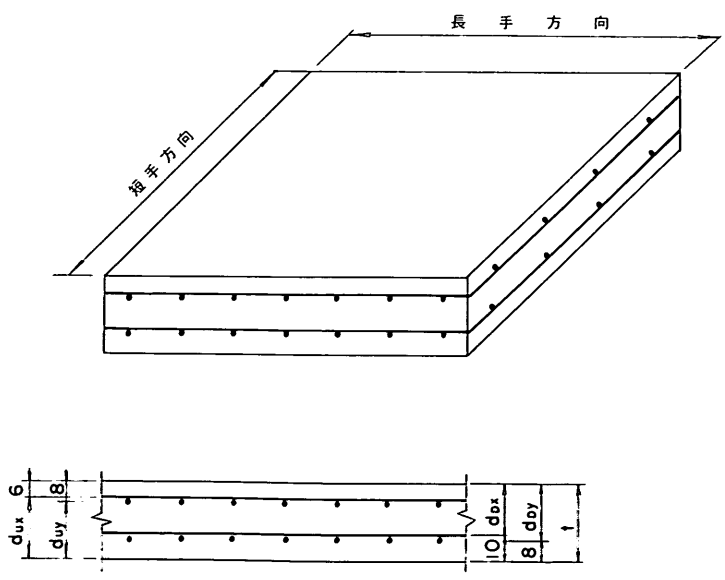


図-3.6.2 床版の鉄筋配置とかぶり

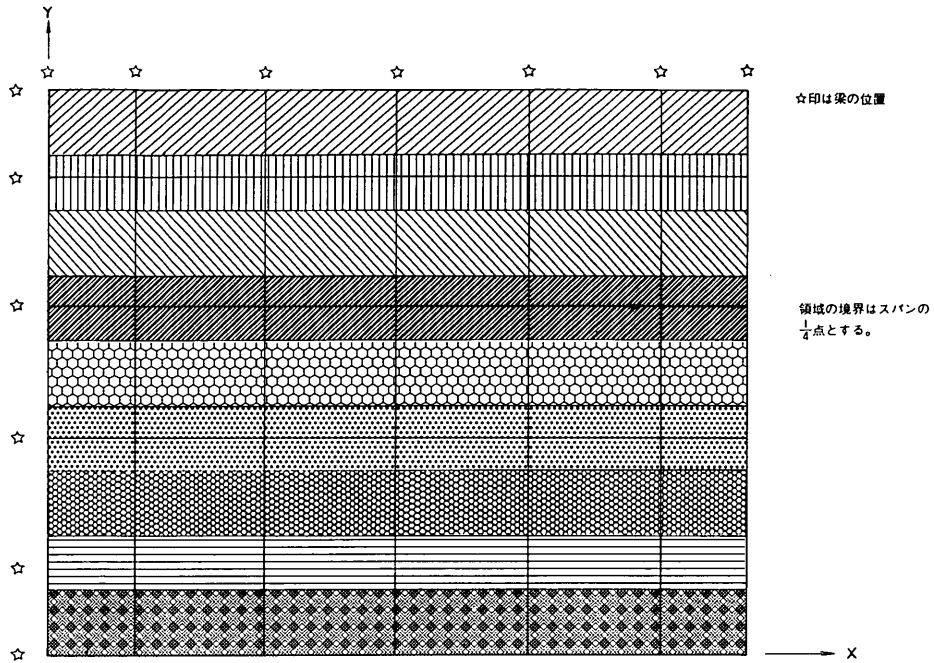
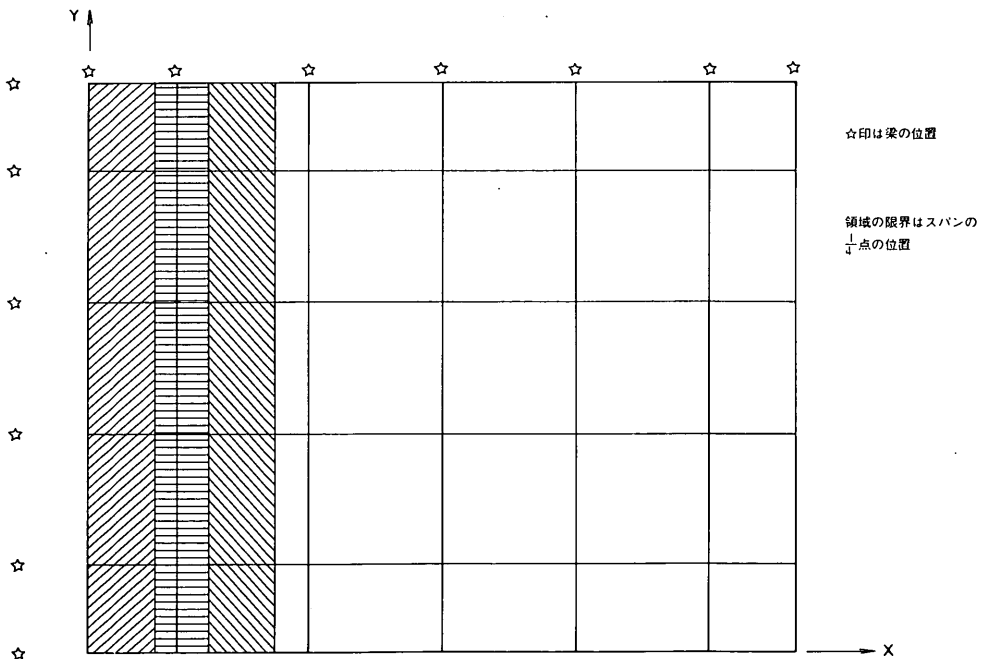
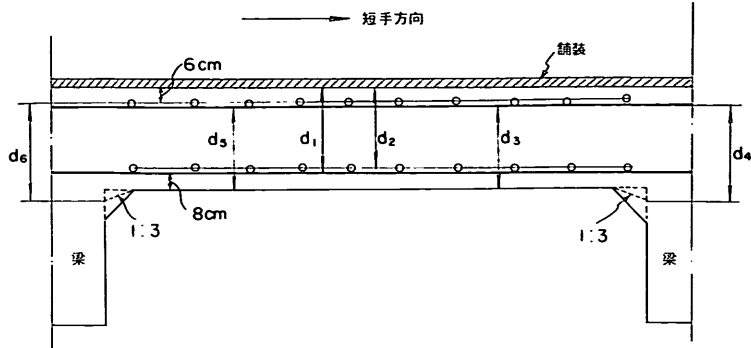


図-3.6.3 法線平行方向筋の配筋領域区分



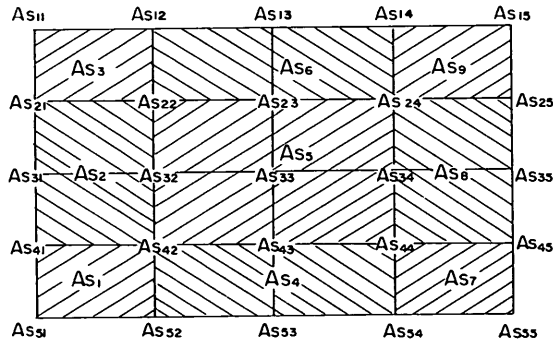
注) X方向のスパンの均等性により上記3領域のみに限ってよい。

図-3.6.4 法線直角方向筋の配筋領域区分



d_1 : 短手方向下側筋の有効高さ
 d_2 : 長手方向 " "
 d_3 : 短手方向上側筋の中央部有効高さ
 d_4 : " " 端部 "
 d_5 : 長手方向 " 中央部 "
 d_6 : " " 端部 "

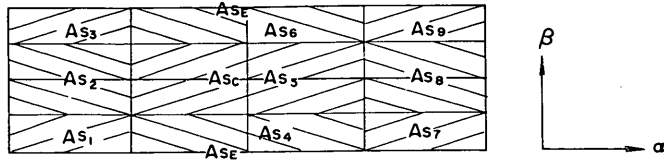
図-3.6.5 鉄筋の有効高さ



$$\begin{aligned}
 AS_1 &= \max \{ AS_{51}, AS_{52}, AS_{41}, AS_{42} \} \\
 AS_2 &= \max \{ AS_{41}, AS_{42}, AS_{31}, AS_{32}, AS_{21}, AS_{22} \} \\
 AS_3 &= \max \{ AS_{21}, AS_{22}, AS_{11}, AS_{12} \} \\
 AS_4 &= \max \{ AS_{52}, AS_{53}, AS_{54}, AS_{42}, AS_{43}, AS_{44} \} \\
 AS_5 &= \max \{ AS_{42}, AS_{43}, AS_{44}, AS_{32}, AS_{33}, AS_{34}, AS_{22}, AS_{23}, AS_{24} \} \\
 AS_6 &= \max \{ AS_{22}, AS_{23}, AS_{24}, AS_{12}, AS_{13}, AS_{14} \} \\
 AS_7 &= \max \{ AS_{54}, AS_{55}, AS_{44}, AS_{45} \} \\
 AS_8 &= \max \{ AS_{44}, AS_{45}, AS_{34}, AS_{35}, AS_{24}, AS_{25} \} \\
 AS_9 &= \max \{ AS_{24}, AS_{25}, AS_{14}, AS_{15} \}
 \end{aligned}$$

(注) AS_{ij} : 床版の4等分点での必要鉄筋量
 AS_i : 床版の各配筋区分別の必要鉄筋量

図-3.6.6(1) 床版の必要鉄筋量(2方向版)



i) α 方向筋の必要鉄筋量

$$\begin{aligned} AS_1 &= 0.2 \cdot AS_E \\ AS_2 &= 0.2 \cdot AS_C \\ AS_3 &= 0.2 \cdot AS_E \\ AS_4 &= 0.2 \cdot AS_E \\ AS_5 &= 0.2 \cdot AS_C \\ AS_6 &= 0.2 \cdot AS_E \\ AS_7 &= 0.2 \cdot AS_E \\ AS_8 &= 0.2 \cdot AS_C \\ AS_9 &= 0.2 \cdot AS_E \end{aligned}$$

ii) β 方向筋の必要鉄筋量

$$\begin{aligned} AS_1 &= AS_E \\ AS_2 &= AS_C \\ AS_3 &= AS_E \\ AS_4 &= AS_E \\ AS_5 &= AS_C \\ AS_6 &= AS_E \\ AS_7 &= AS_E \\ AS_8 &= AS_C \\ AS_9 &= AS_E \end{aligned}$$

図-3.6.6(2) 床版の必要鉄筋量 (1方向版)

の手順で、配筋を決定する。

(i) 最端部とその内側の必要鉄筋量を比較し、最端部の方が、大きい場合は、その2つの区間の必要鉄筋量の値とする。

(ii) すべての領域の中で、最小の必要鉄筋量を用いて全長筋の径を表-3.6.1を参照して決める。

(iii) すべての領域について必要鉄筋量と(ii)で決定された配筋量を比較して、必要鉄筋量の方が大きい領域では、補強筋の鉄筋径を決定する。

(iv) 隣接する領域の補強筋の鉄筋径を比較し、一致しない場合は、径の大きな方にそろえる。

(V) 総鉄筋量を計算する。

(vi) 全長筋の径が、19mmになるまで、径を1ランクずつ上げて(iii)~(v)の処理を行い総鉄筋量が、最小となるものを探す。

(vii) (vi)で得られた全長筋の鉄筋径を用いて(iii),(iv)の処理を再度行う。

e. 配筋本数の決定

配筋は、純スパンの中心点を基準として配筋する。配筋の最後は、はりの前面から20cm以内のところまでとする。

中央部領域と端部領域の境界上に鉄筋がきたときは、中央部に対する鉄筋を配筋する。補強筋は、全長筋の間に配筋するものとし、端部、中央部の境界上での鉄筋は、中央領域に対する配筋を考える。

f. 鉄筋長および形状

上部工の端部に配筋する鉄筋には、すべて30cmの

表-3.6.1 鉄筋表

径	配筋量 (cm^2/m)
13	6.34
16	9.92
19	14.32

フックをつける。

g. 鉄筋の継手位置

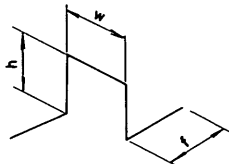
鉄筋の継手位置は、はりの上側筋と全く同様にして決定する。

h. 床版下側筋の配筋

床版下側筋は、床版に作用する正のモーメントに対し配筋する。処理方法については、上側筋と同様である。

i. 幅止め筋の形状

幅止め筋は、床版の上側筋と下側筋の間隔を保つために配筋するための鉄筋であり、その形状は図-3.6.7に示すとおりである。



$h = f - 8.0 - 6.0 - 1.5 \times 2$ (cm)
 $f = 20$ cm
 $w = 24$ cm
 f : 床版厚

図-3.6.7 幅止め筋の形状

j. 幅止め筋の配筋位置

幅止め筋は、中央部床版に9本、端部床版に3本配筋する。配筋例を図-3.6.8に示す。

ただし、上部工の四隅の床版は1本とする。

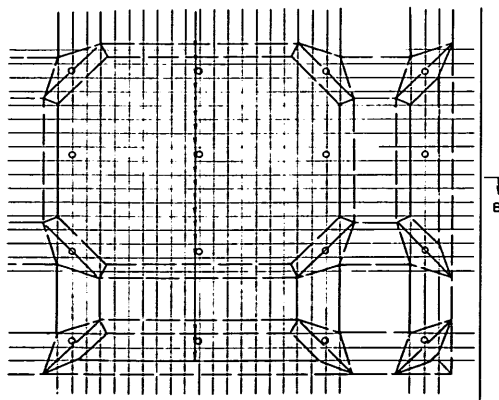


図-3.6.8 幅止め筋の配筋位置

3.7 くい頭部の配筋法

(1) くい頭部の配筋法に対するチェック

くいの押込力に対してくい周辺の付着力のチェック計算を行う。くいの押込力は、基本設計で求めたものを入力データとする。くい周辺の付着応力度は次式で求める。

$$\tau = \frac{N}{U h} \quad (3.7.1)$$

ここに N : くいの押込力
 U : くいの周長
 h : くいの埋込長

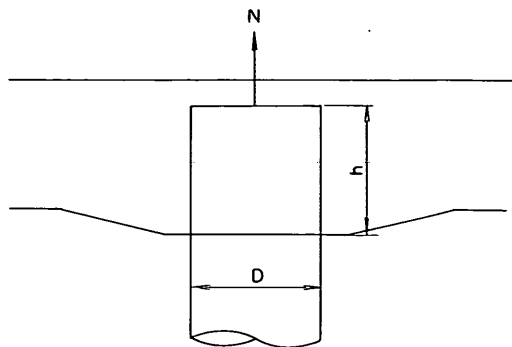


図-3.7.1 くいの押込みに対するチェック

地震時の許容付着応力度は、常時の値を8割増して用いる。

(2) くい頭の斜めせん断に対するチェック

法線方向に対して斜め 45° に力が加わった場合、くい頭部をつつんでいるコンクリートが、せん断力で破壊されないかどうかの検討を行う。くい頭に作用する曲げモーメントの値は、基本設計で求めた値を、入力データとして与える。計算式は、次式(3.7.2)~(3.7.5)

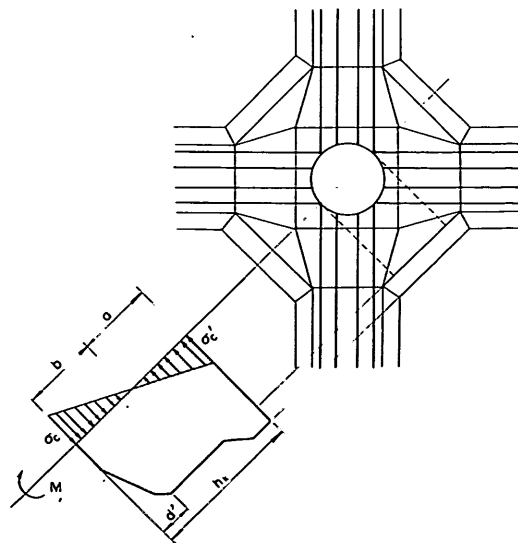


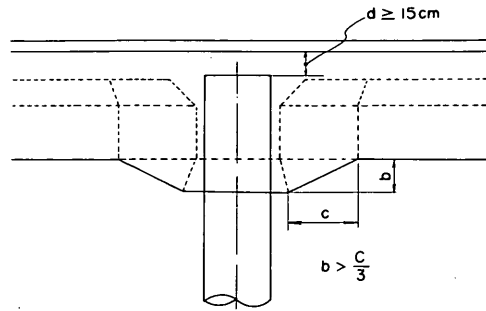
図-3.7.2 くい頭の斜めせん断に対するチェック

を用いる。

$$\sigma_{c \cdot \max} = \frac{b M}{\frac{\phi}{3} (a^3 + b^3) + (b - d')^2 \cdot n A_s} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (3.7.2)$$

$$P = \frac{\sigma_c \cdot a \cdot \phi}{2} \quad (\text{kgf}) \quad (3.7.3)$$

$$\tau_t = \frac{P}{2 \cdot a \cdot 100} \quad (\text{kgf/cm}^2) \quad (3.7.4)$$



ここに $\sigma_{c \cdot \max}$; 最大支圧応力度

P ; 支圧力

τ_t ; せん断応力度

M ; くい頭モーメント

d' ; くい頭部下端から下側筋までの高さ

A_s ; 法線方向下側の換算鉄筋量

n ; 弾性係数比 (15)

ϕ ; くい径

(3) くい頭の配筋法

a. ハンチ筋の形状および鉄筋長

ハンチ筋の形状および鉄筋長の計算式を図-3.7.3 ~ 図-3.7.5 に示す。ハンチ筋の径は、D 22 とする。

b. くい頭のプレートの形状

大ばりの下側筋および施工鉄筋の一部とくいをつなぐプレートの形状を図-3.7.6 に示す。プレートの厚さは 12 mm で固定とする。これは、次に示す例によっ

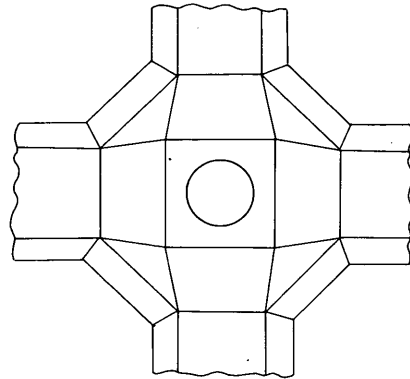


図-3.7.3 くい頭部の標準形

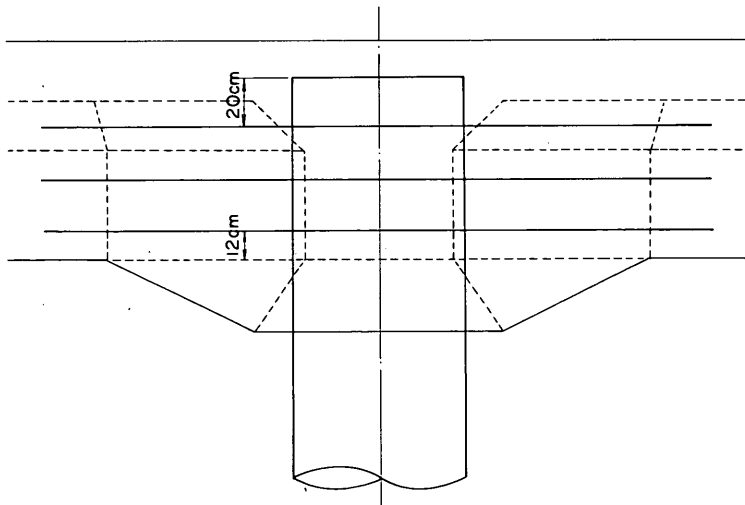


図-3.7.4(1) くい頭のハンチ筋の形状

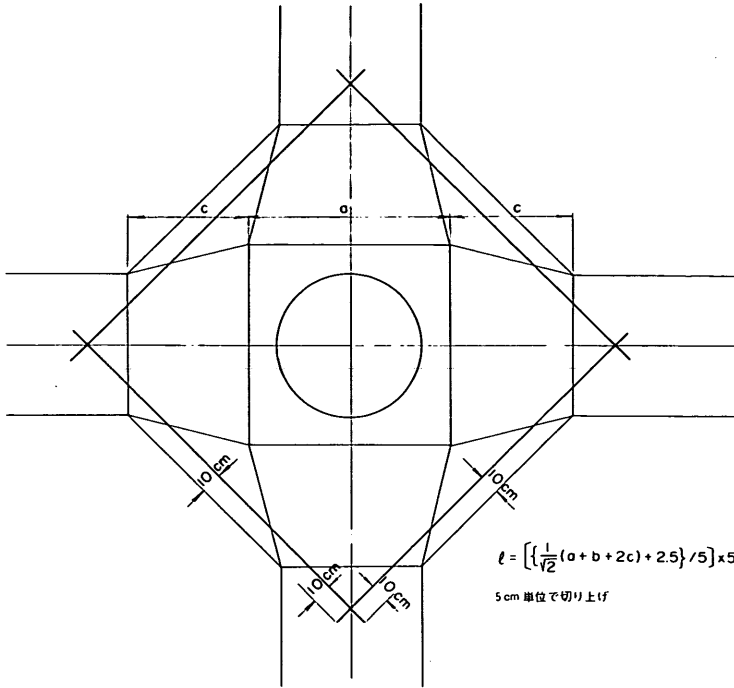
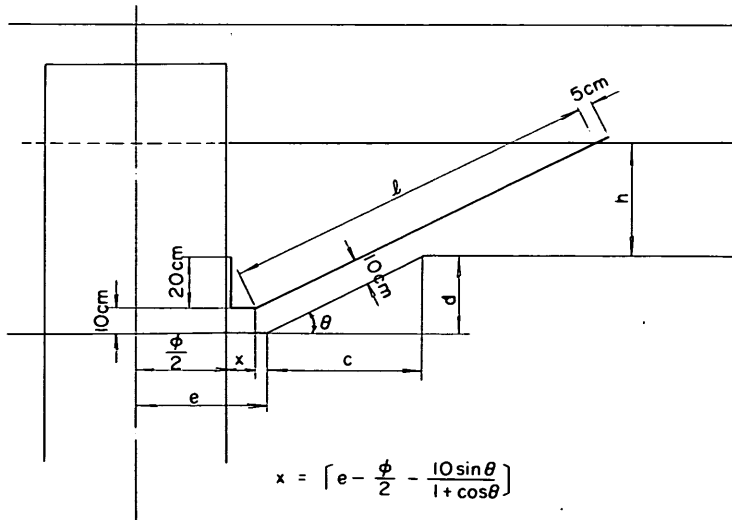


図-3.7.4(2) くい頭のハンチ筋の形状



$$x = \left[e - \frac{\phi}{2} - \frac{10 \sin \theta}{1 + \cos \theta} \right]$$

$$l = \left[\frac{h + d - 10}{\sin \theta} + 0.5 \right]$$

但し、 x は 1cm 以下切捨、 l は、1cm 以下四捨五入

$$l_T = x + l + 20\text{cm} + 5\text{cm}$$

$$\tan \theta = \frac{d}{c}$$

図-3.7.5 くい頭のハンチ筋の形状

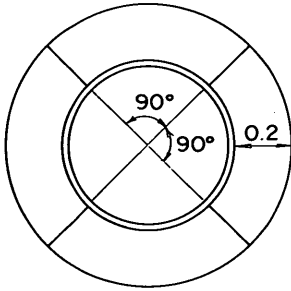


図-3.7.6(1) くい頭プレートの形状(直ぐい部)

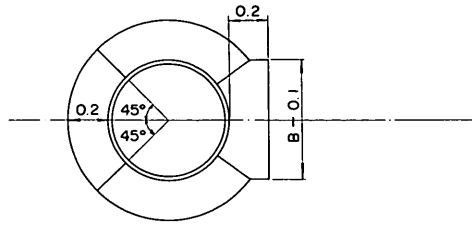


図-3.7.6(2) くい頭プレートの形状(斜ぐいと連結される直ぐい部)

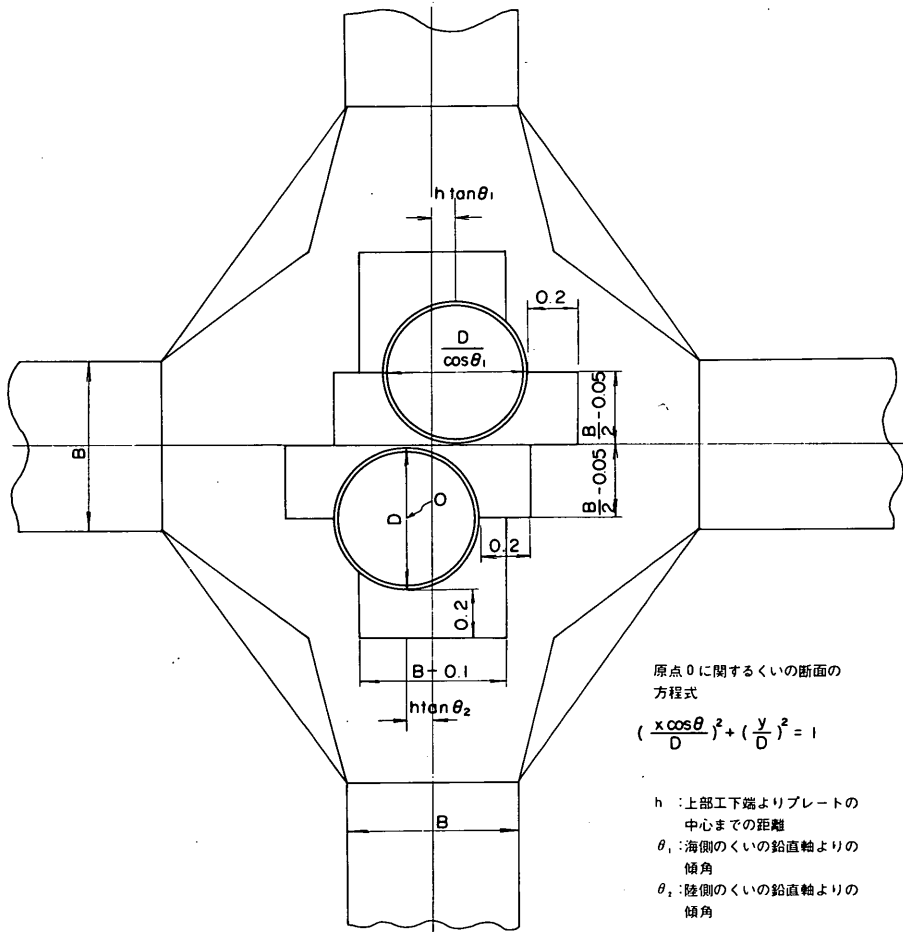


図-3.7.6(3) くい頭プレートの形状(斜ぐい)

て鉄筋の全強よりプレート全強の方が大きいことを確認したためである。使用鉄筋径：D25，材質SD35，はり幅60cm，くい径70cm，配筋ピッチを8cm，プレート厚さ12mm，材質SS41とすれば，鉄筋の

全強は6本×5.067cm²/本×2,000kgf/cm²=60,800kgf。プレート全強は，49.5cm×1.2cm×1,400kgf/cm²=83,200kgf

プレート幅の根拠は，次のとおり。溶接有効長15cm，

隅肉溶接サイズ9 mm, 溶接部の許容せん断応力度(現場溶接) $800 \text{ kgf/cm}^2 \times 0.9 = 720 \text{ kgf/cm}^2$ とするとき, 鉄筋一本当りの全強 $= 5.067 \text{ cm}^2 \times 2,000 \text{ kgf/cm}^2 = 10,130 \text{ kg}$, 溶接部の全強 $= 1.50 \text{ cm} \times 0.9/\sqrt{2} \times 720 \text{ kgf/cm}^2 \times 2 = 1,3740 \text{ kgf}$ となり, 鉄筋全強より溶接部の全強の方が大きい。

3.8 設計計算結果の出力項目

次の項目がLPよりアウトプットされる。

(1) 設計条件

データチェックを行いやすくするためカードイメージでそのまま出力する部分と設計条件に分類して出力する部分とがある。

(2) はり番号

計算機によって自動的にナンバリングしたはりの番号が出力される。

(3) はりの設計断面力算定結果および配筋計算結果

自重による断面力

積載荷重による断面力

地震による断面力

施工時の自重による断面力

移動荷重による断面力

船舶衝撃力による断面力

設計に用いる断面力の一覧表

配筋計算結果(上側筋, 下側筋, スターラップ, 施工鉄筋)

(4) くい頭応力の計算結果

(5) 床版断面力算定結果および配筋計算結果

二方向版のモーメント

一方向版のモーメント

法線平行方向鉄筋(下側筋, 上側筋)

法線直角方向鉄筋(下側筋, 上側筋)

(6) 材料表

4. 自動製図法

4.1 基本方針

さん橋の配筋図はL形ブロック, ケーソンにくらべて作成する図面も多く, より複雑であるので, 製図時間の短縮, 図面の簡略化に努めた。とくに次の点に注意を払った。

a) 図面を使用する人の利便を考えて, 配筋図と加工図を同一図面(A1)に配置する。不可能な場合は配筋図と加工図をそれぞれ1枚の図面に作成する。

b) 通常の断面図では十分に表現できない部分について, くい頭詳細図, および補強筋ならびに用心筋とくい

の溶接部詳細図等を作成する。

4.2 製図の範囲および対象図面

本自動設計で対象としている図面は次のとおりである。

- (1) 標準断面図
- (2) 床版配筋図
- (3) 陸側大ばり配筋図
海側大ばり配筋図
- (4) 中ばり配筋図
クレーンの脚の載る中ばり配筋図
- (5) 陸側小ばり配筋図
- (6) 海側小ばり配筋図
- (7) 側方小ばり配筋図
- (8) くい頭詳細図

(1)の標準断面図には舗装厚, 舗装こう配, 水面, くい各諸元, マウンド記号等も製図対象としている。

(2)~(7)の配筋図には鉄筋加工図, 組立鉄筋位置図が含まれる。

4.3 製図法

原則的には「土木製図基準」「港湾構造物製図規定」に合致するようにしており, ケーソン, L形ブロックと同様である。

(1) 尺度

標準断面図は1/100, 配筋図および鉄筋加工図は1/50の尺度を使用する。くい頭詳細図, プレート詳細図は1/20の尺度を使用する。

(2) 線

線の種類は実線, 破線, 一点鎖線の3種とし線の太さは0.5 mmと0.3 mmとする。線の用法は表-4.1に示すとおりである。

表-4.1 線の用法

線の太さ (mm)	線の種類	使用目的	
		配筋図	標準断面図
0.2	実線	外形線, 寸法線, 引出線	寸法線, 引出線, 被覆石, マウンド水面記号等
	破線	隠れた部分のさん橋形状	
	一点鎖線	中心線	
0.4	実線	鉄筋, 緑取り	外形線, 緑取り
	破線		

(3) 文 字

従来よりも高速の自動製図機 (MUTOH S912) が導入され、そのソフトウェアの文字を使用することにより容量を 1/10 程度に減少でき、作図スピードも大幅に早くなった。文字の太さは 0.4 mm を標準とする。

(4) 鉄筋の表示法

鉄筋の表示法は図-4.1に示すように、各鉄筋加工長のほかに、各鉄筋の名称、鉄筋径、全長が描かれている。継手のない鉄筋は(B7)のように表示され、継手のある鉄筋は(B1)₁、(B1)₂のようにサブナンバーを用いている。交互配筋となる鉄筋は(B2)₁、(B2)₂のごとく表示している。

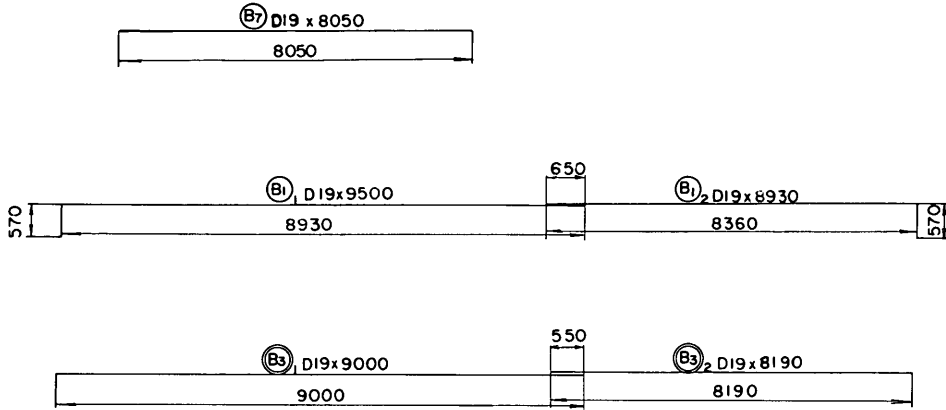


図-4.1 鉄筋の表示法 (その1)

(5) 図面の簡略化

はりの断面図において、各断面に共通して出てくる全長筋は図-4.2に示すように一か所にまとめて表示する。種類が異なる鉄筋でもその形状が同じ場合は、図-4.3に示すようにまとめて表示する。またスターラップのフ

ック長、折曲げ半径については個々のスターラップについて表示するのをやめ図-4.4に示すように各鉄筋径について必要諸元を表示する。

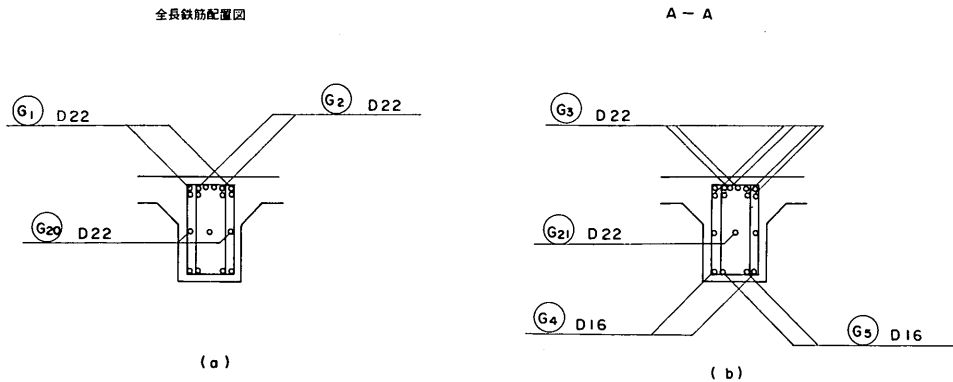


図-4.2 鉄筋の表示法 (その2)

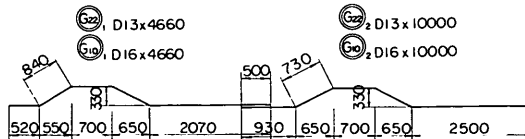


図-4.3 鉄筋の表示法 (その3)

5. 自動設計法の検討

5.1 くい軸方向ばね定数とはりの曲げモーメント
 くい軸方向ばね定数の精度とはりに生じる曲げモーメントの値との関係を調べるために次のようなモデルに

スターラップ折曲詳細図

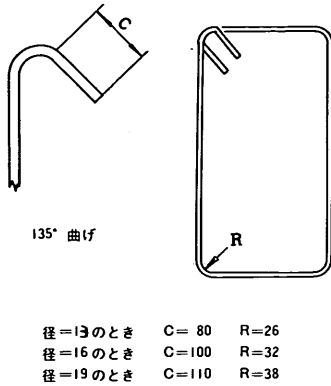


図-4.4 スターラップ諸元の表示法

ついて、チェック計算を行った。

(1) 計算モデル

チェック計算に用いたモデルの諸元を次に示す。

$$E_s = 2.1 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$$

$$E_c = 3.0 \times 10^6 \text{ tf/m}^2, 1.5 \times 10^6 \text{ tf/m}^2, 1.5 \times 10^7 \text{ tf/m}^2$$

$$A_s = 0.0417 \text{ m}^2, 0.0404 \text{ m}^2, 0.0393 \text{ m}^2$$

くいのばね定数を変化させるかわりに、コンクリートのヤング率を変化させた。はりの曲げモーメントは、くいの軸方向角度とはりの曲げ剛度の相対的な関係で決定されるので、次式(5.1.1)で定義される elastic number を用いて計算結果を整理した。

$$\mu = \frac{6 E_c I_c}{\omega l_s^3} \quad (5.1.1)$$

ここで $\omega = \frac{E_s A_s}{l_s}$

- μ ; elastic number
- E_c ; コンクリートのヤング率
- I_c ; はりの断面2次モーメント
- E_s ; くいの材のヤング率
- A_s ; くいの断面積
- l_s ; くいの長
- l_c ; はりのスパン
- ω ; くいの軸方向角度

すなわち、elastic number は、単位荷重によるは

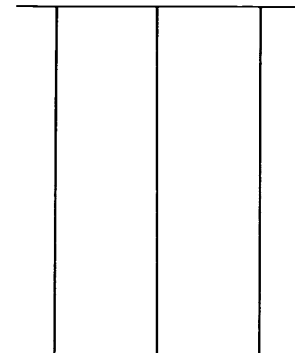
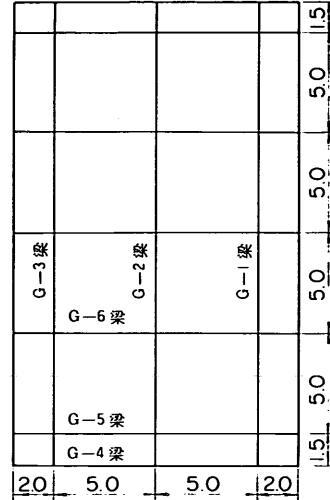


図-5.1.1(1) 計算モデル

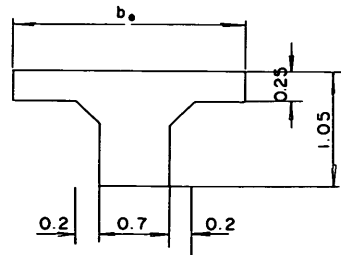


図-5.1.1(2) 大ばり断面形状

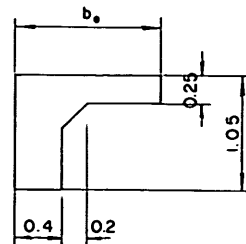


図-5.1.1(3) 小ばりの断面形状

りの曲げたわみと、くいの軸方向沈下量の比の値で定義される。

(2) 計算結果

計算結果を図-5.1.2に示す。これらの図で、縦軸に

とった曲げモーメントの値は、単位荷重 $P=1\text{ tf}$ を載荷したときの該当する断面の最大あるいは最小のものである。

実在のさん橋の elastic number は、1~4である

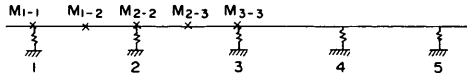


図-5.1.2(1) G-2ばり

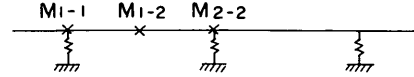


図-5.1.2(2) G-6ばり

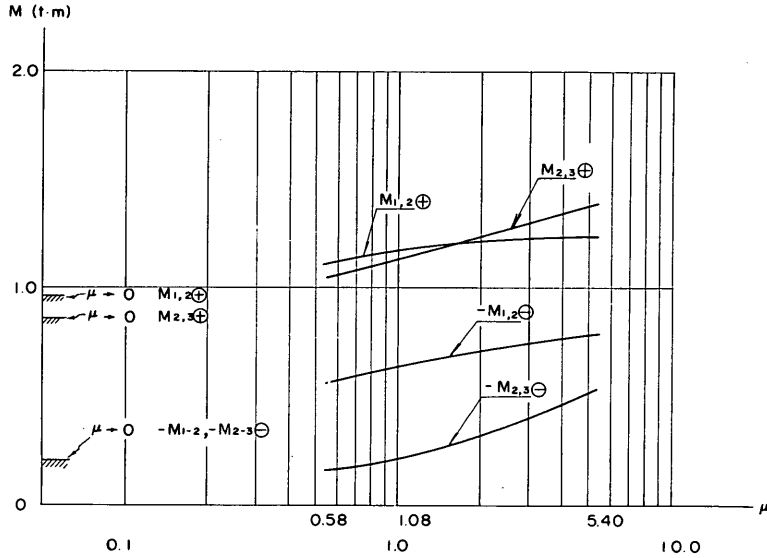


図-5.1.2(3) elastic number とはりの曲げモーメント (G-2ばり)

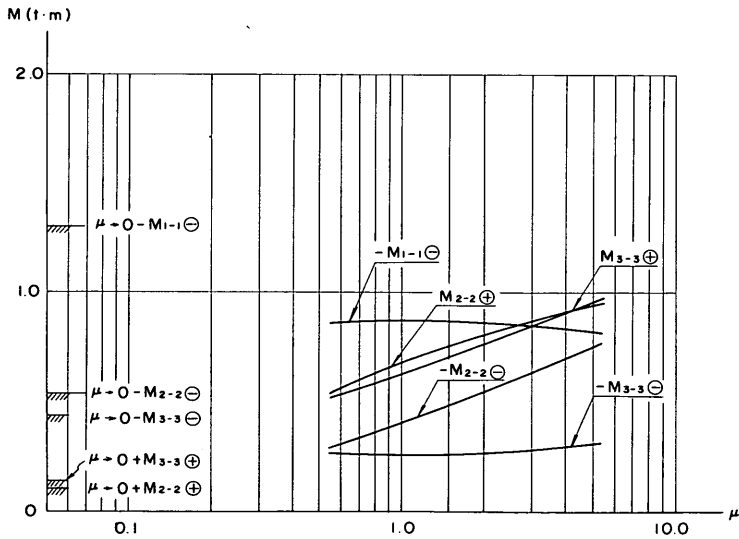


図-5.1.2(4) elastic number とはりの曲げモーメント (G-2ばり)

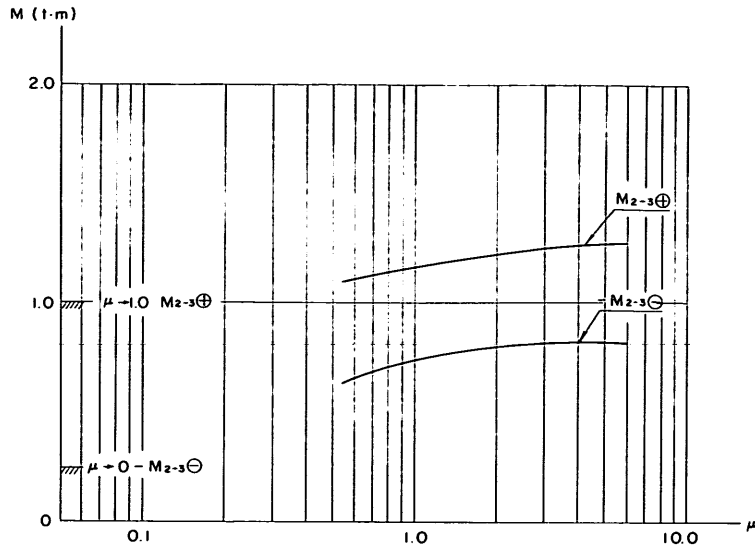


図-5.1.2(5) elastic number とはりの曲げモーメント (G-6 はり)

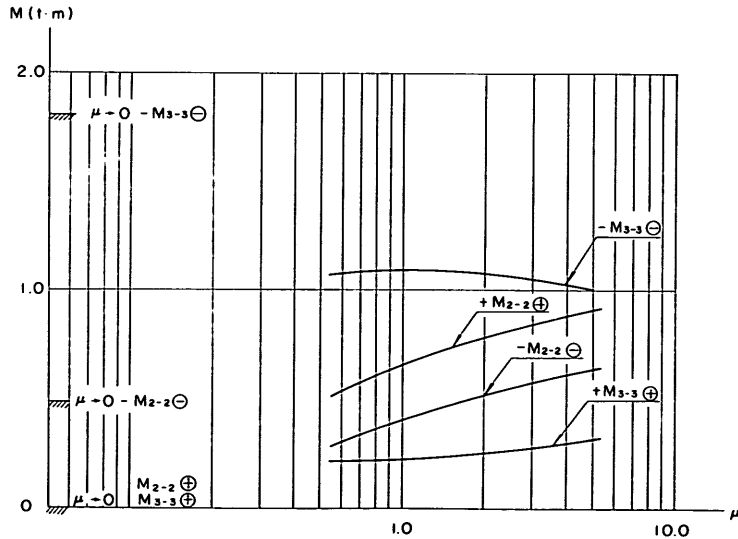


図-5.1.2(6) elastic number とはりの曲げモーメント (G-6 はり)

ことが港湾技研資料 No. 59 に示されている。これらの図からはりの支点での曲げモーメント、スパンセンターの曲げモーメントの値とも、支点沈下のない連続はりでの値とは、約 2 割以上異なるが、支点のばね定数の影響は、あまり受けないことがわかる。

5.2 鉛直軸まわりの剛度

はりの鉛直軸まわりの剛度は、床版とはりが一体となっていると見なして、床版全体をはりで補剛された版と

考えて計算した。このことの妥当性をチェックするため以下の各ケースについて、水平力に対するはりの曲げモーメント、くい頭モーメントを計算し比較した。また、同時に、地震力の作用点（合力として上部工の中心にかけるか、各節点に、節点まわりの面積比で分配してかけるか）についても比較した。

CASE-1； はりの鉛直方向の有効幅を用いて計算した水平剛度を用いた場合

-0.47-6.64-753	-1.89-2.21	4.92+4.33 0.31
+0.34 7.68-59.02	26.15-31.27	42.95-5.15-0.24
(-0.15)	(-0.04)	(0.13)
0.13-0.99-68.26	25.63-32.42	49.47+0.84 0.07
(0.04)	(-0.02)	(-0.01)
-0.003-0.10-67.63	25.33-32.84	48.81-0.03 0.02
(-0.00003)	(0.0003)	(0.0005)

図-5.2.1(1) はりの鉛直軸まわりの剛度の影響
(CASE-1, LOADING-1)

-0.47-6.65-754	-1.90-2.21	4.93+4.34 0.31
+0.34 7.70-59.10	26.19-31.32	43.01-5.17-0.24
(-0.01)	(-0.04)	(0.13)
+0.13-0.99-68.23	25.62-32.41	49.45+0.83-0.07
(0.004)	(-0.02)	(-0.01)
-0.01-0.12-67.47	25.25-32.76	48.69-0.02-0.02
(0.0004)	(-0.0001)	(-0.0005)

図-5.2.1(2) はりの鉛直軸まわりの剛度
(CASE-2, LOADING-1)

-0.47-6.65-755	-1.90-2.21	4.93 4.34 0.31
+0.34 7.70-59.13	26.20-31.33	43.03-5.17-0.24
(-0.16)	(-0.04)	(0.14)
+0.13-0.99-68.26	25.63-32.42	49.47 0.83 0.07
(0.03)	(-0.01)	(-0.01)
-0.01-0.12-67.48	25.25-32.76	48.70-0.02 0.02
(-0.01)	(0.001)	(0.01)

図-5.2.1(3) はりの鉛直軸まわりの剛度
(CASE-3, LOADING-1)

-0.47-6.65-754	-1.90-2.21	4.93 4.34 0.31
0.34 7.70-59.11	26.19-31.32	43.01-5.17-0.24
(-0.16)	(-0.04)	(0.13)
0.13-0.99-68.24	25.62-32.41	49.45 0.83-0.07
(0.04)	(-0.02)	(-0.01)
-0.01-0.12-67.46	25.23-32.74	48.68-0.01 0.02
(-0.00004)	(0.0003)	(0.0005)

図-5.2.1(4) はりの鉛直軸まわりの剛度
(CASE-1, LOADING-1)

-0.47	-6.15	-7.54	-1.90	-2.21	4.93	4.34	0.31
0.34	7.70	-59.11	26.20	-31.32	43.01	-5.17	-0.24
	(-0.16)		(-0.04)		(0.13)		
0.13	-0.99	-68.23	25.62	-32.41	49.44	0.83	-0.07
	(0.04)		(-0.02)		(-0.01)		
-0.005	-0.12	-67.44	25.23	-32.73	48.67	-0.01	0.02
	(0.0004)		(-0.0001)		(-0.0005)		

図-5.2.1(5) はりの鉛直軸まわりの剛度
(CASE-2, LOADING-2)

CASE-2 ; CASE-1 の100倍とした場合
CASE-3 ; 一律に $I_c = 5.00 \text{ m}^4$ とした場合
上記の各ケースに対して次の荷重を載荷した。

LOADING-1 ; 上部工の重心位置に集中力100tf

LOADING-2 ; はりの各節点に、合計100tfの水平力を分配して載荷。

計算結果は、いずれのケースについても全く同一で、はりの鉛直軸まわりの剛度は、水平荷重に対するはりの曲げモーメント、くい頭モーメントに影響を与えないことがわかる。また、さん橋の床版の剛性を無視して、大ばりと小ばりとから構成される骨組に水平力を作用させた場合、上部工の重心位置に集中力を作用させても、各くい頭のモーメントはほぼ同等であった。これは、通常のさん橋では上部工の部材の剛性が鷗管の剛性よりはるかに大きいと思われる。

5.3 換算等分布荷重強度

床版上の等分布荷重(床版の自重, 上載荷重, 揚圧力)は、はりに台形あるいは三角形荷重として分配して載荷するが、台形あるいは三角形荷重では、計算が面倒なので、これらを等分布荷重に換算している。この

-0.47	-6.6	-7.55	-1.90	-2.22	4.93	4.35	0.31
0.34	7.7	-59.14	26.21	-31.34	43.03	-5.17	-0.24
	(-0.16)		(-0.04)		(0.14)		
0.13	-0.99	-68.25	25.63	-32.43	49.46	0.83	-0.07
	(0.03)		(-0.01)		(-0.003)		
-0.01	-0.13	-67.46	25.23	-32.74	48.69	-0.01	0.02
	(-0.006)		(0.001)		(0.006)		

図-5.2.1(6) はりの鉛直軸まわりの剛度
(CASE-3, LOADING-3)

ことの妥当性をチェックするため、次のような計算モデルについてチェック計算を行った。

(1) 計算モデル

支点の弾性沈下を考慮した連続ばり。格子げたでこの計算を行わなかった理由は、荷重が等分布荷重であって格子げたの荷重分配の効果がないので、連続ばり系でも十分比較できると考えられるためである。

(2) 計算結果

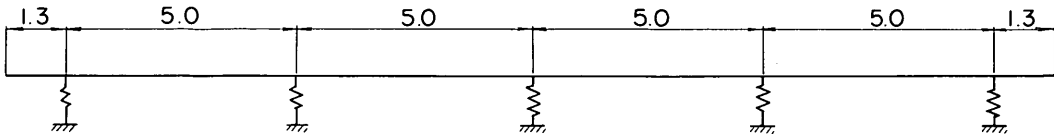
計算結果を図-5.3.2に示す。スパンセンターの曲げモーメントで1.6~6.7%程度、支点での曲げモーメントで3.9~16%程度、換算等分布荷重の方が大きい。支点でのせん断力は、換算等分布荷重と考えた方が、15~20%大きい。以上から、換算等分布荷重を用いて、はりの断面力を計算しても安全側で、かつ過大でない値が得られることがわかる。

5.4 連続ばりの反曲点の位置

はりの上側筋、施工鉄筋の継手位置の検討を行うため、はりの反曲点の位置を連続ばりについて調べた。

(1) 全断面均一の断面剛度をもつ場合

両端固定ばりの場合、等分布荷重に対しては、支点から0.21lのところへ反曲点がある。



注) 支点のバネ定数、梁の断面形状は、5.1 で用いた計算モデルと同じである。

図-5.3.1(1) 計算モデル

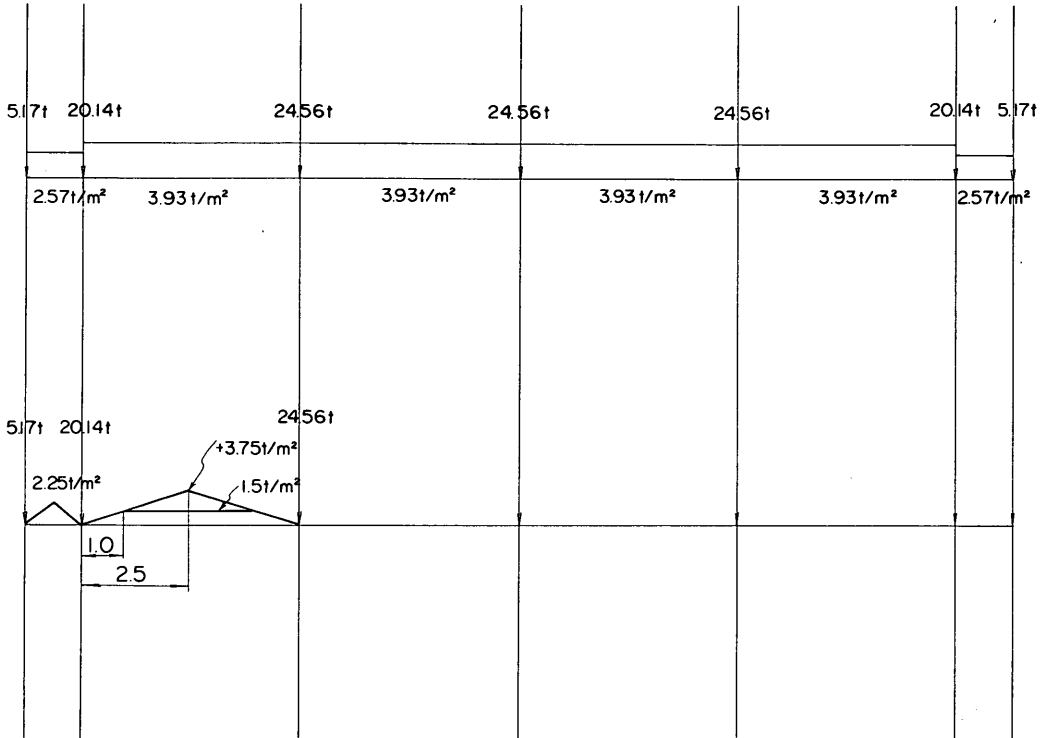


図-5.3.1(2) 実荷重分布強度と換算等分布荷重強度

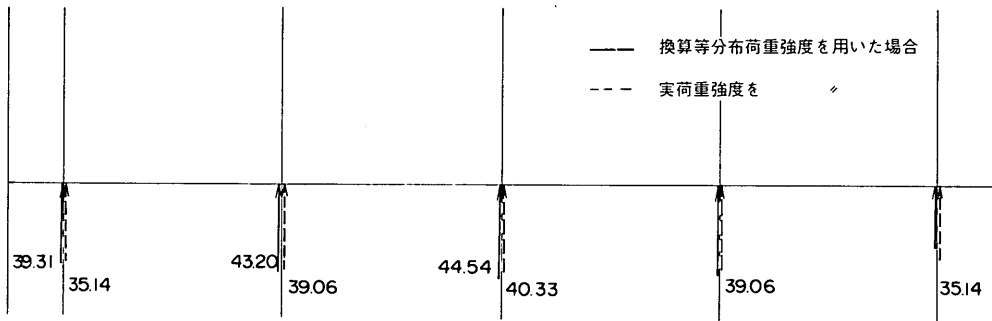


図-5.3.1(3) 支点反力図

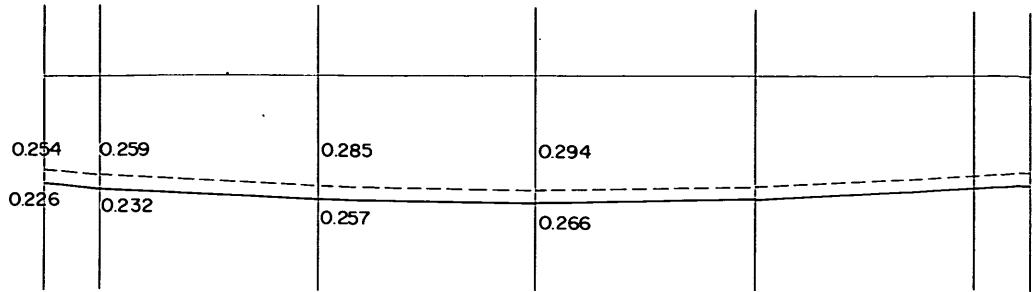


図-5.3.1(4) 節点変位図

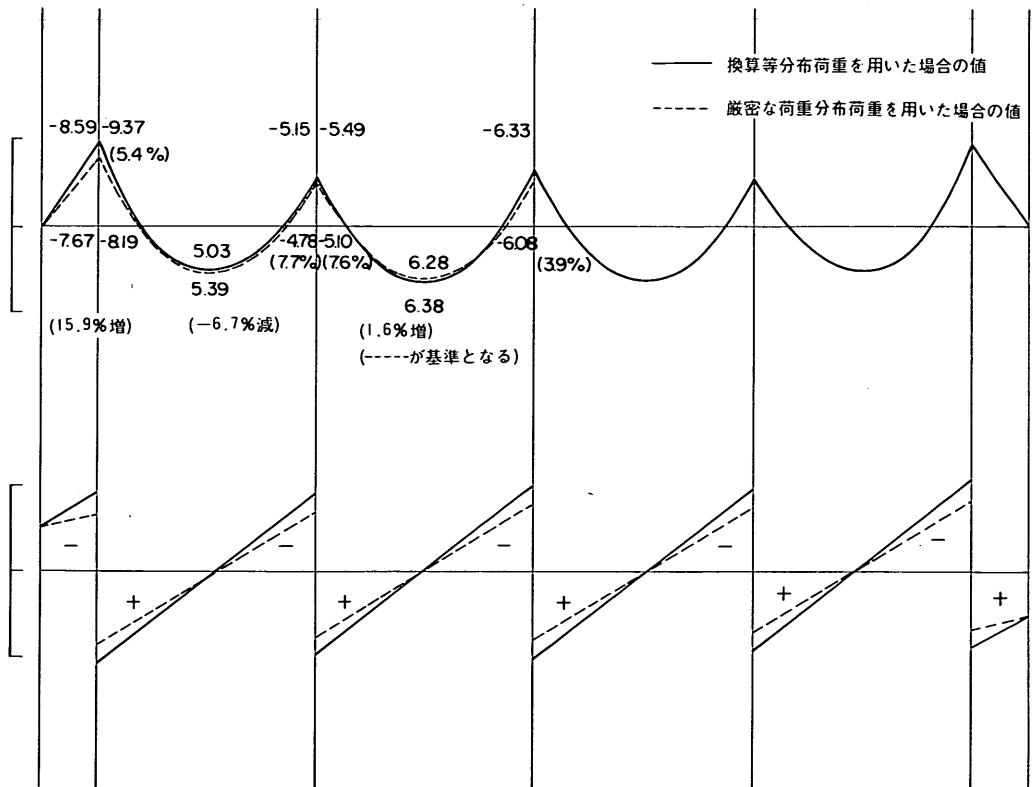


図-5.3.2 断面力の比較 (モーメントとせん断力)

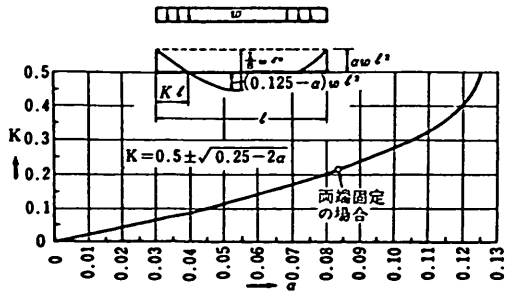


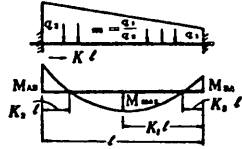
図-5.4.1 反曲点位置 (両端固定ばり)

両端固定ばりが、台形荷重を受ける場合も、反曲点の位置は、 $0.2l$ の近傍にある。

(2) ハンチ部の影響を考慮する場合

計算に用いるはりの形状を図-5.4.3に示す。

計算は、構造設計データブック¹⁰⁾の資料を用いて行った。計算結果を図-5.4.4に示す。これらの図から、等分布荷重に対しては反曲点の位置は、およそ $0.2 \sim 0.3l$ のところにあることがわかる。よって、鉄筋の継手位置も、スパンの $0.2l$ 点に設けることとする。

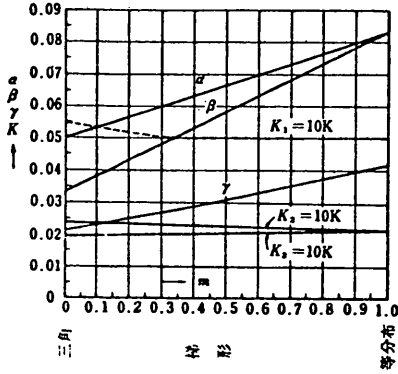


$$M_{AB} = -\frac{2m+3}{60}q_2 \ell^2 = -\alpha q_2 \ell^2$$

$$M_{BA} = -\frac{3m+2}{60}q_2 \ell^2 = -\beta q_2 \ell^2$$

$$M_{max} = +\gamma q_2 \ell^2$$

地下構造物の側壁の両端固定と考えられた時に用いると便利である。



	m	α	β	γ	K_1	K_2	K_3
三角	0	0.050	0.0333	0.0216	0.55	0.238	0.193
	0.1	0.0533	0.0383	0.0231	0.525	0.234	0.196
	0.2	0.0567	0.0433	0.025	0.52	0.230	0.198
梯	0.3	0.0600	0.0483	0.027	0.514	0.226	0.201
	0.4	0.0633	0.0533	0.029	0.5	0.223	0.203
	0.5	0.0667	0.0583	0.031	0.5	0.220	0.205
	0.6	0.0700	0.0633	0.033	0.5	0.218	0.207
形	0.7	0.0733	0.0683	0.0353	0.5	0.216	0.209
	0.8	0.0767	0.0733	0.038	0.5	0.214	0.211
	0.9	0.0800	0.0783	0.0398	0.5	0.213	0.212
等分布	1.0	0.0833	0.0833	0.0417	0.5	0.213	0.213

図-5.4.2 反曲点位置 (両端固定ばり, 台形荷重)

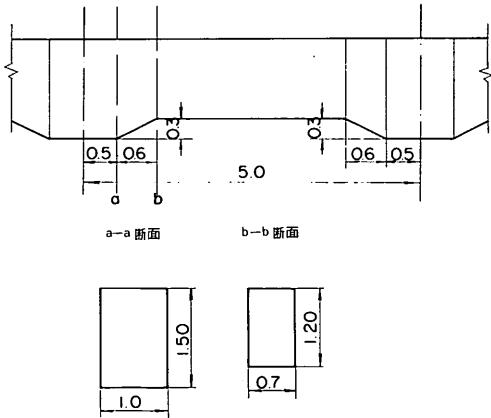


図-5.4.3 ハンチを有するばりの断面形状

5.5 施工例との比較

(1) 断面力の比較

本自動設計での断面力の算定法を施工例に適用して、断面力の比較を行なった。図-5.5.1に示す施工例について、自重によるモーメント、せん断力を比較した結果を図-5.5.2に示す。この計算例では法線平行方向は正のモーメントが大きく、法線直角方向は負のモーメントが大きく出ている。これは計算モデルが格子げたであり、弾性支承上のはりとして解析しているため、固定支点の連続ばりと異なり格子げたによる方向性が表われているためである。

(2) 鉄筋量の比較

本自動設計と従来の設計をトータルな観点から比較す

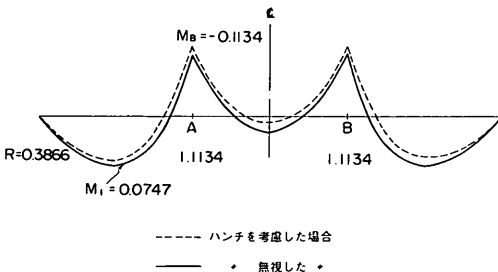


図-5.4.4(1) 3スパン連続ばりの曲げモーメント図 (等分布荷重)

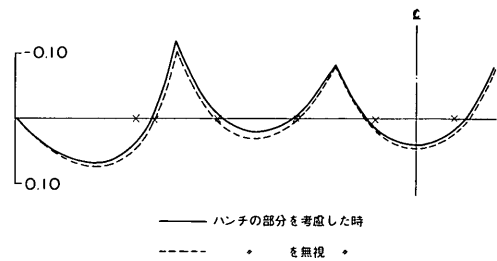


図-5.4.4(2) 5スパン連続ばりの曲げモーメント図 (等分布荷重)

本自動設計では、床版の配筋の最小ピッチが20cmであるのに対しCASE-2では上側筋の配筋で一部40cmピッチを採用しているために配筋量に差が表われている。またCASE-2の大ばりで配筋量に差があるのは、スターラップの形状が異なること、および特殊な補強筋が入っていることによるものと思われる。

6. 自動設計の利用法およびシステムの構成

6.1 システムの利用法

本システムは、さん橋上部工の細部設計を行うもので入力データには、くい頭軸力、モーメントのように基本設計による値が一部入力データとなるので、入力データのチェックに際しては、基本設計の計算結果も確認しておく必要がある。入力データは8カラム（一部6カラム）でカラム中どこに記入してもよいし、で区切って記入してもよい。入力様式を表-6.1に示す。個々のデータの先頭についているKEY・Wordは、入力データの識別を行なうもので、表-6.2にその内容を示す。表-6.3に入力データの内容を示すが、本プログラムでは必須項目のデータ以外は省略できるように作成されている。データが省略された場合には標準値をセットして計算を行う。この省略可能なデータと標準値を表-6.4に示す。また本プログラムは、入力データのチェックを行っており、さん橋の形状が本プログラムの対象外の場合、および致命的なエラーのある場合は表-6.5に示すエラー

コードを印刷して計算をストップする。計算実行時に致命的でないエラーが発生した場合は、計算をそのまま続行し、表-6.6に示すエラーを表示する。本自動設計システムによる設計演算時間および描画時間の概略は次のとおりである。

設計計算 5分～20分

図面作成

一般図 10分(1枚につき)

床版 20分(1枚につき)

大ばり 20分～30分(1枚につき)

小ばり 20分(1枚につき)

くい頭詳細図 15分(1枚につき)

6.2 利用上の留意点

(1) 本プログラムではさん橋土留めの設計は行わないので、土留め工の設計は別に行って、必要に応じて土留め部の形状を図面に書き加えることができる。また斜面の安定計算は行わないので、別に考慮する必要がある。

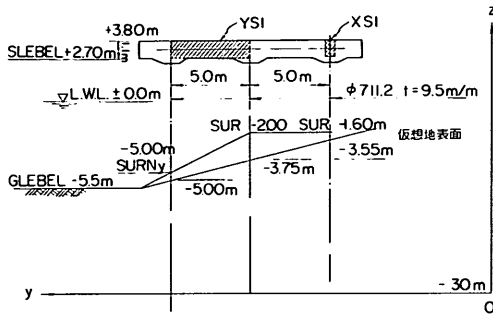
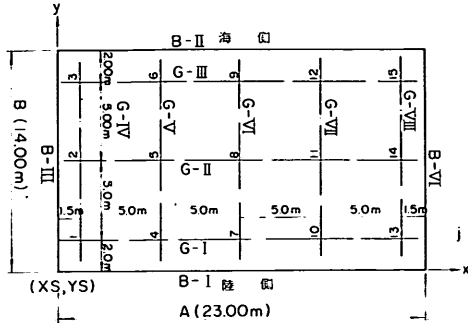


図-5.5.1 施工例との比較ケース

るために、既成の設計例より6例を選んで計算を行い、それらの鉄筋量を比較した。結果を表-5.5.1に示す。荷重の載荷方法、配筋法に若干の違いはあるものの総鉄

表-5.5.1 鉄筋量の比較

既施工例	鉄筋量の比			
	大ばり	小ばり	床版	総重量
1. 千葉港第3バース(-10m)	1.04	1.14	1.20	1.09
2. 博多港須崎ふ頭第2バース	0.82	0.94	1.28	0.95
3. 舞鶴港第3ふ頭	1.04	1.03	0.76	0.93
4. 横須賀新港第一ふ頭(-5.5m)	0.99	0.81	1.08	0.99
5. 佐伯港女島地区(-10m)	1.04	0.87	0.96	0.98
6. 清水港興津第2ふ頭				1.04

表中の数値は(自動設計による鉄筋量/施工例の鉄筋量)

筋量の比較では、ほぼ同程度の配筋量となっていることがわかる。CASE-3の場合、上載荷重に差があり、施工例では3tf/m²、自動設計では2tf/m²であるため鉄筋量に差があらわれている。これは本自動設計では、上載荷重はやはり床版も同じ強度であるが、施工例では異なった荷重を採用しているためと思われる。また

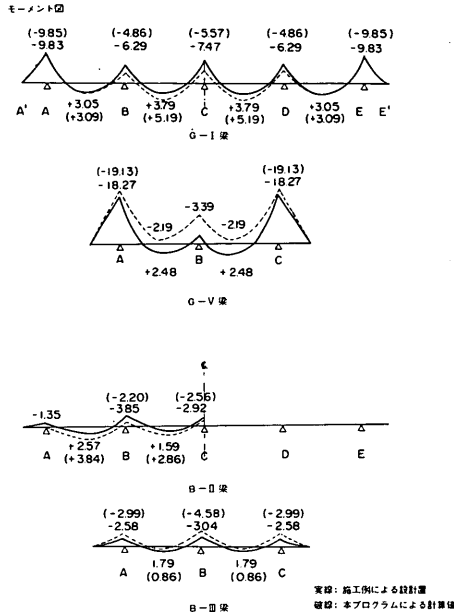


図-5.5.2(1) モーメント比較図

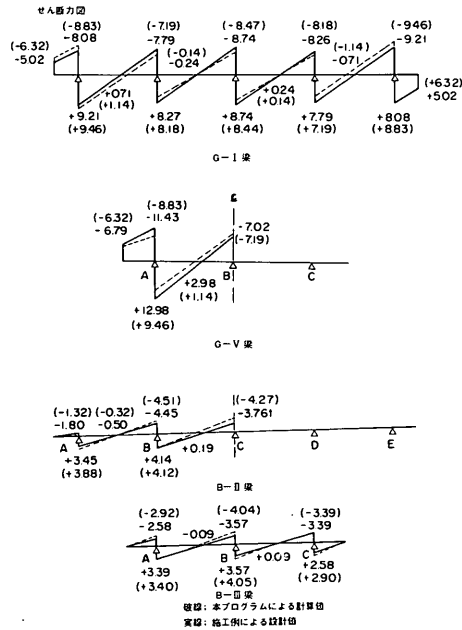


図-5.5.2(2) せん断力比較図

(2) 渡版反力については、プログラム内部で計算は行わないので、渡版自重、上乗荷重を考慮して線荷重としての値を入力する必要がある。

(3) 渡版のある場合、法線直角方向ばかりには、切りか

き部が存在し応力集中が発生すると考えられるが、その部分についての計算法が確立していない。本プログラムでは、切りかき部を片持ばりとみなして、配筋量(D-22, 4本)に対してチェック計算を行っている。

表-6.1 入力様式

1	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	
BEGIN																	
TITLE																	
TYPE																	
IFLAG4																	
HIGH WATER LEVEL																	
HWL		LWL		GRL		GL		HOFAI		SBL		JFAI					
BLANKET STONE																	
HIFUK		HIJURO		ITYPE													
N ₁		X ₁₁	Y ₁₁	X ₁₂	Y ₁₂	X ₁₃	Y ₁₃	X ₁₄	Y ₁₄	X ₁₅	Y ₁₅	X ₁₆	Y ₁₆				
N ₂		X ₂₁	Y ₂₁	X ₂₂	Y ₂₂	X ₂₃	Y ₂₃	X ₂₄	Y ₂₄	X ₂₅	Y ₂₅	X ₂₆	Y ₂₆				
STRATUM																	
NLINE																	
N.		X ₁	Y ₁	X ₂	Y ₂	X ₃	Y ₃	X ₄	Y ₄	X ₅	Y ₅	X ₆	Y ₆				
SUPERSTRUCTURE																	
NX		NY		AA		BB		F		G							
SPY(1)		SPY(2)		SPY(3)		SPY(4)		SPY(5)		SPY(6)							
SLAB																	
T1		DENS1 IFLAG6															
T2		DENS2															
GIRDER																	
A1		B1		DOUBLE													
A2		B2		NGIRD		IFLAG7		BHUNCH									
GIRD(1)		GIRD(2)		GIRD(3)		GIRD(4)		GIRD(5)		GIRD(6)		GIRD(7)		GIRD(8)		GIRD(9)	
BWIDTH		BWEIGT		BOARD(1)		BOARD(2)										BSPAN	
PILE HEAD																	
PHI1		THICK(1)		THICK(2)		THICK(3)		THICK(4)		THICK(5)		PHI 2		THICK 2		ANG(2)	
HPILE(1)		HPILE(2)		HPILE(3)		HPILE(4)		HPILE(1)		HPILE(2)		HPILE(3)		HPILE(4)			
ELASTIC SUPPORT ABOUT PILES																	
PKH		DENS3															
PL		PH		ISW													
ALLOWABLE STRESS																	
SIGSA		SIGCA		TAUA		TAUAD											
YOUNG' S MODULUS																	
ES		EC															
MAXIMUM SIZE OF COARSE AGGREGATE																	
SCA																	
DEAD WEIGHT MULTIPLIER UNDER CONSTRUCTION																	
DMUL																	
LOAD CONDITIONS																	
EARTHQUAKE LOADS																	
KH		IDIRECT															
SURCHARGE																	
PJA		PJA															
UPLIFT																	
PU																	

DRIFT WOOD

FBAR

PULLING CAPACITY

FKEI

P-FORCES

FN	FA	MN	MA
----	----	----	----

AXLE LOADS

P	E	F
---	---	---

BERTHING IMPACTS

I	J	H	X	Y	TH
---	---	---	---	---	----

MOVING LOADS

DTR	MNO				
J ₁	F ₁₁	F ₁₂	F ₁₃	F ₁₄	F ₁₅
J ₂	F ₂₁	F ₂₂	F ₂₃	F ₂₄	F ₂₅
J ₃	F ₃₁	F ₃₂	F ₃₃	F ₃₄	F ₃₅
J ₄	F ₄₁	F ₄₂	F ₄₃	F ₄₄	F ₄₅
J ₅	F ₅₁	F ₅₂	F ₅₃	F ₅₄	F ₅₅

TRUCK

P(1)	P(2)	P(3)	P(4)	P(5)
A(1)	A(2)	A(3)	A(4)	B
			D 1	D 2
				D 3

TRAILER

FORKLIFT TRUCK

T-CRANE

CRANE LOADS

NCR1	NCR2	NOCRPI						
SPCR(1)	SPCR(2)	SPCR(3)	SPCR(4)	SPCR(5)	SPCR(6)	SPCR(7)	SPCR(8)	SPCR(9)

CARGO HANDLING

ORDINARY

V'	V

EARTHQUAKE

THETA				
V'	H'	V	H	

STORM

X	THETA			
V'	H'	V	H	

END

表-6.2 Key Wordの説明

	必須	内 容
BEG in	○	入力データの始まりを示す
TYPe		直ぐい式, 組ぐい式の識別データであることを示す
HIGH water level	○	水位等のデータであることを示す
BLAnket stone		被覆石のデータであることを示す
STRatum	○	地層のデータであることを示す
SUPperstructure	○	上部工の形状データであることを示す
SLAB	○	床版に関するデータであることを示す
GIRder	○	はりに関するデータであることを示す
PILe head	○	くい頭部に関するデータであることを示す
ELA stic support about piles	○	鋼管くいの支持状態に関するデータであることを示す
ALL owable stress	○	許容応力度のデータであることを示す
YOU ng's modulus		ヤング率のデータであることを示す
MAX imum size of coarse aggregate	○	最大粗骨材径のデータであることを示す
DEAD weight multiplier under construction		施工時の死荷重係数データであることを示す
LOAD conditions	○	荷重データの始まりを示す
EAR thquake loads		地震データであることを示す
SUR charge		上載荷重データであることを示す
UPL ift		揚圧力データであることを示す
DRI ft wood		漂流物荷重データであることを示す
PUL ling capacity		けい船柱荷重データであることを示す
P-F orces	○	くい頭部応力データであることを示す
AXL e loads		輪荷重データであることを示す
BER thing impacts		船舶の接岸力データであることを示す
MOV ing loads		移動荷重データの始まりを示す
TRU ck		トラックのデータであることを示す
TRA iler		トレーラーのデータであることを示す
FOR klift truck		フォークリフトのデータであることを示す
T-C rane		トラック・クレーンのデータであることを示す
CRA ne loads		クレーン荷重の始まりを示す
CAR go handling		クレーン荷役時の始まりを示す
ORD inary		常時の荷役時データであることを示す
EAR thquake		異常時の荷役時データであることを示す
STO rm		クレーン暴風時の荷重データである時を示す
END	○	入力データの終りを示す

必須の項に○印のある項目は必ず入力しなければならない。

KEY word は最初の3文字で有効であり、必ず一枚のカードにひとつのKEY word とする。

表-6.3 入力データの説明

Card ID	データ名 (単位)	フォーマット	内 容	備 考
1	TITLE	A 7 2	コメント行 最後の一行がタイトルとして印字される カードは何枚でもよい	1枚以上 1~3 col.は Key Wordと一致しない こと。
2	IFLAG4	I 8	= 0 直ぐい式さん橋 = 1 組ぐい式さん橋	
3	HWL (m) LWL (m) GRL (m) GL (m) HOFAI (%) SBL (m) JFAI	F 8.1 F 8.1 F 8.1 F 8.1 F 8.1 F 8.1 I 8	HIGH WATER LEVEL LOW WATER LEVEL 計画水深 岸壁天端高 舗装こう配 (海向, 陸向の両方向にこう 配をつける場合は同一こう配となる). 土留め前面水深 舗装こう配の方向 = 1...海側に傾斜したこう配 = 2...海側・陸側両方向にこう配を もつ。ただしこう配は同一こ う配で直角方向のくい数が奇 数の場合に限る。	図-6.1参照 HWL, LWL 等のデ ータは基準面から の高さで表示する。
4	HIFUK (比) HIJURO (kg) ITYPE	F 8.1 F 8.1 I 8	被覆石こう配 1 : HIFUK 被覆石重量 被覆形状のタイプ	図-6.2参照
5	N X ₁ (m) Y ₁ (m) X ₂ (m) Y ₂ (m) ∴ X ₆ (m) Y ₆ (m)	I 8 F 6.1 F 6.1 F 6.1 F 6.1 ∴ F 6.1 F 6.1	座標点数 X座標 Y座標 X座標 Y座標 ∴ X座標 Y座標	2枚必要 x, y座標はN個指 定する。 (2 ≤ N ≤ 6) 図-6.2参照 X座標の原点は岸壁 法線とし陸側を正と する。 Y座標は基準面から の高さで表示する。

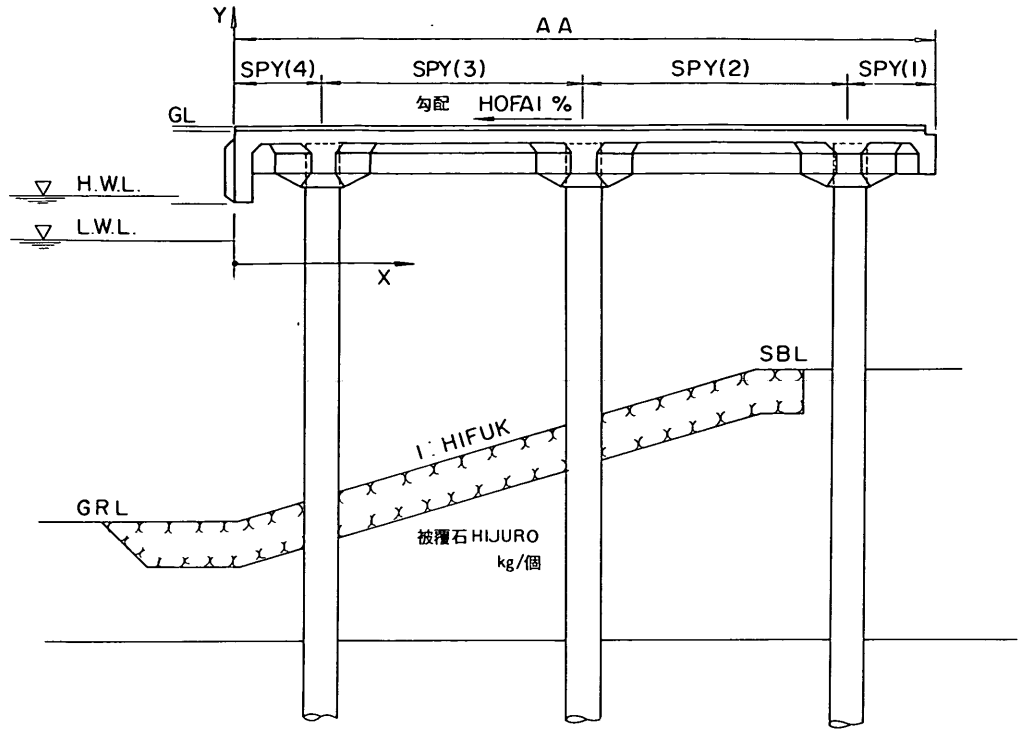
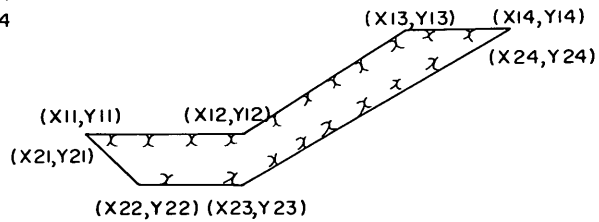


図-6.1 標準断面 (横断面)

I TYPE = 1

$n_1 = 4$
 $n_2 = 4$



I TYPE = 2

$n_1 = 4$
 $n_2 = 6$

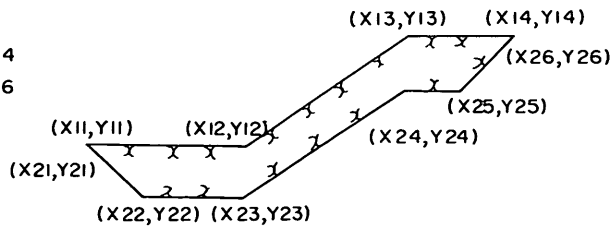


図-6.2 被覆石の形状

Card ID	データ名 (単位)	フォーマット	内 容	備 考
6	NLINE	I 8	地層区分数	
7	N X ₁ (m) Y ₁ (m) ⋮ X ₆ (m) Y ₆ (m)	I 8 F 6.1 F 6.1 F 6.1 F 6.1	Card ID 5 と同様	NLINE 枚必要 図-6.3参照
8	NX NY AA (m) BB (m) F (m) G (m)	I 8 I 8 F 8.3 F 8.3 F 8.3 F 8.3	法線平行方向のくい数 法線直角方向のくい数 法線直角方向の上部工全長 法線平行方向の上部工全長 法線平行方向のはりの張出長さ 法線平行方向のはりの中間部スパン	図-6.4参照 組ぐい部については 一組で一本とする。
9	SPY(1) } SPY(6) (m)	6 F 8.3	法線直角方向のはりの各スパン (陸側 → 海側)	NY + 1 個のデータを指定
10	T1 (m) DENS1 (tf/m ³) IFLAG6	F 8.3 F 8.3 I 8	舗装厚 舗装コンクリートの単位体積重量 = 0 コンクリート舗装 } 舗装種類 = 1 アスファルト舗装	図-6.5参照
11	T2 (m) DENS2 (tf/m ³)	F 8.3 F 8.3	床版厚, ただし0.21m以上とする 鉄筋コンクリートの単位体積重量	
12	A1 (m) B1 (m) DOUBLE (cm)	F 8.3 F 8.3 F 8.3	大ぶり高さ 大ぶり幅 二段配筋時の間隔	
13	A2 (m)	F 8.3	海側小ぶり高さ	図-6.6.1, 6.6.2 参照

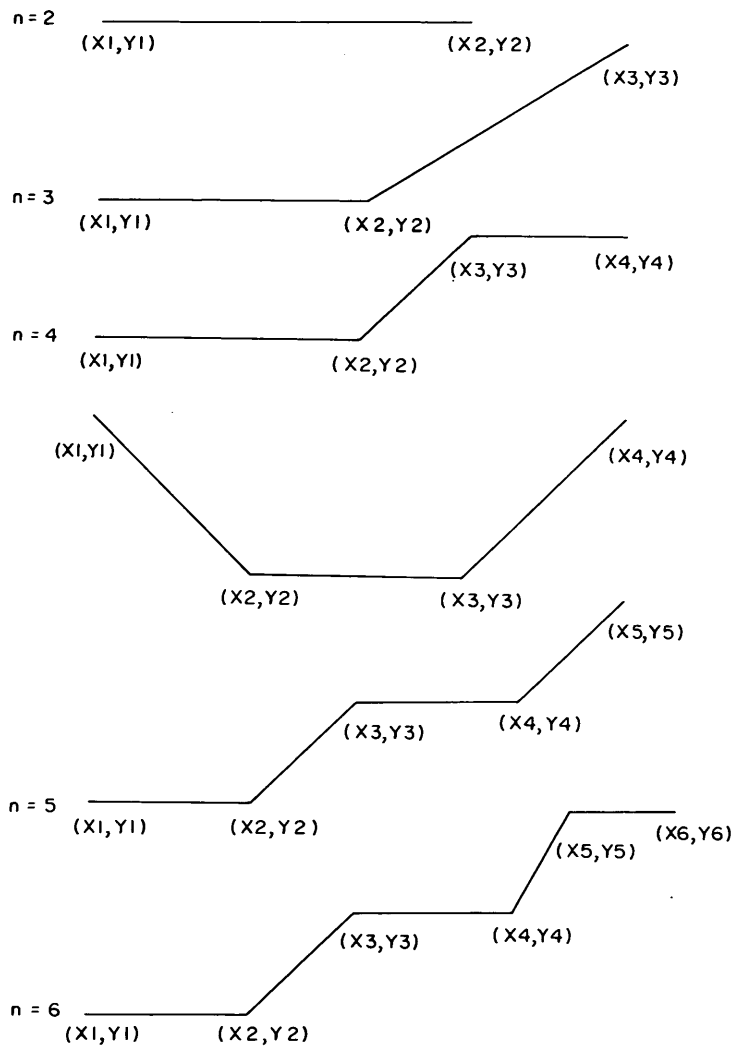


図-6.3 地層区分の座標

Card ID	データ名 (単位)	フォーマット	内 容	備 考
13	B 2 (m) NGIRD IFLAG7 BHUNCH (m)	F 8.3 I 8 I 8 F 8.3	小ばり幅 防玄部の数 防玄部の形状タイプ = 0…TYPE I = 1…TYPE II ベッドが直な場合のハンチ長さ	図-6.6.1, 図-6.6.2 参照
14	CIRD(1) } CIRD(9) (m)	9 F 8.3	防玄部の形状寸法	
15	BWIDTH (m) BWEIGT (tf/m) BOARD(1) } BOARD(2) (m) BSPAN (m)	F 8.3 F 8.3 2 F 8.3 F 8.3	陸側小ばり幅 渡版により陸側小ばりに加わる荷重。 きりかき部のある場合は必ず入力する。 渡版受け部の寸法 渡版のスパン	図-6.7 参照
16	PHI 1 (mm) THICK(1) } THICK(5) (mm) PHI 2 (mm) THICK 2 (mm) ANG(1) } ANG(2) (度)	F 8.3 5 F 8.3 F 8.3 F 8.3 2 F 8.3	直ぐいのくい径 くいの肉厚 (陸側 → 海側) 組ぐいのくい径 組ぐいの肉厚 組ぐいの角度	図-6.8 参照
17	HPILE(1) } HPILE(4) (m) HPILE 2(1) } HPILE 2(4) (m)	4 F 8.3 4 F 8.3	直ぐい部の標準くい頭寸法 組ぐい部の標準くい頭寸法	図-6.8.1, 図-6.8.2 参照

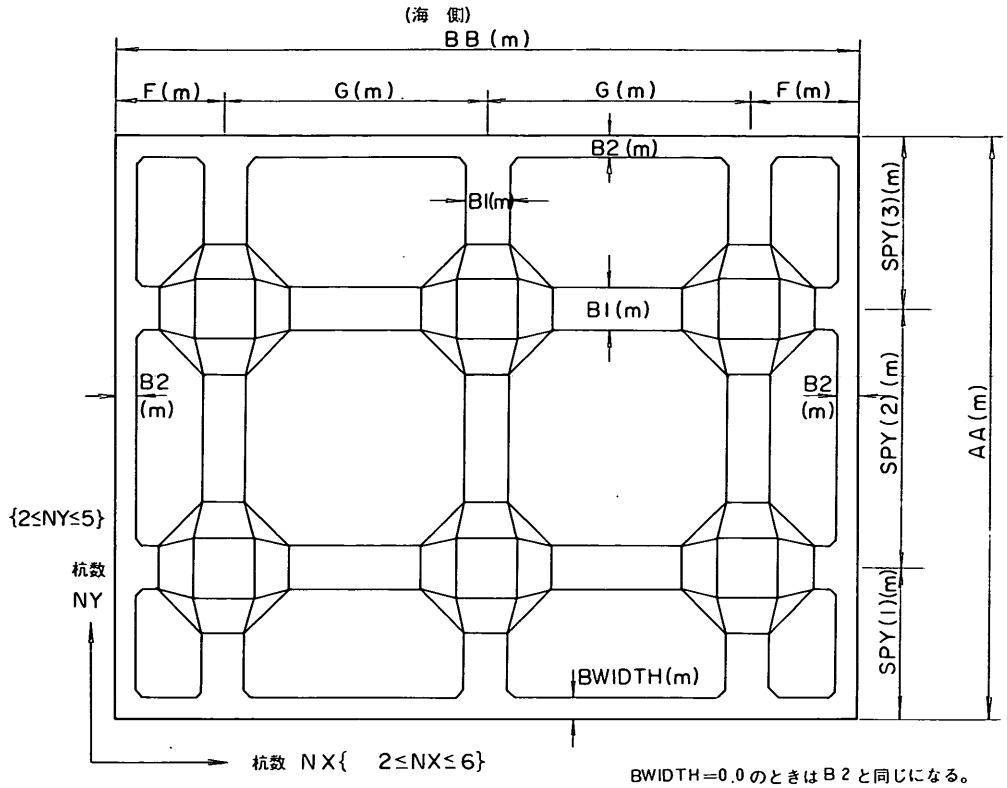
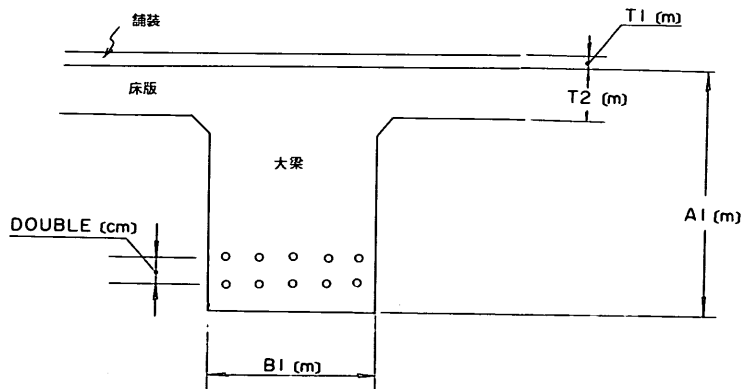


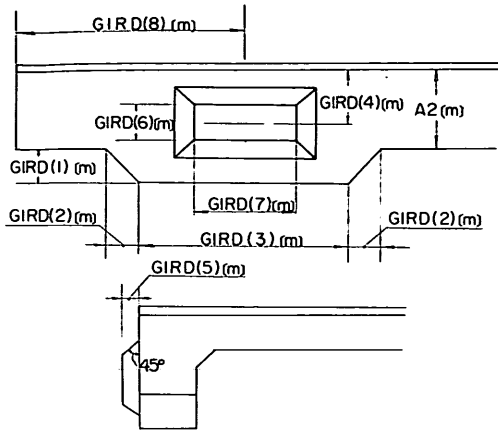
図-6.4 標準断面 (平面図)



舗装の種類 IFLAG 6 | 0 : c/c (コンクリート舗装)
 | 1 : a/c (アスファルト舗装)
 舗装コンクリートの密度 DENS 1 [t/m³]
 床版・梁のコンクリート密度 DENS 2 [t/m³]

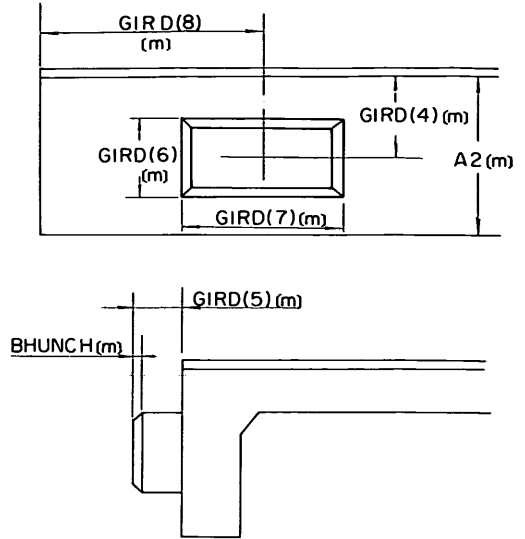
図-6.5 大げり断面図

Card ID	データ名 (単位)	フォーマット	内 容	備 考
18	PKH (kgf/cm ³)	F 8.3	地盤反力係数	図-6.9参照
	DENS3 (kgf/cm ³)	F 8.3	鋼管の単位体積重量	
19	PL (m)	F 8.3	くい全長	NY枚必要 組ぐいの場合は1枚追加 1枚目と、NY+1枚目のデータが組ぐいを表わす。
	PH (m)	F 8.3	くい自由長	
	ISW	I 8	支持状態 = 1 支持ぐい = 2 摩擦ぐい(粘性土) = 3 摩擦ぐい(砂質土)	
20	SIGSA (kgf/cm ²)	F 8.3	σ_{sa} 鉄筋の許容引張応力度	
	SIGCA (kgf/cm ²)	F 8.3	σ_{ca} コンクリートの許容圧縮応力度	
	TAUA (kgf/cm ²)	F 8.3	τ_a コンクリートの許容せん断応力度	
	TAUAD (kgf/cm ²)	F 8.3	τ_a' コンクリートの許容付着応力度	
21	ES (kgf/cm ²)	F 8.0	鋼ぐいのヤング率	
	EC (kgf/cm ²)	F 8.0	コンクリートのヤング率	
22	SCA (cm)	F 8.1	最大粗骨材径	
23	DMUL	F 8.3	施工時の死荷重係数	
24	KH	F 8.3	水平方向の設計震度	
	IDIRECT	I 8	地震力の作用方向 = 0 法線直角方向 = 1 法線直角, 平行方向	
25	PJN (tf/m ²)	F 8.3	常時の上載荷重	
	PJA (tf/m ²)	F 8.3	異常時の上載荷重	
26	PU (tf/m ²)	F 8.3	揚 圧 力	
27	FBAR (tf)	F 8.3	漂流物による衝撃力	
28	FKEI (tf)	F 8.3	けい船柱荷重	



IFLAG 7=0 の場合の形状
 GIRD (9) は NGIRD (防眩部数) が 3 以上の場合でもう 1 組の
 防眩部の位置を示す。GIRD (8) と同様

図-6.6.1 海側小ばり (防眩部の形状, TYPE-I)



IFLAG 7=1 の場合の形状
 GIRD (9) は、IFLAG 7=0 のときと同様
 GIRD (1)、GIRD (2)、GIRD (3)=0.0 とする。

図-6.6.2 海側小ばり (防眩部の形状, TYPE-II)

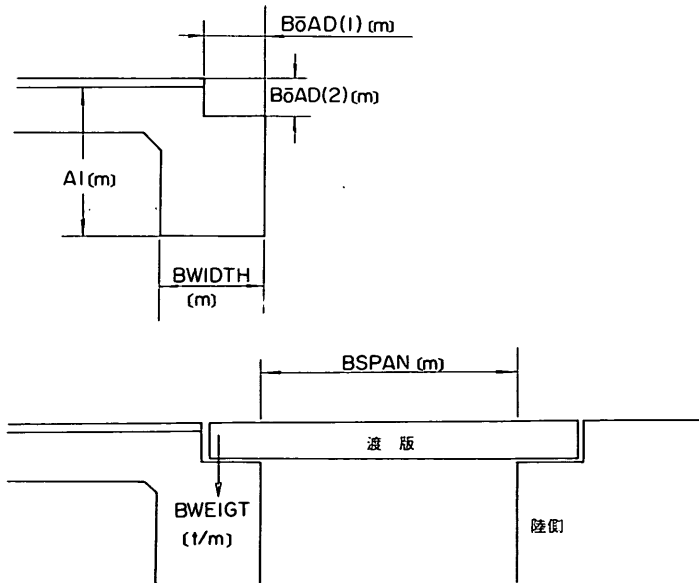
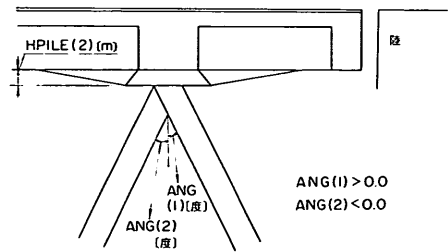
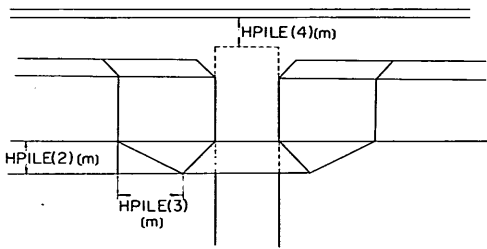
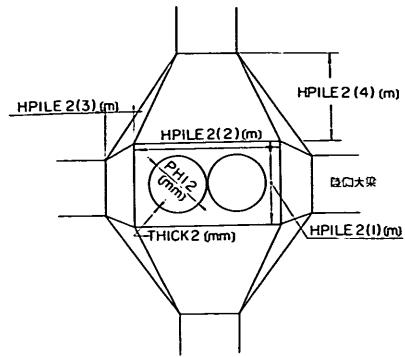
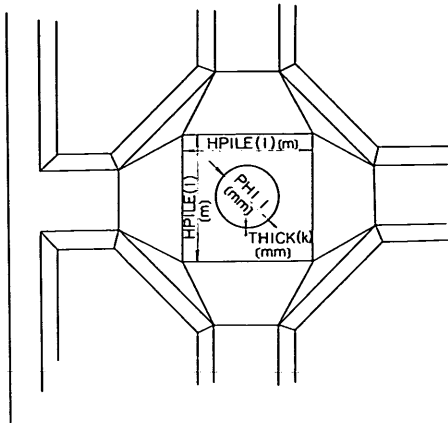


図-6.7 陸側小ばり

Card ID	データ名 (単位)	フォーマット	内 容	備 考				
29	FN (tf)	F 8.2	くい頭押込力(常時)	最大のものを指定する。 基本設計のデータを使用する。				
	FA (tf)	F 8.2	くい頭押込力(異常時)					
	MN (tf・m)	F 8.2	くい頭モーメント(常時)					
	MA (tf・m)	F 8.2	くい頭モーメント(異常時)					
30	P (tf)	F 8.3	<table style="border: none;"> <tr> <td style="border: none;">輪荷重</td> <td rowspan="3" style="border: none;">} 床版荷重算定用</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">作用幅</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">作用長さ</td> </tr> </table>	輪荷重	} 床版荷重算定用	作用幅	作用長さ	図-6.10参照 複数枚指定可能
	輪荷重	} 床版荷重算定用						
	作用幅							
作用長さ								
E (m)	F 8.3							
F (m)	F 8.3							
31	I	I 8	重ね合せる上載荷重 = 0 常時 = 1 異常時	図-6.11参照 複数枚指定可能				
	J	I 8	断面力の取扱い = 0 常時扱い = 1 異常時扱い					
	H (tf)	F 8.3	水平力の大きさ					
	X (m)	F 8.3	作用点のx座標					
	Y (m)	F 8.3	作用点のy座標					
	TH (度)	F 8.3	作用方向					
32	DTR (m)	F 8.3	移動荷重の不載荷幅					
	MNO	I 8	最小断面力決定時の荷重載荷台数 (2または4)					
33	J_k	I 8	最大載荷台数(0~2)	5枚必要 k=1 トラック 2 トレーラー 3 フォークリフト 4 トラッククレーン 5 追加荷重 追加荷重はトラック、 トレーラー、フォークリフト、 トラック・クレーンのいずれかである。				
	F_{k1}	I 8	トラックと接触載荷* 可, 不可 = 0 可, = 1 不可					
	F_{k2}	I 8	トレーラーと接触載荷 可, 不可 = 0 可, = 1 不可					
	F_{k3}	I 8	フォーク・リフトと接触載荷 可, 不可 = 0 可, = 1 不可					
	F_{k4}	I 8	トラック・クレーンと接触載荷 可, 不可 = 0 可, = 1 不可					
	F_{k5}	I 8	追加荷重と接触載荷 可, 不可 = 0 可, = 1 不可					

* 接触載荷とは車を2台平行して載荷することをいう。

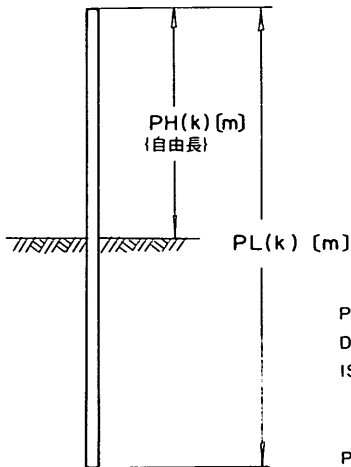


THICK (K) の値は
K 1 の時最陸側の鋼管厚とし、以下 K 2, ... と海側の鋼管厚を与える

ANG(1) > 0.0
ANG(2) < 0.0

図-6.8.2 組ぐい頭部

図-6.8.1 直ぐい頭部



PKH : 地盤反力係数 (kg/cm³)
DENS 3 : 鋼管の単位体積重量 (t/m³)
ISW (k) { = 1 : 支持杭
 = 2 : 摩擦杭 (粘性土)
 = 3 : 摩擦杭 (砂質土)
PH (k) : 斜面の場合は仮想地表面より上の長さである。

k=1 を最陸側とする。
組杭の時の最陸側のもう一本の杭のデータは
k=NY+1 で与える。

図-6.9 くい諸元

Card ID	データ名 (単位)	フォーマット	内 容	備 考
34	P(1) } P(5) (tf)	5 F 8.3	一輪の荷重 (車軸重量ではない) P(1)に最大荷重輪を指定する。	図-6.12参照
35	A(1) } A(4) (m) B (m) D1 (m) D2 (m) D3 (m)	4 F 8.3 F 8.3 F 8.3 F 8.3 F 8.3	車輪間隔 P(1)側から指定する。 両輪の間隔 P(1)側の車体はみ出し長さ P(N)側の車体はみ出し長さ 両サイドの車体はみ出し長さ	
36	NCR1 NCR2 NOCRP1	I 8 I 8 I 8	クレーン荷重の陸側載荷はり番号 (大ばり番号で指定) クレーン荷重の海側載荷はり番号 クレーンの車輪数	図-6.13参照
37	SPCR(1) } SPCR(9) (m)	9 F 8.3	車輪間隔 (左側 → 右側)	
38	V' (tf) V (tf)	F 8.3 F 8.3	陸側輪荷重 海側輪荷重	左側→右側の順に車輪数枚指定 複数ケースの指定も可能
39	THETA (度)	F 8.3	水平力の加わる方向	
40	V' (tf) H' (tf) V (tf) H (tf)	F 8.3 F 8.3 F 8.3 F 8.3	陸側輪鉛直荷重 陸側輪水平荷重 海側輪鉛直荷重 海側輪水平荷重	左側→右側の順に車輪数枚に指定 複数ケースの指定も可能(39, 41とともに)
41	X (m) THETA (度)	F 8.3 F 8.3	クレーン固定位置 (最左輪の座標) 水平力の加わる方向	

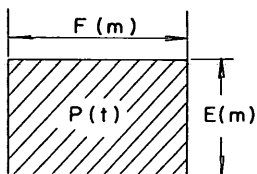
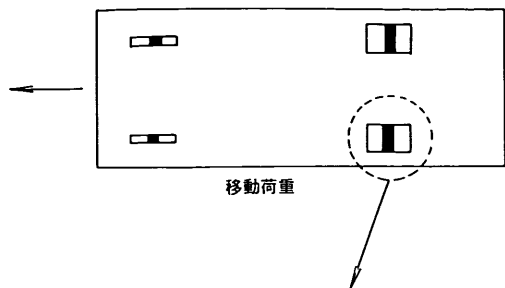


図-6.10 輪荷重

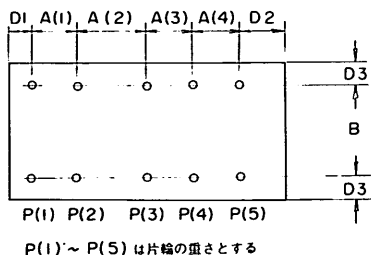
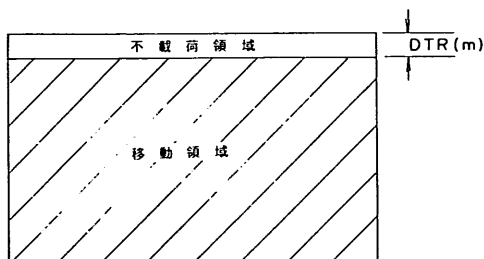


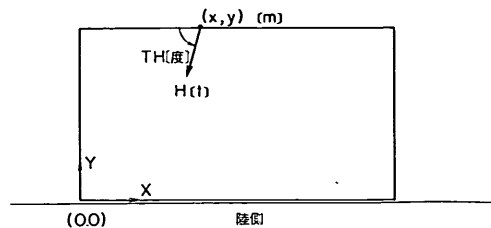
図-6.12 移動荷重の諸元

(4) くい頭プレートについては、組ぐいの場合、そのプレートの形状が本来長円となるが、図示するとほとんど円となるため、そのように表示している。なお材料表にはプレートの鋼材量は出力していない。

(5) 標題欄は空白にしてあるので使用者が記入する。

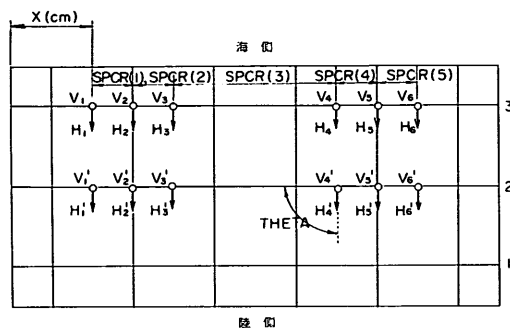
6.3 入力データの作成例

設計条件のコーディング例を図-6.14に示す。作図例の一部を図-6.15に示す。



- i = 0 : 常時の上載荷重と重ね合せ。
 - i = 1 : 異常時の上載荷重と重ね合せ。
 - j = 0 : 断面力は常時扱い。
 - j = 1 : 断面力は異常時扱い。
- TH 船艀力の作用する方向

図-6.11 船舶接岸力



- NCR 1, NCR 2 クレーンの足が載る梁の No. NCR 1 陸側
- NCR 2 海側
- NOCRP 1 クレーンの車輪数
- SPCR (K) 車輪間隔
- X 昇降時の固定位置
- V, V' 輪重鉛直成分
- H, H' 輪重水平成分
- THE TA 水平力の作用方向

図-6.13 クレーン荷重諸元

表-6.4 標準値のセット

データ名	標準値	標準値をセットする条件
I FLAG 4	0	データが入力されなかった時
DOUBLE	6.0 cm	ブランクまたは 0.0 の時
BWIDTH	B 2 の値	ブランクまたは 0.0 の時
ES	2.1×10^6 kg/cm ²	データが入力されなかった時、またはブランクまたは 0.0 以下が入力された時
EC	3.0×10^5 kg/cm ²	同上
DMUL	1.1	データが入力されなかった時、またはブランクまたは 0.0 の時

表-6.5 入力データエラーコード表

コード	内 容	対 応 策
1	入力データが不足している	必須データをチェックする。
2	Key Word がまちがっている	正しい Key Word にする, またはデータの枚数を正しくする。
3		
4		
5	入力データが正しく終わっていない or リード・エラー	入力データを正しくセットする
6		
7		
8		
9		
10	法線平行方向のくい数が2~6でない	くい数を2~6の範囲内に変更する
11	法線直角方向のくい数が2~5でない	くい数を2~5の範囲内に変更する
12	法線直角方向の上部工長さが5.0~25.0[m]でない	5.0~25.0[m]の範囲内に変更する
13	法線平行方向の上部工長さが5.0~30.0[m]でない	5.0~30.0[m]の範囲内に変更する
14	法線直角方向の張出部(陸側)が0.5~2.5[m]でない	0.5~2.5[m]の範囲内に変更する
15	法線直角方向の張出部(海側)が0.5~2.5[m]でない	0.5~2.5[m]の範囲内に変更する
16	法線直角方向のスパンが2.5~6.5[m]でない	2.5~6.5[m]の範囲内に変更する
17		
18		
19		
20		
21	法線直角方向の上部工長さとスパンの合計長さが一致しない	一致するよう調整する
22	法線平行方向の上部工長さとスパンの合計長さが一致しない	一致するよう調整する
23	組ぐい部のハンチが負である	非負にする
24	組ぐい部のハンチが負である	非負にする
25	舗装厚が正でない	舗装厚を正にする
26	コンクリートの密度が正でない	正しい値を入力する
27	床版厚が0.21[m]以上でない	0.21[m]以上にする
28	鉄筋コンクリートの密度が正でない	正しい値を入力する
29		
30	大ばり高さが0.5~2.0[m]でない	0.5~2.0[m]の範囲内に変更する
31	大ばり幅が0.3~1.5[m]でない	0.3~1.5[m]の範囲内に変更する

コード	内 容	対 応 策		
32	二段配筋の間隔が正でない	正にする		
33	海側の小ばり高さが大ばり高さより低い	大ばり高さ以上にする		
34	小ばり幅が0.3～1.5〔m〕でない	0.3～1.5〔m〕の範囲内に変更する		
35	防玄部数が1～4でない	1～4にする		
36	防玄部が直の場合のハンチが負となっている	非負にする		
37	防玄部の形状寸法が負となっている	非負にする		
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45	陸側小ばり幅が0.3～1.5〔m〕あるいは無指定のどちらでもない	0.3～1.5〔m〕あるいは無指定とする		
46				
47			渡版集中荷重が負となっている	非負にする
48			陸側小ばりの切欠き幅が負となっている	非負にする
49			陸側小ばりの切欠き深さが負となっている	非負にする
50			くい厚さが正でない	正にする
51				
52				
53				
54				
55	組ぐい部のくい厚さが正でない	正にする		
56	くい頭部下部の突出部分が0.22〔m〕以下である（ハンチ筋の溶接長が取れない）	0.22〔m〕より大きくする		
57	くい頭ハンチ部の長さが正でない	正にする		
58	くい頭頂部のコンクリート厚が0.15〔m〕以上でない	0.15〔m〕以上にする		
59	渡版長さが負となっている	非負にする		
60	クレーンの車輪数が2～10でない	2～10にする		
61				
62				

コード	内 容	対 応 策
63	車輪間隔が正でない	正にする
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70	車輪の載荷ばり番号が正しくない (両方の車輪が同じはりに載荷されている場合も含む)	1～NYにする
71 } 90	クレーン暴風時の荷重が負である(鉛直力)	非負にする
91 } 110	クレーン荷役時の荷重が負である(鉛直力)	非負にする
111 } 130	クレーン地震時の荷重が負である(鉛直力)	非負にする
131	船舶の接岸力と重ねせる上載荷重を示すフラッグが正しくない	0または1にする
132	船舶の接岸力による断面力の取扱を示すフラッグが正しくない	0または1にする
133	地震の震度が正でない	正にする
134	地震力を考慮する方向を示すフラッグが正しくない	0または1にする
135	上載荷重(常時)が負である	非負にする
136	上載荷重(異常時)が負である	非負にする
137		
138	揚圧力が負である	非負にする
139		
140	移動荷重不載荷領域の幅が負である	非負にする
141	移動荷重によるはりの断面力最小値を決定する時最大可能載荷荷重数が2または4でない	2あるいは4にする
142	荷重の接触載荷可能フラッグまたは最大載荷数が正しくない	最大数の場合は0～2にする 接触フラッグの場合は0, 1にする
143		
144		

コード	内 容	対 応 策
145		
146	移動荷重の鉛直力が負である	非負にする
147		
148		
149		
150		
151 ↓ 158	移動荷重の寸法データが負である	非負にする
159		
160	輪荷重が負である	非負にする
161	輪荷重の幅が負である	非負にする
162	輪荷重の幅が負である	非負にする
163		
164		
165	流木による力が負である	非負にする
166		
167	けい船柱荷重が負である	非負にする
168		
169	施工時の死荷重係数が負である	非負にする
170		
171	σ_{sa} が正でない	正にする
172	σ_{ca} が正でない	正にする
173	τ_a が正でない	正にする
174	τ'_a が正でない	正にする
175	地盤反力係数が正でない	正にする
176	くい1の全長が自由長以下	自由長以上にする
177	くい1の自由長が正でない	正にする
178	くい1の支持状態フラッグが1～3でない	1～3にする
179	くい2の全長が自由長以下	自由長以上にする
180	くい2の自由長が正でない	正にする
181	くい2の支持状態フラッグが1～3でない	1～3にする
182	くい3の全長が自由長以下	自由長以上にする
183	くい3の自由長が正でない	正にする

コード	内 容	対 応 策
184	くい3支持状態フラッグが1～3でない	1～3にする
185	くい4の全長が自由長以下	自由長以上にする
186	くい4の自由長が正でない	正にする
187	くい4の支持状態フラッグが1～3でない	1～3にする
188	くい5の全長が自由長以下	自由長以上にする
189	くい5の自由長が正でない	正にする
190	くい5の支持状態フラッグが1～3でない	1～3にする
191	くい6の全長が自由長以下	自由長以上にする
192	くい6の自由長が正でない	正にする
193	くい6(組ぐい)の支持状態フラッグが1～3でない	1～3にする
194		
195		
196		
197		
198		
199		
200	床版の傾きが2方向と指定されているが法線直角方向のくい数が偶数である	1方向として指定する
201	防げん部が大ばりの位置と一致していない	防げん部は大ばり位置と一致させる
202		
203		
204		
205		
206		
207	防玄部が大ばりの位置と一致していない	防玄部は大ばり位置と一致させる
208		
209		
210		
211		
212		
213		
214		
215	防玄部のハンチ長さが負である	非負にする

コード	内 容	対 応 策
216	防玄部の下端の長さが正でない	正にする
217	防玄部の幅が広すぎる	部材中点を越えないようにする（中間部の部材）
218	防玄部が小ばりにくい込んでいる	防玄部の幅を狭くする
219	防玄部が小ばりにくい込んでいる	防玄部の幅を狭くする
220	防玄部のベッドが防玄部の幅より広い	ベッドを狭くする
221	防玄部のベッド縦長さが長すぎる（上部につき出る）	縦長さを短くする
222	防玄部のベッド縦長さが長すぎる（下部につき出る）	縦長さを短くする
223	タイプ2の防玄部で下部突出が指定されている	0.0にする
224	221と同様（タイプ2の場合）	縦長さを短くする
225	222と同様（タイプ2の場合）	縦長さを短くする
226	防玄部のベッド幅が広すぎる	部材中点が越えないようにする（中間部の部材）
227	ベッドが直な場合のハンチが大きすぎる	ハンチを小さくする
228	ベッドが直な場合のハンチが大きすぎる	ハンチを小さくする
229	ベッドが直な場合のハンチが大きすぎる	ハンチを小さくする
230	218と同様（タイプ2の場合）	ベッドの幅を狭くする
231	218と同様（タイプ2の場合）	ベッドの幅を狭くする
232	221と同様（ベッド無の場合）	縦長さを短くする
233	222と同様（ベッド無の場合）	縦長さを短くする
234	226と同様（ベッド無の場合）	226と同様
235	218と同様（ベッド無の場合）	218と同様
236	218と同様（ベッド無の場合）	218と同様
237	切り欠き部が大きすぎてかぶり厚が取れない	切り欠き部の幅を狭くする
238	くい1の鋼管厚が鋼管半径を越えている	鋼管厚を小さくする
239	くい2の鋼管厚が鋼管半径を越えている	鋼管厚を小さくする
240	くい3の鋼管厚が鋼管半径を越えている	鋼管厚を小さくする
241	くい4の鋼管厚が鋼管半径を越えている	鋼管厚を小さくする
242	くい5の鋼管厚が鋼管半径を越えている	鋼管厚を小さくする
243		
244	組ぐい部の鋼管厚が鋼管半径を越えている	鋼管厚を小さくする
245	斜ぐいの傾きが $0.0^{\circ} \sim 3.0^{\circ}$ でない	傾きを $0.0 \leq \theta < 3.0^{\circ}$ にする
246	斜ぐいの傾きが $-3.0^{\circ} \sim 0.0^{\circ}$ でない	傾きを $-3.0^{\circ} < \theta \leq 0.0^{\circ}$ にする
247	くい頭部に比較してくい径が大きすぎる	くい径を細くする

コード	内 容	対 応 策
248	くい頭部に比較してくい径が大きすぎる（組ぐい時）	くい径を細くする
299	くい頭部に比較してくい径が大きすぎる（組ぐい時）	くい径を細くする
250	防玄部数が奇数であるのに法線平行方向のくい数が偶数である	防玄部の数を調整する
251	組ぐい時のくい頭ハンチが1：3よりゆるい	傾きを1/3以上にする
252	防玄部の水平補強筋のかぶり厚がとれない	ベッド幅を狭くする
253	大ばり下側筋がプレートにのらない	くい径を大きくする
254		
255	最大粗骨材径が負である	非負にする
256		
257	渡版用の切り欠き部が深すぎる	ハンチ上側より深くしない
258		
259		
260		
261	$HWL < ALWL$ である。	$HWL \geq ALWL$ とする
262	$GL < HWL$ である	$GL \geq HWL$ とする。
263	上部工のこう配が5.0%を越えている	±5.0%以下にする
264	$SBL < GRL$ である	$SBL \geq GRL$ とする
265	$1 \leq JFAI \leq 2$ でない	$1 \leq JFAI \leq 2$ を指定
266	被覆こう配が負である	非負にする
267	被覆石重量が負である	非負にする
268	被覆形状のタイプが1～5でない	1～5にする
269	被覆の座標点数が2～6でない	2～6にする
270	地層区分数が1～5でない	1～5にする
271	地層区分線の座標点数が2～6でない	2～6にする
272		
273		
274		
275		
276		
277		
278		
279		
280	同じ Key Word が2度検出された	1つにする

表-6.6 計算時のエラー表示

- INPUT DATA HAVE SOME ERRORS LAST ERROR CODE IS nnnn
- FIRST CARD IS NOT 'BEGIN' CARD
(最初のカードが「BEGIN」でない)
- INPUT DATA MISSING aaaaaaaaaaaaaa
(入力データにエラーがある)
- NYURYOKU DATA GA FUSOKU SHITEIRU
(入力データが不足している)
- TEKKIN GA DOUITSU HEIMEN NI HAIKIN SARERU
(床版下側筋と大ばり上側筋が重なる)
- INPUT COMMAND ERROR aaa IS MISSING
(Key・Wordにエラーがある)
- ERROR…… DUPULICATED COMMAND
(Key・Wordが2回以上使われている)
- SIGMA S GA KYOYO ORYOKUDO O KOETA
(σ_s が許容応力を超えた)
- SIGMA C GA KYOYO ORYOKUDO O KOETA
(σ_c が許容応力を超えた)
- TAU C GA KYOYO ORYOKUDO O KOETA
(τ_c が許容応力を超えた)
- TAU O GA KYOYO ORYOKUDO O KOETA
(τ_o が許容応力を超えた)
- HAIKIN FUKANO
(配筋本数が30本以上になって配筋できない)
- SEKOUJI NO SHITAGAWA TEKKIN GA FUSOKU SHITE IRU
(はり高が小さすぎて完成時の下側筋では施工時に許容応力を超す)
- SEKOU TEKKIN GA HAIKIN DEKINAI
(施工鉄筋が5本以上になって配筋できない)
- UEGAWAKIN NO TSUGITE ICHI GA KETTEI DEKINAI
- HOKYOKIN NO TSUGITE GA KETTEI DKINAI
- SEKOU TEKKIN ZENCHOKIN GA HAIKIN DEKINAI
(以上、継手位置と鉄筋最大長の関係で配筋できない)
- SHITAGAWAKIN GA 3 SHURUI DE HAIKIN DEKINAI
(くい頭プレートに溶接する鉄筋が3種類以上になって配筋できない)
- SENDAN RYOKU NI TAERARENAI
- HYORYUBUTSU NI YORU ORYOKU NI TAERARE NAI
(海側小ばりの防玄部が漂流物に耐えられない)
- ZENCHO-KIN GA HAIKIN DEKINAI
(小ばりの全長筋が継手位置の関係で配筋できない)
- HOKYO-KIN GA HAIKIN DEKINAI
- CHOKKAKU HOKO TEKKIN KEI GA KETTEI DEKINAI

- HEIKO HOKO NO TEKKIN KEI GA KETTEI DEKINAI
(床版がD-19, 10 cm ピッチでも鉄筋量が不足する)
- CHOKKAKU HOKO UEGAWA ZENCHO KIN NO TSUGITE ICHI GA KETTEI DEKINAI
- CHOKKAKU HOKO SHITAGAWA ZENCHO KIN NO TSUGITE ICHI GA KETTEI DEKINAI
- HEIKO HOKO UEGAWA ZENCHO KIN NO TSUGITE ICHI GA KETTEI DEKIMAI
- HEIKO HOKO SHITAGAWA ZENCHO KIN NO TSUGITE ICHI GA KETTEI DEKINAI
(以上, 継手位置が決定できない)

メ ッ セ ー ジ

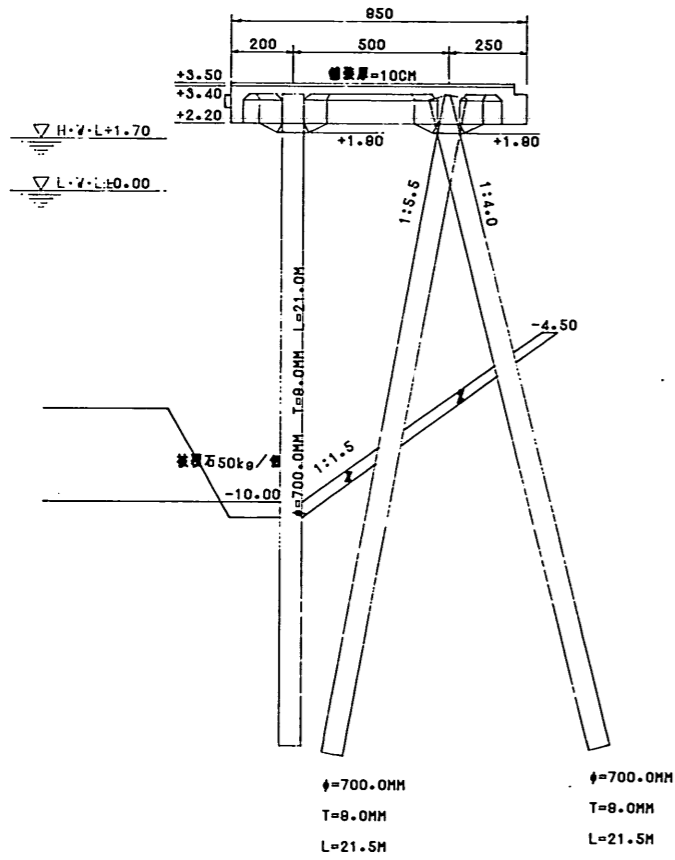
- UMEKOMI-CHO GA TARINAI
(くい頭部埋込み長が不足している)
- MAXIMUM BEARING STRESS EXCEEDS ALLOWABLE BEARING STRESS
(くい頭モーメントによる支圧力に耐えられない)
- ACTUAL SHEARING STRESS EXCEEDS ALLOWABLE SHEARING STRESS
(くい頭斜めせん断に耐えられない)
- WARNING…… UEGAWA NO HOKYOKIN GA KASANARI AU KOTO MO ARIURU
(海側小ばりのスパンが小さく, はり高が大きい場合に補強筋が重なる可能性がある)
- CALCULATION OF REINFORCEMENT WAS NOT PERFORMED
(配筋計算が完全に行われていない)
- ACTUAL CROSS SECTIONAL AREA OF REINFORCEMENT IS NOT ENOUGH
(渡版きりかき部の補強筋が不足している)
- CHECK CALCULATION IS SKIPPED BECAUSE PILE HEAD IS NOT STANDARD
(くい頭斜めせん断の検討において断面が標準形でない)
- CHECK CALCULATION IS KIPPED BECAUSE REINFORCEMENTS ARE NOT ALL PRESENT
(くい頭斜めせん断の検討において大ばりの下側筋の配筋が完全に行われない)

LINE NO.	DESCRIPTION	VALUE	UNIT
1	UNIT		
2	SHI-172 KO SEKKEI KFIJANSHU		
3	SHI-174 KO SEKKEI KFIJANSHU		
4	CASE-4		
5	TYPE		
6	HIGH JATER LEVEL	0.5	m
7	FLARET STON	10.5	m
8	FLARET STON	0.01	m
9	FLARET STON	6.5	m
10	FLARET STON	10.5	m
11	FLARET STON	10.5	m
12	STRUT		
13	STRUT		
14	STRUT	10.5	m
15	STRUT	10.5	m
16	SUPERSINUCLURE		
17	SUPERSINUCLURE		
18	SUPERSINUCLURE		
19	SIAR		
20	SIAR		
21	SIAR		
22	GIRDER		
23	GIRDER		
24	GIRDER		
25	GIRDER		
26	GIRDER		
27	PILE HEAD		
28	PILE HEAD		
29	PILE HEAD		
30	ELASTIC SUPPORT ABOUT PILES		
31	ELASTIC SUPPORT ABOUT PILES		
32	ELASTIC SUPPORT ABOUT PILES		
33	ELASTIC SUPPORT ABOUT PILES		
34	ELASTIC SUPPORT ABOUT PILES		
35	ALLOWABLE STRESS		
36	ALLOWABLE STRESS		
37	ALLOWABLE STRESS		
38	ALLOWABLE STRESS		
39	DEAD WEIGHT		
40	DEAD WEIGHT		
41	LOAD CONDITIONS		
42	EARTHQUAKE LOADS		
43	EARTHQUAKE LOADS		
44	SURCHARGE		
45	SURCHARGE		
46	LIFT		
47	LIFT		
48	LIFT WOOD		
49	LIFT WOOD		
50	PULL TAG		
51	PULL TAG		
52	FORCES		
53	FORCES		
54	AXLE LOADS		
55	AXLE LOADS		
56	ROLLING LOADS		
57	ROLLING LOADS		
58	ROLLING LOADS		
59	ROLLING LOADS		
60	ROLLING LOADS		
61	ROLLING LOADS		
62	TRAILER		
63	TRAILER		
64	TRUCK		
65	TRUCK		
66	TRUCK		
67	TRUCK		
68	CRANE LOADS		
69	CRANE LOADS		
70	CRANE LOADS		
71	CRANE LOADS		

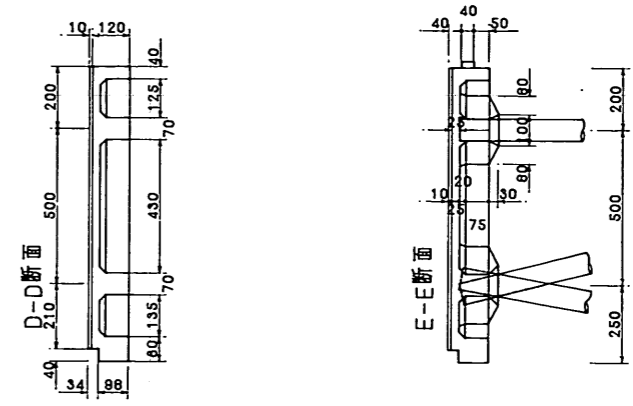
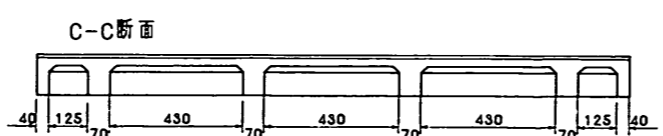
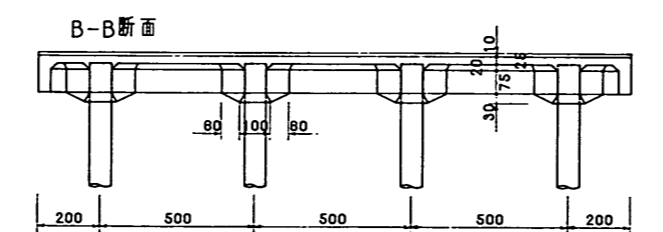
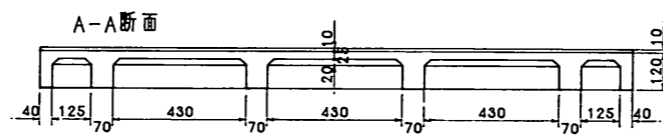
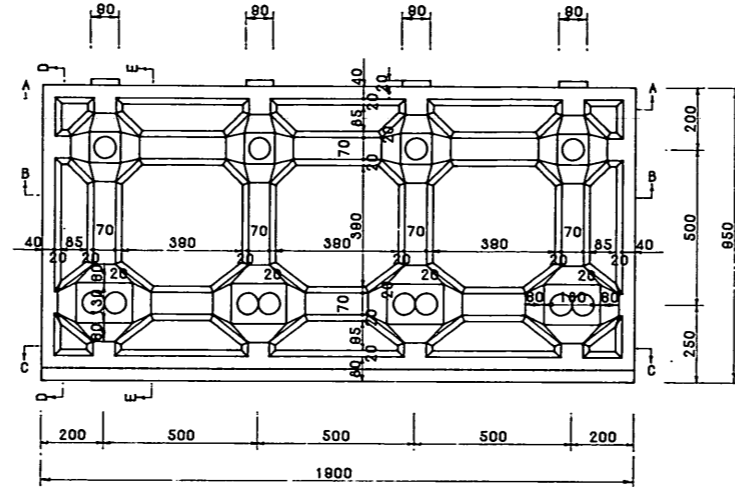
図-6.1.4 設計条件コーディング例

さん橋一般図

標準断面図



上部工平面図



KEY PLAN

		B-2 橋脚			
	C-3	C-4	C-5	C-6	B-4
B-3		C-1			
		B-1 段壁			

図-6.15(a) 一般図

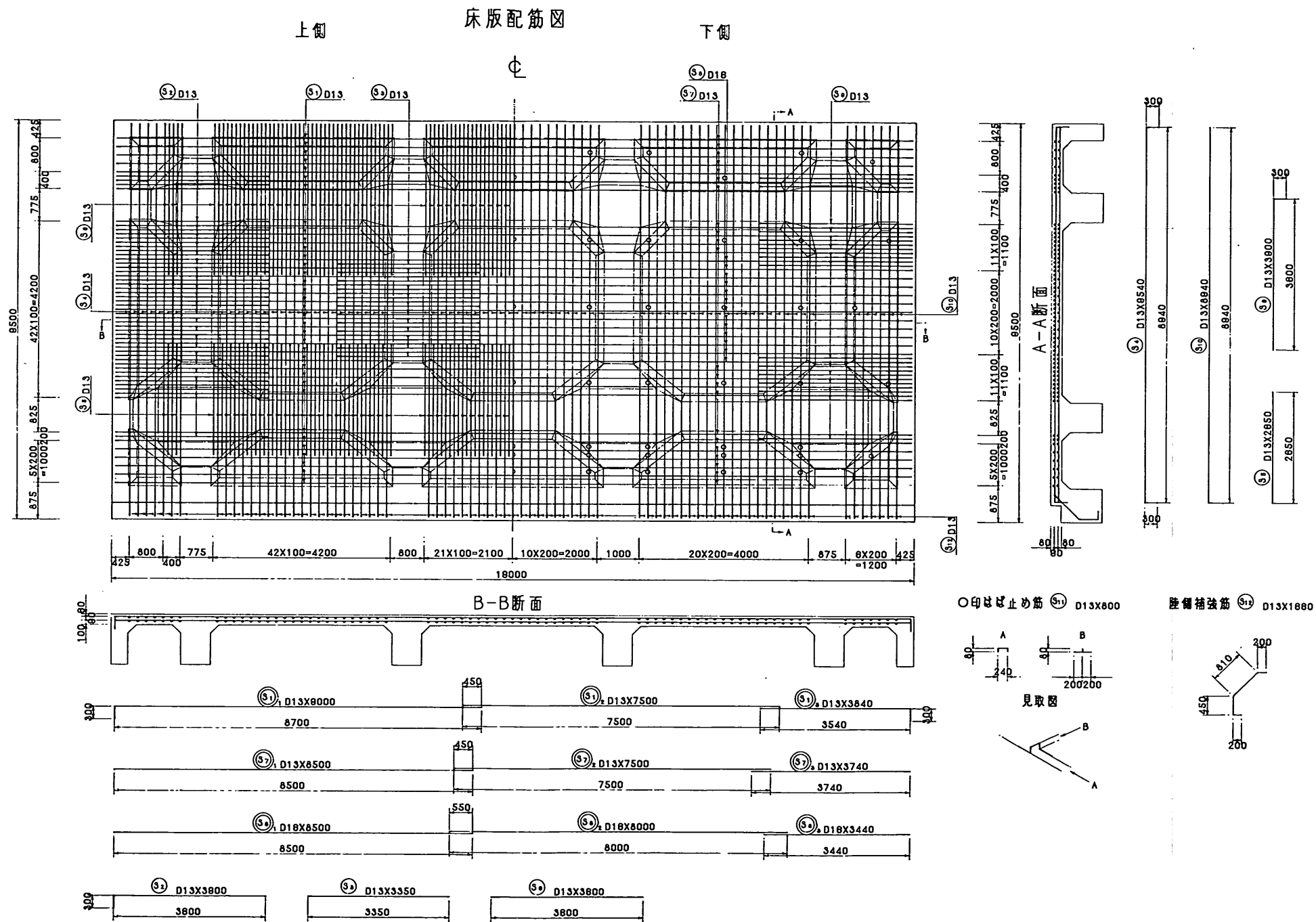


図-6.15(b) 床版配筋図

法線直角方向はり配筋図(G-4, G-5)

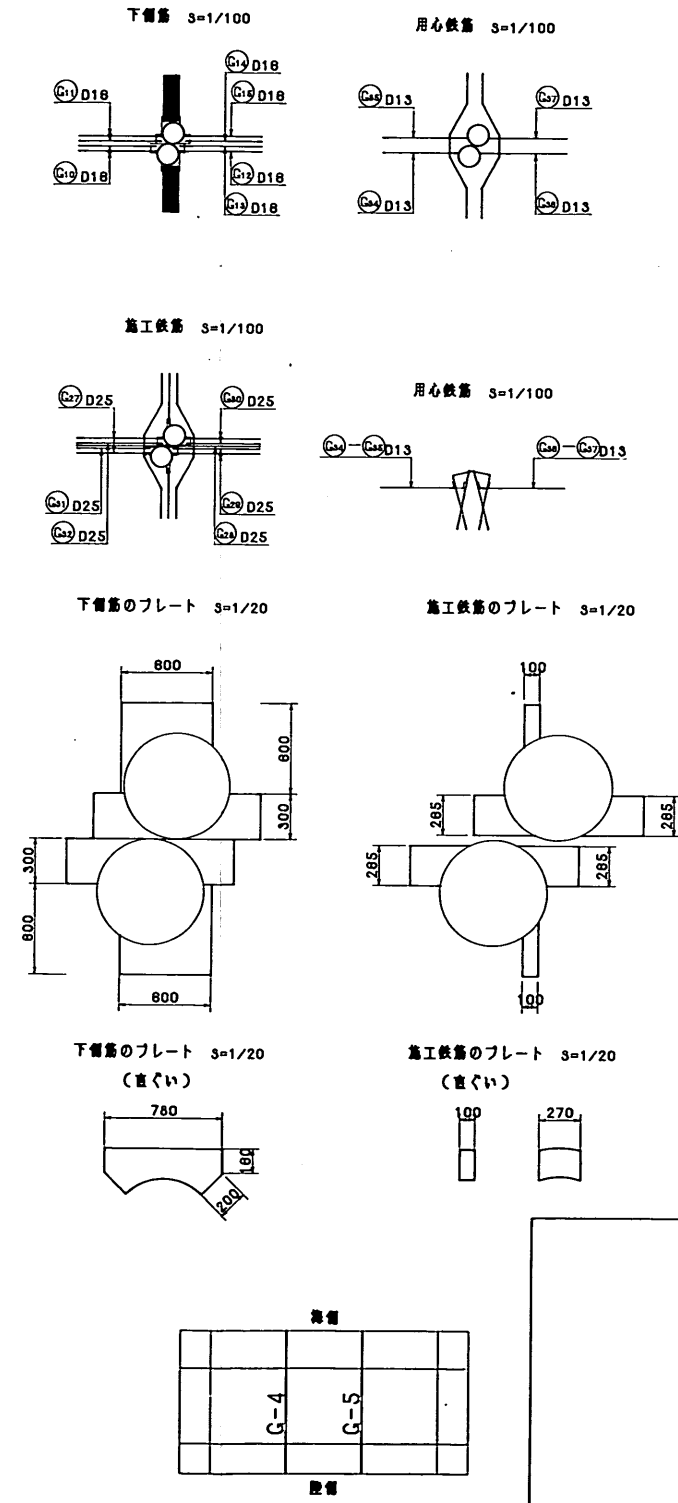
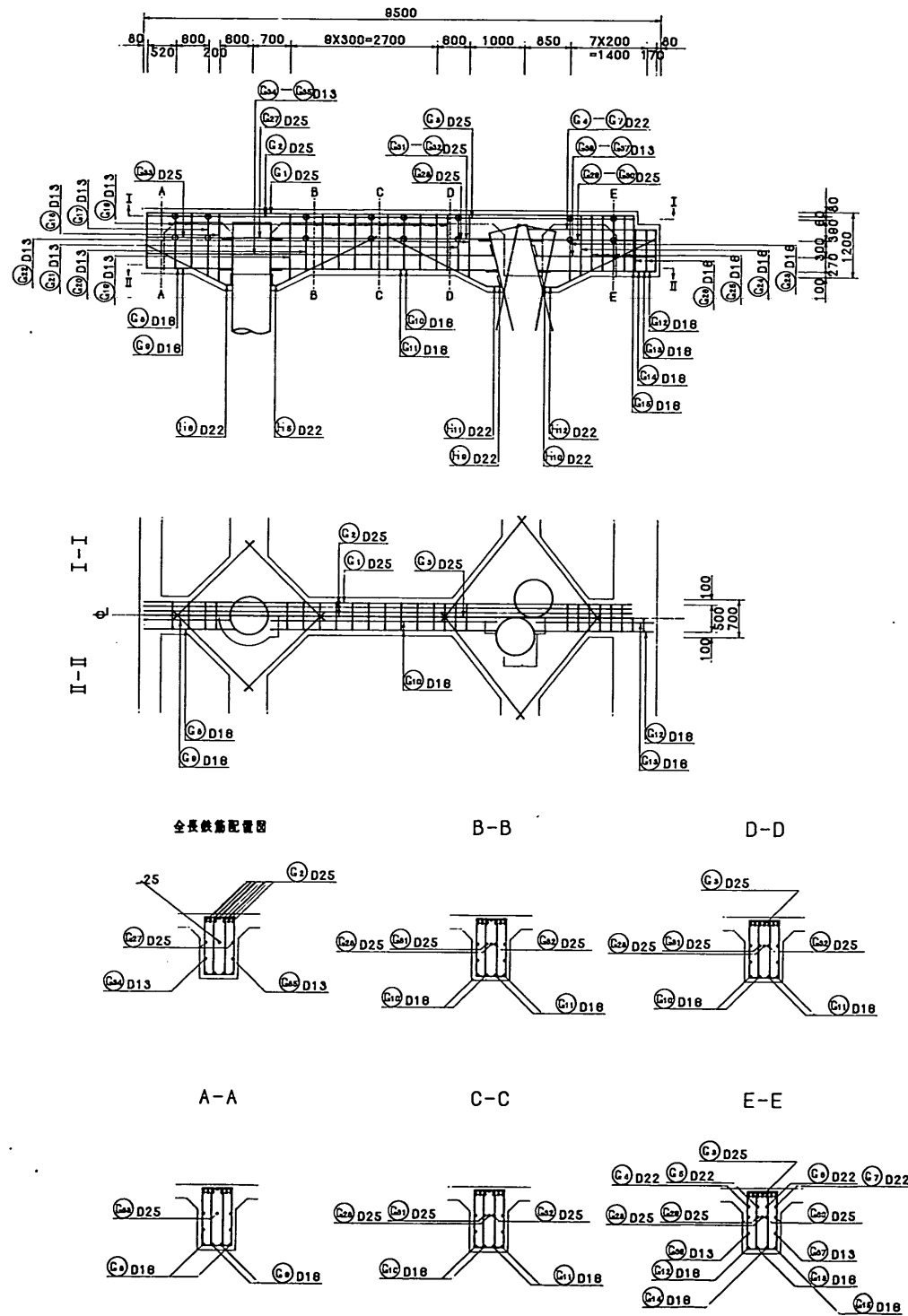


図-6.15(c) 大はり配筋図

く い 頭 詳 細 図

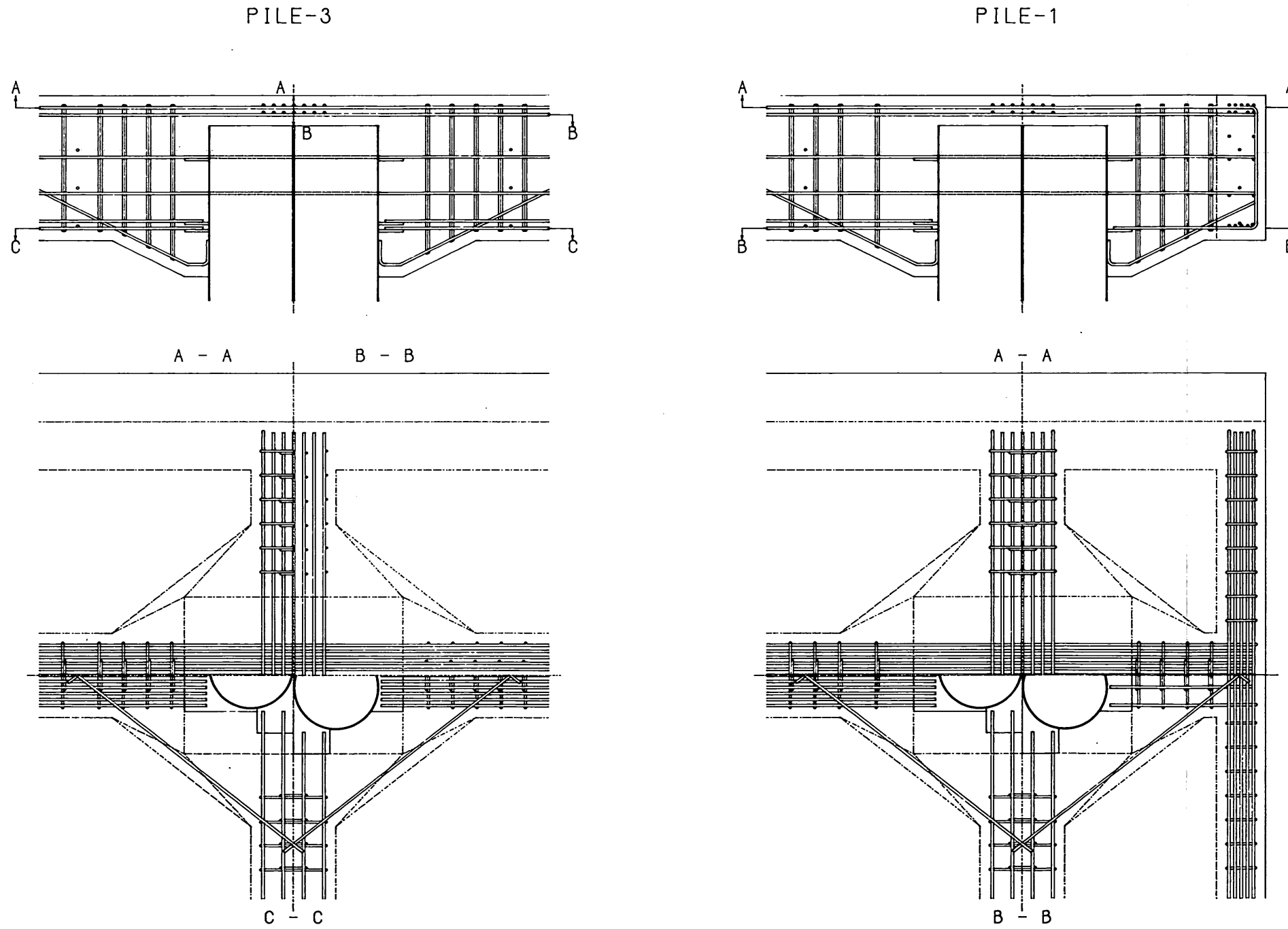


図 - 6.15 (a) く い 頭 詳 細 図

7. あとがき

昭和51年4月、本自動設計プログラムの開発作業に着手して以来2年の年月を費やしてここに完成することができた。プログラムの開発には多額の費用と人力が投入されており、それらを回収する意味からも本プログラムが各建設局で広く利用されることが望まれる。

本自動設計プログラムの開発にあたっては、各方面から多大の御協力をいただいた。各港湾建設局等の関係各位には細部設計仕様、構造細目等の検討で御協力をいただき、港研石塚前設計基準研究室長はじめ設計基準研究室・自動設計研究室の諸氏には種々御助言をいただいた。プログラム開発の実作業では計算室に多大の便宜を計っていただいた。またプログラムの作成を担当した東京芝浦電気(株)の吉田、翠川、田辺、村田、山崎、泉の諸氏に謝意を表す。本プログラム開発にあたっては両室長の指導の下、51年度は南が、52年度は山本が担当し、本稿を執筆した。

終りに本自動設計プログラムが広く利用されることを期待してやまない。

(1978年6月30日受付)

参考文献

- 1) 横山幸満; 鋼ぐいの設計と施工, 山海堂, 昭和46年
- 2) 運輸省港湾局; 港湾構造物設計基準, 日本港湾協会
- 3) 運輸省第五港湾建設局; 清水港設計計算書(2), 昭和42年2月
- 4) 運輸省第四港湾建設局; 博多港設計計算書, 須崎埠頭第2, 3バース, 昭和42年1月
- 5) 運輸省第三港湾建設局; 舞鶴港設計計算書(その2) 昭和47年1月
- 6) 運輸省第二港湾建設局; 横須賀新港設計計算書(その4-1), 昭和49年11月
- 7) 土木学会コンクリート委員会; コンクリート標準示方書解説, 昭和49年度版, 1974. 9
- 8) 土木学会; 土製図基準 1967改訂版
- 9) 塩見雅樹ほか; L型ブロック式けい船岸の自動設計, 港研資料No. 185, 1974
- 10) 川股重也ほか訳; 構造設計データブック, 宇野書店, 1967
- 11) 成岡昌夫他; 骨組構造解析, 日本鋼造協会編, 培風館, 昭和46年

付 録

附録 A はりの断面力計算法

解析は直接剛性法を用いる。計算に用いた構造系は、
 図 A・1 に示す弾性支承上の格子げたである。節点の自

由度は、図 A・2 に示すように 6 自由度をとる。鉛直荷
 重による断面力計算は、各節点に 3 つの自由度の方向に
 単位荷重をかけて、そのときの対応する材端力（曲げモ
 ーメント、せん断力）を STORE しておき、これを重ね
 合わせることによって計算する。水平力については、荷

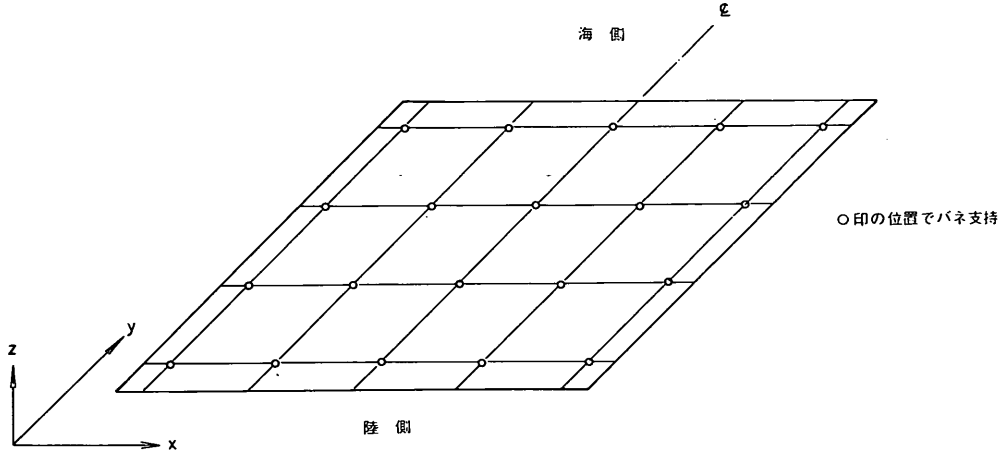


図 A・1 弾性支承上の格子げた

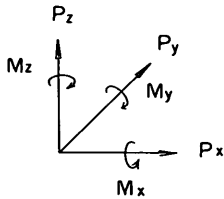


図 A・2 接点の自由度

重ケースごとに荷重ベクトルを作成し剛性方程式を解く
 ことにより断面力を求める。

(1) 節点のナンバリング

図 A・3 に示すように、プログラム内で自動的にナン
 バリングを行う。

(2) 部材のナンバリング

図 A・4 に示すように、プログラム内で自動的にナン

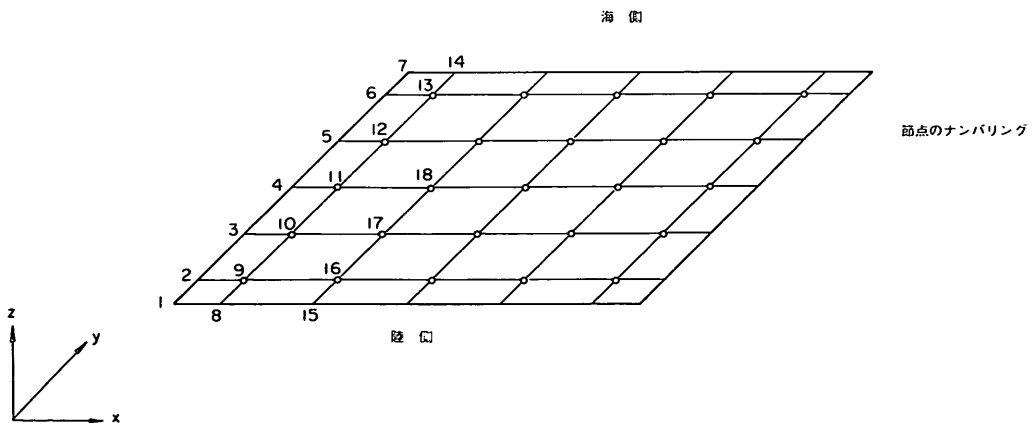


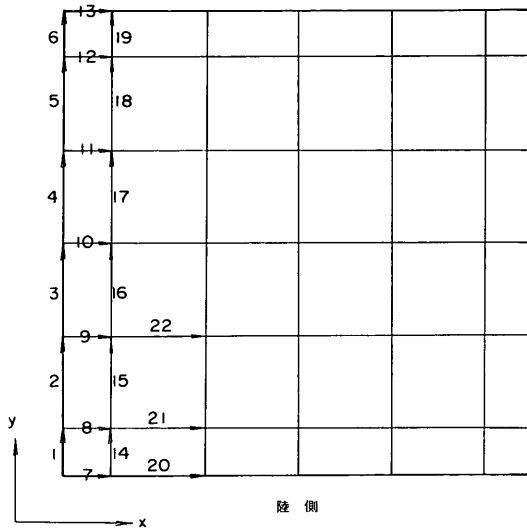
図 A・3 節点のナンバリング

バリングを行う。

(3) 部材の剛性マトリックス

等断面ばりの一般的な剛性マトリックス（6 自由度）
 を用いる。部材の剛性マトリックスは次式（A・1）の

海側



部材のナンバリング

矢印は部材の向きを表わす

図 A. 4 部材のナンバリング

\bar{K} で与えられる。

(A. 2)



図 A. 5 部材の材端力と変位

$$\bar{P} = \bar{K} \bar{U} \quad (\text{A. 1})$$

$$\begin{aligned} \text{ここで } \bar{P} &= \{ P_{x1} \ P_{y1} \ P_{z1} \ M_{x1} \ M_{y1} \ M_{z1} \\ &\quad P_{x2} \ P_{y2} \ P_{z2} \ M_{x2} \ M_{y2} \ M_{z2} \}^T \\ \bar{U} &= \{ U_{x1} \ U_{y1} \ U_{z1} \ \theta_{x1} \ \theta_{y1} \ \theta_{z1} \\ &\quad U_{x2} \ U_{y2} \ U_{z2} \ \theta_{x2} \ \theta_{y2} \ \theta_{z2} \}^T \end{aligned}$$

$$\bar{K} = \begin{bmatrix} k_{1,1} & k_{1,2} & k_{1,3} & k_{1,4} & \dots & k_{1,12} \\ k_{2,1} & k_{2,2} & & & & k_{2,12} \\ k_{3,1} & & & & & \\ k_{4,1} & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ \cdot & & & & & \\ k_{9,1} & & & & & \\ k_{10,1} & & & & & \\ k_{11,1} & & & & & \\ k_{12,1} & & & & & k_{12,12} \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} k_{1,1} &= k_{7,7} = \frac{EA}{l} \\ k_{2,2} &= k_{8,8} = \frac{12EI_z}{l^3} \\ k_{3,3} &= k_{9,9} = \frac{12EI_y}{l^3} \\ k_{4,4} &= k_{10,10} = \frac{GJ}{l} \\ k_{5,5} &= k_{11,11} = \frac{4EI_y}{l} \\ k_{6,6} &= k_{12,12} = \frac{4EI_z}{l} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} k_{1,7} &= k_{7,1} = -k_{1,1} \\ k_{2,6} &= k_{6,2} = k_{2,12} = k_{12,2} = \frac{6EI_z}{l^2} \\ k_{2,8} &= k_{8,2} = -k_{2,2} \\ k_{3,5} &= k_{5,3} = k_{3,11} = k_{11,3} = -\frac{6EI_y}{l^2} \\ k_{3,9} &= k_{9,3} = -k_{3,3} \\ k_{4,10} &= k_{10,4} = -k_{4,4} \end{aligned}$$

$$k_{5,9} = k_{9,5} = k_{9,11} = k_{11,9} = -k_{3,5}$$

$$k_{5,11} = k_{11,5} = \frac{2EI_y}{l}$$

$$k_{6,8} = k_{8,6} = k_{8,12} = k_{12,8} = -k_{2,6}$$

$$k_{6,12} = k_{12,6} = \frac{2EI_z}{l}$$

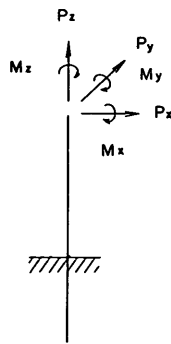
他の要素はすべて0である。

ただし今回のモデルでは、ねじれ剛性を無視するので

$$k_{4,4} = k_{10,10} = k_{4,10} = k_{10,4} = 0.0 \quad \text{とする。}$$

(4) くいのはね定数

くいは式(A・3)で与えられるばね定数を有するばねとして取扱った。(図A・6)



図A・6 くいに作用する外力

$$\begin{bmatrix} P_x \\ P_y \\ P_z \\ M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_1 & & & & & K_2 \\ & K_1 & & -K_2 & & \\ & & K_v & & & \\ -K_3 & & & K_4 & & \\ & K_3 & & & K_4 & \\ & & & & & K_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_x \\ U_y \\ U_z \\ \theta_x \\ \theta_y \\ \theta_z \end{bmatrix} \quad (\text{A} \cdot 3)$$

$$\text{ここに, } K_1 = \frac{12EI\beta^3}{(1+\beta h)^3 + 2}$$

$$K_2 = K_3 = K_1 \cdot \frac{1+\beta h}{2\beta}$$

$$K_4 = \frac{4EI}{1+\beta h} \cdot \frac{(1+\beta h)^3 + 0.5}{(1+\beta h)^3 + 2.0}$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k_h D}{4EI}}$$

$$K_5 = \frac{3EI}{4\left(h + \frac{1}{\beta}\right)}$$

$$I = \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$$

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$d = D - 2t$$

K_v ; くい軸方向のばね定数で、支持地盤の条件により次式(A・4)で与えられる。

$$K_v = \frac{EA}{L} \quad ; \text{支持ぐいの場合}$$

$$K_v = \frac{2EA}{L + \lambda} \quad ; \text{砂質土中の摩擦ぐい}$$

$$K_v = \frac{3EA}{2L + \lambda} \quad ; \text{粘性土中の摩擦ぐい} \\ (\text{横山, 「鋼ぐいの設計と施工」})$$

(A・4)

D ; 鋼管の直径 (m)

d ; 鋼管の肉厚 (m)

E ; 鋼材のヤング率 (tf/m²)

L ; 鋼管の全長 (m)

λ ; 鋼管の自由長 (m)

k_h ; くい地表面との交点から $1/\beta$ 程度の深さの点までの平均の土の横方向地盤反力係数 (tf/m³)

すなわちくいの頭部の曲げに対するばね定数の計算には、地盤反力の線形性を仮定した Chang の方法を用いている。またねじれのはね定数の計算に用いるくい長は、くいの仮想固定点までの長さをとっている (港湾技研資料 No. 59 p. 42 参照)。

(5) 斜ぐいの場合のはね定数

直ぐいで求めたばね定数のマトリックス式(A・3)を座標変換して求める。すなわち

$$K = T_1^T k_1 T_1 + T_2^T k_2 T_2 \quad (\text{A} \cdot 5)$$

$$T_i = \begin{bmatrix} \lambda_i & 0 \\ 0 & \lambda_i \end{bmatrix} \quad (\text{A} \cdot 6)$$

$$\lambda_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_i & -\sin \theta_i \\ 0 & \sin \theta_i & \cos \theta_i \end{bmatrix} \quad (\text{A} \cdot 7)$$

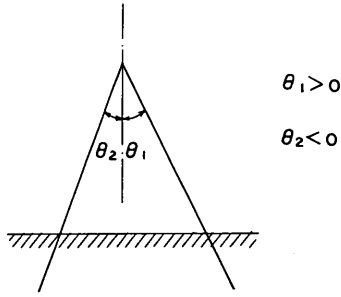
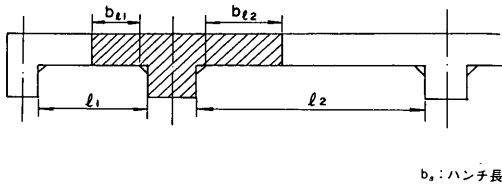


図 A. 7 斜ぐいの座標系

(6) はりの曲げ剛度の計算

はりの断面力算定に当っては、T形ばりとして床版の有効幅を考慮する（コンクリート標準示方書第4.2条）。

a. 両側にスラブのある場合（大ばり）（図 A. 8）



b_s : ハンチ長

図 A. 8 両側にスラブのある場合の有効幅

$$\left. \begin{aligned} b_{f1} &= \min \left\{ \frac{1}{8} l, \frac{1}{2} l_1 - b_s \right\} \\ b_{f2} &= \min \left\{ \frac{1}{8} l, \frac{1}{2} l_2 - b_s \right\} \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 8})$$

b. 片側にスラブのある場合（小ばり）（図 A. 9）

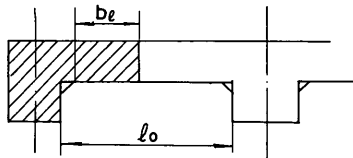


図 A. 9 片側にスラブのある場合の有効幅

$$b_f = \min \left\{ \frac{1}{8} l, \frac{l_0}{2} - b_s \right\} \quad (\text{A. 9})$$

ただし l のとり方は、次のようにとる。

張出部については、有効幅は考えない。中ばりについては、等分布荷重に対する反曲点間距離をとる。

すなわち $l = 0.6 l_b$ 。

また T 形ばりの水平軸まわりの断面剛度の計算式は次の通り。

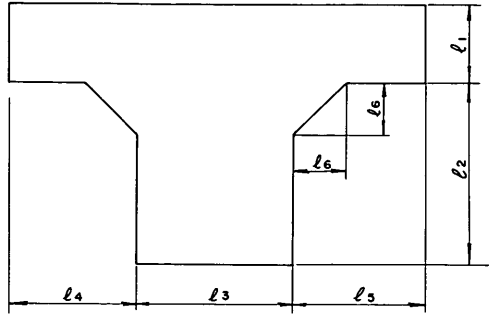


図 A. 10 T形ばり断面剛度

$$A = l_1 \cdot (l_3 + l_4 + l_5) + l_2 \cdot l_3 + l_6^2$$

$$I_y = I_1 + I_2 + 2 \cdot I_3 - \frac{(e_1 + e_2 + 2 e_3)^2}{A}$$

ただし $I_1 = \frac{1}{3} (l_3 + l_4 + l_5) \cdot l_1 \cdot$

$$(l_1^2 + 3 l_1 \cdot l_2 + 3 l_2^2)$$

$$I_2 = \frac{1}{3} l_2^3 \cdot l_3$$

$$I_3 = \frac{l_6^2}{12} (l_6^2 - 4 l_2 \cdot l_6 + 6 l_2^2)$$

$$e_1 = \frac{1}{2} \cdot l_1 \cdot (l_3 + l_4 + l_5) \cdot (l_1 + 2 l_2)$$

$$e_2 = \frac{1}{2} l_2^2 \cdot l_3$$

$$e_3 = \frac{1}{6} l_6^2 \cdot (3 l_2 - l_6)$$

なおはりの鉛直軸まわりの曲げこわさは、床版自体を一つのはりとするような考え方になるので、くいに比べて十分に大きな値をプログラム内で与えている。

(7) はりの剛性マトリックスの座標変換

法線直角方向ばりは、部材座標系から全体座標系へと変換する必要がある。

$$K = T^T \bar{K} T \quad (\text{A. 10})$$

$$T = \begin{bmatrix} \lambda & & 0 \\ & \lambda & \lambda \\ 0 & & \lambda \end{bmatrix} \quad (\text{A. 11})$$

$$\lambda = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (\text{A. 12})$$

$$\text{すなわち } \bar{U} = TU \quad (\text{A} \cdot 13)$$

$$\bar{X} = TX \quad (\text{A} \cdot 14)$$

$$\bar{X} = \bar{K}\bar{U} \quad (\text{A} \cdot 15)$$

$$TX = \bar{K}TU \quad (\text{A} \cdot 16)$$

$$X = T^T \bar{K}TU \quad (\because T^{-1} = T^T) \quad (\text{A} \cdot 17)$$

ここで \bar{U} ; 部材座標系における変位ベクトル

\bar{X} ; 部材座標系における材端力のベクトル

\bar{K} ; 部材座標系における剛性マトリックス

この変換は、実質的には、剛性マトリックスの要素の入れかえのみで単純な操作で行えるので、(10)式のマトリックス積は実行せず次のような剛性要素の置換えて処理している。すなわち $K = T^T \bar{K}T = (k_{ij})$ は以下のとおりである。ここで $\bar{K} = (\bar{k}_{ij})$ とする。

$$k_{1,1} = k_{7,7} = \bar{k}_{2,2}$$

$$k_{2,2} = k_{8,8} = \bar{k}_{1,1}$$

$$k_{3,3} = k_{9,9} = \bar{k}_{3,3}$$

$$k_{4,4} = k_{10,10} = \bar{k}_{5,5}$$

$$k_{5,5} = k_{11,11} = \bar{k}_{4,4}$$

$$k_{6,6} = k_{12,12} = \bar{k}_{6,6}$$

$$k_{1,7} = k_{7,1} = \bar{k}_{2,8}$$

$$k_{2,8} = k_{8,2} = \bar{k}_{1,7}$$

$$k_{3,9} = k_{9,3} = \bar{k}_{3,9}$$

$$k_{4,10} = k_{10,4} = \bar{k}_{5,11}$$

$$k_{5,11} = k_{11,5} = \bar{k}_{4,10}$$

$$k_{6,12} = k_{12,6} = \bar{k}_{6,12}$$

$$k_{3,4} = k_{4,3} = -\bar{k}_{3,5}$$

$$k_{1,6} = k_{6,1} = -\bar{k}_{2,6}$$

$$k_{6,7} = k_{7,6} = -\bar{k}_{6,8}$$

$$k_{4,9} = k_{9,4} = -\bar{k}_{5,9}$$

$$k_{3,10} = k_{10,3} = -\bar{k}_{3,11}$$

$$k_{1,12} = k_{12,1} = -\bar{k}_{2,12}$$

$$k_{9,10} = k_{10,9} = -\bar{k}_{9,11}$$

$$k_{7,12} = k_{12,7} = -\bar{k}_{8,12}$$

(8) 全体の剛性マトリックスの作成

(3)で作成した部材の剛性マトリックスを式 (A・7) で全体座標系に変換したものを節点番号ごとに重ね合わせて全体の剛性マトリックスを得る。節点番号 i, j をもつ部材の剛性マトリックスを式 (A・18) で表わせば、

$$k_{ij} = \begin{bmatrix} k_1 & k_3 \\ \text{SYM} & k_2 \end{bmatrix} \quad (\text{A} \cdot 18)$$

全体の剛性マトリックスは、次の操作を行うことにより式 (A・19) のように得られる。

$$k'_{ii} \leftarrow k_{ii} + k_1$$

$$k'_{ij} \leftarrow k_{ij} + k_3$$

$$k'_{jj} \leftarrow k_{jj} + k_2$$

$$K = \begin{bmatrix} & & i & j \\ & & & \\ i & & k_{ii} & k_{ij} \\ \text{SYM} & & & \\ & & & k_{jj} \end{bmatrix} \quad (\text{A} \cdot 19)$$

またバネ支持部の剛性は、バネ支持部の節点にのみ関係するので、剛性マトリックスの重ね合せは、

$$k'_{ii} \leftarrow k_{ii} + k_i$$

ただし k_i は節点 i のバネの剛性マトリックスの上三角行列である。

(9) 部材端力の計算

部材端力の計算手順は次のとおりである。

$$KU = P - P_0 \quad (\text{A} \cdot 20)$$

$$U = K^{-1} (P - P_0)$$

$$U = (U_1^T, U_2^T, \dots, U_i^T, \dots, U_j^T, \dots, U_q^T)^T$$

ただし K ; 全体の剛性マトリックス

P ; 節点に作用する外力

U ; 節点変位 (全体座標系)

P_0 ; 部材上に作用する力による等価節点力 (全体座標系)

$$U_i = (U_{i1}, \dots, U_{i6})^T \quad (\text{A} \cdot 21)$$

$$S_{ij} = k_{ij} \cdot (U_i^T, U_j^T)^T + (P_{0i}^T, P_{0j}^T)^T$$

$$k_{ij} = T^T \bar{k}_{ij} T$$

$$\bar{S}_{ij} = T S_{ij}$$

$$\bar{P}_0 = T P_0$$

$$T^T \bar{S}_{ij} = T^T \cdot \bar{k}_{ij} T \cdot (U_i^T, U_j^T)^T + T^T \cdot (\bar{P}_{0i}^T, \bar{P}_{0j}^T)^T$$

$$\bar{S}_{ij} = \bar{k}_{ij} \cdot T \cdot (U_i^T \ U_j^T)^T + (\bar{P}_i^T \ P_0^T)^T \quad (\text{A. 22})$$

ただし S_{ij} ; 部材端力 (全体座標系)

\bar{S}_{ij} ; 部材端力 (部材座標系)

\bar{k}_{ij} ; 部材の剛性マトリックス (部材座標系)

以上で部材端力が計算されたことになる。本プログラムでは、 z 方向のせん断と y 軸まわりの曲げモーメントのみを計算すればよいので、 $\bar{k}_{ij} T$ の対応する行のみを保存している。この式で求められたモーメント、せん断力の方向は、一般的な力の方向を基準としているので、土木で用いられている慣用の向きに変換しておく必要がある。

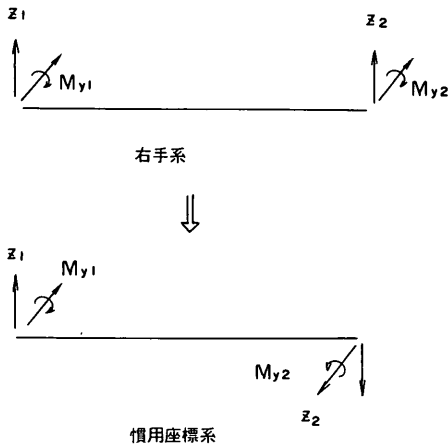


図 A. 11 慣用座標系への変換

$$M_{y2} = -M_{y1}$$

$$Z_2' = -Z_2$$

以上から、プログラムでは、次の形式の剛性マトリックスを保存してある。

$$\bar{k}_{ij} = (k_1, \dots, k_l, \dots, k_{12}) = \begin{Bmatrix} k_1 \\ \vdots \\ k_l \\ \vdots \\ k_{12} \end{Bmatrix} \quad (\text{A. 23})$$

$$k_l = \begin{Bmatrix} k_{l,1} \\ \vdots \\ k_{l,12} \end{Bmatrix}$$

$$k_l = k_l^T$$

\bar{k}_{ij} を式 (A. 24) のように表わすとき、部材座標系と全体座標系が一致する部材については (x 軸に平行な部材) ,

$$A_i = \begin{Bmatrix} k_3' \\ k_5' \\ -k_9 \\ -k_{11} \end{Bmatrix} \quad (\text{A. 24})$$

部材座標系が全体座標系と一致しない部材については (y 軸に平行な部材) ,

$$k_{ij}' = \bar{k}_{ij} \cdot T \quad (\text{A. 25})$$

$$= (-k_2, k_1, k_3, -k_5, k_4, k_6, -k_8, k_7, k_9, -k_{11}, k_{10}, k_{12})$$

となるが、 k_{ij}' を次のように考えると

$$k_{ij}' = \begin{Bmatrix} k_1'' \\ k_2'' \\ \vdots \\ k_{12}'' \end{Bmatrix} \quad (\text{A. 26})$$

$$A_i = \begin{Bmatrix} k_3'' \\ k_5 \\ -k_9 \\ -k_{11} \end{Bmatrix} \quad (\text{A. 27})$$

すなわち A_i (4×12 の行列) が節点変位 (全体座標系) から、各部材の材端力を計算する応力マトリックスとなる。

(10) 部材中点の部材力の計算

部材中点の部材力は、その部材に作用する外力と、(9) で求められた部材端力を用いて、式 (A. 28) で計算する。

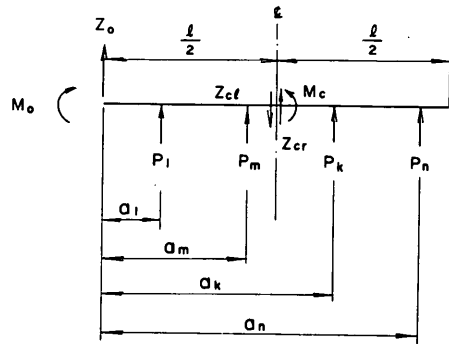


図 A. 12 部材中点の断面力

$$\left. \begin{aligned} \text{ここで } M_c &= M_1 + Z_1 \cdot \frac{l}{2} + M_0 \\ Z_{cl} &= Z_1 + Q_{0l} \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 28})$$

$$Z_{er} = Z_l + Q_0 \quad \Bigg\}$$

$$M_0 = \sum_{i=1}^m P_i \cdot \left(\frac{l}{2} - a_i \right)$$

$$Q_{0l} = \sum_{i=1}^m P_i$$

$$Q_{0r} = \sum_{i=1}^{m+1} P_i$$

ただし P_1, P_2, \dots, P_n ; 外力 (集中力)
 Z_{el} ; 部材中点の左側でのせん断力
 Z_{er} ; 部材中点の右側でのせん断力
 M_e ; 部材中点での曲げモーメント

(1) ばね支持部 (くい頭) の反力計算
 ばね支持部の反力は、部材端力の計算と同様に式 (A. 29) で計算する。

$$f_i = k_i \cdot U_i \quad (\text{A. 29})$$

$$f = (f_1, f_2, \dots, f_6)^T$$

本プログラムでは、Z方向反力、Y、Z方向の曲げモーメントのみを計算するようになっている。また荷重の方向を無視しているため、絶対値を求めるようにしている。反力の計算のために以下の A_i を保存している。

$$k_i = (k_1, k_2, \dots, k_l, k_6)$$

$$\text{ここで } k_l = (k_{1,l}, k_{2,l}, \dots, k_{6,l})^T$$

$$A_i = (k_3, k_4, k_5)^T$$

(2) 等価節点力の計算

a. 鉛直集中荷重

(1) X軸方向の部材

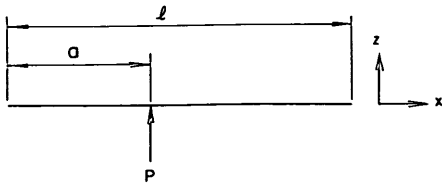


図 A. 13 等価節点力の計算 (鉛直集中荷重)

$$P_0^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & P_3 & 0 & P_5 & 0 & 0 & 0 & P_9 \\ & & 0 & P_{11} & 0 & & & & \end{pmatrix} \quad (\text{A. 30})$$

$$\text{ここで } P_3 = P \cdot \left\{ 1 - \frac{a^2(3l-2a)}{l^3} \right\}$$

$$P_5 = -P \frac{a(l-a)^2}{l^2}$$

$$P_9 = P - P_3$$

$$\Bigg\} \quad (\text{A. 31})$$

$$P_{11} = P \cdot \frac{a^2(l-a)}{l^2} \quad \Bigg\}$$

(2) Y軸方向の部材

$$P_0^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & P_3 & P_5 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & P_9 & -P_{11} & 0 & 0 & & \end{pmatrix} \quad (\text{A. 32})$$

ただし実際の鉛直荷重に対する計算では、不必要な成分は除いて重ね合せている。

又このときの部材中点の断面力を計算するために必要な値 (M_0, Q_{0r}, Q_{0l}) は、次式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= P \cdot \left(\frac{l}{2} - a \right) \\ Q_{0l} &= P \quad (0 \leq a \leq \frac{l}{2} - \delta) \\ Q_{0r} &= P \quad (0 \leq a \leq \frac{l}{2} + \delta) \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 32})$$

b. 鉛直等分布荷重

(1) X軸方向の部材

$$P_0^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2}ql & 0 & \frac{1}{12}ql^2 & 0 & 0 & 0 \\ & & \frac{1}{2}ql & 0 & -\frac{1}{12}ql^2 & 0 & & \end{pmatrix} \quad (\text{A. 33})$$

(2) Y軸方向の部材

$$P_0^T = \begin{pmatrix} 0 & 0 & \frac{1}{2}ql & \frac{1}{12}ql^2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ & & \frac{1}{2}ql & -\frac{1}{12}ql^2 & 0 & 0 & & \end{pmatrix} \quad (\text{A. 34})$$

又このときの部材中点の断面力を計算するために必要な値 (M_0, Q_{0r}, Q_{0l}) は、式 (A. 35) で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} M_0 &= \frac{1}{8}ql^2 \\ Q_{0r} &= Q_{0l} = \frac{1}{2}ql \end{aligned} \right\} \quad (\text{A. 35})$$

c. 水平集中荷重

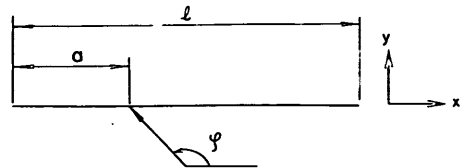
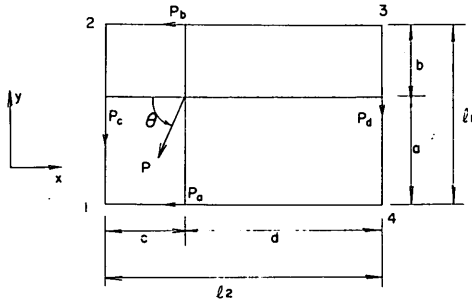


図 A. 14 水平荷重の分配

(1) 荷重が部材上にある場合

$$\begin{aligned}
 P_0^T &= (P \cos \varphi \cdot \frac{(l-a)}{l}, P \sin \varphi \\
 &\quad \{1 - \frac{(3l-2a)a^2}{l^3}\}, 0, 0, 0, 0, \\
 P \cdot \cos \varphi \cdot \frac{a}{l}, P \sin \varphi \cdot \frac{(3l-2a)a^2}{l^3}, \\
 &\quad 0, 0, 0, 0) \quad (A.36)
 \end{aligned}$$

(ロ) 荷重が床版上にあるとき



図A.15 床版上の水平集中荷重

$$\begin{aligned}
 P_a &= -P \cos \theta \cdot \frac{b}{l_1} \\
 P_b &= -P \cos \theta \cdot \frac{a}{l_1} \\
 P_c &= -P \sin \theta \cdot \frac{d}{l_2} \\
 P_d &= -P \sin \theta \cdot \frac{c}{l_2} \\
 P_{1x} &= P_a \cdot \frac{d}{l_2}, & P_{1y} &= P_c \cdot \frac{b}{l_1} \\
 P_{2x} &= P_b \cdot \frac{d}{l_2}, & P_{2y} &= P_c \cdot \frac{a}{l_1} \\
 P_{3x} &= P_b \cdot \frac{c}{l_2}, & P_{3y} &= P_d \cdot \frac{a}{l_1} \\
 P_{4x} &= P_a \cdot \frac{c}{l_2}, & P_{4y} &= P_d \cdot \frac{b}{l_1}
 \end{aligned} \quad (A.37)$$

(イ)(ロ)いずれの場合も、はりの鉛直軸まわりの曲げモーメントに対する等価節点力の項は入れていない。なんとすれば、鉛直軸まわりの曲げ剛性は、非常に大きく、実際上は、その方向の変形を考慮する必要がないと考えられること。式(A.37)は、荷重を各節点へ比例配分することによって求めたものである。

附録B 床版上の鉛直集中荷重の取扱い

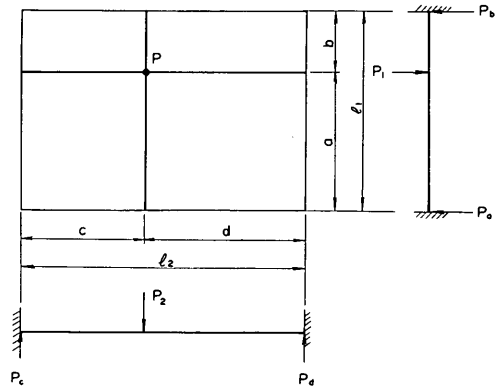
床版上の任意の点に鉛直集中荷重(トラック、トレーラー、フォークリフト、トラッククレーン)が、載荷されたとき、これをはりに分配してやる必要がある。この分配の方法として従来から用いられている単純ばりの反力による方法と、本プログラムで用いた両端固定ばりによる方法について以下に述べる。

(1) 従来の方法

図B.1に示すように、考えているはりに直交する単純ばりを考え、この反力を集中荷重としてはりに載荷する。この方法では、荷重の分配に、問題がある。

(2) 本プログラムで用いた方法

図B.2に示すように、集中荷重載荷点を通る単位幅の両端固定ばりを考え、各はりの荷重載荷点でのたわみが等しくなるように、荷重を分配する。このときの各はり分担集中反力は、次式(B.1)で与えられる。



図B.1 床版上の鉛直集中荷重

$$\left. \begin{aligned}
 P_a &= \frac{P_1 b^2 (l_1 + 2a)}{l_1^3} \\
 P_b &= \frac{P_1 a^2 (l_1 + 2b)}{l_1^3} \\
 P_c &= \frac{P_2 d^2 (l_2 + 2c)}{l_2^3} \\
 P_d &= \frac{P_2 c^2 (l_2 + 2d)}{l_2^3}
 \end{aligned} \right\} (B.1)$$

ここに

$$P_1 = \frac{K_1}{K_1 + K_2} P$$

$$P_2 = \frac{K_2}{K_1 + K_2} P$$

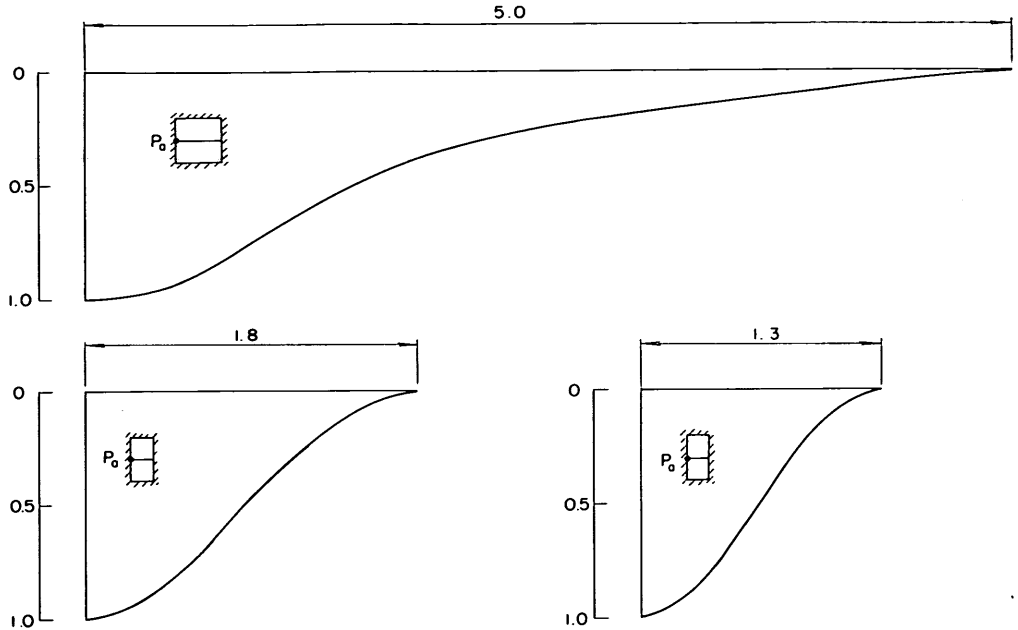
$$K_1 = \frac{3 l_1^3}{a^3 b^3}$$

$$K_2 = \frac{3 l_2^3}{c^3 d^3}$$

ただし、 a or $b = 0$ のとき $P_1 = P$

c or $d = 0$ のとき $P_2 = P$

実際のはりの反力は分布反力になるが、これを集中荷重として取扱うことは、安全側の仮定であると考えられる。この方法では反力の分布が、図B・2のようになる。はり近傍に荷重が載荷された場合は、従来法より反力が大きくなるが、はりから離れるにつれ、急激に反力は減少する。



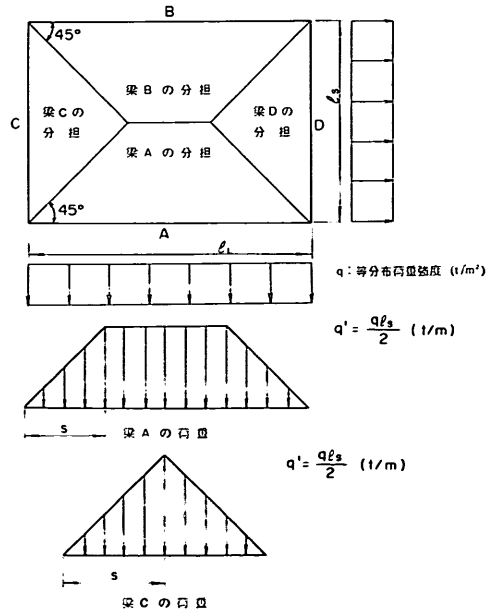
図B・2 はりの反力の影響線 (P_a , $P = 1$ がスパンセンターを走るとき)

附録C 床版上の等分布荷重の取扱い

床版上載荷される等分布荷重は、次に示す方法で、はりに分配する(コンクリート標準示方書41条)。分配された台形あるいは三角形荷重は、次式で等分布荷重に換算し、以下の計算は換算等分布荷重で行う。

$$\left. \begin{aligned} p &= \frac{1}{3} q' \left(3 - 4 \frac{s^2}{l^2} \right) \quad (\text{tf/m}) \dots \\ &\quad \text{長スパン} \\ p &= \frac{2}{3} q' \quad (\text{tf/m}) \dots \\ &\quad \text{短スパン} \end{aligned} \right\} \text{(C.1)}$$

式(C・1)の p (tf/m^2) は、はりの曲げモーメントの計算にのみ用いることが規定されているが、ここでは計算の便宜上せん断力の計算にも用いた。これについての検討は5.3に述べてある。端部の床版上の分布荷重の分担は次図に示すとおりである。



図C・1 床版上の等分布荷重のはりへの分配

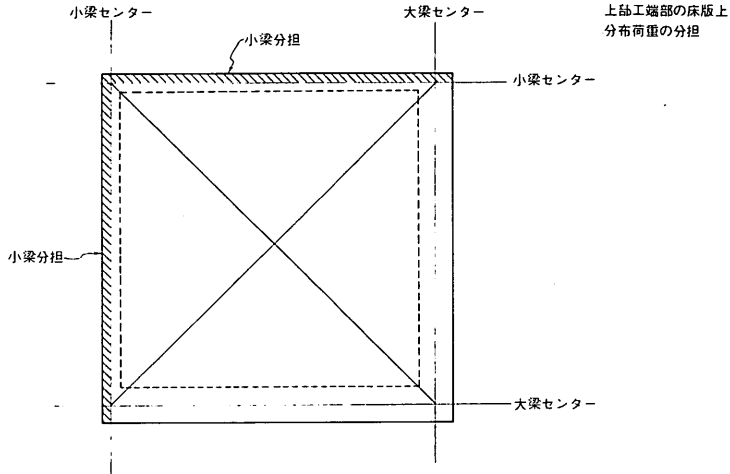


図 C . 2 上部工端部の床版上の分布荷重の分担

附録 D 移動荷重の載荷法

(1) 移動荷重の載荷方法

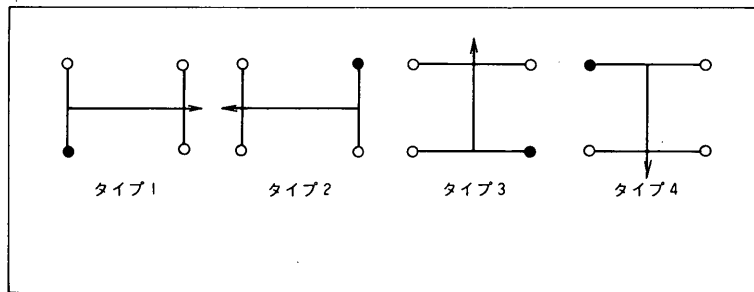
移動荷重としては、トラック、トレーラー、フォークリフト、トラック・クレーンの4種を考慮しており、さ

ん橋と移動荷重の載荷方向の相対位置として図 D . 1 にトラックを例にとって載荷方向を示す。●印は基準輪を示し、トラック、トレーラー、トラック・クレーンでは右側後輪であり、フォークリフトでは左側前輪である。

(2) 移動荷重とはりの相対位置

検討対象のはりに対して、最大断面力を生じさせるよ

海 側



陸 側

矢印は進行方向を示す

図 D . 1 移動荷重の載荷方向

うな位置に荷重を配置するには数多くの位置に荷重を移動させて検討すれば良いが計算時間が膨大なものとなる。はりと荷重の相対位置について種々検討した結果、図 D . 2(a)~(d)の載荷位置について計算を行うことにする。ここに☆印は検討対象はり

l_1 は陸側大ばりと陸側小ばりの間隔

l_2 は移動荷重の車輪間隔

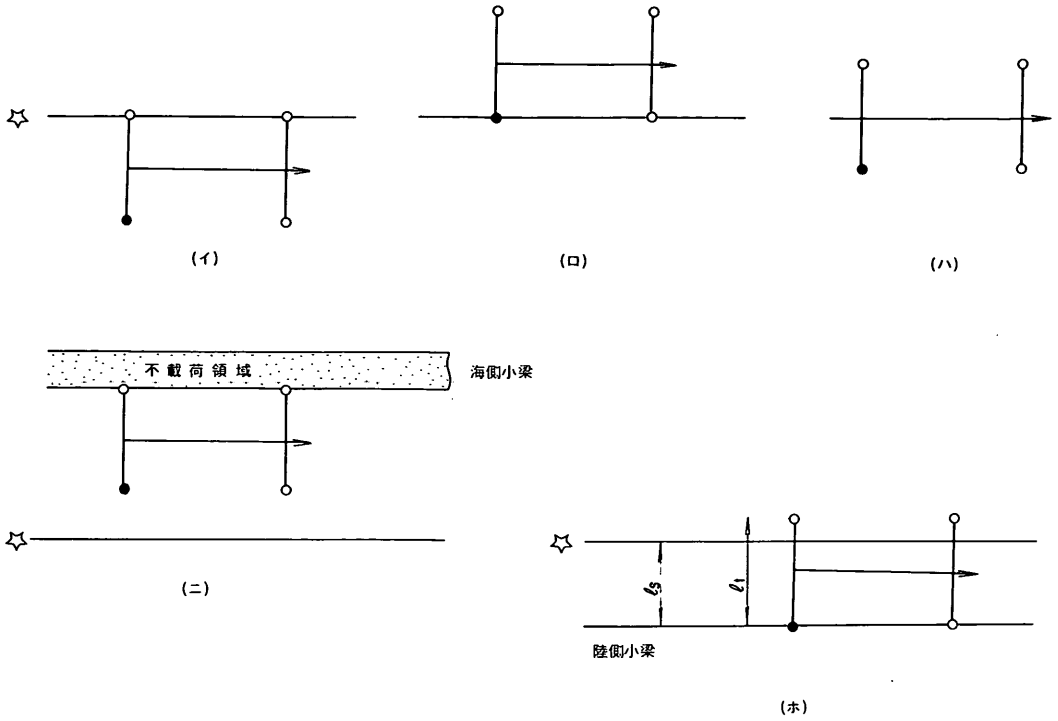
l は不載荷領域と海側大ばりの間隔を示す。

各はりについて採用した載荷パターンは次のとおりである。

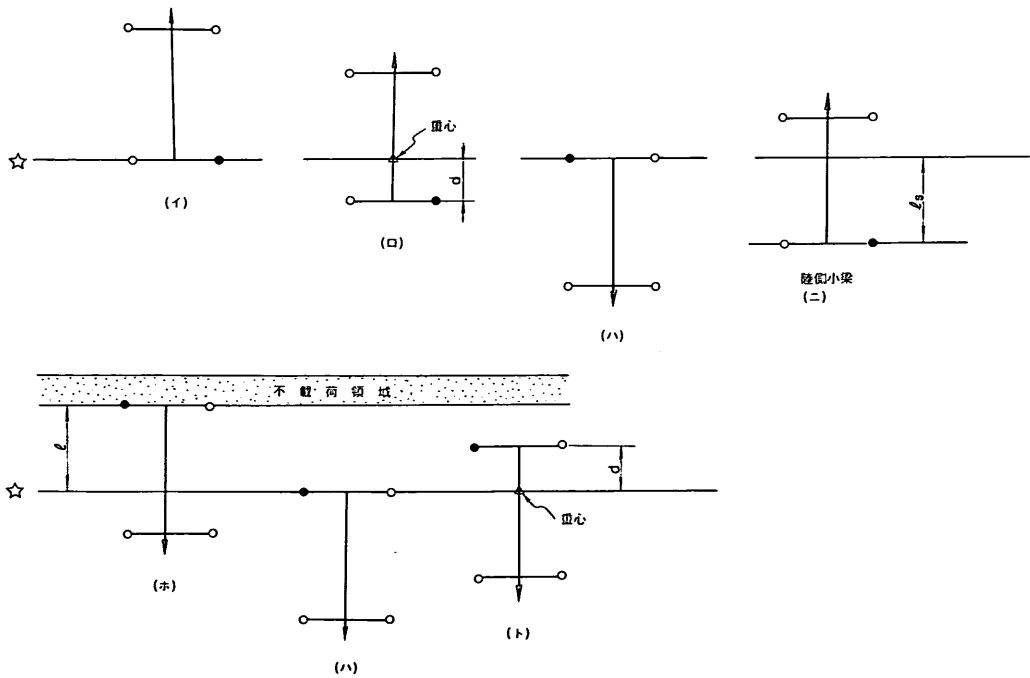
(a) 法線平行方向ばりにタイプ 1 荷重を載荷した場合

1) 陸側小ばり~(イ), (ロ)

2) 海側小ばり~(ニ)



図D・2(a) 法線平行はりにタイプ1荷重を載荷した場合の載荷パターン（トレーラー同様）



図D・2(b) 法線平行はりにタイプ3, 4荷重を載荷した場合の載荷パターン（その1）

- 3) 陸側大ばり～(イ), (ロ) $l_s \geq l_t$ の場合
 ～(ロ), (ホ) $l_s < l_t$ の場合
- 4) 海側大ばり～(イ), (ロ), (ニ)
- 5) 中ばり～(イ), (ロ), (ハ)

(b) 法線平行方向ばりにタイプ 3, 4 荷重を載荷した場合 (図 D・2(b)参照)。

トラック, トラック・クレーン, フォークリフトの場合

- 1) 陸側小ばり～(イ), (ハ)
- 2) 海側小ばり～(ホ)

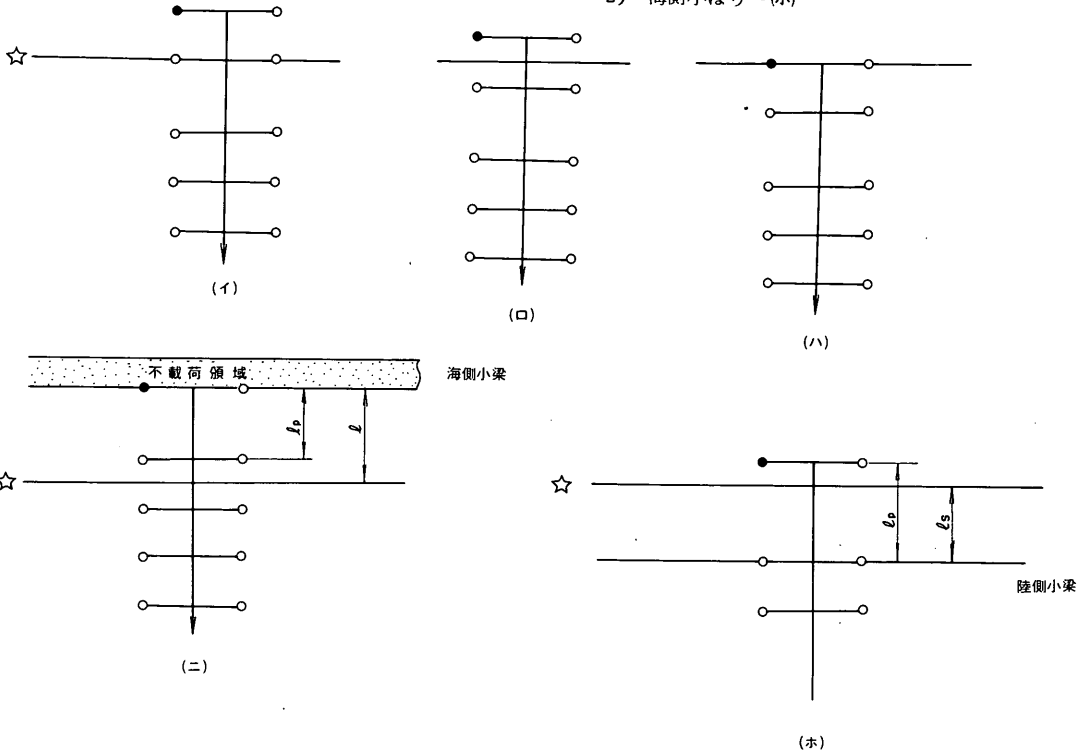


図 D・2(b) 法線平行ばりにタイプ 3, 4 荷重を載荷した場合の載荷パターン (その 2)

- 3) 陸側大ばり～(イ), (ニ) $d \geq \frac{l_s}{8}$ の場合

～(ロ), (ニ) $d < \frac{l_s}{8}$ の場合

- 4) 海側大ばり～(ホ), (ヘ) $d \geq \frac{l}{8}$ の場合

～(ホ), (ト) $d < \frac{l}{8}$ の場合

- 5) 中ばり～(イ), (ロ)
 トレーラーの場合

- 1) 陸側小ばり～(イ)
- 2) 海側小ばり～(ニ)

- 3) 陸側大ばり～(ロ), (ハ) $l_s \geq l_p$ の場合
 ～(ロ), (ホ) $l_s < l_p$ の場合

- 4) 海側大ばり～(イ), (ロ) $l \geq l_p$ の場合
 ～(ロ), (ニ) $l < l_p$ の場合

- 5) 中ばり～(イ), (ロ)

(c) 法線直角方向ばりにタイプ 1, 2 荷重を載荷した場合 (図 D・2(c)参照)。

- 1) 小ばり～(イ), (ロ) トレーラーも同様である。

- 2) 端ばり (大ばり)～(イ) (トラック)

～(ホ), (ヘ) $l_r \geq l_p$ の場合 (トレーラー)

～(ヘ), (ト) $l_r < l_p$ の場合 (トレーラー)

～(イ), $d \geq \frac{l_r}{8}$ の場合 (トレーラ,
 フォークリフト)

～(イ), (ロ) $d < \frac{l_r}{8}$ の場合 (トレーラ,
 フォークリフト)

- 3) 中ばり～(イ), (ロ) (トラック, トラック・クレーン,
 フォークリフト)

～(ハ), (ニ) (トレーラ)

- (d) 法線直角方向ばりにタイプ 3, 4 荷重を載荷し

た場合 (図 D・2(d)参照)

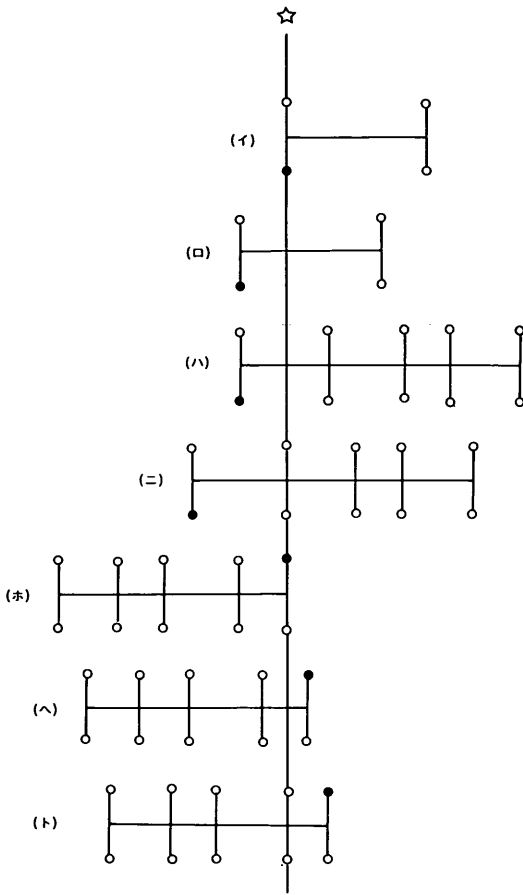


図 D・2(c) 法線直角方向ばりにタイプ 1, 2 荷重を載荷

- 1) 小ばり ~ (イ), (ロ), (ニ), (ホ) (各荷重共通)
 - 2) 端ばり(大ばり) ~ (イ), (ロ), (ニ), (ホ) (各荷重共通)
 - 3) 中ばり ~ (イ), (ハ), (ニ), (ヘ) (各荷重共通)
- (3) 移動荷重のはり延長方向載荷位置

法線平行方向, 直角方向のはりに対する延長方向の載荷位置を図 D・3(a), (b)に示す。

1) 法線平行方向ばり

タイプ 1 荷重については a の載荷位置を採用しタイプ 2 荷重についてははりの対称性を利用してタイプ 1 荷重をスパンセンターでおり返す。タイプ 3, 4 荷重についてはせん断力の算定には β , γ の両方の載荷を考慮し, モーメントの算定には, 接触載荷を考慮する場合は β を, 考慮しない場合は β , γ を採用する。

2) 法線直角方向ばり

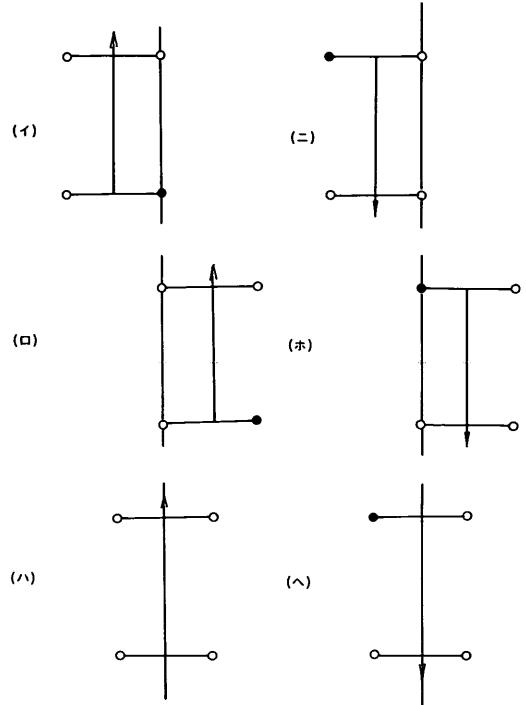


図 D・2(d) 法線直角方向ばりにタイプ 3, 4 荷重を載荷

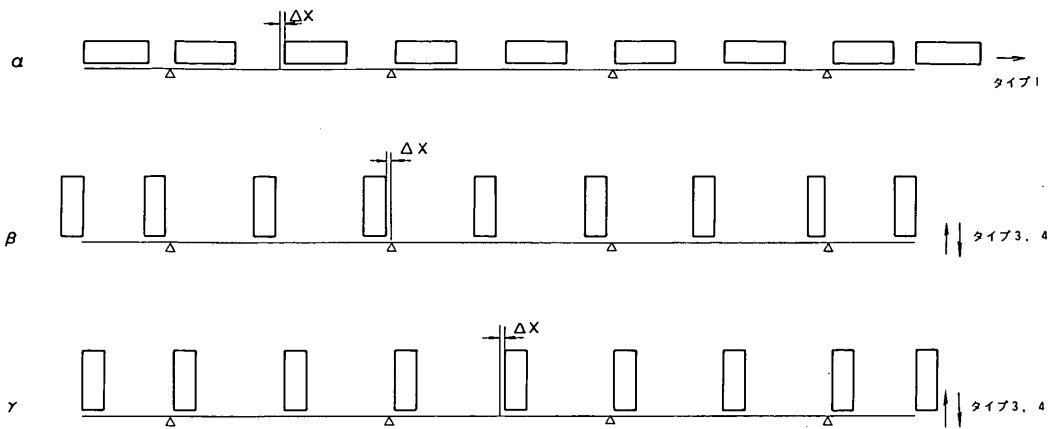
タイプ 1, 2 荷重については, せん断力の算定には a , γ の両方の載荷を考慮し, モーメントの算定には, 接触載荷を考慮する場合は a を, 考慮しない場合は a , γ の両方を採用する。タイプ 3, 4 荷重については β の載荷を採用する。載荷位置は平行方向ばり, 直角方向ばりに対してスパンセンターおよび支点より Δx , Δy , (ともに 0.50 m) だけ移動した位置に基準輪を載せている。これは, せん断力の算定において, 支点上に載荷することは危険側であることを考慮したものである。

(4) 接触載荷の方法

接触載荷の方法は(3)で述べた移動荷重を「基準荷重」として, それと平行になるように載荷する。検討断面との関係は次のとおりである。

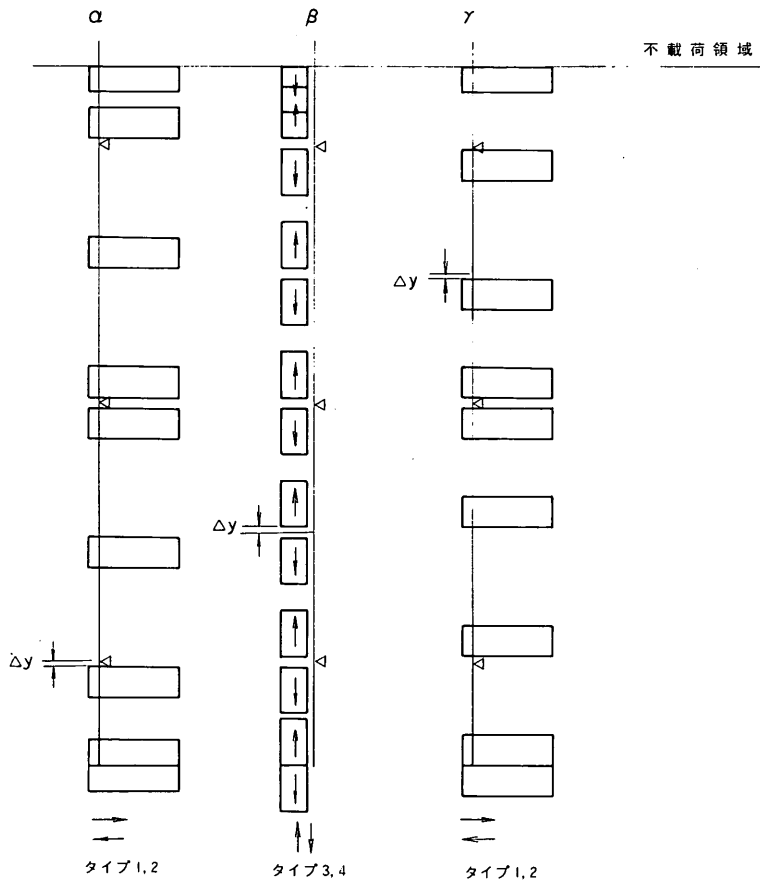
1) 最大値を求める場合

移動荷重の載荷方向, 求めようとする断面力により図 D・4 のとおりとする。荷重の載荷方向とはりの方向が平行の場合はモーメント, せん断力のいずれの場合も検討断面に対して対称に接触載荷させる。はりの方向と荷重の載荷方向が直角の場合は, モーメントの算定の時には検討断面と対称に配置し, せん断力の算定には検討断



図D.3(a) はり延長方向の荷位置(平行方向ばり)

.1



図D.3(b) はり延長方向の荷位置(直角方向ばり)

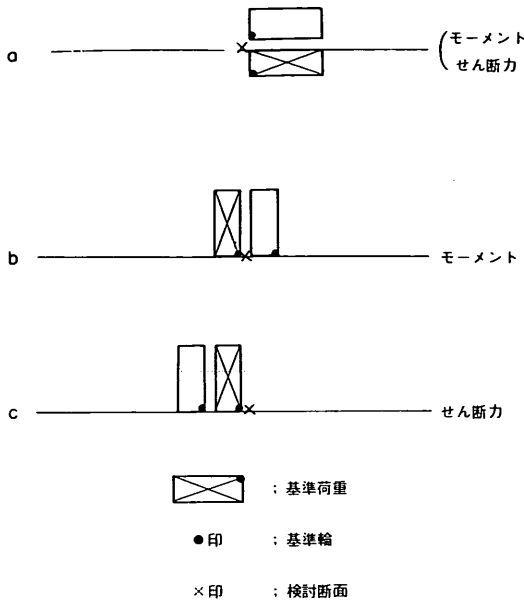


図 D.4 接触荷重の方法

面から遠い方に接触荷重する。

2) 最小値（負）を求める場合

はりの方向と荷重の載荷方向が直角の場合は検討断面から遠い方に接触荷重させる。これはモーメントの影響線で正の領域では変化が大きく、負の領域では変化がなだらかであることから、車輪が正の領域に入りこまないように考慮したものである。しかし全輪がさん橋上に載らない場合は逆側に接触荷重する。はりの方向と荷重の載荷方向が平行の場合は図D.4の(a)のとおりである。

(5) 移動荷重による断面力の最大値、最小値の決定

断面力の決定を行なう場合入力データに次の制限を設けている。

イ 異なる種類の移動荷重との接触荷重の可否

ロ 荷重自身の最大数（0～2）

ハ 同時荷重の最大数（2または4）

荷重自身の最大数とは断面力を算定しようとするはりに同種類の荷重を最大で何台まで載荷を考慮するかを示す値である。たとえば最大数が1の場合は計算対象ばりに自分自身と同じ荷重がもう一台載荷されることはない。ただしその荷重が他の種類の荷重と接触荷重可能であれば、それを考慮する。最大数が2の場合は、計算対象ばりに自分自身と同じ荷重が接触もしくは隣れて載荷される。

同時荷重の最大数とは計算対象ばりに最大で何台の荷重を載荷するかを示す値で、断面力の算定において最

大値が4の場合は同種類の荷重または異種類の荷重を最大で4台まで載荷することを意味する。ただし空間的な余裕のない場合は2台もしくは3台のこともありうる。

a. 最大値の決定

1) 荷重自身の最大数が1以上の荷重に関して載荷位置を決定し、その時に生ずる断面力を計算する。

2) 各移動荷重の種類ごと、載荷方向ごとに検討断面に生ずる断面力の最大値とその時の載荷位置を決定する。

3) 2)で決定された最大20個の値の大きな方から以下の組合せを行い総計が8となるまで行う。この8ケースの中より最大値を求める。

○ 接触荷重を考えない場合はその値をひとつのケースとする。

○ 荷重自身の最大数が2であって自分自身との接触載荷可の場合は、自分自身を接触載荷させて1つのケースとする。

○ 他の種類の1荷重で先の20個の値の上位の値を与え、かつ接触載荷が可であればその荷重を接触載荷させて1つのケースとする。

b. 最小値の決定

1) 最大値の決定の1)と同様

2) 各移動荷重の種類ごと、載荷方向ごとに検討断面に生ずる断面力の最小値を与えるものと2番目に小さな値を与えるものを選択する。同時にその時の載荷位置も決定する（ただし、選択された荷重は重なってはならない）。

3) 2)で決定された最大40個の値の小さな方から以下の組合せを行い総計が8となるまで行う。この8ケースの中から最小値を求める。

○ 選択された荷重に重ならないものを上の40個の中の上位より選ぶ。

○ 両方とも接触荷重を考えない場合はこれを1つのケースとする。

○ 両方とも荷重自身の最大数が2であり、自分自身との接触載荷可の場合は各々に自分自身を接触載荷させて1つのケースとする。

○ 両方とも自分自身の最大数が1であった場合は、各々に他の種類の荷重を接触載荷させて1つのケースとする。

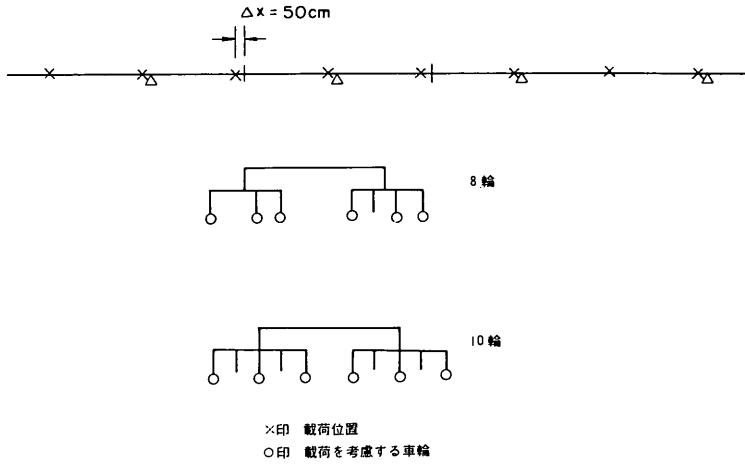
○ 一方の荷重自身の最大数が2であって自分自身との接触載荷可の場合は自分自身を接触載荷し、他方には他の種類の荷重を接触載荷させて1つのケースとする。

この場合2番目の荷重に対する接触載荷は検討

断面から遠い方に接触载荷し、全輪がさん橋にのりきらなければ逆側に载荷する。

(6) クレーン荷重

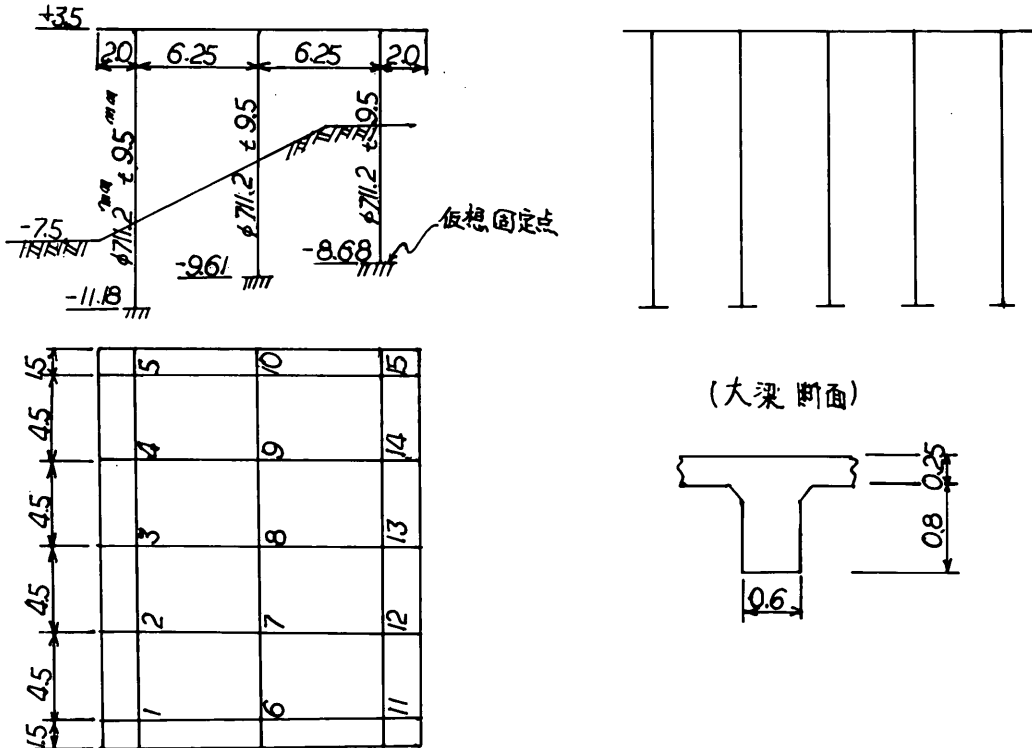
クレーン荷重の载荷位置を図D・5に示す。支点、スパン中央から Δx (50 cm) 移動した点に車輪を载荷する。载荷する車輪はクレーンの車輪数が6輪以下の場



図D・5 クレーン荷重の载荷方法

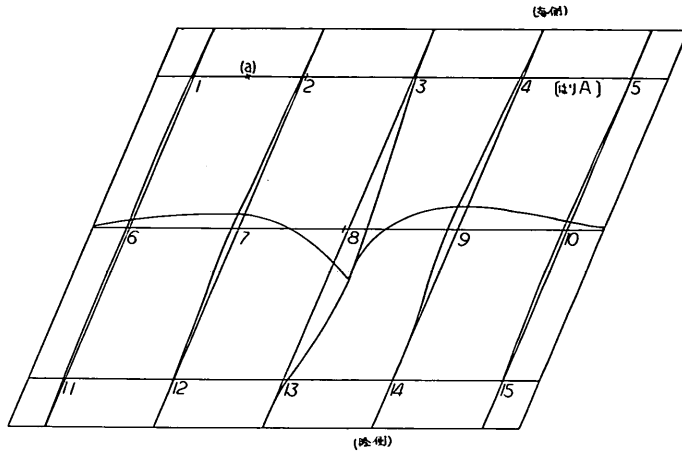
合は、すべての車輪を考慮し、6輪以上の場合は、図に示した○印の車輪のみを考慮する。

(7) 影響線の実例

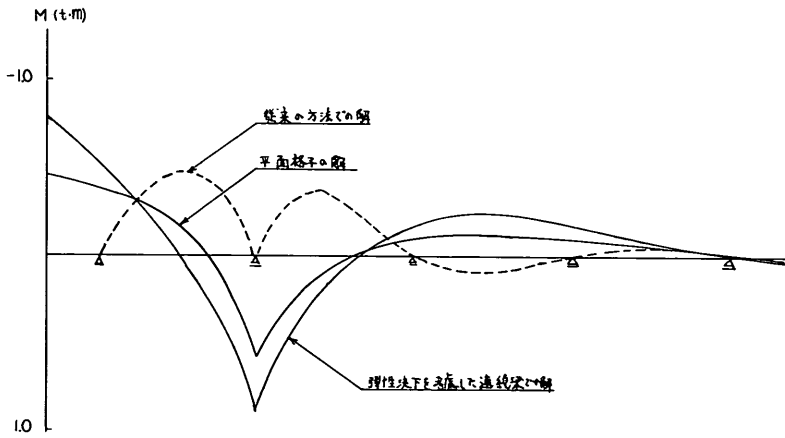


図D・6 影響線の検討モデル

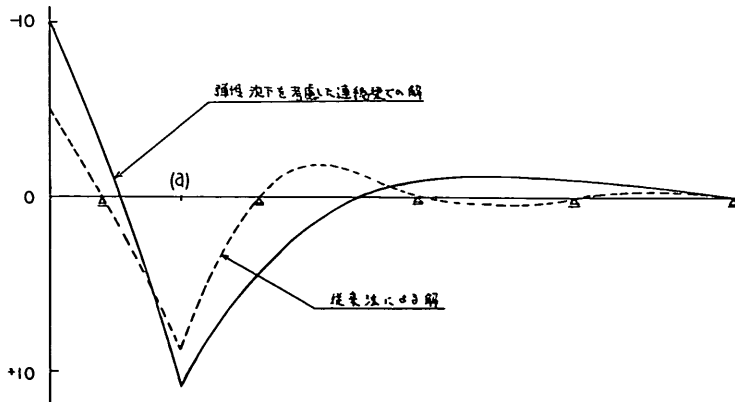
鉛直荷重によってはりに生ずる断面力を計算する場合、 いるが、従来の連続ばりとしての解析とどのように異なるかを検討した。次にその一例を示す。中央支点の左側
 本プログラムでは弾性支承上の格子ばりとして解析して



図D.7 中央支点(8)の左側曲げモーメントの影響線



図D.8 支点2の右側の影響線の比較



図D.9 (a)点での曲げモーメントの影響線の比較

の曲げモーメントの影響線を図D・7に示す。影響線が左右非対称なのは、くいの曲げ剛性が入っているためである。支点2の右側の影響線とはりAの(a)点の曲げモーメントの影響線を図D・8, 図D・9に示す。支点の弾性沈下を考えると支点上に荷重が載ったとき、支点沈下を生じ支点の曲げモーメントはゼロでなくなる。しかしこの値は支間中央点の曲げモーメントに比べて一般に小さく支間中央の鉄筋が支点上(くい頭部)で定着されることを考えると配筋量には影響しないと考えられる。

附録E 下側筋の配筋パターン

下側筋の配筋間隔を適当に保つために表E・1にその配筋パターンを示す。表中の最大本数とはり幅と鉄筋の最小間隔より求まる配筋可能な本数であり、配筋本数は必要鉄筋量と鉄筋径より定まる鉄筋本数である。

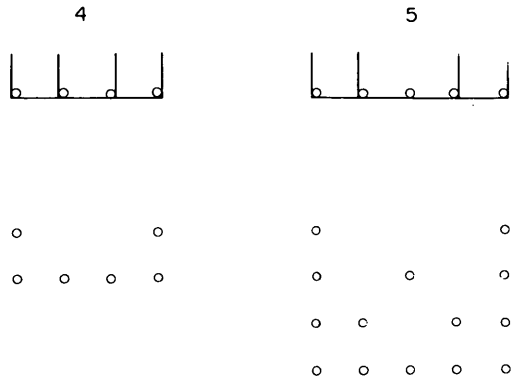
表中の1~8の数字は鉄筋の占める位置を表わしている。鉄筋の占める位置ははりのセンターまたはセンターに最も近い位置を1として、外側に行くに従って2, 3, 4, ..., 8となる。配筋の各最大本数に対する配筋パターン図を図E・1(1)~(6)に示す。各図の上の数字は最大本数である。

表E・1 配筋優先順位 Table

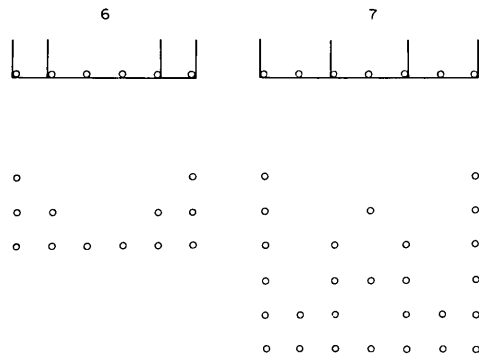
最大本数 配筋本数	4	6	8	10	12	14
2	2	3	4	5	6	7
4	1	2	2	2	3	3
6		1	1	3	1	5
8			3	1	4	1
10				4	2	2
12					5	4
14						6

最大本数 配筋本数	5	7	9	11	13	15
2	3	4	5	6	7	8
4	2	2	3	3	3	4
6		3	2	4	5	2
8			4	2	2	6
10				5	4	3
12					6	5
14						7

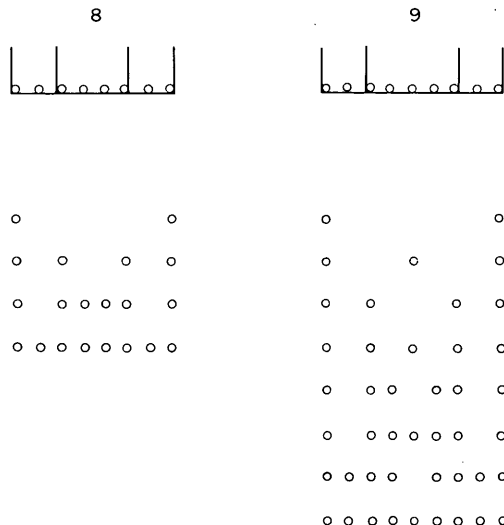
配筋本数が奇数の場合(下の表のみ)中央に1本配筋する。



図E・1(1) 下側筋の配筋パターン



図E・1(2) 下側筋の配筋パターン



図E・1(3) 下側筋の配筋パターン

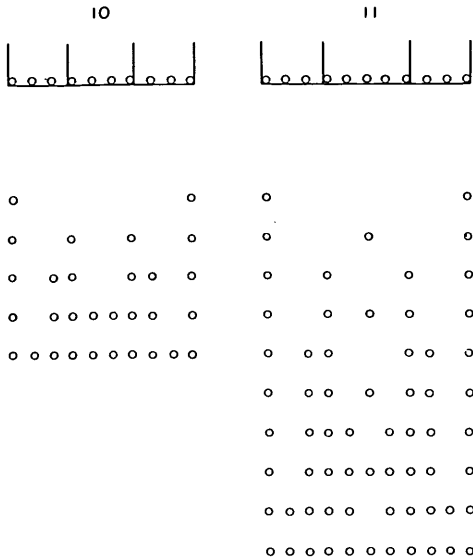


図 E . 1 (4) 下側筋の配筋パターン

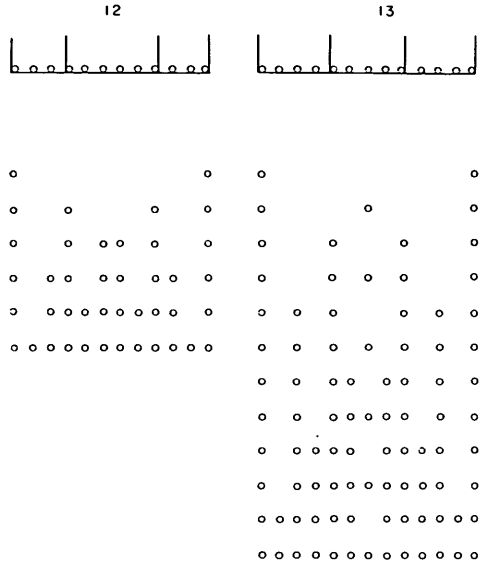


図 E . 1 (5) 下側筋の配筋パターン

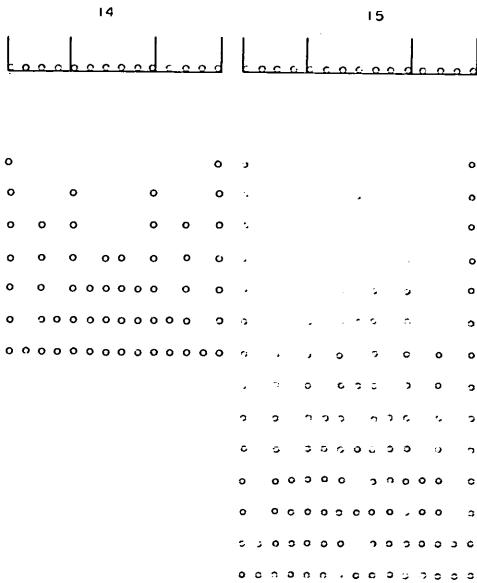


図 E . 1 (6) 下側筋の配筋パターン

附録 F 漂流物による断面力の算定法

海側小ばりの下端に流木等が衝突した場合のチェックをするために、はり下端に集中力を入力できるようにしている。海側小ばりがTYPE1 の場合は以下に示す計算モデル(a)で、TYPE2 の場合は計算モデル(a)(b)で

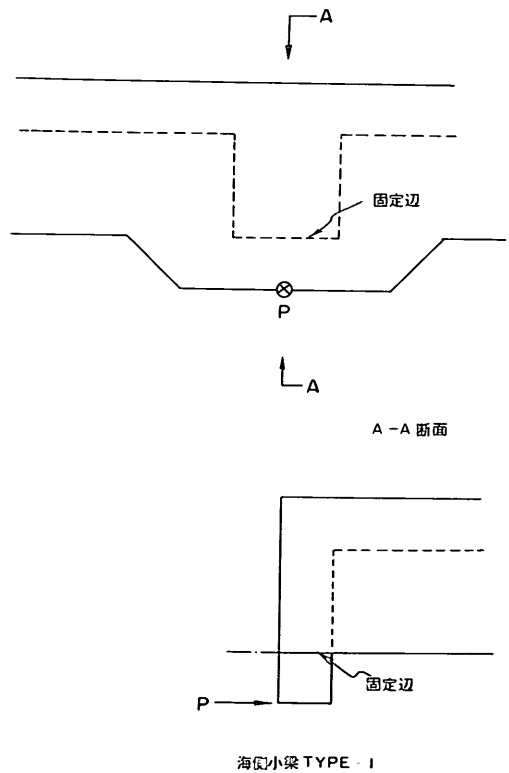


図 F . 1 漂流物による応力の算定法(a)

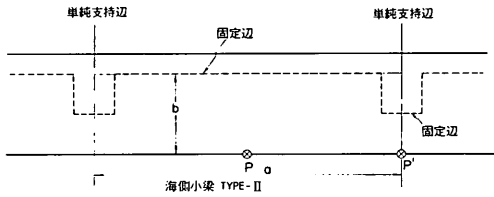
検討する。

計算モデル(a)

防げん部の形状が図F. 1に示す場合には、小ばりを大ばり下端で支持された片持ばりとして検討する。なお荷重の作用幅は衝突点から45°に分布するものとする。

計算モデル(b)

防げん部の形状が図F. 2の場合は小ばりのスパン中央に漂流物が衝突するものとしてモーメントを算定する。固定辺のモーメントは次式で算定する。



図F. 2 漂流物による応力の算定法(b)

$$M = \beta \cdot P$$

β は表F. 1によるものとする(チモシェンコ;板とシェルの理論より)。

表F. 1 モーメント係数表(一辺固定二辺単純支持版)

b/a	$-\beta$
4	0.039×10^{-3}
2	11.7 ′
1.5	45.5 ′
1	163 ′
0.6667	366 ′
0.5	436 ′
0.3333	498 ′
0.25	507 ′
0.0	509 ′

附録G 四辺固定版の曲げモーメント表

l_x/l_y	方向	座標	1	2	3	4	5
0.3	X	I	-0.0835	0.0104	0.0418	0.0104	-0.0835
		II	-0.0813	0.0108	0.0398	0.0108	-0.0813
		III	-	-0.0058	-0.0095	-0.0058	-
	Y	I	-0.0139	0.0017	0.0070	0.0017	-0.0139
		II	-0.0136	0.0038	0.0103	0.0038	-0.0136
		III	-	-0.0345	-0.0569	-0.0345	-
0.4	X	I	-0.0839	0.0107	0.0418	0.0107	-0.0839
		II	-0.0749	0.0106	0.0356	0.0106	-0.0749
		III	-	-0.0058	-0.0095	-0.0058	-
	Y	I	-0.0140	0.0023	0.0080	0.0023	-0.0140
		II	-0.0125	0.0057	0.0129	0.0057	-0.0125
		III	-	-0.0345	-0.0569	-0.0345	-
0.5	X	I	-0.0828	0.0110	0.0407	0.0110	-0.0828
		II	-0.0669	0.0100	0.0308	0.0100	-0.0669
		III	-	-0.0058	-0.0095	-0.0058	-
	Y	I	-0.0138	0.0038	0.0105	0.0038	-0.0138
		II	-0.0112	0.0068	0.0139	0.0068	-0.0112
		III	-	-0.0345	-0.0570	-0.0345	-
0.75	X	I	-0.0701	0.0110	0.0318	0.0110	-0.0701
		II	-0.0477	0.0078	0.0200	0.0078	-0.0477
		III	-	-0.0058	-0.0094	-0.0058	-
	Y	I	-0.0117	0.0089	0.0179	0.0089	-0.0117
		II	-0.0080	0.0069	0.0125	0.0069	-0.0080
		III	-	-0.0345	-0.0565	-0.0345	-
1.0	X	I	-0.0513	0.0096	0.0206	0.0096	-0.0513
		II	-0.0324	0.0059	0.0116	0.0059	-0.0324
		III	-	-0.0054	-0.0086	-0.0054	-
	Y	I	-0.0086	0.0116	0.0206	0.0116	-0.0086
		II	-0.0054	0.0059	0.0096	0.0059	-0.0054
		III	-	-0.0324	-0.0513	-0.0324	-
1.25	X	I	-0.0559	0.0119	0.0189	0.0119	-0.0559
		II	-0.0343	0.0067	0.0097	0.0067	-0.0343
		III	-	-0.0074	-0.0111	-0.0074	-
	Y	I	-0.0093	0.0181	0.0295	0.0181	-0.0093
		II	-0.0057	0.0074	0.0108	0.0074	-0.0057
		III	-	-0.0442	-0.0664	-0.0442	-
1.50	X	I	-0.0570	0.0133	0.0158	0.0133	-0.0570
		II	-0.0346	0.0071	0.0073	0.0071	-0.0346
		III	-	-0.0090	-0.0126	-0.0090	-
	Y	I	-0.0095	0.0234	0.0354	0.0234	-0.0095
		II	-0.0058	0.0086	0.0112	0.0086	-0.0058
		III	-	-0.0538	-0.0756	-0.0538	-

l_x/l_y	方向	座標	1	2	3	4	5
1.75	X	I	-0.0571	0.0139	0.0128	0.0139	-0.0571
		II	-0.0346	0.0071	0.0052	0.0071	-0.0346
		III	—	-0.0102	-0.0135	-0.0102	—
	Y	I	-0.0095	0.0275	0.0389	0.0275	-0.0095
		II	-0.0058	0.0094	0.0112	0.0094	-0.0058
		III	—	-0.0611	-0.0805	-0.0611	—
2.0	X	I	-0.0570	0.0139	0.0105	0.0139	-0.0570
		II	-0.0345	0.0068	0.0038	0.0068	-0.0345
		III	—	-0.0112	-0.0138	-0.0112	—
	Y	I	-0.0095	0.0308	0.0407	0.0308	-0.0095
		II	-0.0058	0.0100	0.0110	0.0100	-0.0058
		III	—	-0.0669	-0.0828	-0.0669	—
2.25	X	I	-0.0569	0.0136	0.0089	0.0136	-0.0569
		II	-0.0345	0.0063	0.0028	0.0063	-0.0345
		III	—	-0.0119	-0.0140	-0.0119	—
	Y	I	-0.0095	0.0335	0.0415	0.0335	-0.0095
		II	-0.0058	0.0104	0.0108	0.0104	-0.0058
		III	—	-0.0714	-0.0837	-0.0714	—
2.50	X	I	-0.0569	0.0129	0.0080	0.0129	-0.0569
		II	-0.0345	0.0057	0.0023	0.0057	-0.0345
		III	—	-0.0125	-0.0140	-0.0125	—
	Y	I	-0.0095	0.0356	0.0418	0.0356	-0.0095
		II	-0.0058	0.0106	0.0107	0.0106	-0.0058
		III	—	-0.0749	-0.0839	-0.0749	—
2.75	X	I	-0.0568	0.0122	0.0074	0.0122	-0.0568
		II	-0.0344	0.0051	0.0020	0.0051	-0.0344
		III	—	-0.0130	-0.0140	-0.0130	—
	Y	I	-0.0095	0.0373	0.0419	0.0373	-0.0095
		II	-0.0058	0.0108	0.0106	0.0108	-0.0058
		III	—	-0.0775	-0.0839	-0.0775	—
3.00	X	I	-0.0568	0.0113	0.0071	0.0113	-0.0568
		II	-0.0344	0.0045	0.0018	0.0045	-0.0344
		III	—	-0.0133	-0.0140	-0.0133	—
	Y	I	-0.0095	0.0386	0.0419	0.0386	-0.0095
		II	-0.0058	0.0108	0.0105	0.0108	-0.0058
		III	—	-0.0795	-0.0837	-0.0795	—

港 湾 技 研 資 料 No. 300

1 9 7 8 . 9

編 集 兼 發 行 人 運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所

發 行 所 運 輸 省 港 湾 技 術 研 究 所
 橫 須 賀 市 長 瀬 3 丁 目 1 番 1 号

印 刷 所 日 青 工 業 株 式 會 社

Published by the Port and Harbour Research Institute
Nagase, Yokosuka, Japan.