

土木研究所資料
第802号

吊橋主塔の極限耐荷力

〔昭和47年度本州四国連絡橋に関する調査試験
材料構造に関する調査試験報告書〕

昭和 48 年 3 月

建設省土木研究所

要 旨

本州四国連絡架橋計画における7つの吊橋の主塔について死荷重 D および活荷重 L のみを考慮し、 $\alpha D + \beta L$ という荷重の組合せにおいて、 $\alpha = 1.0, 1.2, 1.4$, β の4つの場合について、それぞれ β を増加させていったときの主塔の極限耐荷力を求めた。

その結果上記の7つの吊橋は死荷重および活荷重に対して十分な大きさの荷重係数を有し、いずれの極限耐荷力も設計値の約2倍であることがわかった。

キーワード： 吊橋主塔、極限耐荷力、荷重係数

まえがき

この報告書は、昭和47年度に本州四国連絡橋公団より委託された本州四国連絡橋に関する調査試験（材料構造に関する調査試験）のうち橋梁研究室が担当した吊橋主塔の耐荷力の計算の結果に関するものである。

昭和48年3月

橋梁研究室長 国 広 哲 男

橋 梁 研 究 室 藤 原 稔

〃 井 刈 治 久

〃 武 田 亘 弘

目 次

要 旨

まえがき

目 次

1 概 説	1
2 数値計算	2
2-1 吊橋の主要諸元および吊橋主塔の断面諸元	2
2-2 載荷条件	2
2-3 吊橋主塔の塔頂に作用する力と変位	2
2-4 吊橋主塔の極限耐荷力	2
2-5 極限状態における荷重係数の値と極限耐荷力に対する安全率	2
3 考 察	4
あとがき	6
参考文献	7
付録 1. 図 表	8
(1) 表	8
(2) 図	17
付録 2. 電算プログラム	59
2-1 吊橋主塔の弾塑性解析プログラム (T O W - 4)	59
(1) 概 説	59
(2) インプットデータの記号	59
(3) フローチャート	60
(4) プログラム	65
2-2 吊橋主塔の弾塑性座屈荷重計算プログラム (T O W - 5)	~~69~~ 71
(1) 概 説	~~69~~ 71
(2) インプットデータの記号	~~69~~ 71
(3) フローチャート	~~70~~ 72
(4) プログラム	~~70~~ 77

1 概 説

吊橋上部工の工費のうちで主塔の占める工費の割合は中央径間が1500m級の吊橋で3～4割にも達するので、いかにしてもっとも経済的なしかも安全性のある構造を採用するかは、吊橋の設計上重要な問題である。

主塔の安全性と経済性を追求してゆくうえでの重要なポイントは極限耐荷力を知ることであるが、この場合考えられる種々の荷重の組合せのうちでどれについて極限耐荷力を求めるべきかが問題となる。

本稿では、その一例として長大吊橋に死荷重(D)と活荷重(L)のみを考慮した場合、 $\alpha D + \beta L$ という荷重の組合せにおいて荷重係数 α と β をいろいろ変えていくと現行の設計法で設計された吊橋主塔の極限耐荷力がどの程度の大きさとなり、そのときの α と β の値がどうなるかを知るために計算を行ない、その結果をもとにして荷重係数 α 、 β と極限耐荷力の関係について考察を行なった。

なお、吊橋主塔の極限耐荷力の考え方、計算方法等はすべて参考文献3)および4)によっている。

2 数値計算

2-1 吊橋の主要諸元および吊橋主塔の断面諸元

計算の対象とした吊橋の主要諸元を表-1に、各吊橋主塔の断面諸元を表-2~8に示す。

2-2 載荷条件

計算にあたっては、吊橋構造部に死荷重(D)と活荷重(L)のみを考慮して、 $\alpha D + \beta L$ という荷重の組合せについて荷重係数 α および β を表-9に示す4つの載荷条件にしたがって変化させて図-1に示す注目している主塔の極限耐荷力を求めた。

なお、この場合の等分布死荷重(αq_{D0})および等分布活荷重(βq_{L0})の載荷状態は図-1に示すとおりである。

ここに q_{D0} および q_{L0} はそれぞれ設計に用いた等分布死荷重および等分布活荷重であり、 α および β はそれぞれに対する荷重係数である。

2-3 吊橋主塔の塔頂に作用する力と変位

各載荷条件のもとで各吊橋主塔の塔頂に作用する力と変位の関係は、図-2~8のようになる。

この計算は、土研の吊橋用プログラムSSV-2¹⁾を用いて行なった。

2-4 吊橋主塔の極限耐荷力

各荷重条件に対する吊橋主塔の曲げ剛性およびたわみの変化の状態を図-9~15に、また主塔の断面の一部が降伏しはじめるときの鉛直力(V_y)と極限耐荷力(V_{max})を表-10に示す。極限耐荷力を求めるために用いた鉛直力と主塔の曲げ剛性の関係を図-16~21に、断面の一部が降伏しはじめるとき、および極限状態に達するときの塔頂水平変位の値を表-11に示す。

なお、図-16~21のうちのいくつかの図には、グラフの横軸に $\frac{(EI)_{pl}}{(EI)_{el}}$ のかわりに $\frac{(F)_{pl}}{(F)_{el}}$ を用いているものがあるが、これは後者を用いた方が、グラフから極限耐荷力(V_{max})を推定しやすいと考えたためである。この場合 $(F)_{pl}$ および $(F)_{el}$ の値はそれぞれ $(EI)_{pl}$ および $(EI)_{el}$ の値を用いて表-1の注)に示す下の式から求めた値である。また表-10および表-11の数値に×のついているものがあるが、これは主塔の断面の一部が降伏を開始するとすぐに極限耐荷力に達してしまい、参考文献4)に示した方法では極限耐荷力は求められなかったため、断面が降伏しはじめるときを極限の状態とみなして求めた値である。

2-5 極限状態における荷重係数の値と極限耐荷力に対する安全率

各載荷条件において、主塔断面の一部が降伏しはじめるときの活荷重(L)に対する荷重係数 β_y

および極限状態における活荷重(1)に対する荷重係数 $\beta_{\max}$ の値を表-12 に示す。設計鉛直力 (V_0) に対する主塔断面の一部が降伏しはじめるときの鉛直力 (V_y) の比 V_y/V_0 および設計鉛直力 (V_0) に対する極限耐荷力 ($V_{\max}$) の比 $V_{\max}/V_0$ の値を表-13に示す。

これらの数値を用いて求めた α_y と V_y/V_0 、 β_y と V_y/V_0 の関係を図-22および図-23に、また $\alpha_{\max}$ と $V_{\max}/V_0$ 、 $\beta_{\max}$ と $V_{\max}/V_0$ の関係を図-24と図-25にそれぞれ示す。

3 考 察

荷重係数設計法における荷重係数は本来荷重の変動幅、材料強度のばらつき、設計計算法の精度、構造物の重要度等を考慮して定められるべきであって、本稿でとり上げたような長大吊橋主塔については、これらに対するデータがほとんどなく、荷重係数として具体的な数値を与えるのは非常にむずかしい。

本稿では、概説でも述べたように上述したこととは逆に、長大吊橋主塔の荷重係数設計法を考えてゆくうえでの一助となることを期待して、現行設計法で設計された長大吊橋主塔は、極限状態および断面の一部が降伏するときに対していくらの荷重係数を有しているかを計算し、その結果をもとに以下に述べる若干の考察を行なった。

(1) 載荷条件Ⅰ、Ⅱ、Ⅲについて

まず極限状態に達したときに注目する。

図-24および図-25からわかるように本稿でとりあげた7つの吊橋主塔については、 $\alpha = 1.0 \sim 1.4$ の範囲で β を1.0から増加させていった場合には、 V_{max}/V_0 の値は1.7~2.2の範囲の値となっている。 α_{max} と β_{max} の関係を図示すると図-26のようになる。この図からわかるように今回の計算結果では α_{max} と β_{max} の関係が橋によって少しずつ異なっているが、これは V_{max}/V_0 の値が同一でなく1.7~2.2の範囲でばらついていることや各吊橋の構造上の特性の差（支間長、端支間と中央支間の比、補剛トラスの連続性など）などのためと思われる。

V_{max}/V_0 の値がどうあるべきかは重大な問題で簡単には定められないが、もしこの値がいくらであるべきかが定まったら考えている吊橋主塔について今回のような計算を行なうことによって、その V_{max}/V_0 に対応する α_{max} と β_{max} の関係を一義的に得ることができる。この α_{max} と β_{max} の関係は設計死荷重(q_{D0})と設計活荷重(q_{L0})の比にもよるが、たがいに逆比例する関係にあることは図-26からも想像できる。

なお、今回の計算では α が1.0~1.4の範囲では β_{max} は最低5であり、いずれも設計活荷重に対して十分な大きさを有していると思われる。

つぎに断面の一部が降伏しはじめたときに注目する。

前述したように V_{max}/V_0 は1.7~2.2の範囲にあったが、 V_y/V_0 の値は図-22および図-23からわかるように1.8から2.1までばらついている。この原因は主として各吊橋の構造上の特性の差によるものと思われ、その中でも側径間長と中央径間長の比が大きく影響しているものと思われる。

なお、各吊橋の（側径間長／中央径間長）および V_{max}/V_y の値は表-14のようであり、これらの関係は図-27のようになる。

今回の計算例では（側径間長／中央径間長）の値が0.25以下の吊橋主塔は V_{max} と V_y が非常に接近していて V_{max}/V_0 が1.7～2.2の極限の近くまで断面が降伏せず、一度降伏するとすぐ極限に達してしまうのに対して、（側径間長／中央径間長）の値が0.35以上の吊橋主塔は比較的早く $V_y/V_0 \div 1.3 \sim 1.8$ で断面の一部が降伏するがその後も耐荷力は増加して行き、 V_{max}/V_0 が1.7～2.2で極限状態になるといえる。これは耐荷力に関して前者では曲げモーメントよりも軸圧縮力の方がはるかに支配的であり、後者では曲げモーメントの影響がかなり大きいということのためである。

(2) 載荷条件Ⅳについて

長大吊橋では活荷重に比べて死荷重が大きいのでこの計算例のように $\alpha = \beta$ としてこの値を増加させてゆくことは吊橋主塔にとって非常にきびしいものとなる。

しかし、このような載荷条件ではどうなるかを知るために行なった今回の計算結果においても計算例にとりあげた主塔に関するかぎり $V_{max}/V_0 = 2.1 \sim 2.6$ （すなわち $\alpha_{max} = \beta_{max} = 2.1 \sim 2.6$ ）および $V_y/V_0 = 1.9 \sim 2.6$ （すなわち $\alpha_y = \beta_y = 1.9 \sim 2.6$ ）となり通常橋に対して要求される安全率よりも大きな値を示している。

なお、この載荷条件のもとでは軸圧縮力の影響が顕著にあらわれ、（側径間長／中央径間長）の値にかかわらず、いずれの吊橋主塔も $V_{max} \div V_y$ で断面の降伏後すぐ極限状態に達してしまうことがわかった。

あ と が き

今回の主塔の耐荷力計算においては、主塔の耐荷力と荷重係数との関係についての傾向を見るために、吊橋を構成する各種部材のうち主塔にのみ注目して、主塔が崩壊するまで荷重係数を大きくしていくという方法をとった。

すなわち、主塔が極限状態に達する載荷状態まで、主塔以外の部材、たとえばケーブル、補剛げたなどは弾性範囲内にあるという想定のもとに計算を行なっている。

上述した計算結果によると、主塔の極限状態に対する荷重係数の値は、非常に大きな値を示す場合があり、このような載荷状態に達するまで、主塔以外の部材が破壊しないかどうかの検討については、本稿ではとり扱っていないので、別途に考慮しなければならないのは当然である。

なお、上述したような計算はかなり煩雑で、計算には多くの時間と費用を必要とする。したがって、設計にあたっては吊橋主塔に対して与えられた所要の荷重係数の場合に対して、吊橋主塔が崩壊するかどうかを検討するという方法をとるのがよいと考えられる。このためにはまず、吊橋主塔に対する所要の荷重係数としてはいかなる値をとるべきかについての研究が必要であり、この面では今回の計算結果が役立てば幸いである。

最後に、今回の耐荷力計算に際し、土木学会本州四国連絡橋鋼上部構造研究小委員会座屈分科会から有益な御助言をいただいたことに對し謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 「吊橋基本構造に関する電子計算機プログラム」

本州四国連絡架橋調査、材料構造調査、調査資料 Ⅱ 25

建設省土木研究所、昭和 39 年 6 月

- 2) 国広哲男、藤原 稔、井刈治久 「還元法による吊橋主塔の橋軸方向の計算」

土木研究所資料第 588 号、建設省土木研究所、昭和 45 年 4 月

- 3) 国広哲男、藤原 稔、井刈治久 「吊橋主塔の弾性解析と設計上の問題点」

土木技術資料 14-4、土木研究会、昭和 47 年 4 月

- 4) 国広哲男、藤原 稔、井刈治久 「吊橋主塔の極限耐荷力」 土木技術資料 14-5

土木研究会、昭和 47 年 5 月、

表-1 計算の対象とした吊橋の主要諸元

番 号	1	2	3	4	5	6	7	備 考
橋 名	明石海峡大橋 (A)	明石海峡大橋 (B)	南備讃瀬戸 大橋	下津井瀬戸 大橋	多々羅大橋	大鳴門橋	来島第1大橋	
項 目								
中央径間長(m)	1,860	1,515	1,100	920	882	870	851	補剛げた支間長
側 径 間 長(m)	926	553	260	220.4	290.5	330	134	"
ケーブル	中央径間サグ(m)	188	138	100	83.6	83.486	82	80.301
	中央径間長(m)	1,880	1,515	1,100	920	890	870	860
	中央径間サグ比	1/10	1/11	1/11	1/11	1/10.7	1/10.6	1/10.7
	ケーブル断面積(m ²)	1.265	0.945	0.7705	0.6184	0.2424	0.514	0.25435
補剛 剛タ	断面2次 モーメント(m ⁴)	中央径間 20.2	833	1048	864	300	595	2696
		側 径 間 22.6	833	1048	864	300	765	1800
死 荷 重 (t/m)	中央径間	253	2037	2097	1940	924	187	9646
	側 径 間	2556	2053	2157	2003	924	191	9625
活 荷 重 (t/m)	中央径間	2577	2812	3265	3582	1526	3697	1542
	側 径 間	193	2010	216	2260	1526	2299	1542
主 塔	主塔の高さ(m)	269.225	214.631	184.270	137.600	141.500	128.825	153.570
	塔基部の大きさ(m)	75×15	70×12.076	60×11.461	52×7.7	40×6.0	45×8.7	36×7.6
	塔頂部の大きさ(m)	75×12.237	70×9.635	60×6.780	3286×6.424	40×4.0	45×5.2	36×3.8
	塔基部の断面2次 モーメント(m ⁴)	91470	348431	27494	102820	3107	12296	5438
	塔頂部の断面2次 モーメント(m ⁴)	56350	238966	8973	47256	1240	3657	1257
	塔基部の断面積(m ²)	4597	28256	2030	16799	0.811	1.475	0.869
	塔頂部の断面積(m ²)	4133	26260	1625	11672	0.637	1.091	0.646
設計荷重用時の塔頂水平反力		2.4	-3.8	-0.43	4.98	-1.8	7.9	-7.81
構 造 形 式		2ヒンジ	連 続	連 続	連 続	2ヒンジ	連 続	2ヒンジ

注)
$$F = \delta V \sqrt{\frac{V}{EI}} / \{ \tan(h \sqrt{\frac{V}{EI}}) - h \sqrt{\frac{V}{EI}} \}$$

☆ 上表ならびに以下の表に出てくる「片側あたり」または「片側主塔あたり」とは、吊橋の幅員の中央線で吊橋を垂直に橋軸方向に2等分した場合の片側の部分を意味する。

付録1. 図表
(1) 表

表-2 明石海峡大橋 (A) 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断面積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断面係数 $W_i(m^3)$
1	6225	4133	56350	6119	9209
2	2400	4137	56630	6132	9235
3	46500	4222	62210	6376	9751
4	46500	4308	67790	6620	10240
5	46500	4395	74190	6864	10809
6	46500	4481	80590	7108	11338
7	7000	4503	81610	7145	11422
8	21000	4532	84670	7255	11671
9	3600	4537	85200	7274	11713
10	40000	4594	91030	7484	12163
11	3000	4597	91470	7500	12196

1) 図-9参照

表-3 明石海峡大橋 (B) 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断面積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断面係数 $W_i(m^3)$
1	7631	26260	238966	4817	4961
2	5000	26308	241610	4847	4985
3	41000	26704	263021	5088	5169
4	41000	27099	284000	5331	5327
5	41000	27494	305248	5572	5478
6	12550	27615	311752	5646	5522
7	14000	27750	319007	5729	5568
8	3500	27784	320821	5750	5579
9	46450	28232	347109	6024	5762
10	2500	28256	348431	6038	5771

1) 図-10参照

表-4 南備讃瀬戸大橋 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断 面 積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断 面 係 数 $W_i(m^3)$
1	7570	1.625	8973	3390	2647
2	4500	1.637	9496	3449	2753
3	19000	1.680	11482	3701	3102
4	19000	1.723	13467	3952	3408
5	19000	1.767	15453	4204	3676
6	19000	1.810	17439	4456	3914
7	2591	1.816	17710	4490	3944
8	12000	1.844	18964	4649	4079
9	13000	1.873	20323	4820	4216
10	3000	1.880	20631	4851	4253
11	22000	1.930	22936	5152	4452
12	20000	1.976	25026	5417	4620
13	20000	2.022	27117	5683	4772
14	3609	2.030	27494	5730	4798

1) 図-11参照

表-5 下津井瀬戸大橋 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断 面 積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断 面 係 数 $W_i(m^3)$
1	5300	1.1672	47256	3212	1471
2	3000	1.1827	48936	3227	1516
3	34800	1.3143	63198	3394	1862
4	34800	1.4770	80831	3562	2269
5	10000	1.5048	84843	3610	2350
6	12000	1.5383	87474	3668	2385
7	3700	1.5485	88579	3686	2403
8	2000	1.5564	89436	3696	2420
9	30000	1.6721	101975	3840	2656
10	2000	1.1799	102820	3850	2671

1) 図-12参照

表-6 多々羅大橋 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断 面 積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断 面 係 数 $W_i(m^3)$
1	3500	0637	1240	2015	0615
2	2000	0637	1240	2030	0611
3	12500	0645	1377	2115	0651
4	12500	0672	1492	2205	0677
5	12500	0680	1614	2295	0703
6	12500	0686	1741	2385	0730
7	12500	0692	1875	2475	0758
8	12500	0700	2016	2565	0786
9	9950	0724	2130	2635	0808
10	1250	0724	2130	2645	0805
11	12000	0731	2291	2730	0839
12	12000	0737	2442	2815	0867
13	12000	0744	2600	2900	0897
14	12000	0811	3107	2985	1041
15	1800	0811	3107	3000	1036

1) 図-13参照

表-7 大鳴門橋 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断 面 積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断 面 係 数 $W_i(m^3)$
1	2500	1091	3657	2600	1407
2	2500	1095	3748	2635	1422
3	3500	1101	3881	2683	1447
4	18500	1133	4633	2940	1576
5	18500	1190	5595	3196	1751
6	18500	1222	6546	3452	1896
7	18500	1254	7591	3708	2047
8	6575	1290	8110	3800	2134
9	13140	1311	8899	3985	2233
10	2710	1316	9102	4023	2262
11	9900	1337	9929	4160	2387
12	9900	1357	10797	4297	2513
13	4100	1475	12296	4350	2827

1) 図-14参照

表-8 来島第1大橋 吊橋主塔の断面諸元

(片側主塔あたり)

格点番号 i ¹⁾	格間長(i-1~i) $L_i(m)$	断 面 積 $A_i(m^2)$	断面二次モーメント $I_i(m^4)$	中立軸から最外 縁までの距離 $Y_i(m)$	断 面 係 数 $W_i(m^3)$
1	3320	0646	1257	1900	0662
2	3270	0649	1306	1986	0658
3	24500	0693	1766	2289	0772
4	24500	0723	2278	2591	0879
5	24500	0767	2933	2893	1014
6	8000	0776	3152	2992	1053
7	12400	0791	3512	3145	1117
8	24800	0821	4307	3451	1248
9	24800	0865	5298	3757	1408
10	3480	0869	5438	3800	1431

1) 図-15参照

表-9 載 荷 条 件

載荷条件	荷 重 係 数 の 変 化 の さ せ 方
I	$\alpha = 1.0$ として、 β を 1.0 から 1.0 ずつ増加させる
II	$\alpha = 1.2$ として、 β を 1.0 から 1.0 ずつ増加させる
III	$\alpha = 1.4$ として、 β を 1.0 から 1.0 ずつ増加させる
IV	$\alpha = \beta$ として、これらを同時に 0.1 ずつ増加させる

注)

α : 死荷重(D)に対する荷重係数

β : 活荷重(L)に対する荷重係数

表-10 主塔の極限耐荷力および断面の一部が降伏しはじめるときの鉛直力

番号	橋名	死荷重による 塔頂の鉛直力 $V_D(t)$	活荷重による 塔頂の鉛直力 $V_L(t)$	死荷重および活 荷重による設計 鉛直力 $V_0 = V_D + V_L(t)$	主塔の極限耐荷力 $V_{max}(t)$				主塔の断面の一部が降伏しはじめる ときの塔頂の鉛直力 $V_y(t)$			
					載荷条件				載荷条件			
					(I) $\alpha=1.0$	(II) $\alpha=1.2$	(III) $\alpha=1.4$	(IV) $\alpha=\beta$	(I) $\alpha=1.0$	(II) $\alpha=1.2$	(III) $\alpha=1.4$	(IV) $\alpha=\beta$
1	明石海峡大橋(A)	48533	3535	52068	99000	102000	105000	131000	70500	73800	86900	124000
2	明石海峡大橋(B)	32725	3544	36269	76500	77300	78500	79500*	55500	60100	66200	79500
3	南備讃瀬戸大橋	26571	3628	30194	55000	57000	59000	64000	51800	53400	54700	58400
4	下津井瀬戸大橋	21011	3408	24419	51000	52000	52800	53000*	48400	49500	50700	53000
5	多々羅大橋	8640	1189	9829	16500*	17300*	18100*	21300*	16500	17300	18100	21300
6	大鳴門橋	17063	2717	19780	42000	42000	42500	46000	31500	33800	35900	44800
7	来島第1大橋	9861	1383	11244	20800	21900*	22600*	23300*	19900	21900	22600	23300

注) : *印のついている数値は、断面の一部が降伏しはじめるときの鉛直力が極限耐荷力に等しいとして記入した値。

表-11 極限状態における塔頂水平変位および断面の一部が降伏しはじめるときの塔頂水平変位

番号	橋名	死荷重および活荷重による設計時の水平変位 $\delta_0 (m)$	極限状態における塔頂水平変位 $\delta_{max} (m)$				主塔の断面の一部が降伏しはじめるときの塔頂水平変位 $\delta_y (m)$			
			載荷条件				載荷条件			
			(I) $\alpha=1.0$	(II) $\alpha=1.2$	(III) $\alpha=1.4$	(IV) $\alpha=\beta$	(I) $\alpha=1.0$	(II) $\alpha=1.2$	(III) $\alpha=1.4$	(IV) $\alpha=\beta$
1	明石海峡大橋(A)	1.12	950	808	680	185	585	465	400	188
2	明石海峡大橋(B)	0.49	385	355	317	065*	240	225	220	065
3	南備讃瀬戸大橋	0.15	110	095	083	027	095	081	063	025
4	下津井瀬戸大橋	0.14	109	099	086	080*	102	090	080	030
5	多々羅大橋	0.25	135*	120*	104*	040*	135	120	104	040
6	大鳴門橋	0.37	243	215	180	111	159	143	125	110
7	来島第1大橋	0.16	120	099*	081*	029*	110	099	081	029

注) *印のついている数値は、断面の一部が降伏しはじめるときの塔頂水平変位が極限状態における塔頂水平変位に等しいとして記入した値。

表-12 断面の一部が降伏しはじめるとき
および極限状態に対する活荷重係数

番号	項目 橋名 載荷条件	断面の一部が降伏しはじめるときに対する活荷重係数 β_y				極限状態に対する活荷重係数 β_{max}			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
		$\alpha=1.0$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=\beta$	$\alpha=1.0$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=\beta$
1	明石海峡大橋(A)	6以上	5	5	2.4	1.3	1.1	1.0	2.5
2	明石海峡大橋(B)	6	5	5	2.2	1.2	9	8	2.2
3	南備讃瀬戸大橋	7	6	4	2.0	8	7	6	2.1
4	下津井瀬戸大橋	8	7	6	2.1	9	8	7	2.1
5	多々羅大橋	6	6	5	2.1	6	6	5	2.1
6	大鳴門橋	5	5	4	2.2	9	8	7	2.3
7	来島第1大橋	7	7	5	2.0	8	7	5	2.0

表-13 断面の一部が降伏しはじめるとき鉛直力
および極限耐荷力の設計鉛直力に対する比

番号	項目 橋名 載荷条件	V_y / V_0				V_{max} / V_0			
		I	II	III	IV	I	II	III	IV
		$\alpha=1.0$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=\beta$	$\alpha=1.0$	$\alpha=1.2$	$\alpha=1.4$	$\alpha=\beta$
1	明石海峡大橋(A)	1.35	1.51	1.67	2.4	1.90	1.96	2.02	2.5
2	明石海峡大橋(B)	1.53	1.66	1.82	2.2	2.11	2.13	2.16	2.2
3	南備讃瀬戸大橋	1.72	1.77	1.81	2.0	1.82	1.89	1.95	2.1
4	下津井瀬戸大橋	1.98	2.03	2.08	2.1	2.09	2.13	2.16	2.1
5	多々羅大橋	1.68	1.76	1.84	2.1	1.68	1.76	1.84	2.1
6	大鳴門橋	1.59	1.71	1.81	2.2	2.12	2.12	2.15	2.3
7	来島第1大橋	1.77	1.95	2.00	2.0	1.86	1.95	2.00	2.0

表-14 断面の一部が降伏しはじめるときの
鉛直力に対する極限耐荷力の比

番号	橋名	中央 径間長 (m)	側径間長 中央径間長	構造形式	V_{max} / V_y			
					載荷条件			
					(I) $\alpha=1.0$	(II) $\alpha=1.2$	(III) $\alpha=1.4$	(IV) $\alpha=\beta$
1	明石海峡大橋(A)	1,860	0.498	2ヒンジ	1.40	1.29	1.21	1.06
2	明石海峡大橋(B)	1,515	0.365	連続	1.38	1.29	1.19	1.00
3	南備讃瀬戸大橋	1,100	0.236	〃	1.06	1.07	1.08	1.10
4	下津井瀬戸大橋	920	0.240	〃	1.05	1.05	1.04	1.00
5	多々羅大橋	882	0.329	2ヒンジ	1.00	1.00	1.00	1.00
6	大鳴門橋	870	0.379	連続	1.33	1.24	1.18	1.03
7	来島第1大橋	851	0.216	2ヒンジ	1.05	1.00	1.00	1.00

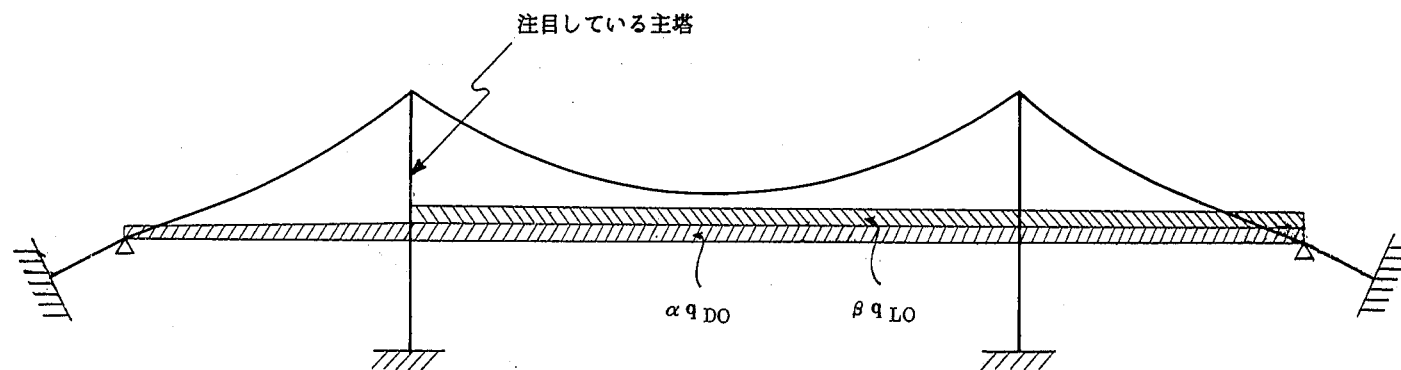


図-1 等分布荷重の載荷状態

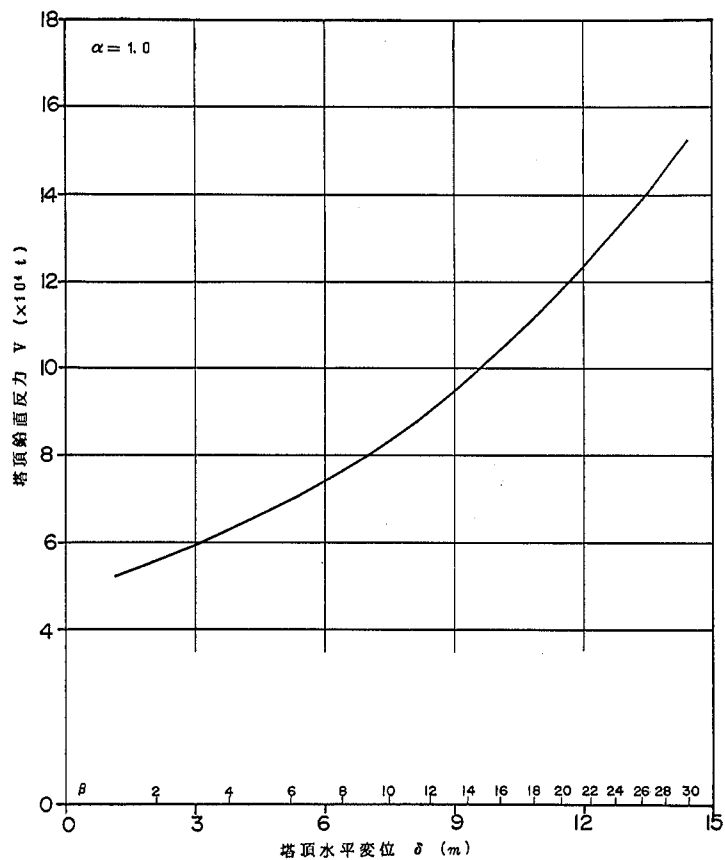


図-2(1) 明石海峡大橋(A)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

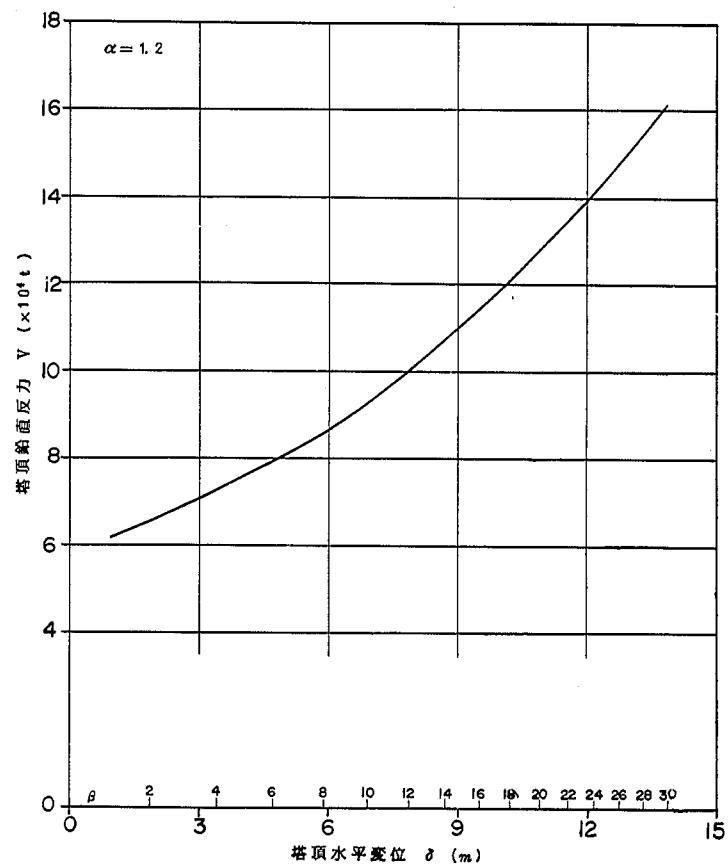


図-2(2) 明石海峡大橋(A)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

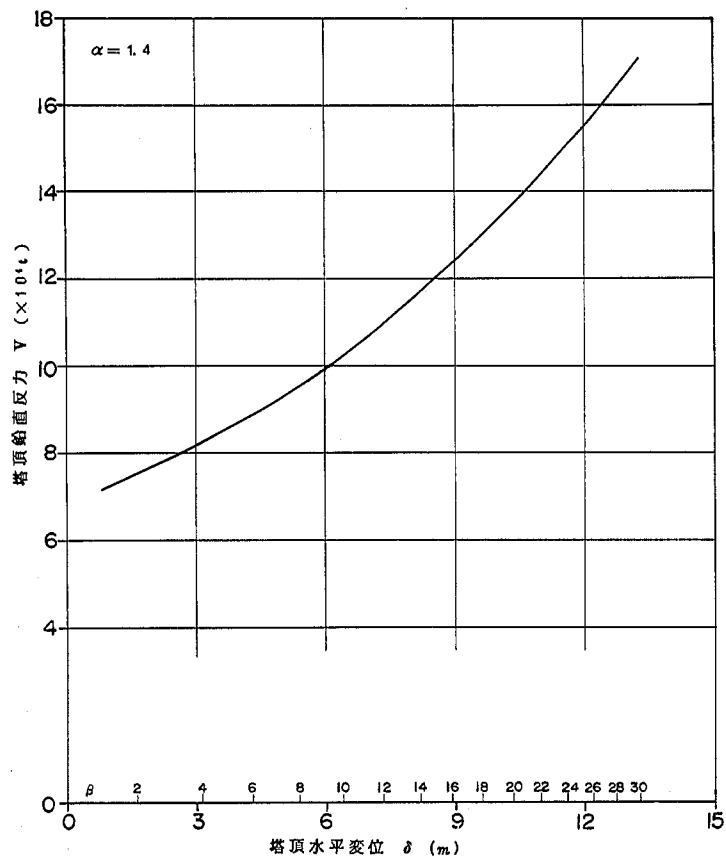


図 - 2(3) 明石海峡大橋(A)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

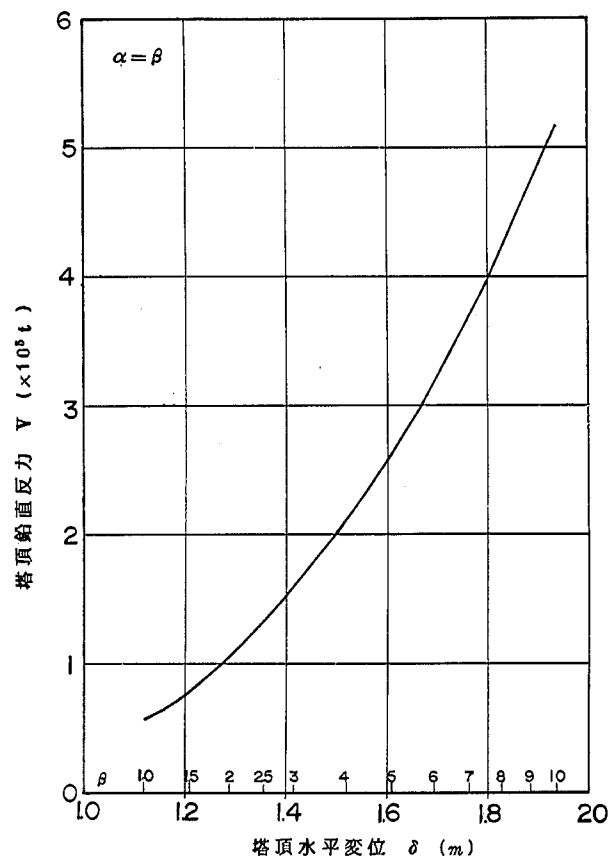


図 - 2(4) 明石海峡大橋(A)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

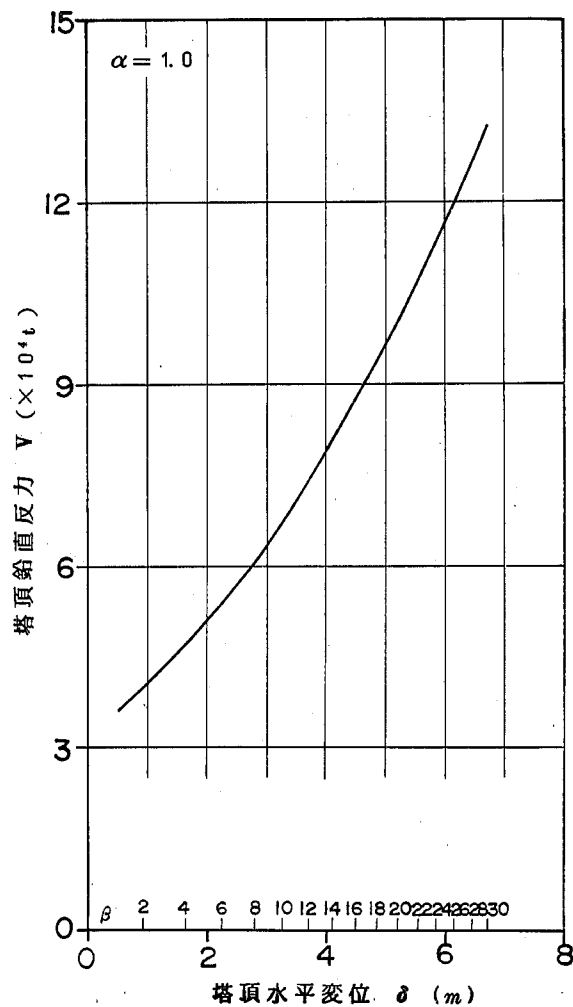


図-3(1) 明石海峡大橋(B)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

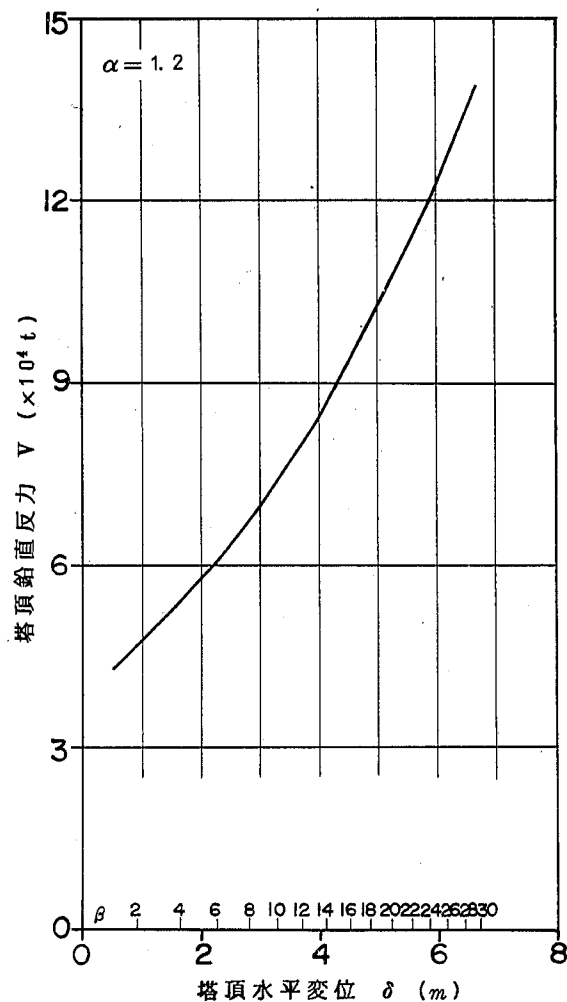


図-3(2) 明石海峡大橋(B)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

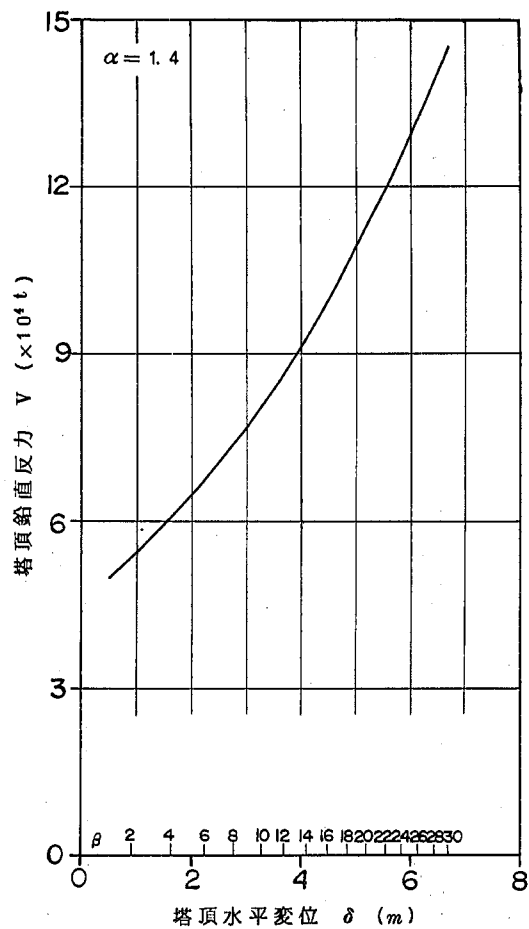


図-3(3) 明石海峡大橋(B)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

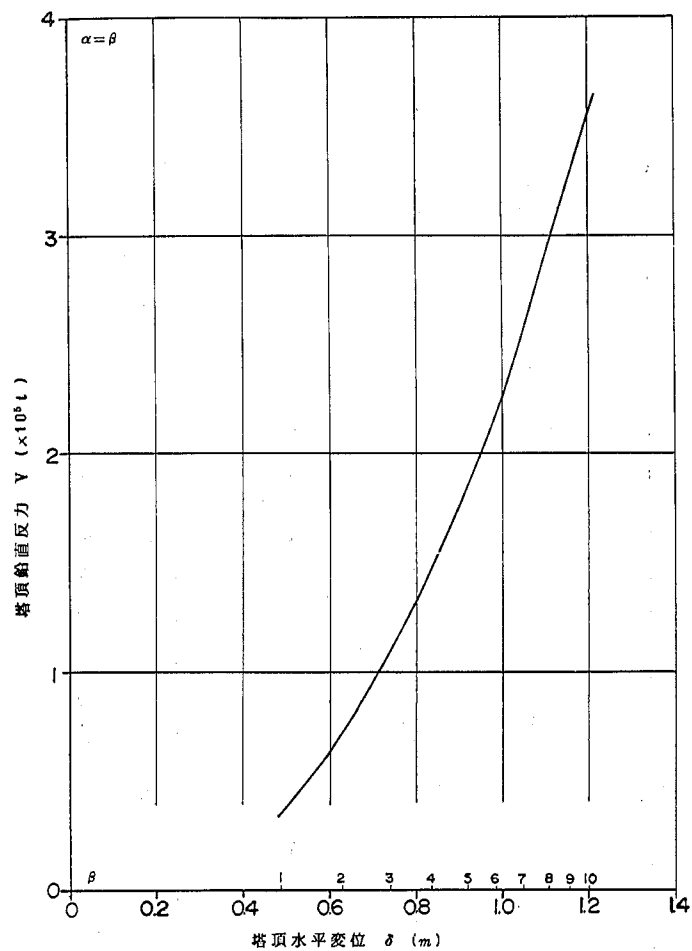


図-3(4) 明石海峡大橋(B)の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

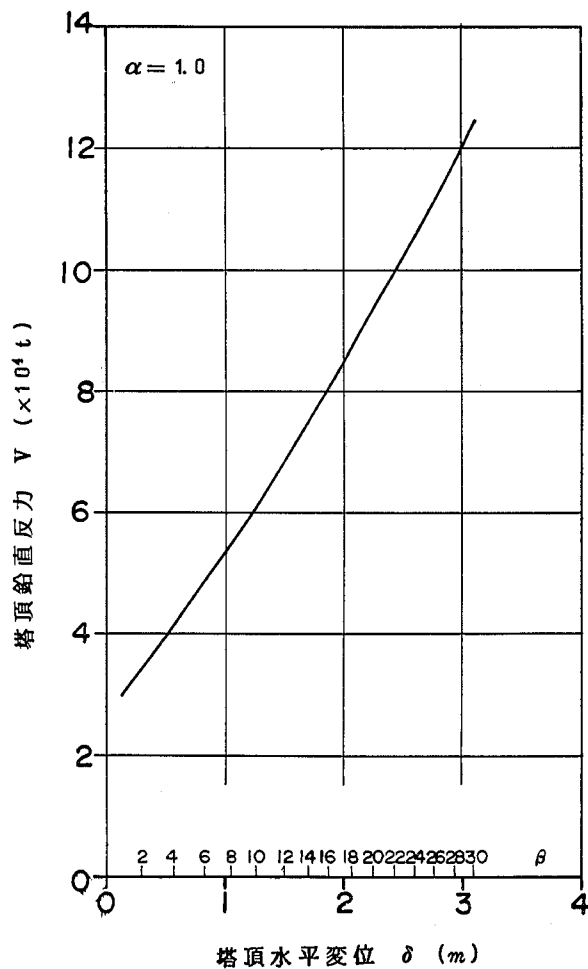


図-4(1) 南備讃瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と
塔頂水平変位の関係

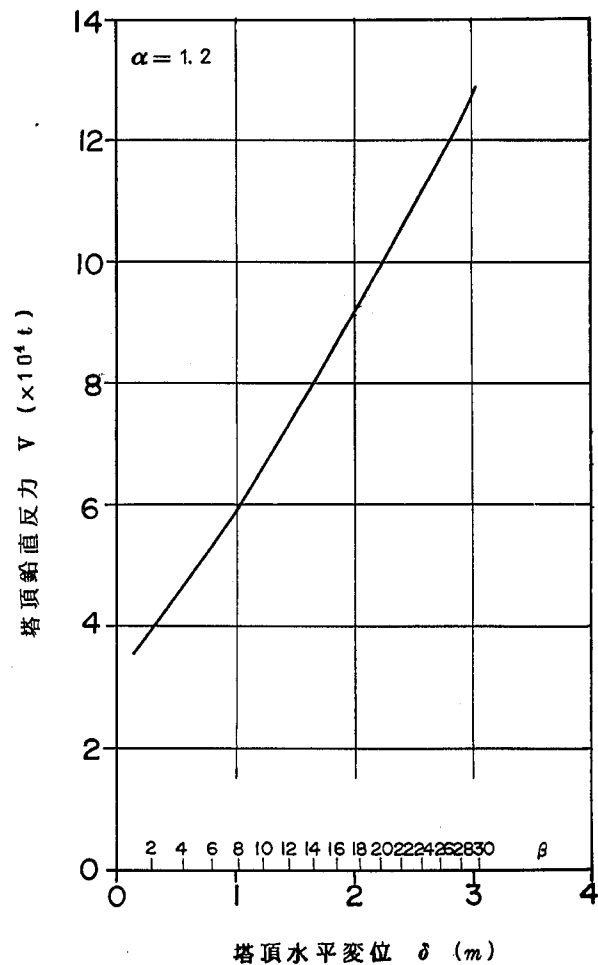


図-4(2) 南備讃瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と
塔頂水平変位の関係

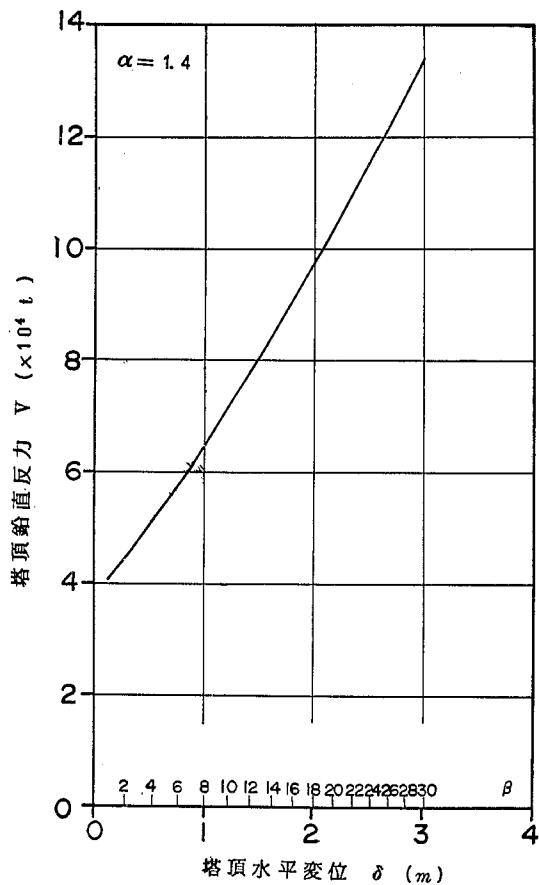


図-4(3) 南備讃瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

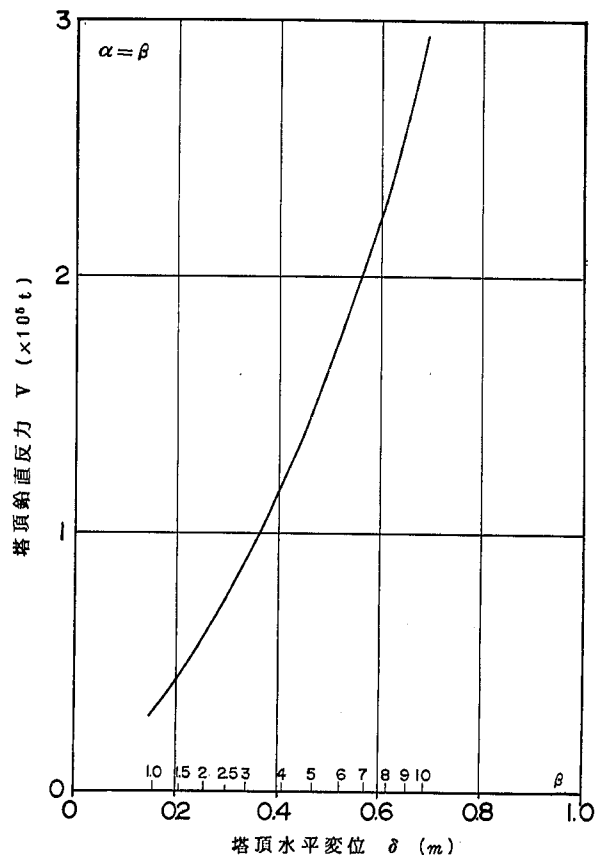


図-4(4) 南備讃瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

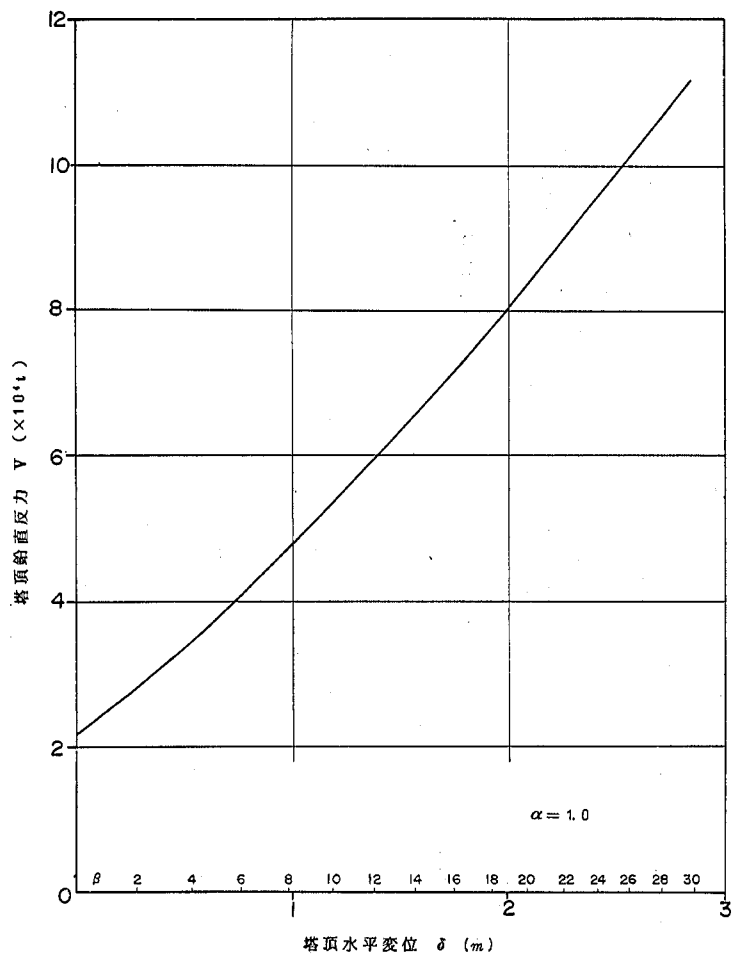


図-5(1) 下津井瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

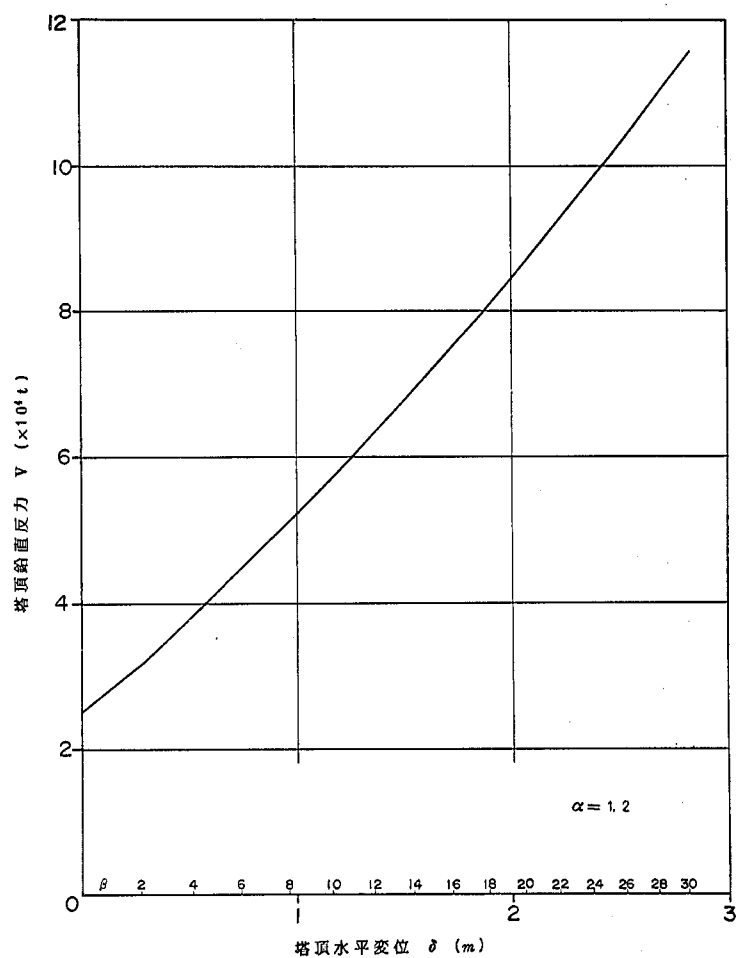


図-5(2) 下津井瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

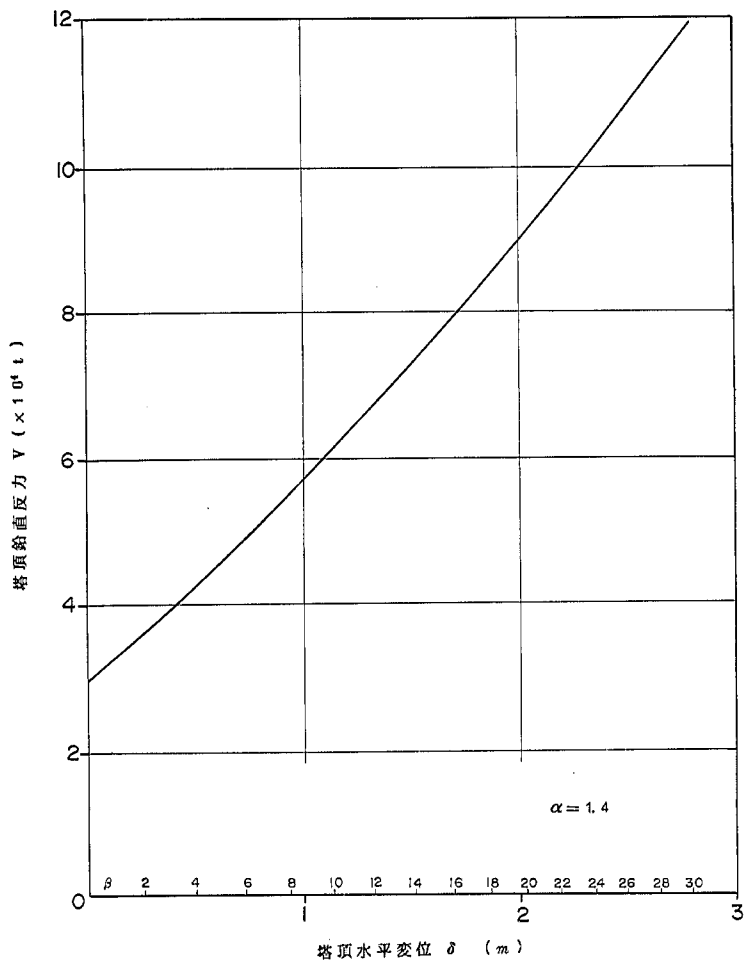


図 - 5(3) 下津井瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位との関係

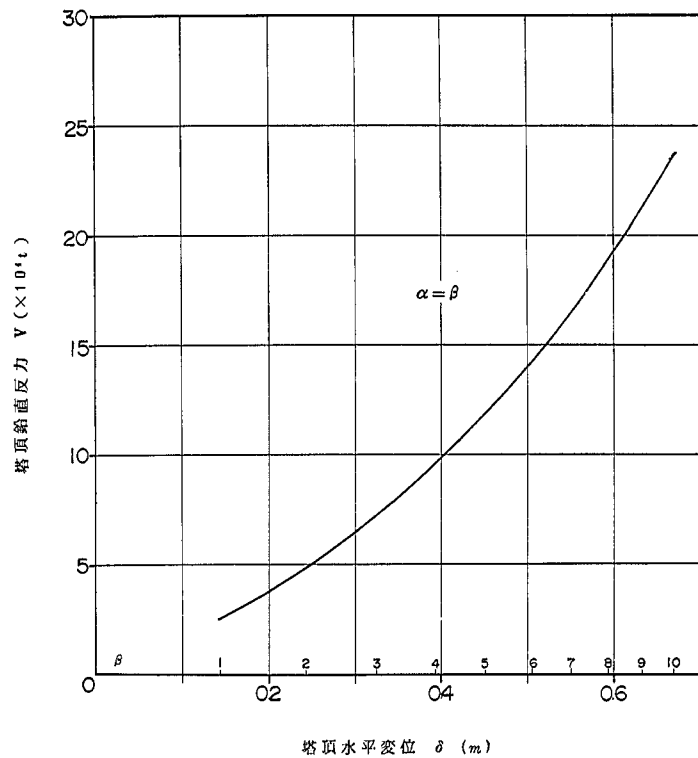


図 - 5(4) 下津井瀬戸大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

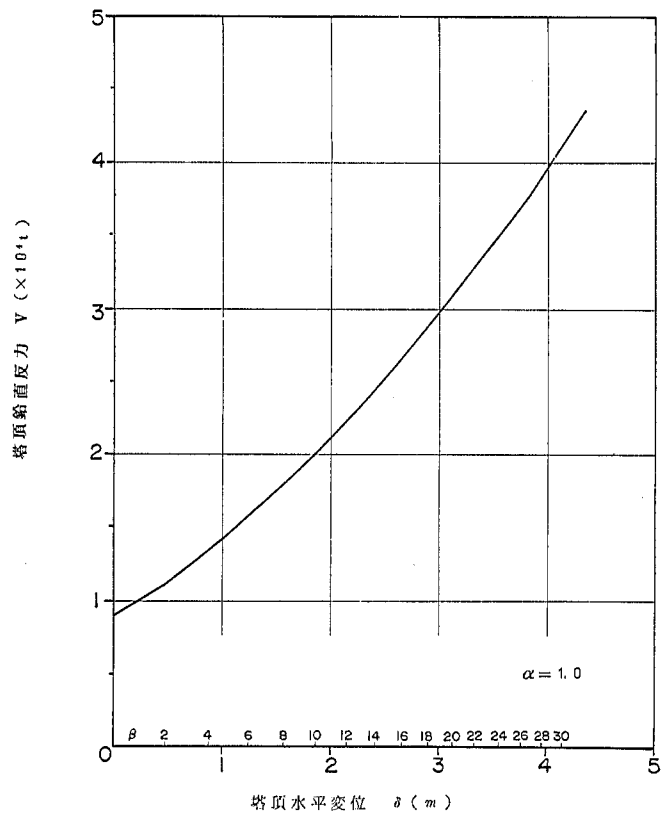


図-6(1) 多々羅大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

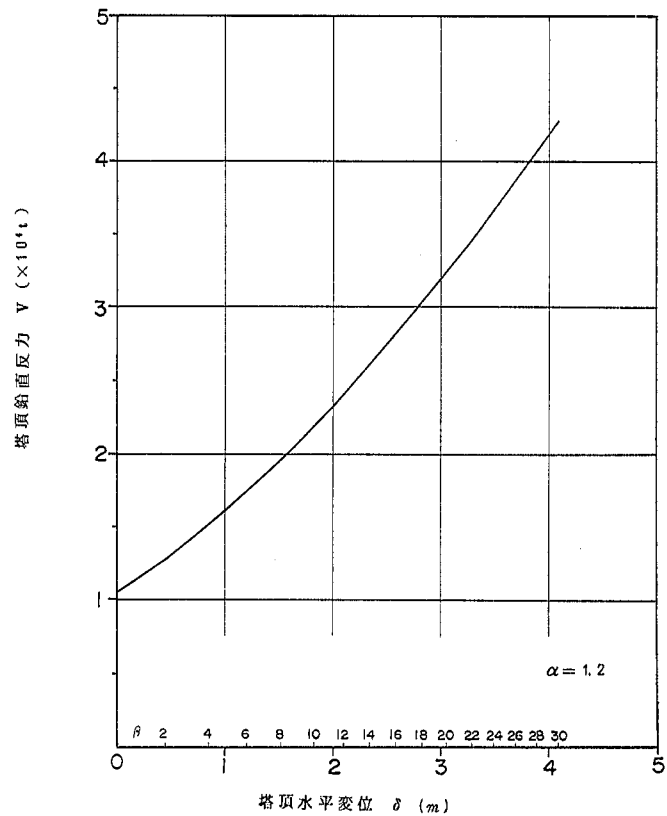


図-6(2) 多々羅大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

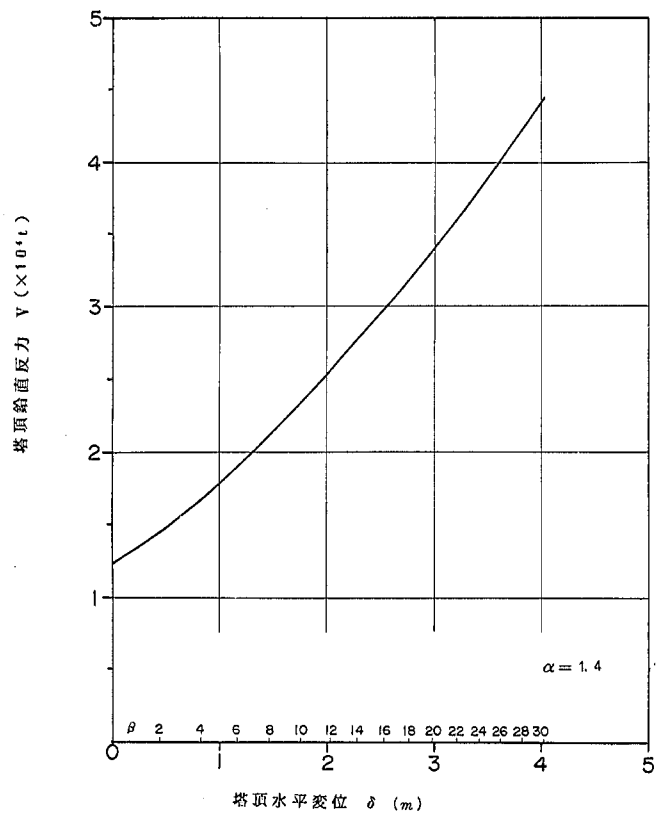


図-6(3) 多々羅大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

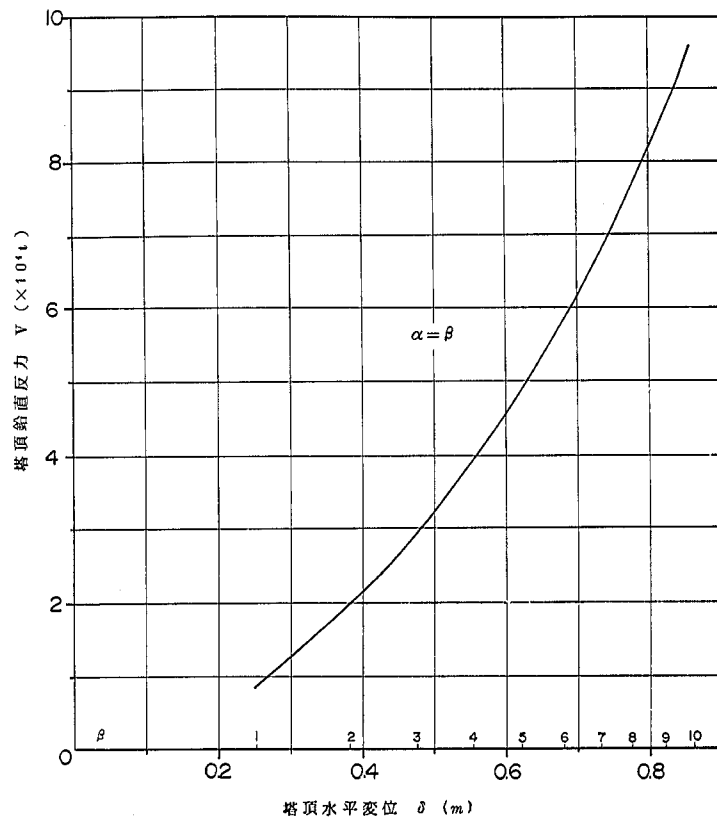


図-6(4) 多々羅大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

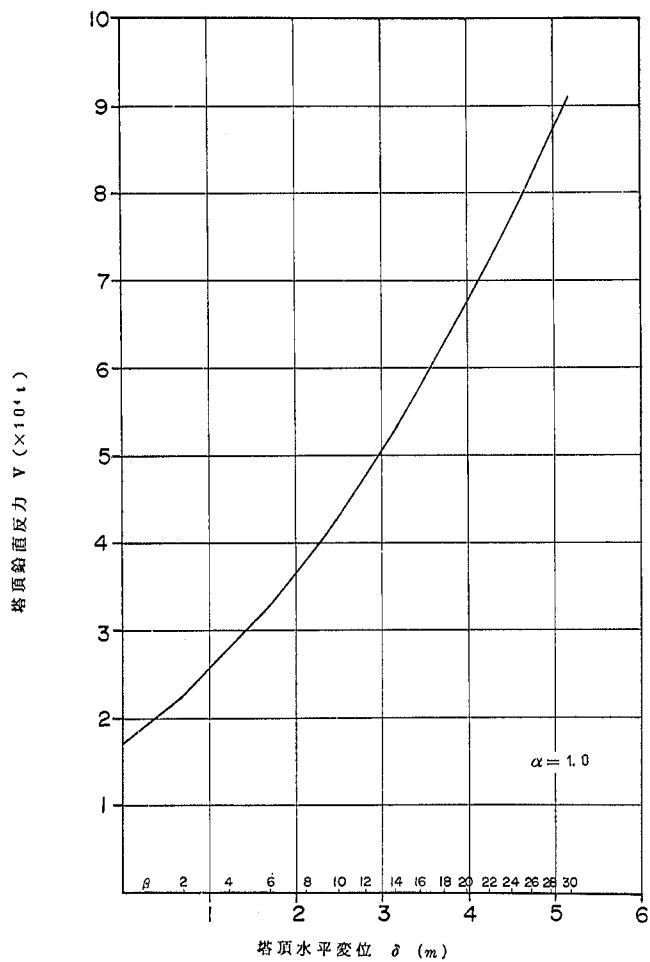


図-7(1) 大鳴門橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

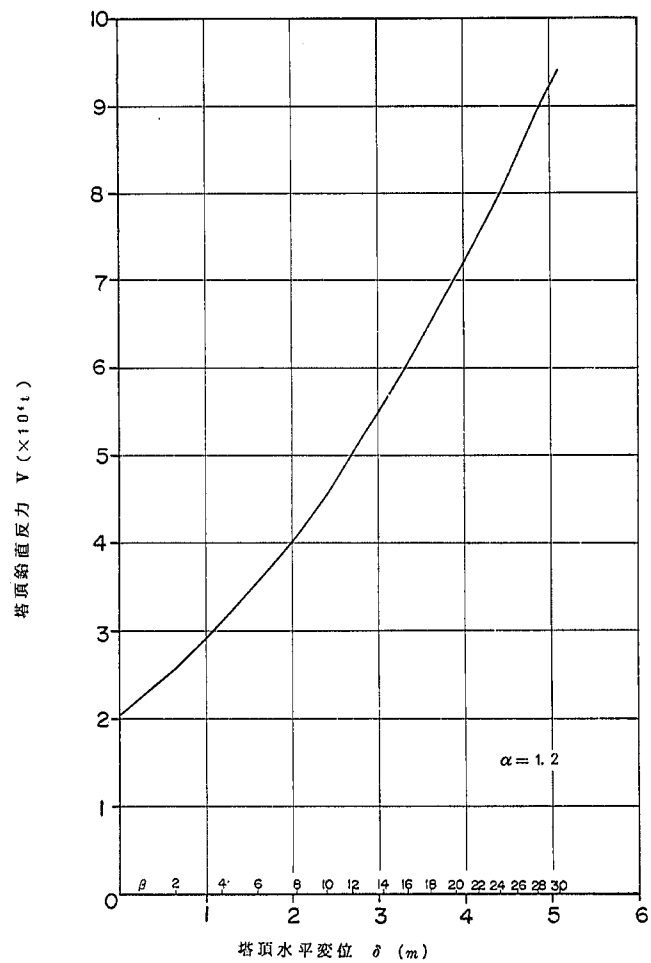


図-7(2) 大鳴門橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

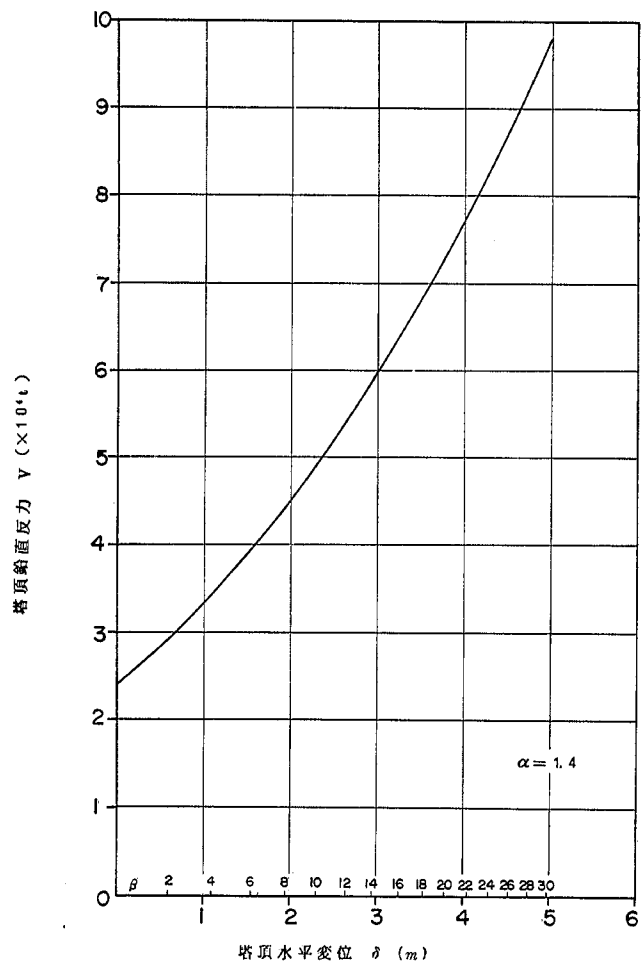


図-7(3) 大鳴門橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

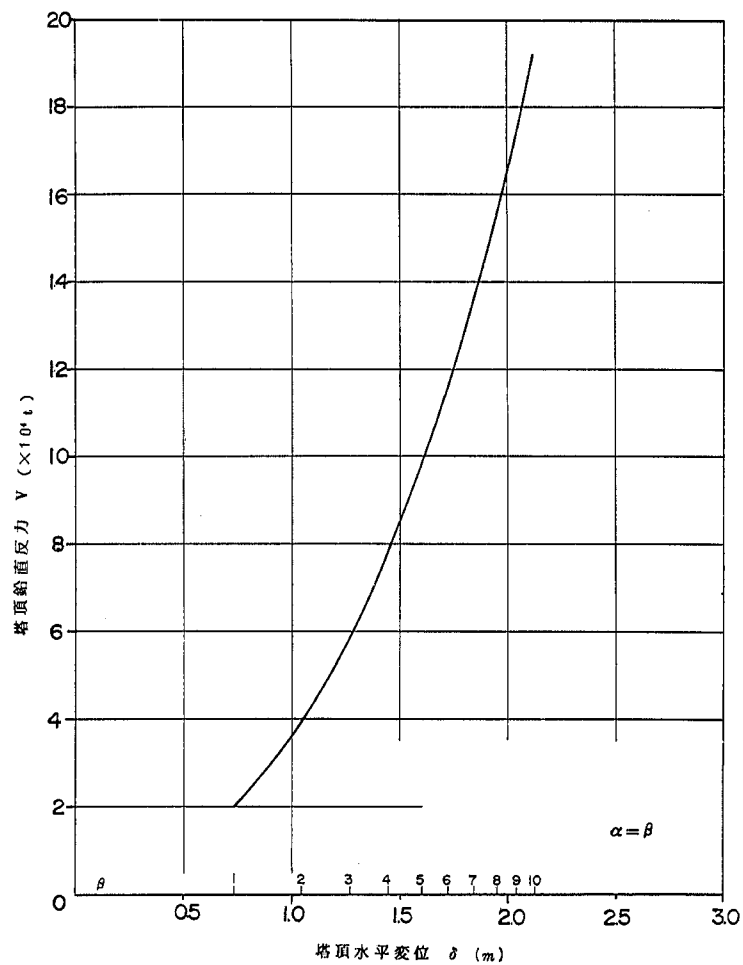


図-7(4) 大鳴門橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

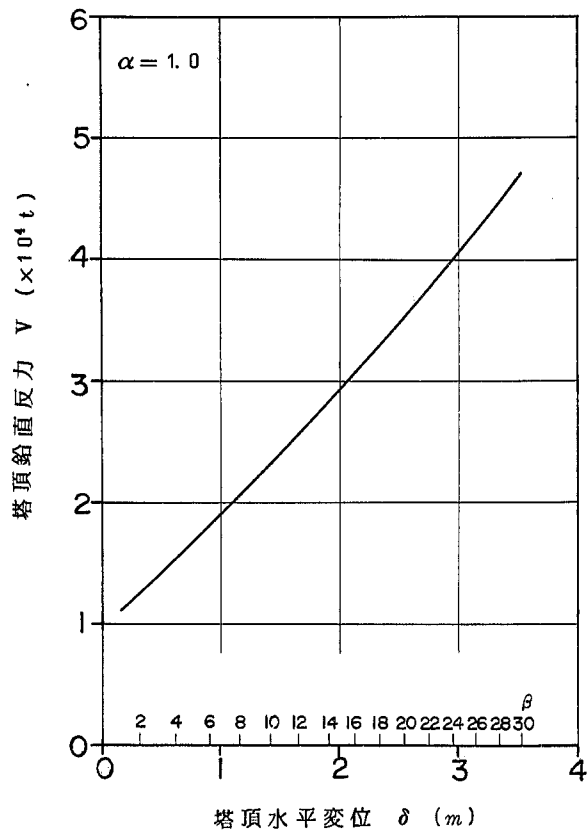


図-8(1) 来島第1大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

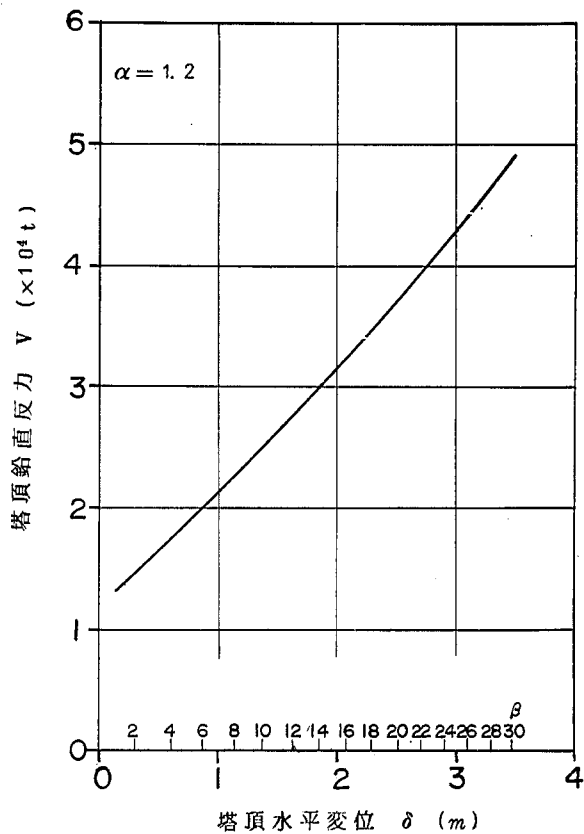


図-8(2) 来島第1大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係

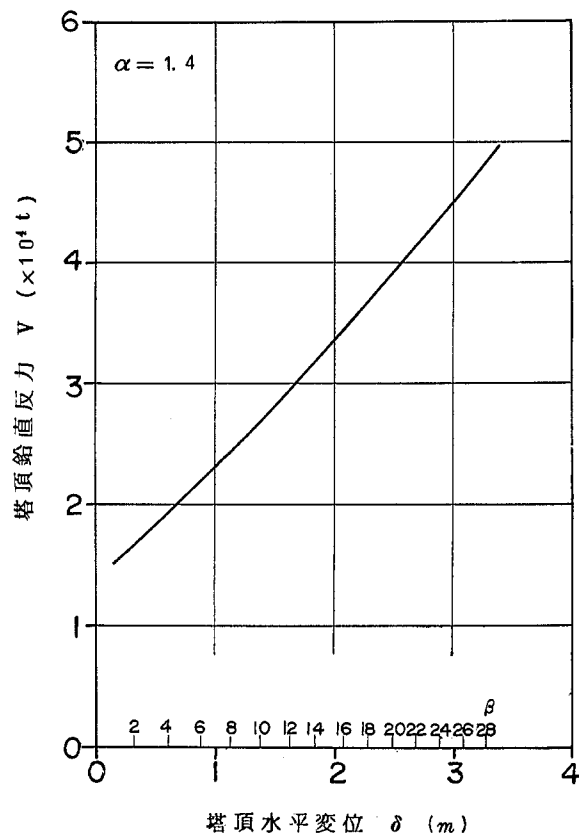


図-8(3) 来島第1大橋の塔頂鉛直反力と
塔頂水平変位の関係

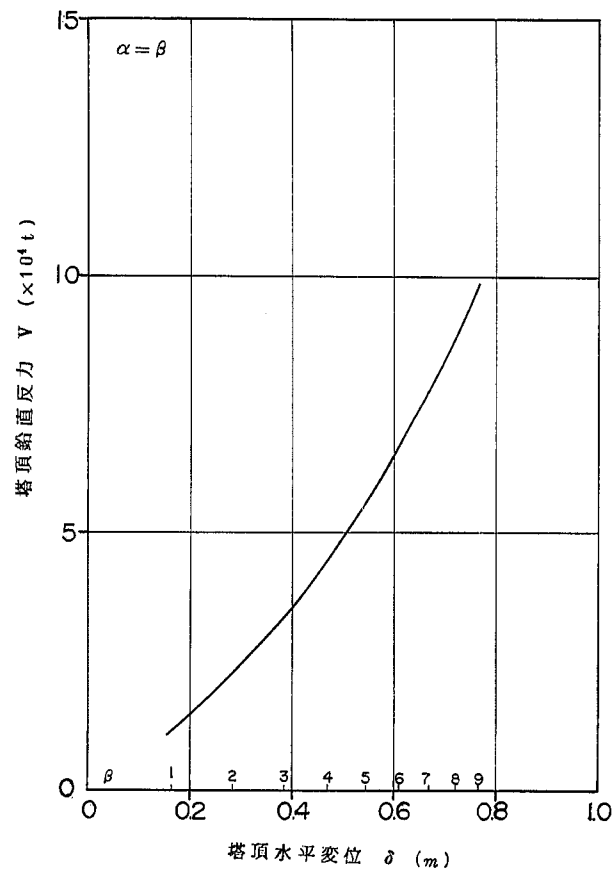
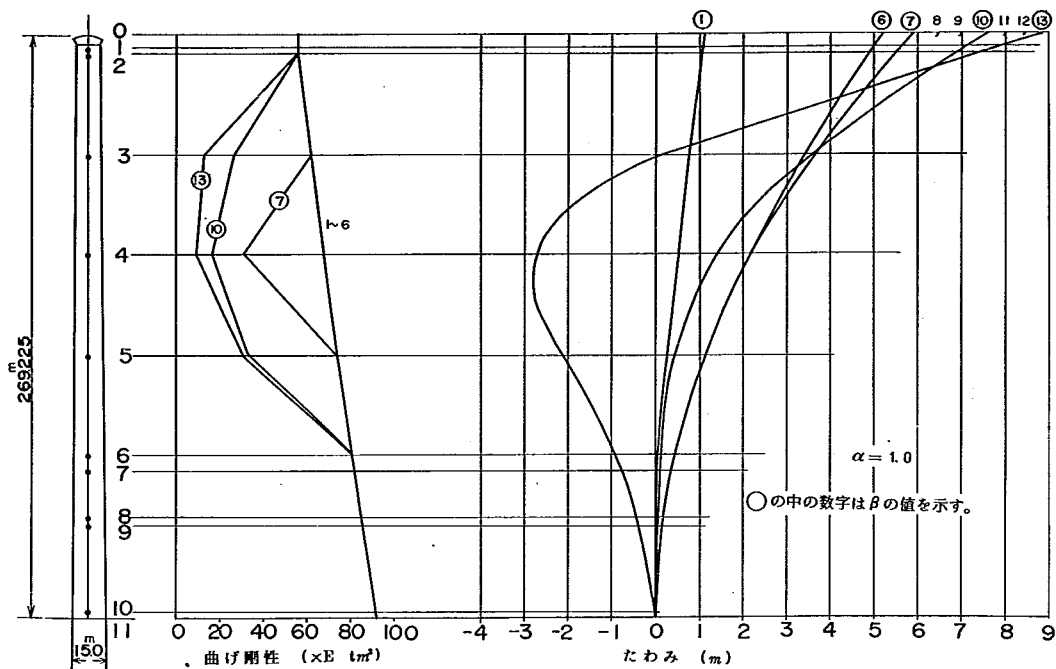


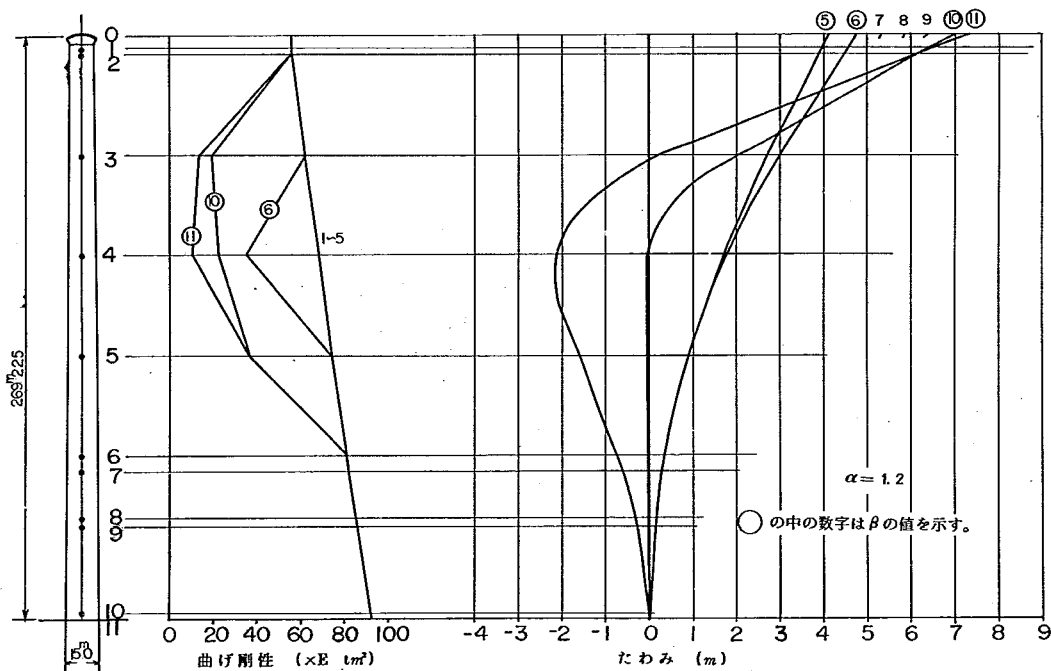
図-8(4) 来島第1大橋の塔頂鉛直反力と塔頂水平変位の関係



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

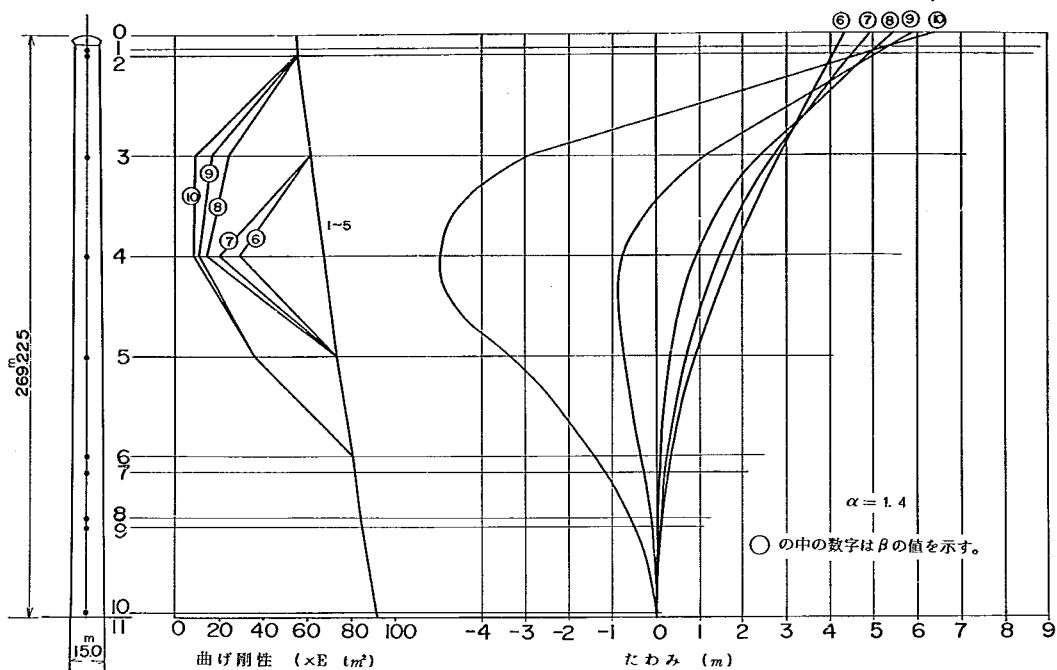
図-9(1) 明石海峡大橋(A)の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

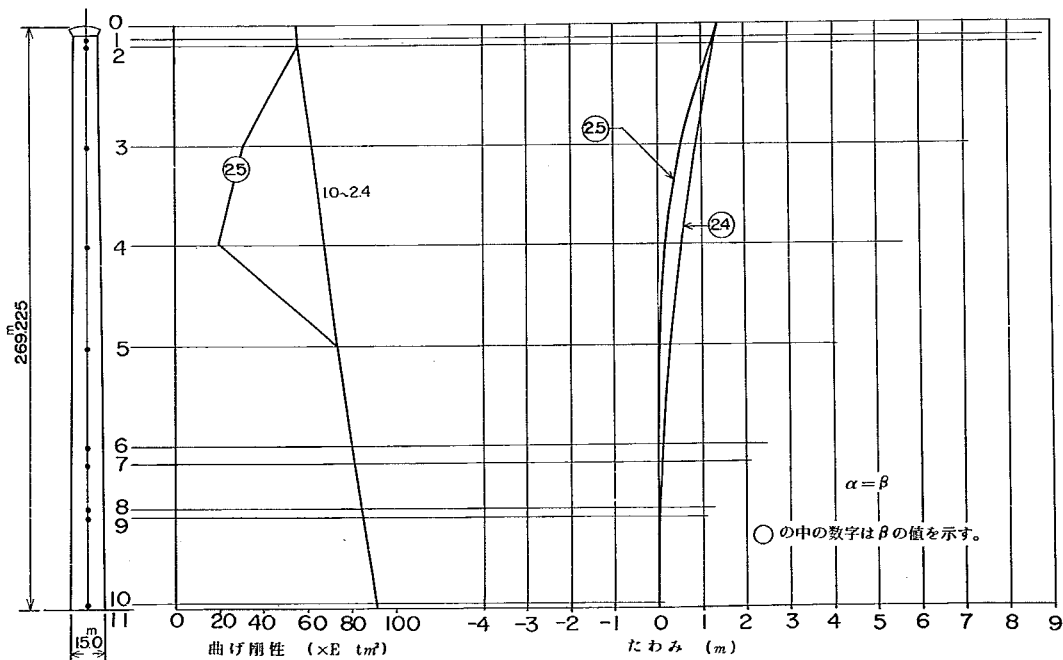
図-9(2) 明石海峡大橋(A)の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-9(3) 明石海峡大橋(A)の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-9(4) 明石海峡大橋(A)の主塔の弾塑性変形性状

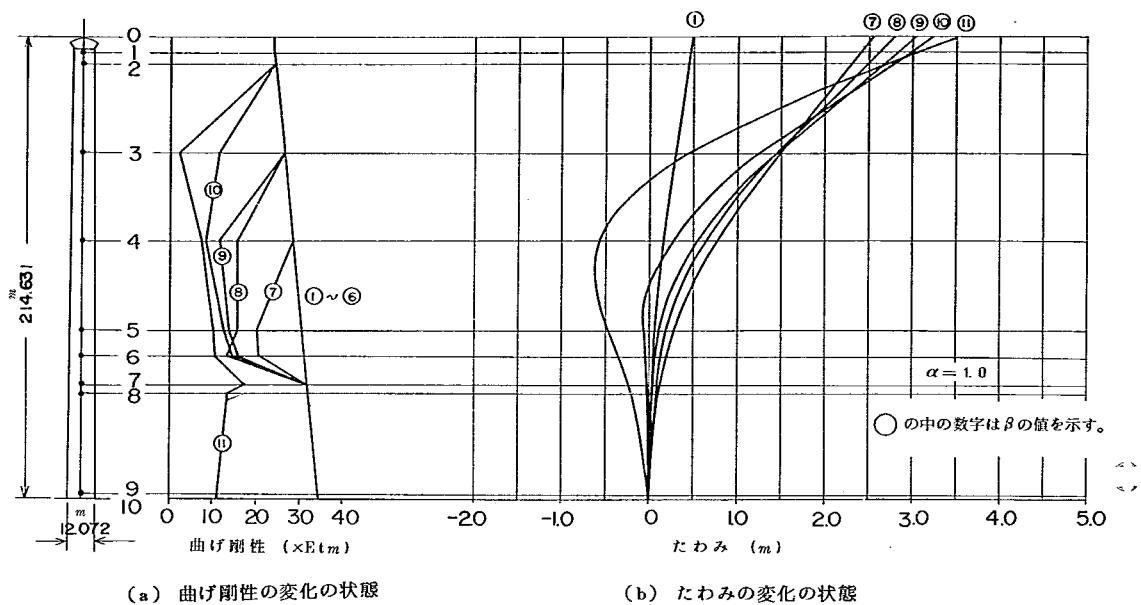


図-10(1) 明石海峡大橋(B)の主塔の弾塑性変形性状

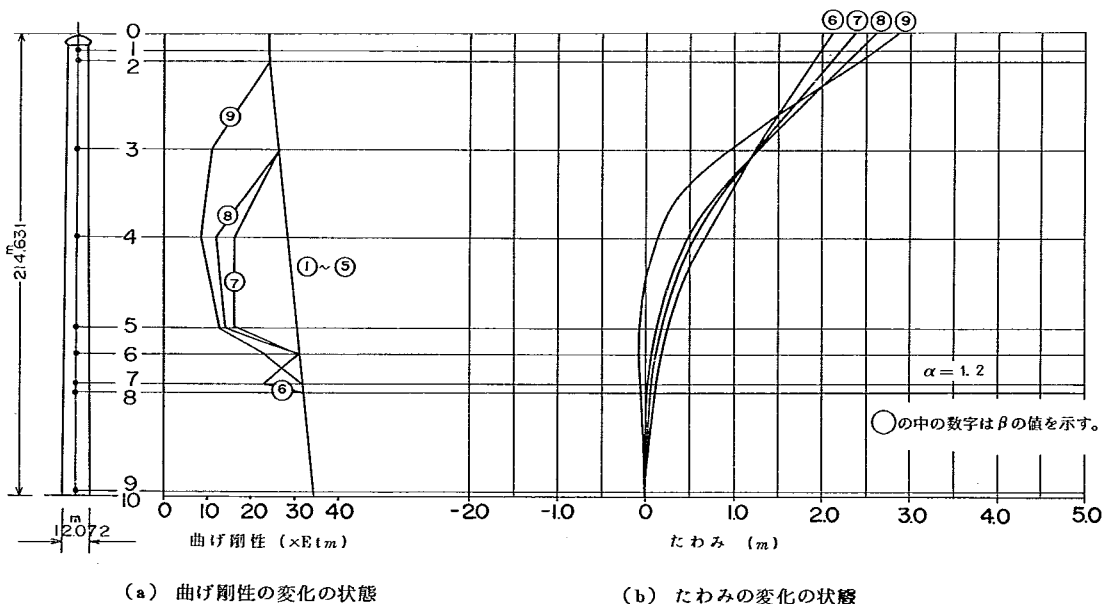
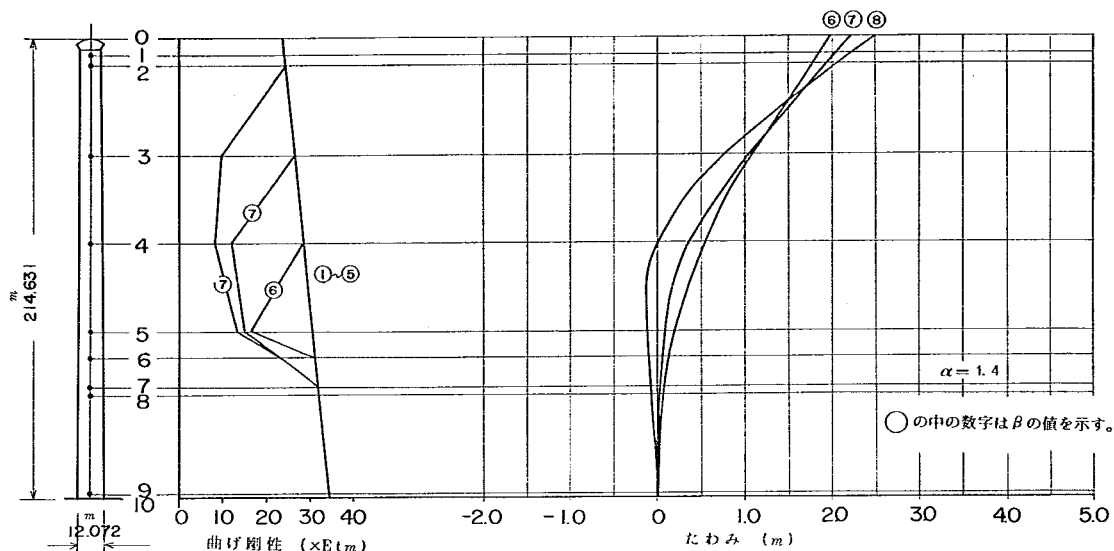


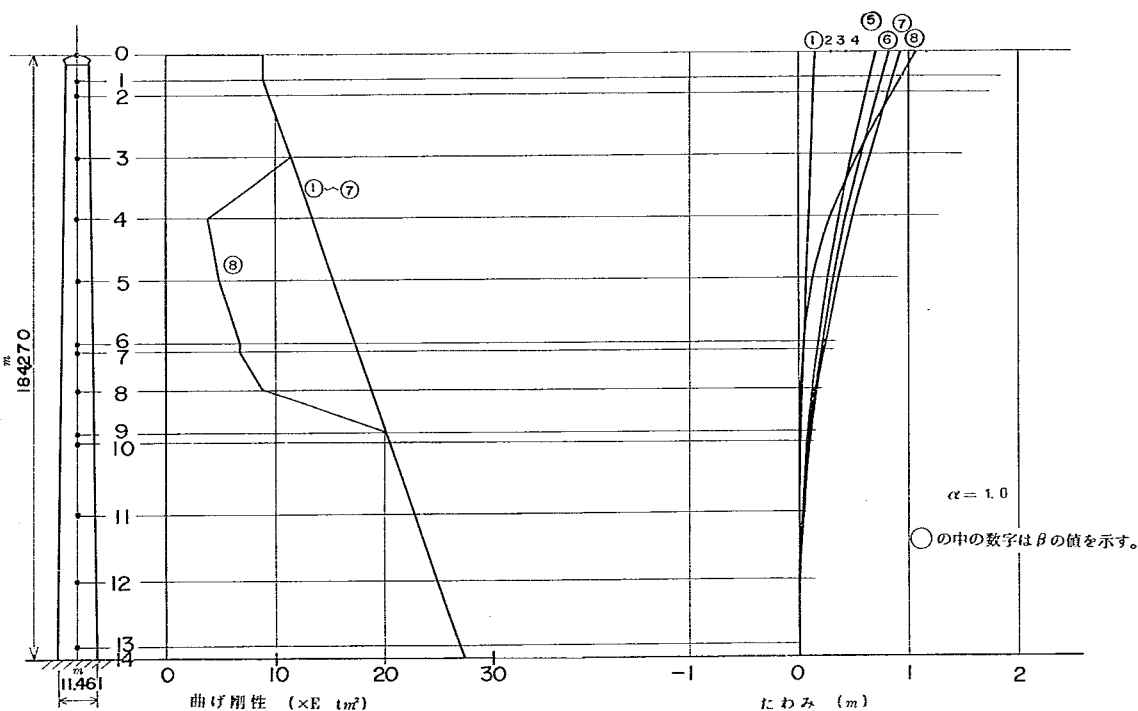
図-10(2) 明石海峡大橋(B)の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-10(3) 明石海峡大橋(B)の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-11(1) 南備讃瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状

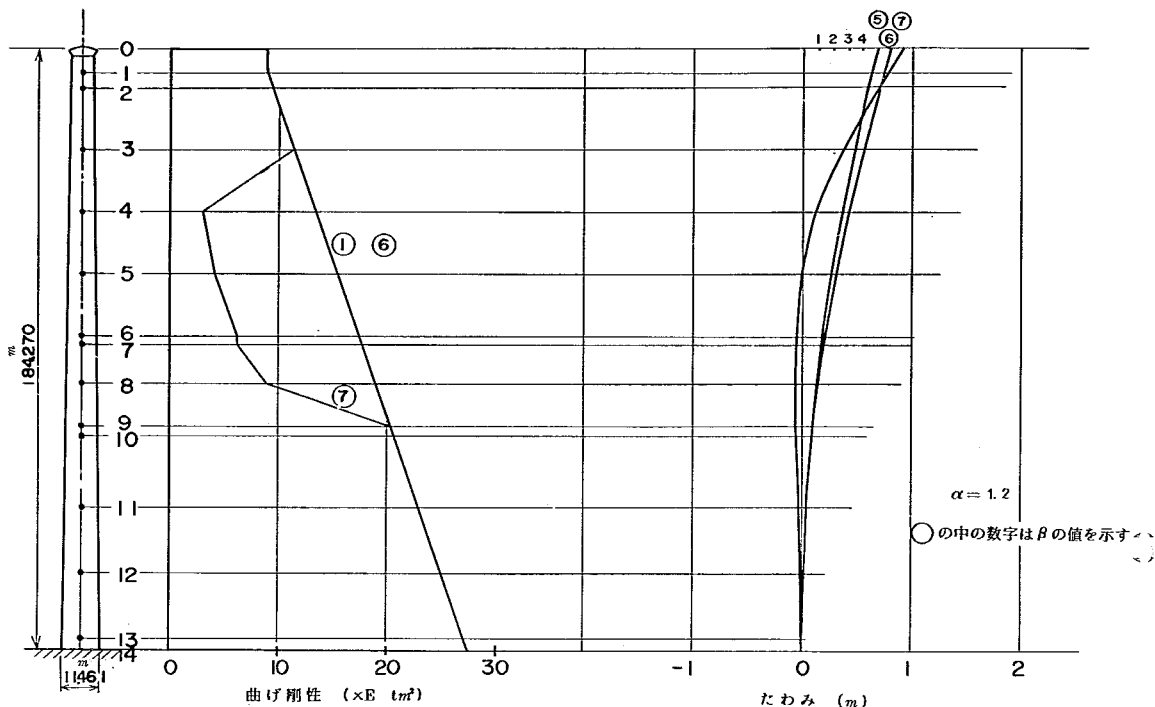


図-1 1(2) 南備讃瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状

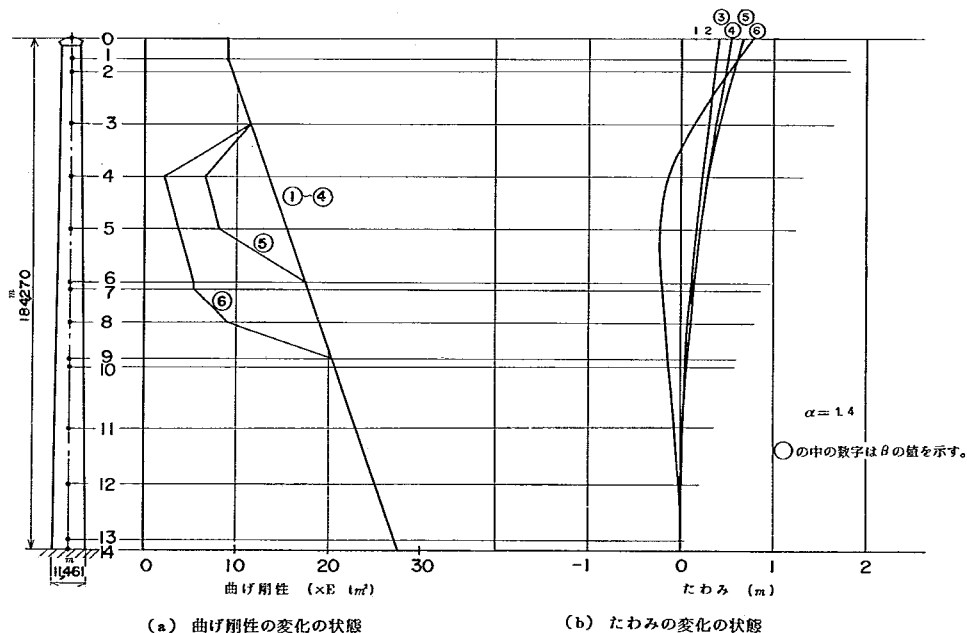


図-1 1(3) 南備讃瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状

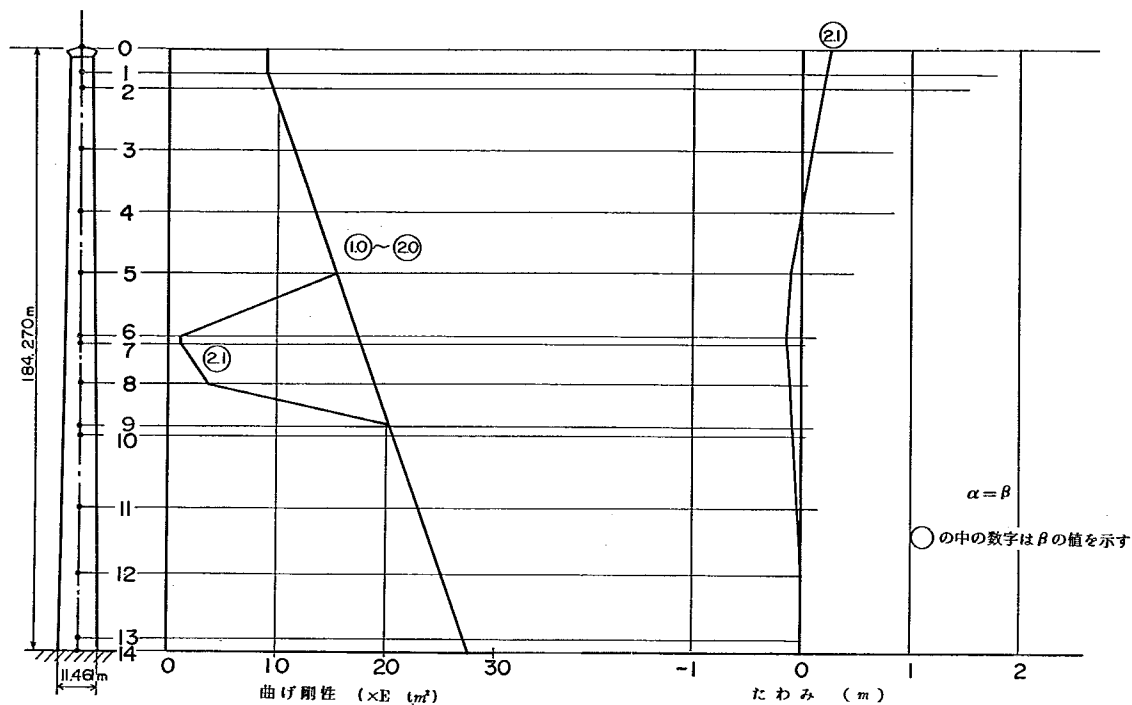


図-1 1 (4) 南備讃瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状

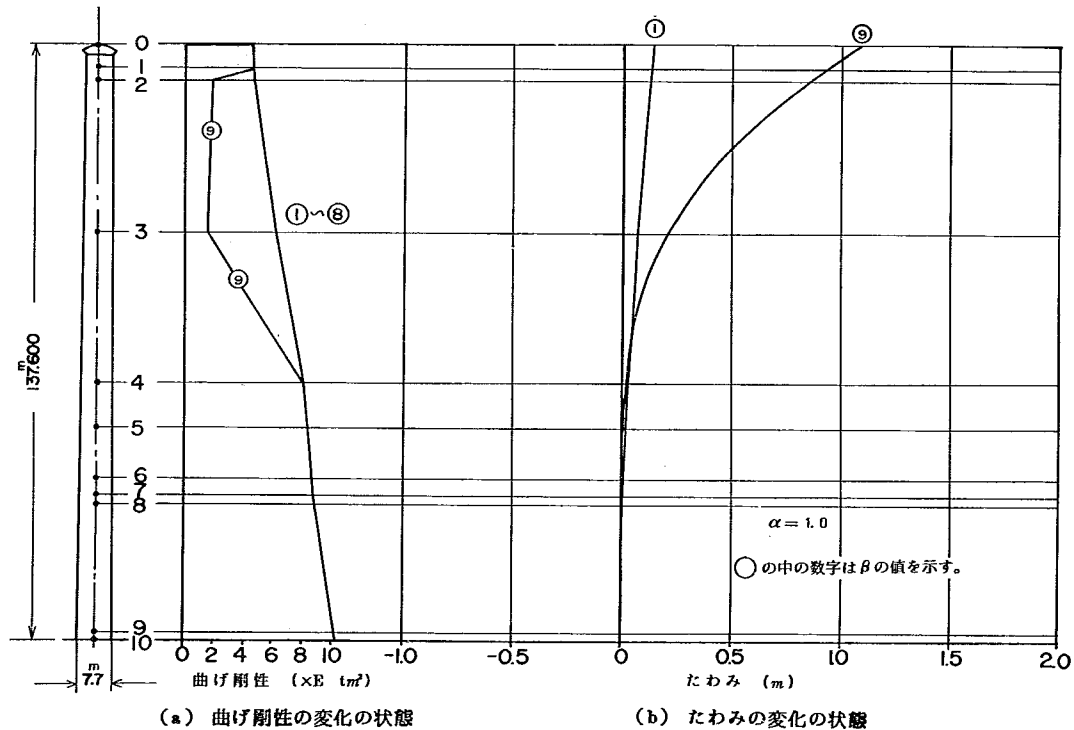
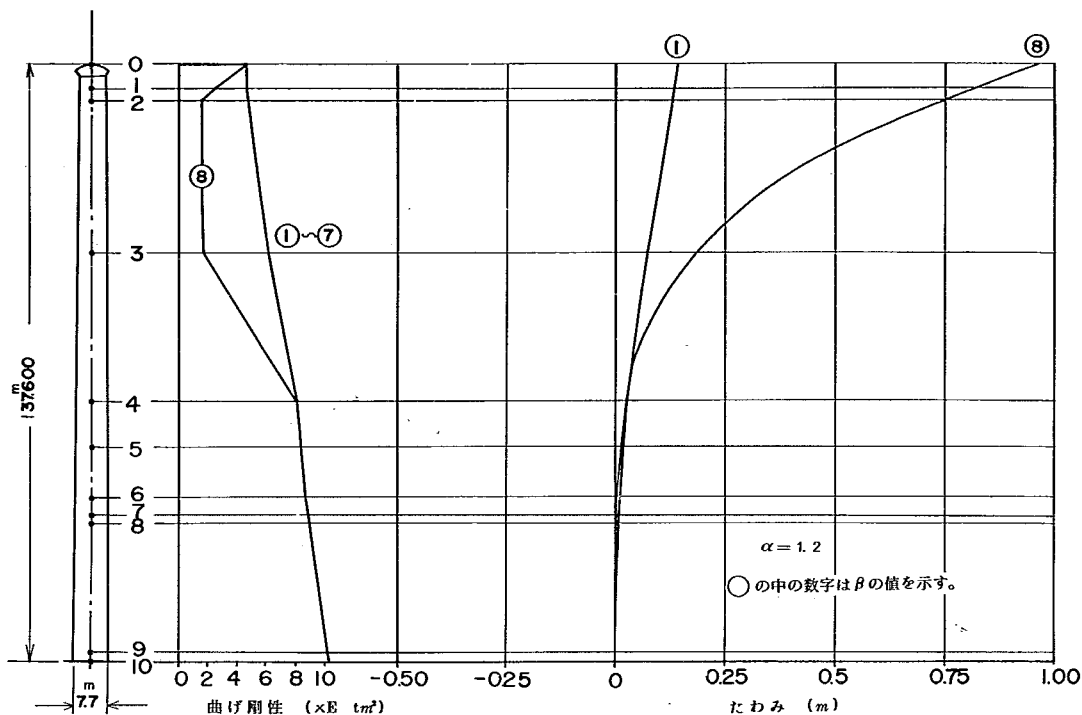


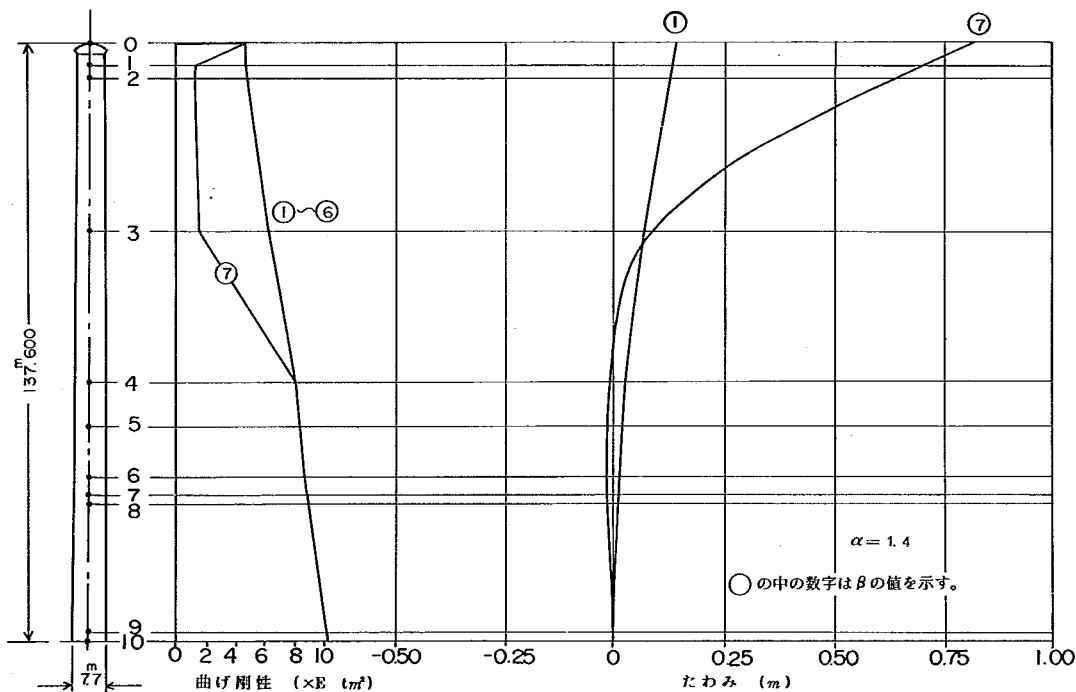
図-1 2 (1) 下津井瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-12(2) 下津井瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-12(3) 下津井瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状

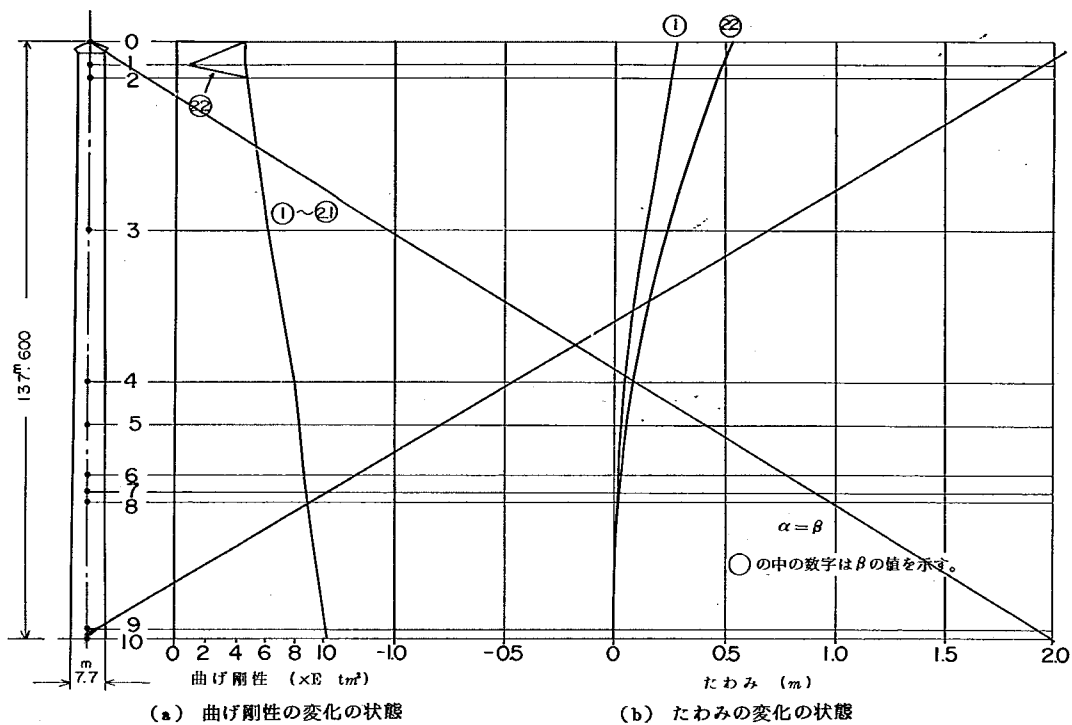


図-1.2(4) 下津井瀬戸大橋の主塔の弾塑性変形性状

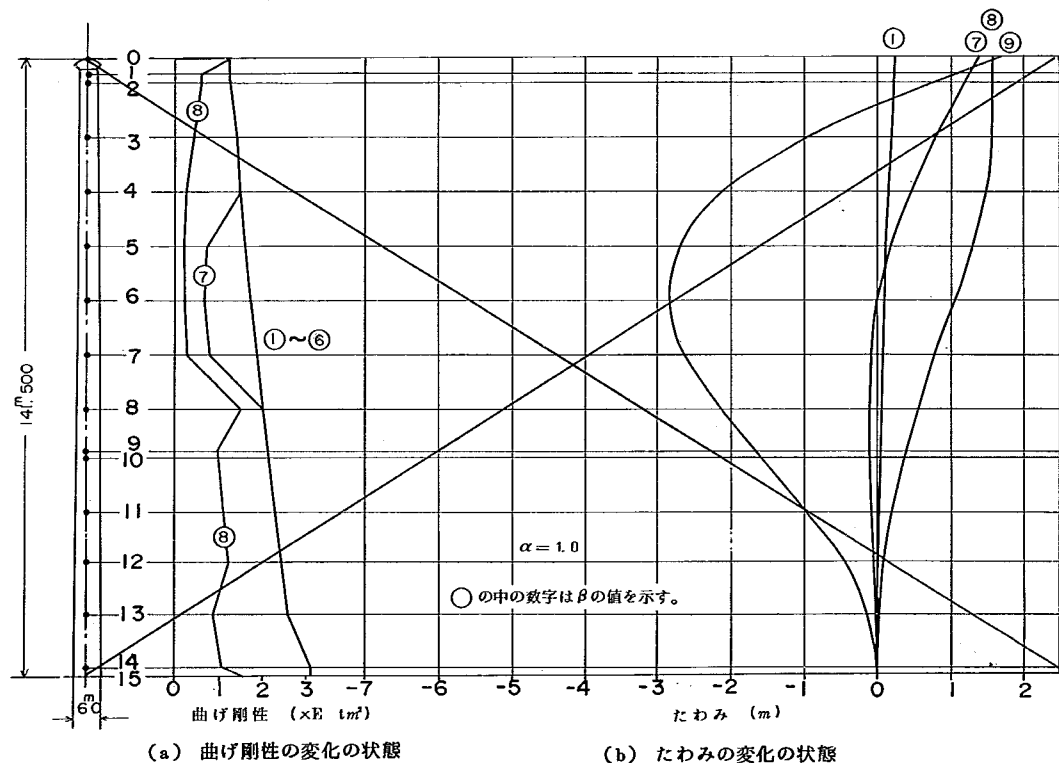
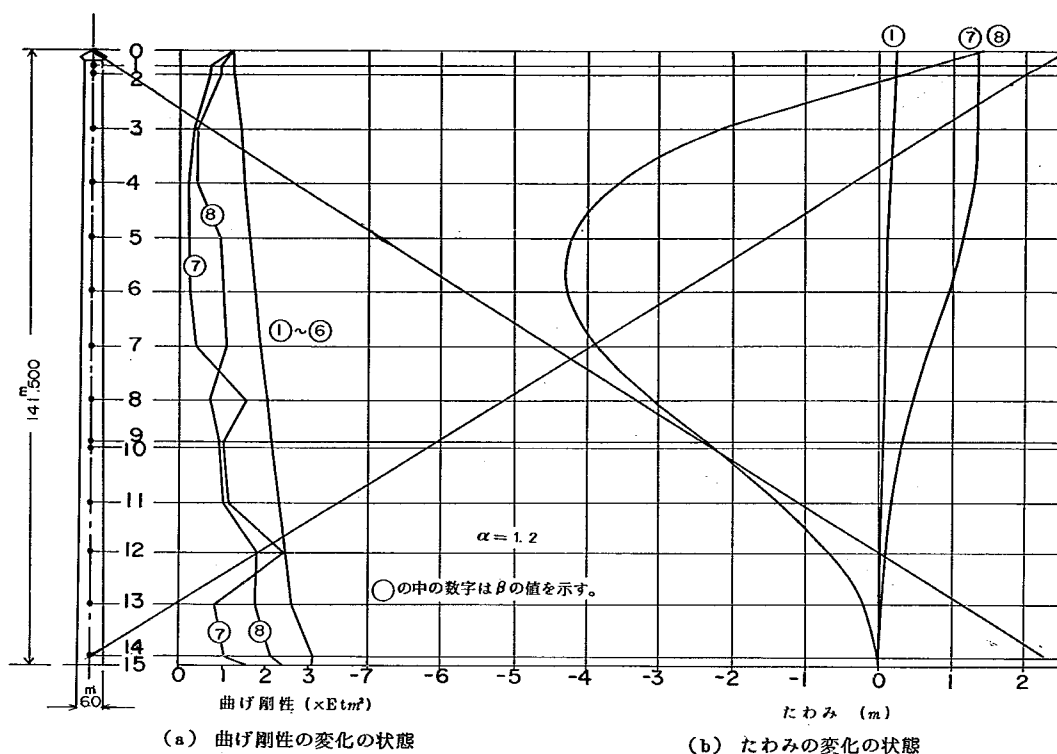
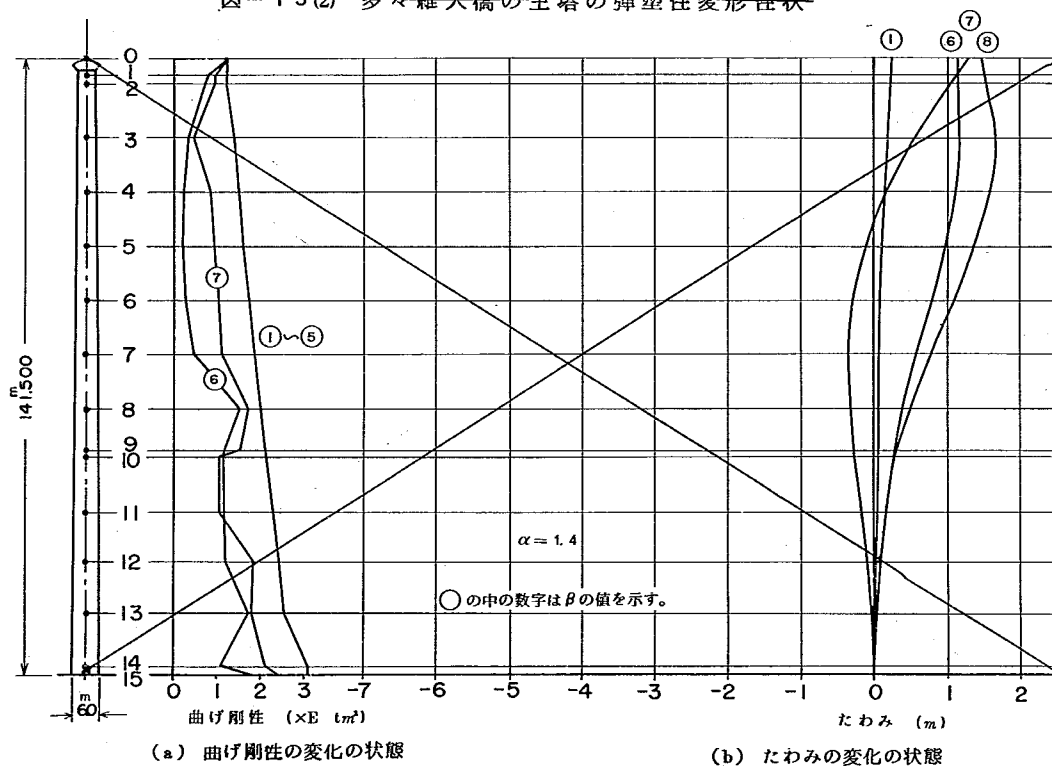


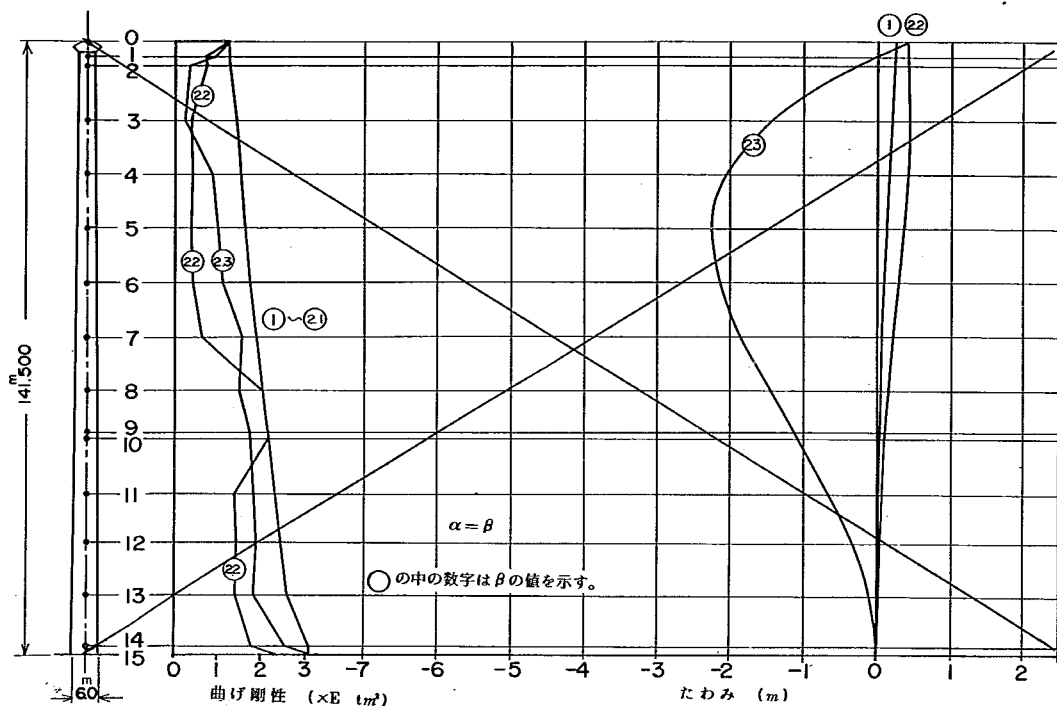
図-1.3(1) 多々羅大橋の主塔の弾塑性変形性状



図—1-3(2) 多々羅大橋の主塔の弾塑性変形性状



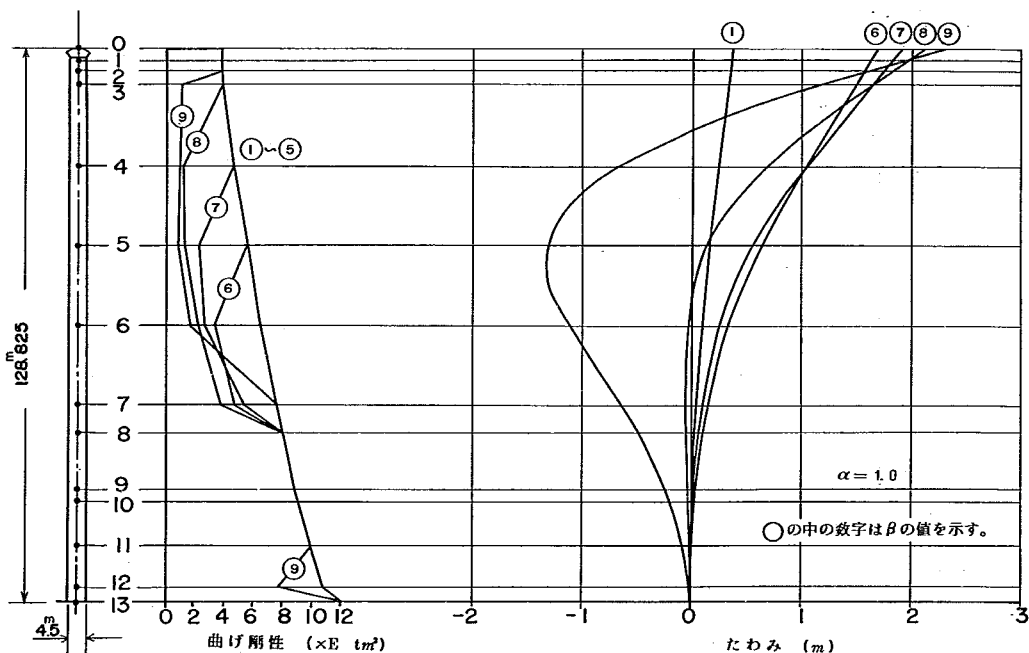
図—1-3(3) 多々羅大橋の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-1.3(4) 多々羅大橋の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図-1.4(1) 大鳴門橋の主塔の弾塑性変形性状

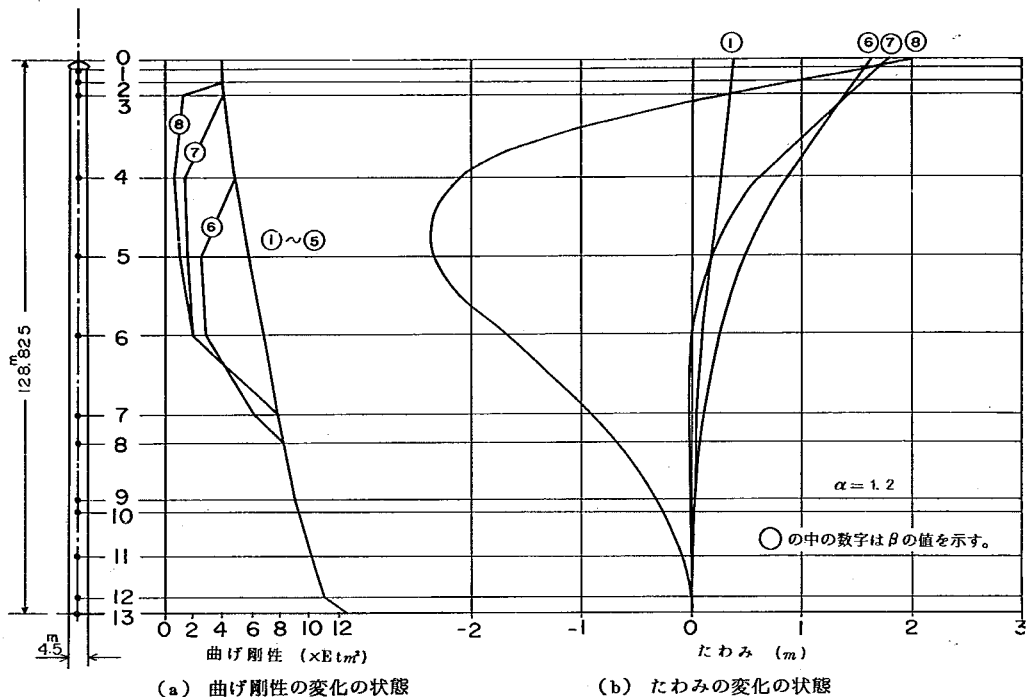


図-14(2) 大鳴門橋の主塔の弾塑性変形性状

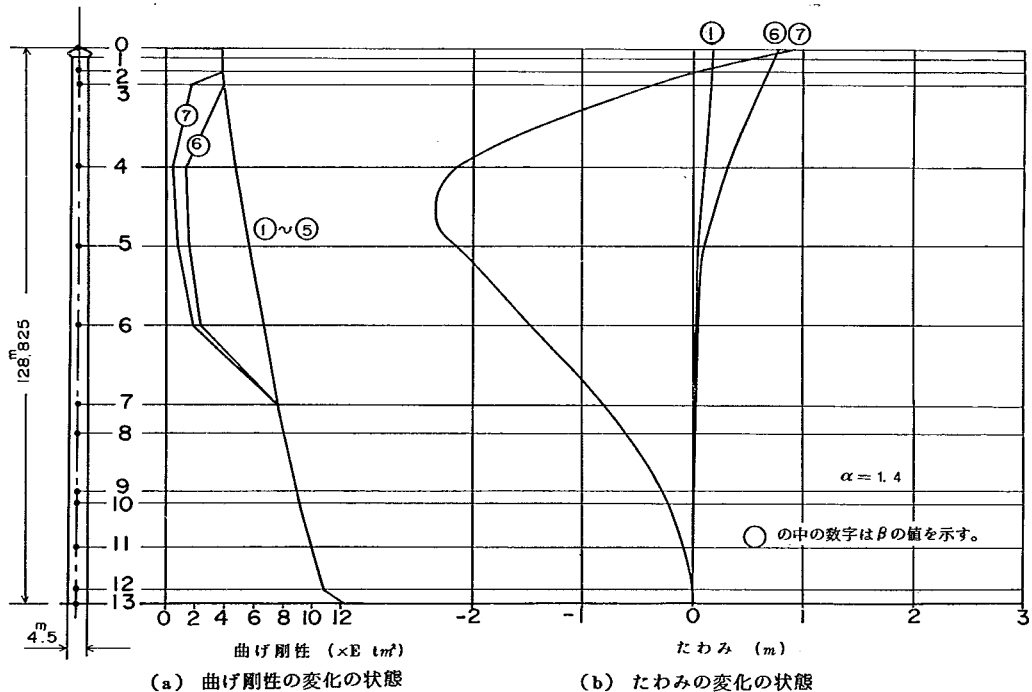
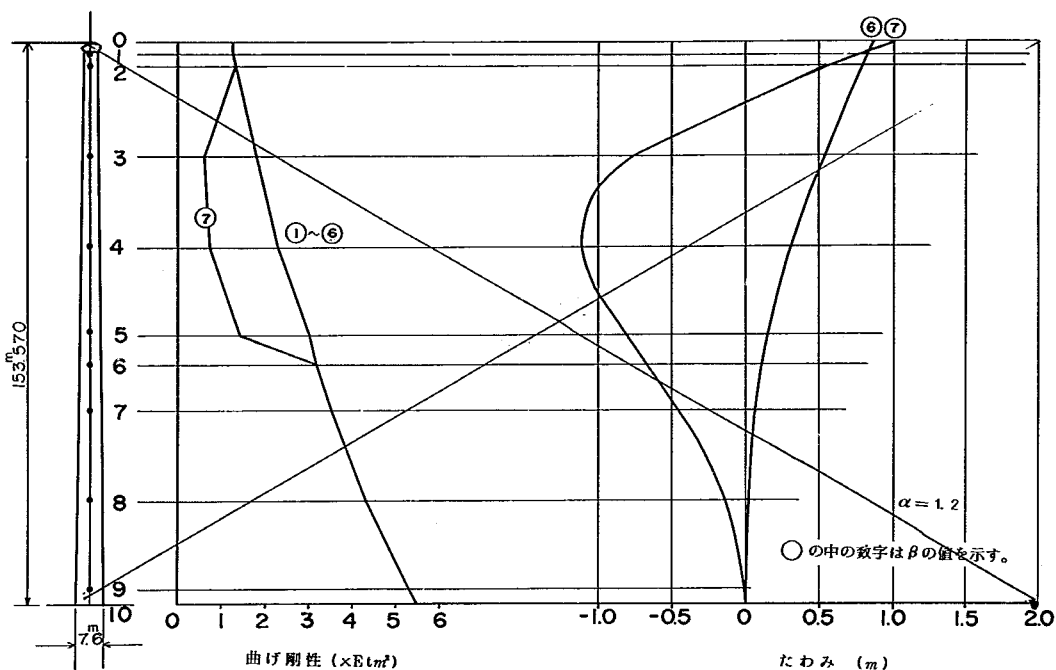


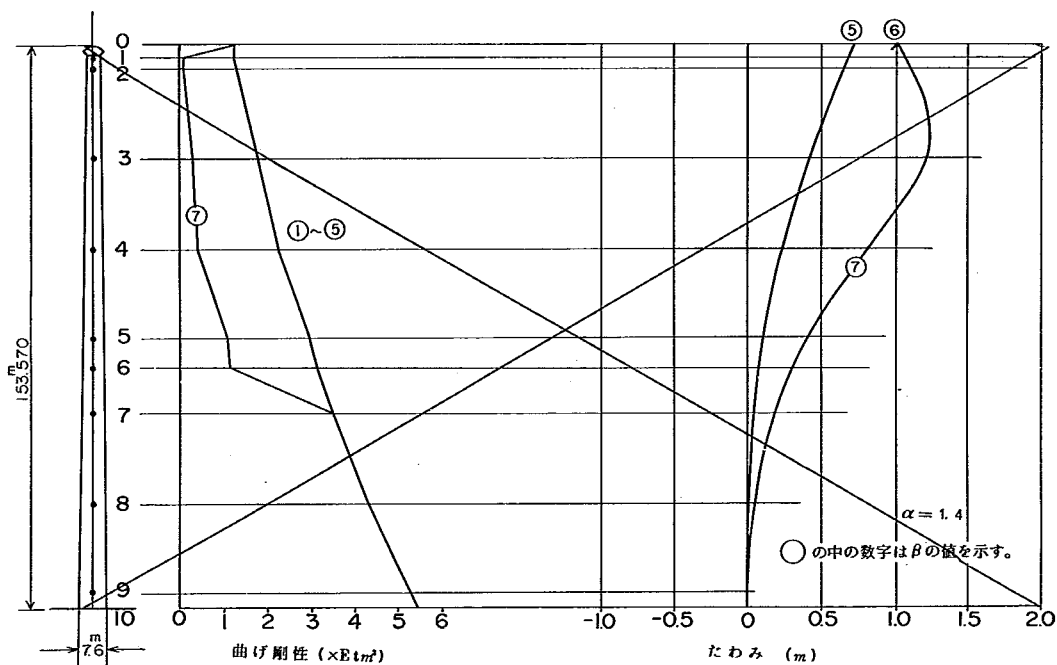
図-14(3) 大鳴門橋の主塔の弾塑性変形性状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

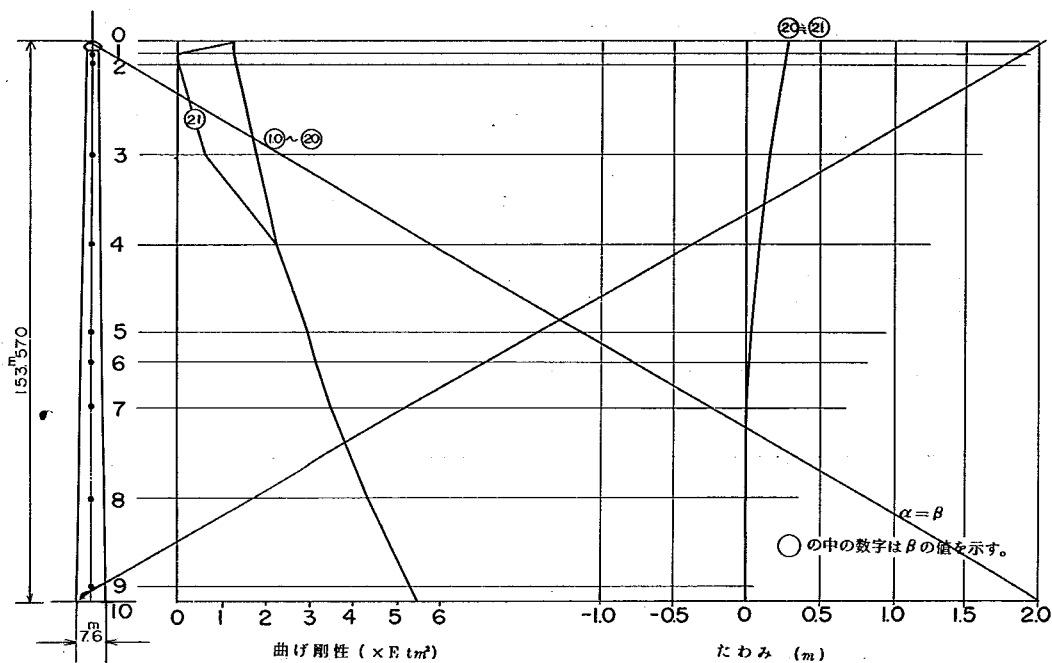
図 1-5(2) 来島第1大橋の主塔の弾塑性変形状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみの変化の状態

図 1-5(3) 来島第1大橋の主塔の弾塑性変形状



(a) 曲げ剛性の変化の状態

(b) たわみ変化の状態

図 15(4) 来島第 1 大橋の主塔の弾塑性変形性状

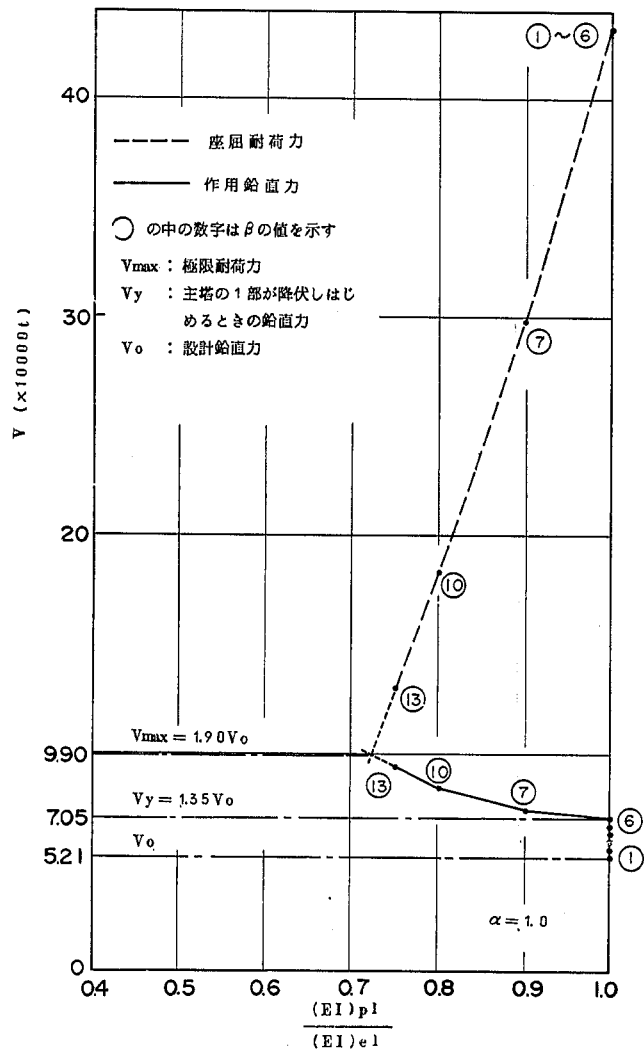


図-1 6(1) 明石海峡大橋(A)の主塔の極限耐荷力

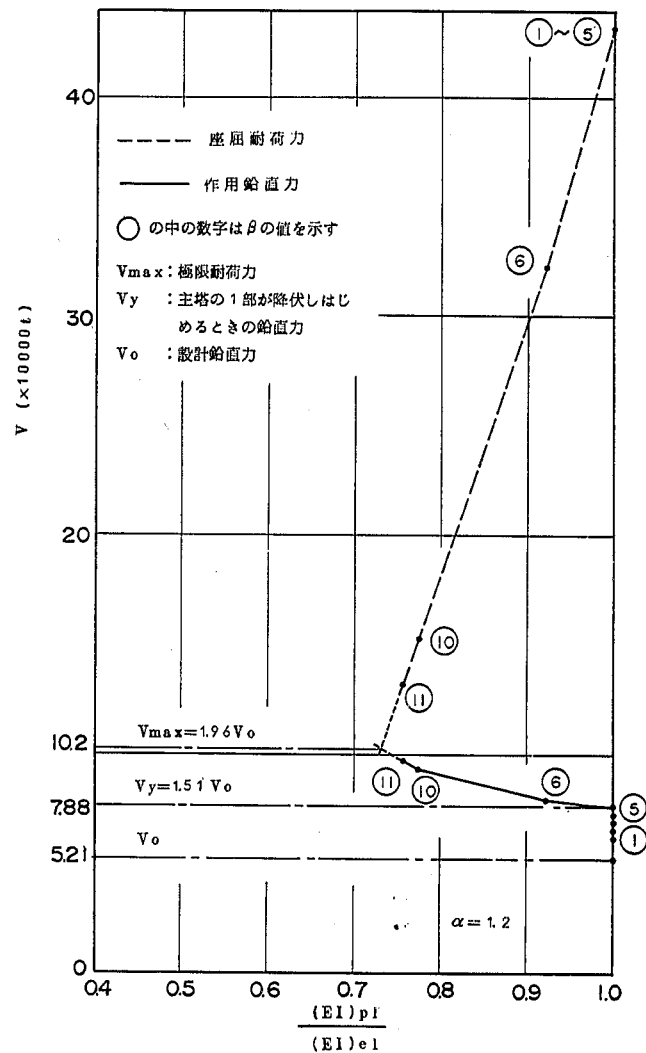


図-1 6(2) 明石海峡大橋(A)の主塔の極限耐荷力

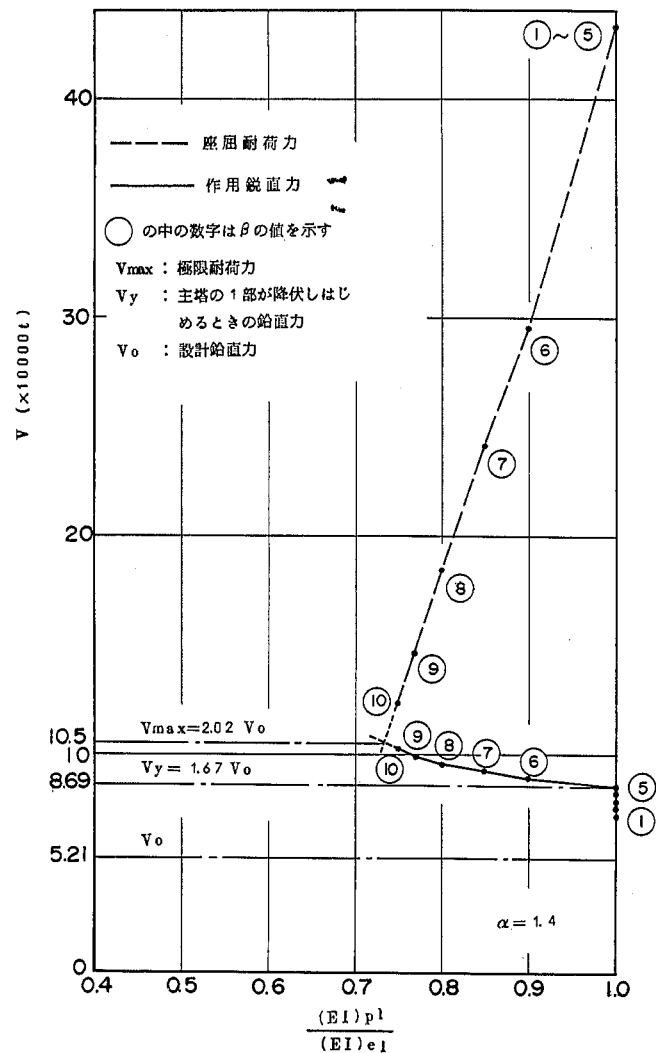


図-1 6(3) 明石海峡大橋(A)の極限耐力

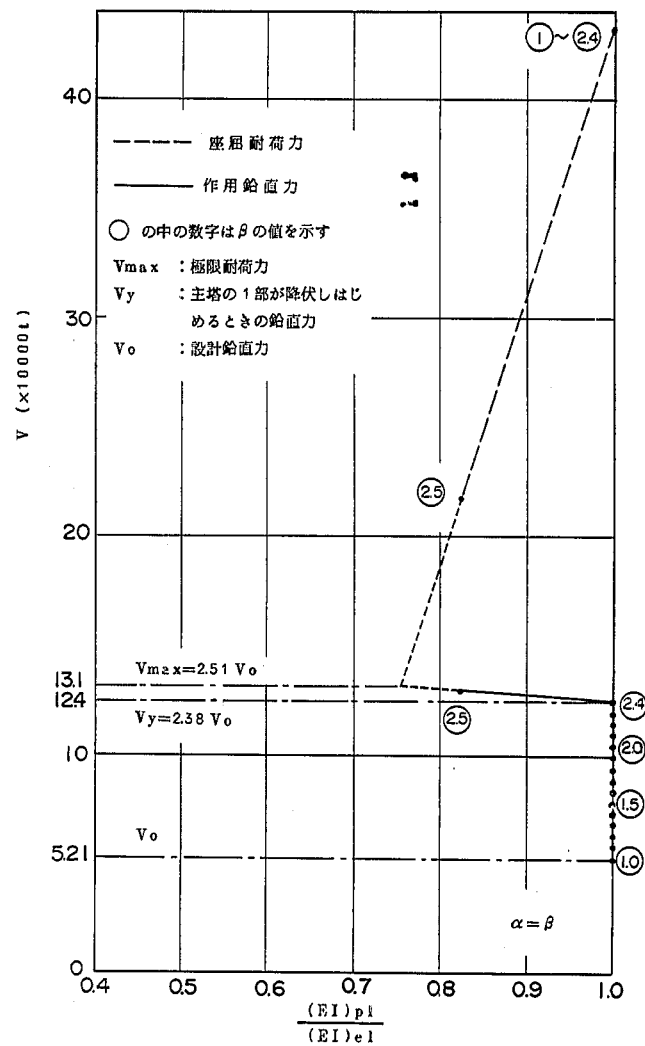


図-1 6(4) 明石海峡大橋(A)の主塔の極限耐力

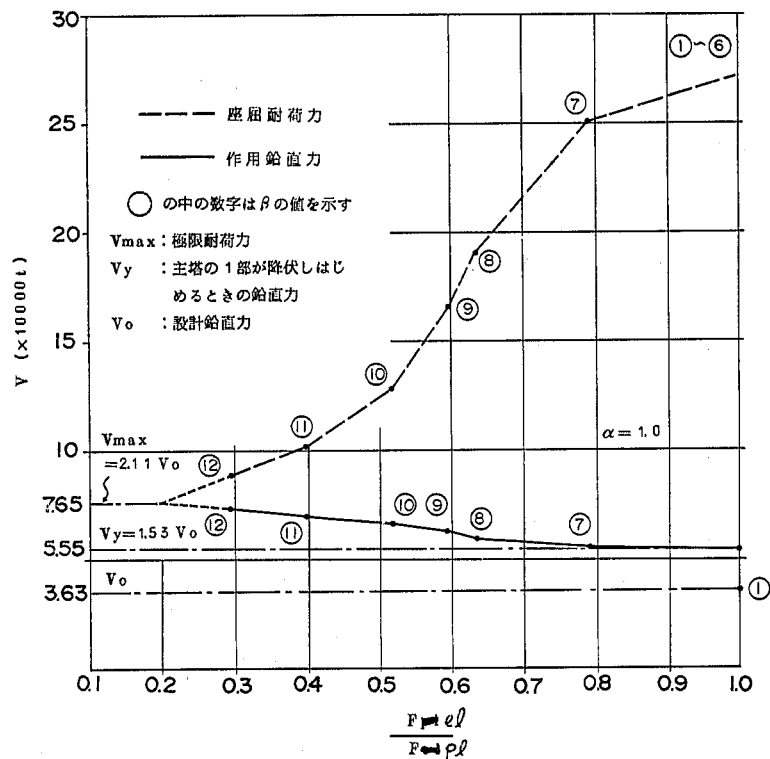


図-1 7(1) 明石海峡大橋(B)の主塔の極限耐荷力

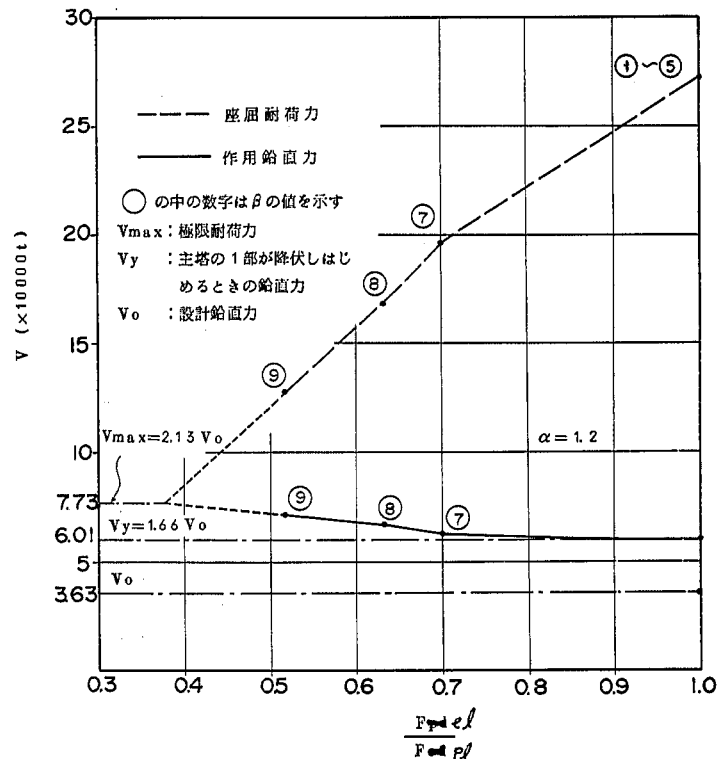


図-1 7(2) 明石海峡大橋(B)の主塔の極限耐荷力

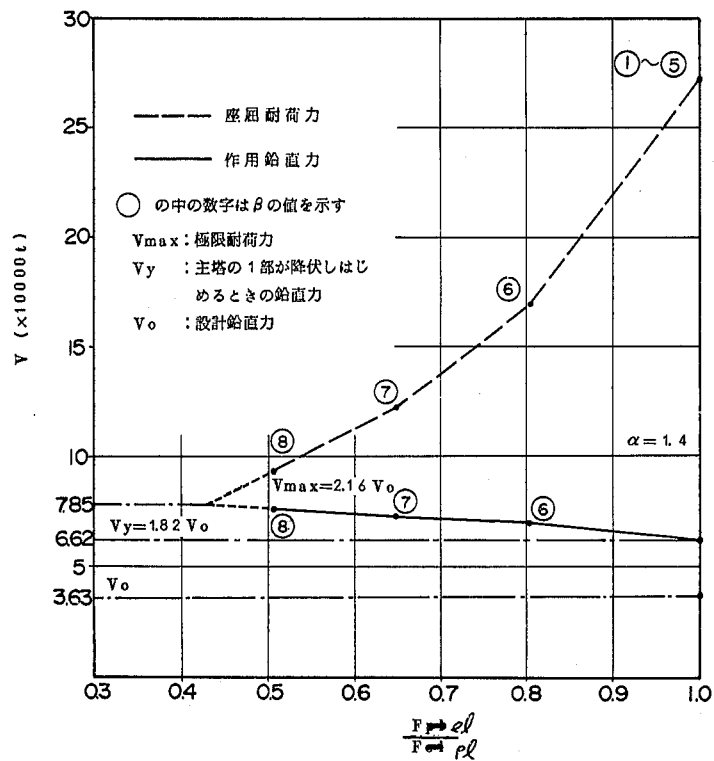


図-17(3) 明石海峡(B)の主塔の極限耐力

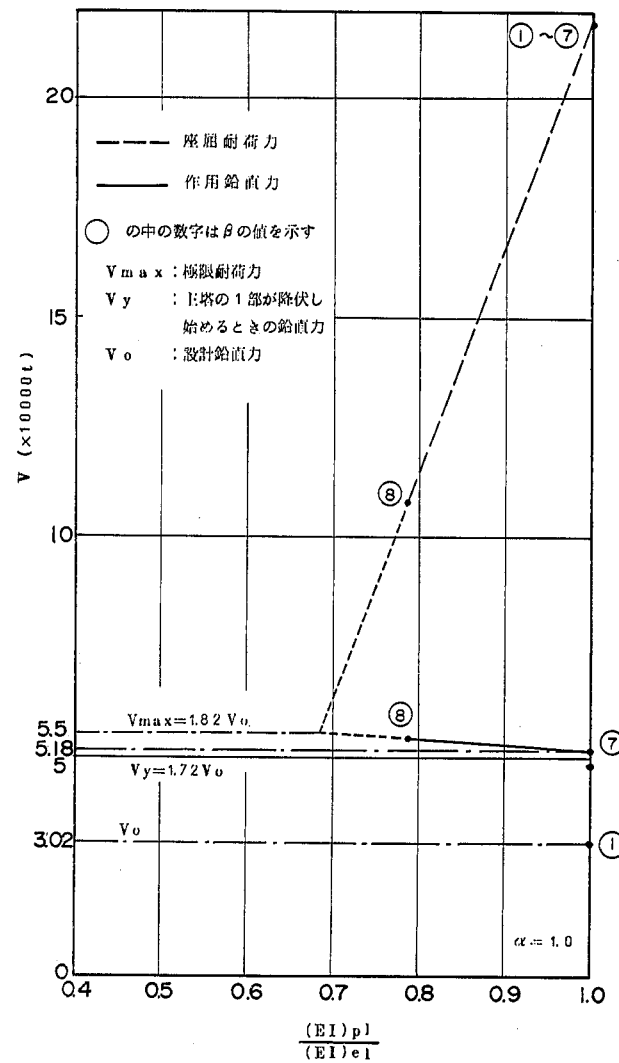


図-18(1) 南備讃瀬戸大橋の主塔の極限耐力

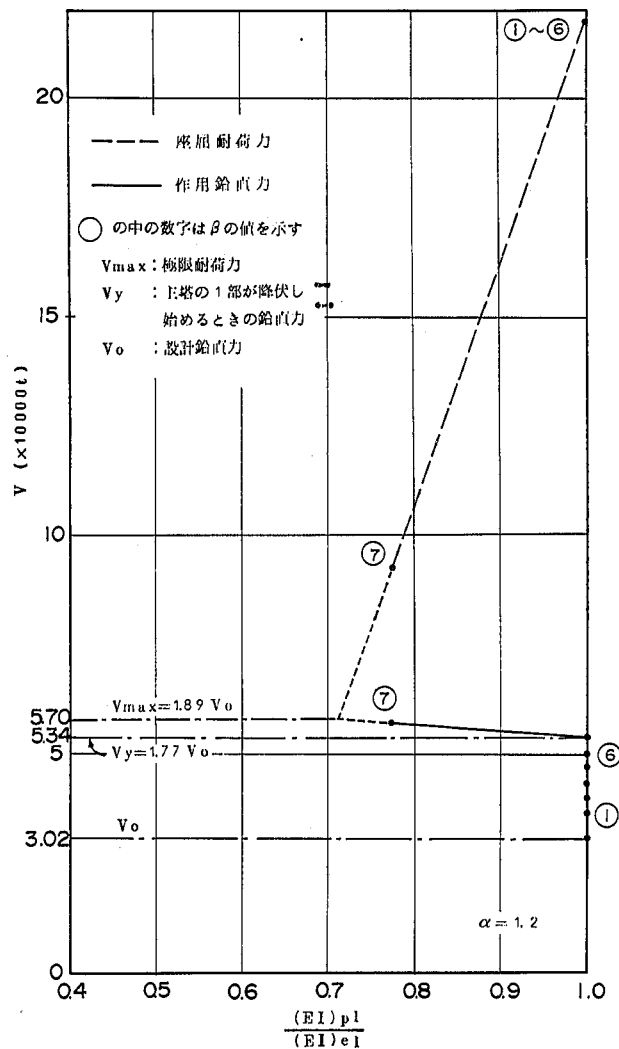


図-1 8(2) 南備讃瀬戸大橋の主塔の極限耐力

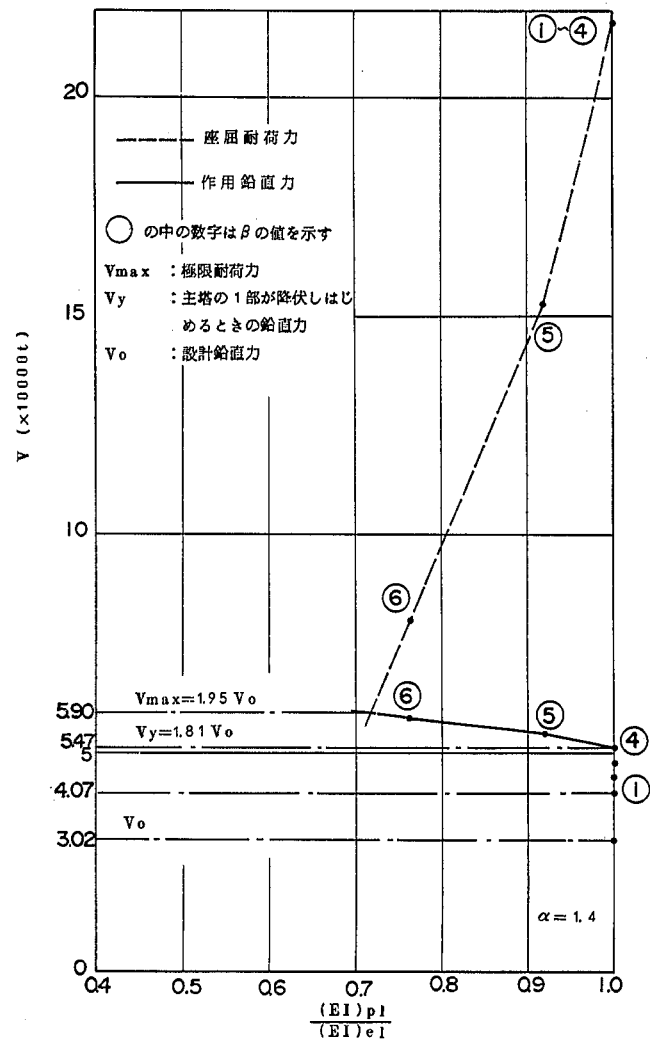


図-1 8(3) 南備讃瀬戸大橋の主塔の極限耐力

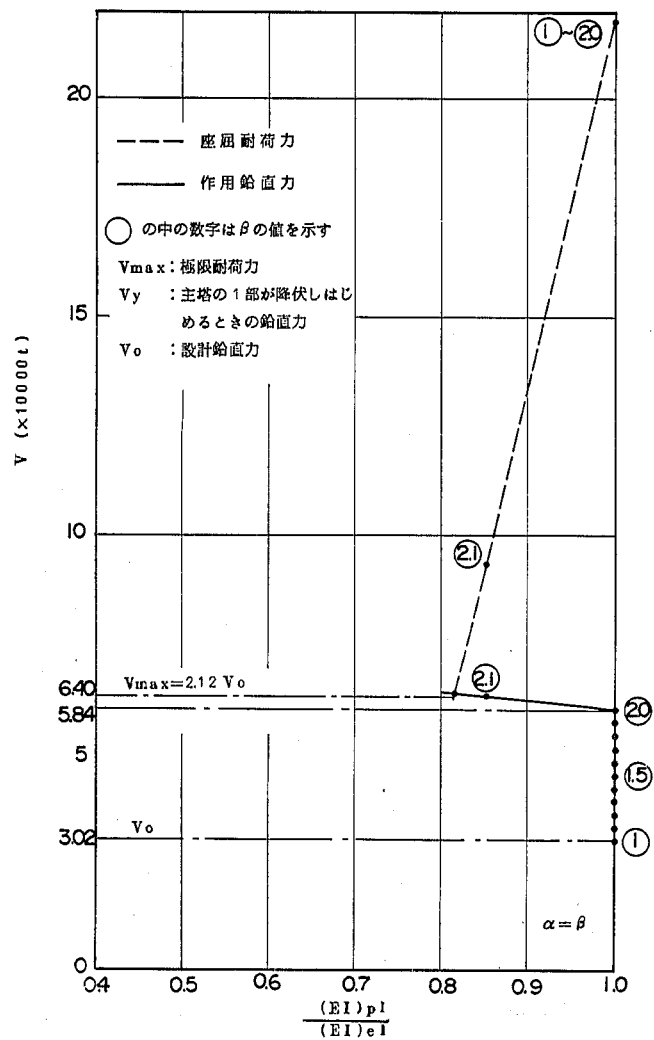


図-18(4) 南備讃瀬戸大橋の主塔の極限耐荷力

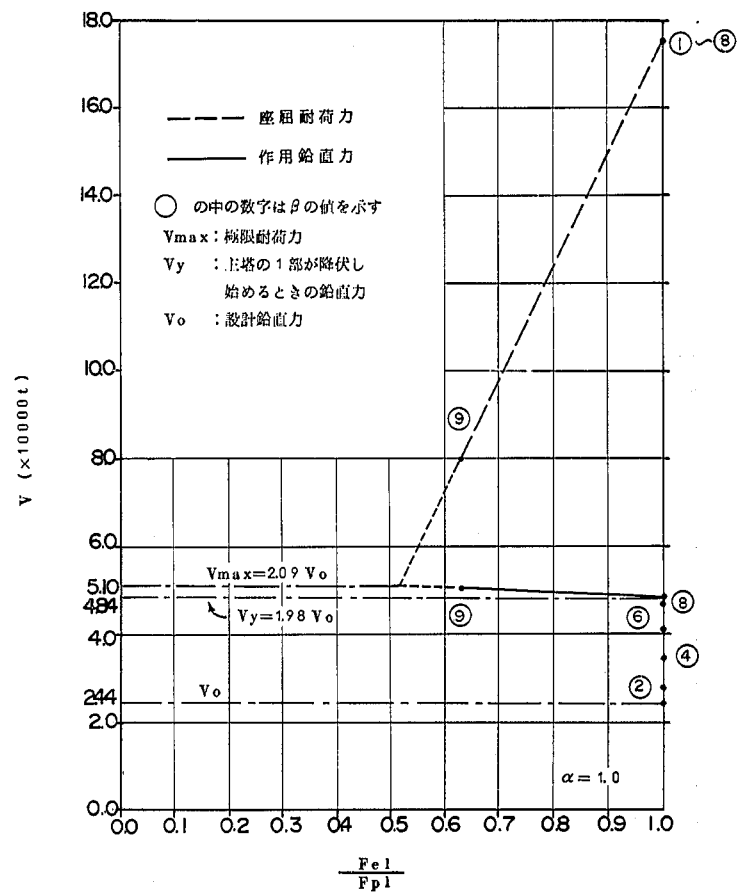


図-19(1) 下津井瀬戸大橋の主塔の極限耐荷力

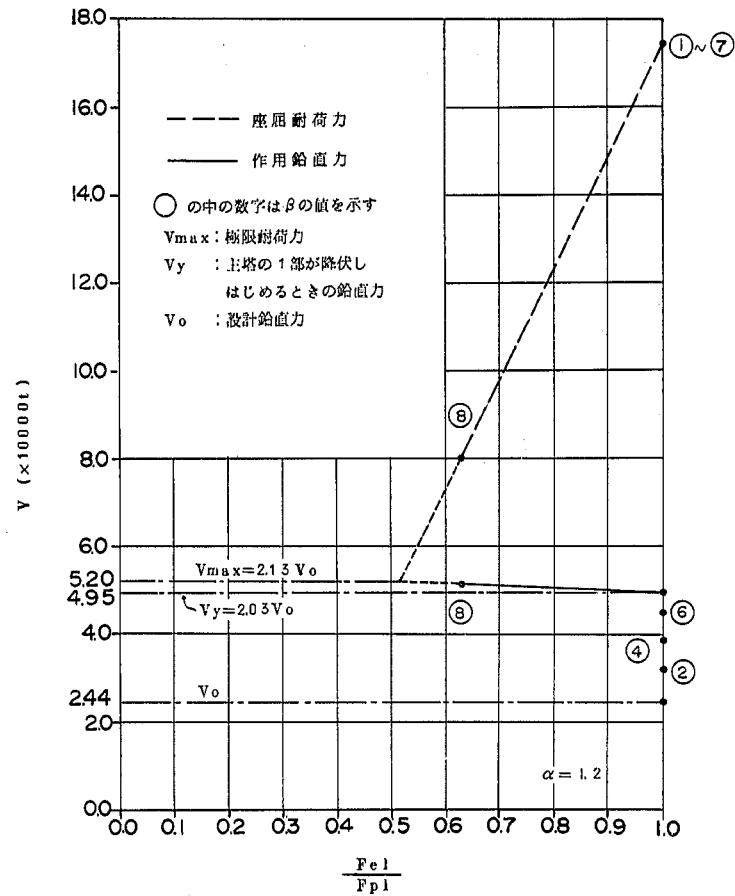


図-19(2) 下津井瀬戸大橋の主塔の極限耐力

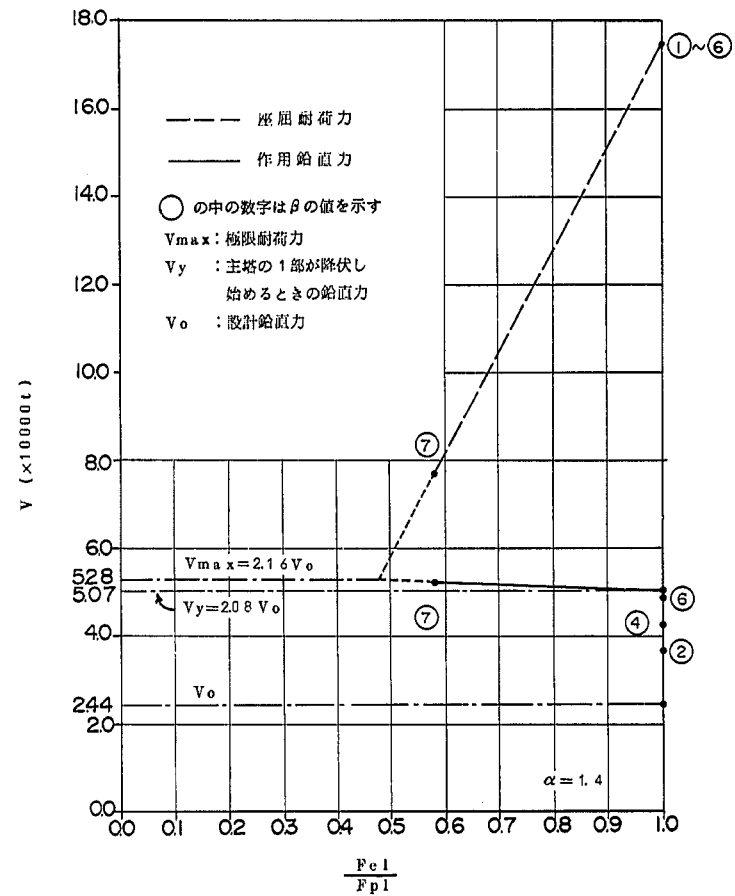


図-19(3) 下津井瀬戸大橋の主塔の極限耐力

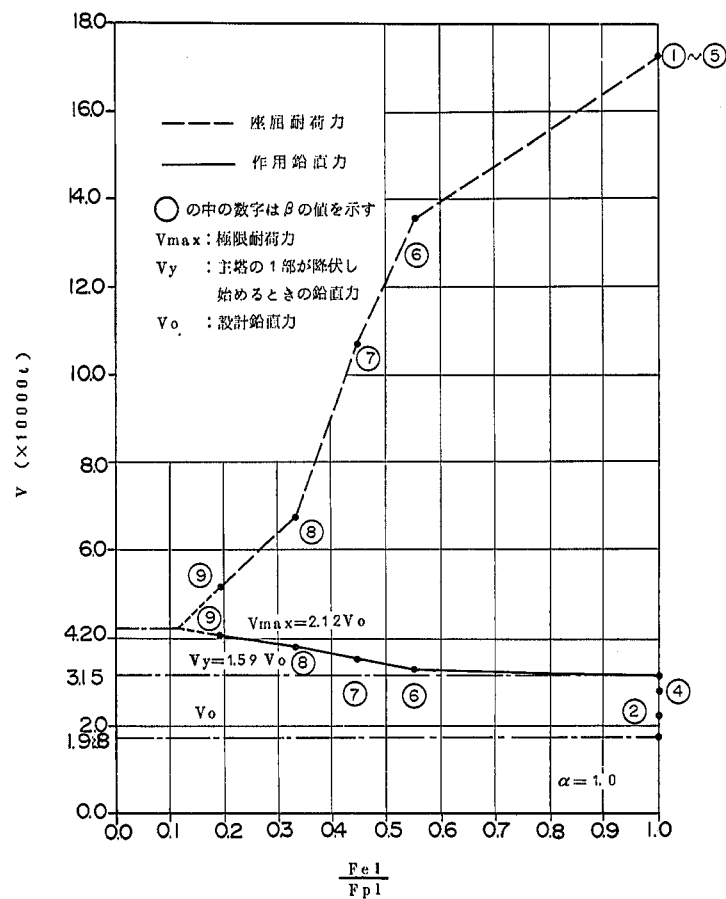


図-20(1) 大鳴門橋の主塔の極限耐荷力

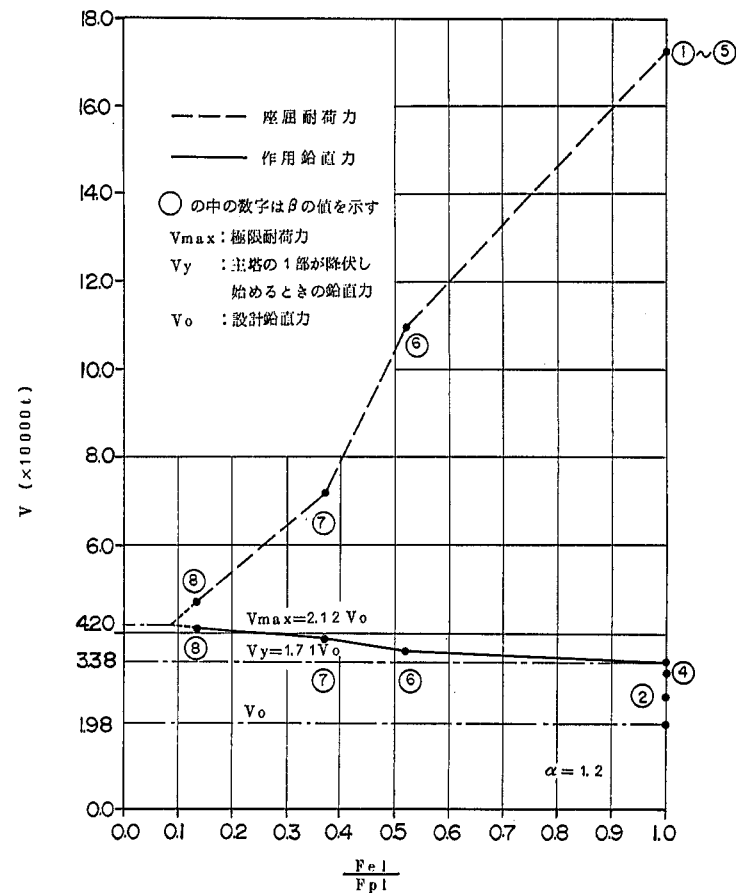


図-20(2) 大鳴門橋の主塔の極限耐荷力

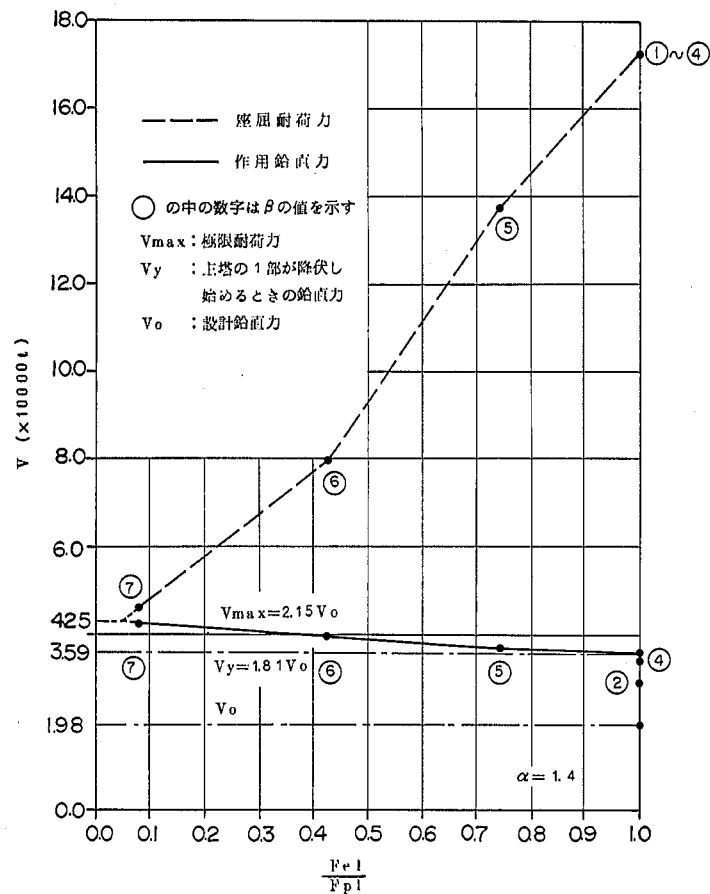


図-2 0(3) 大鳴門橋の主塔の極限耐荷力

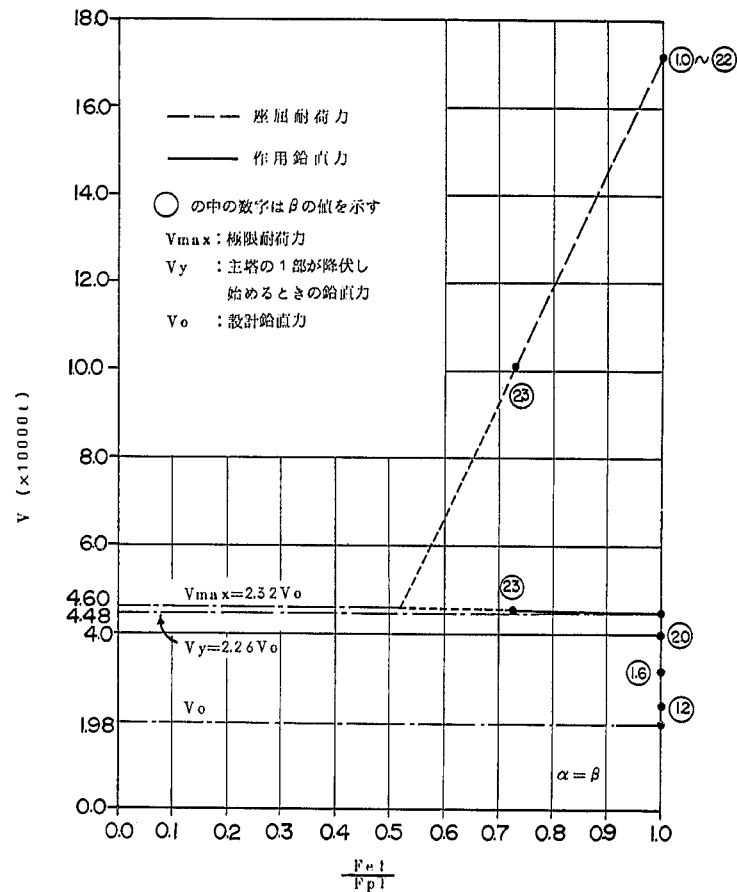


図-2 0 (4) 大鳴門橋の主塔の極限耐荷力

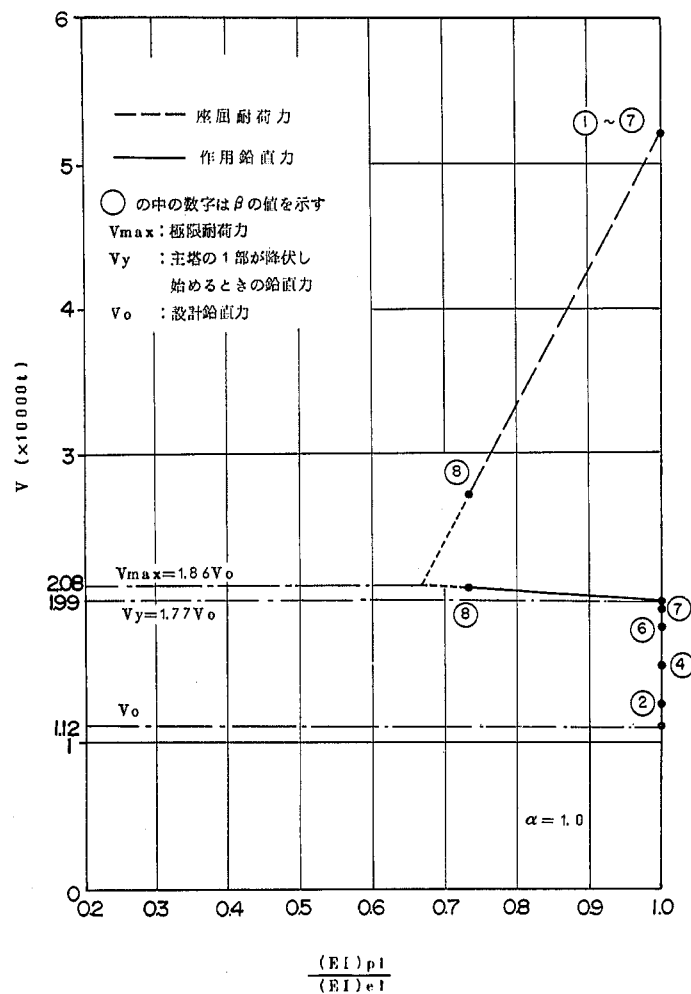


図-2 1(1) 来島第1大橋の主塔の極限耐力

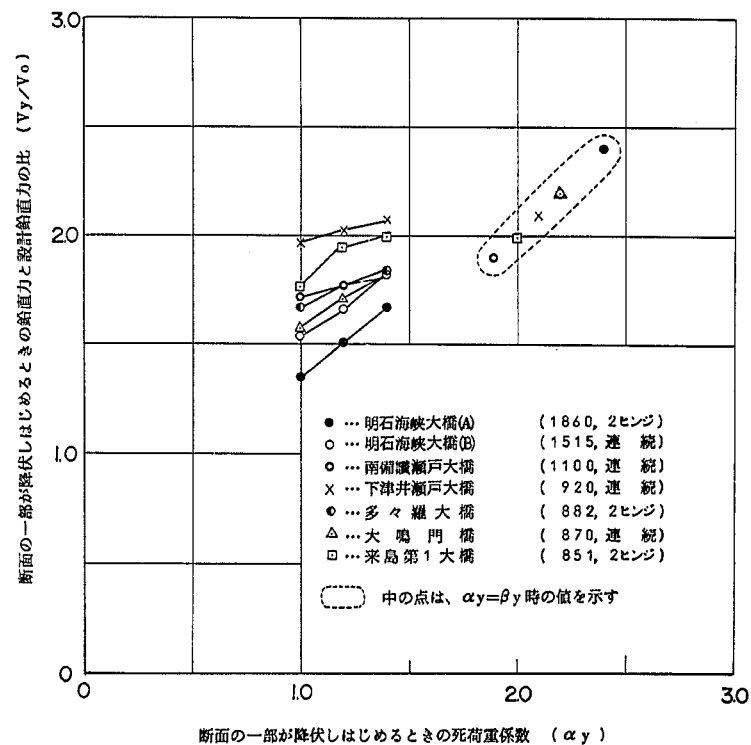


図-2 2 α_y と V_y/V_o の関係

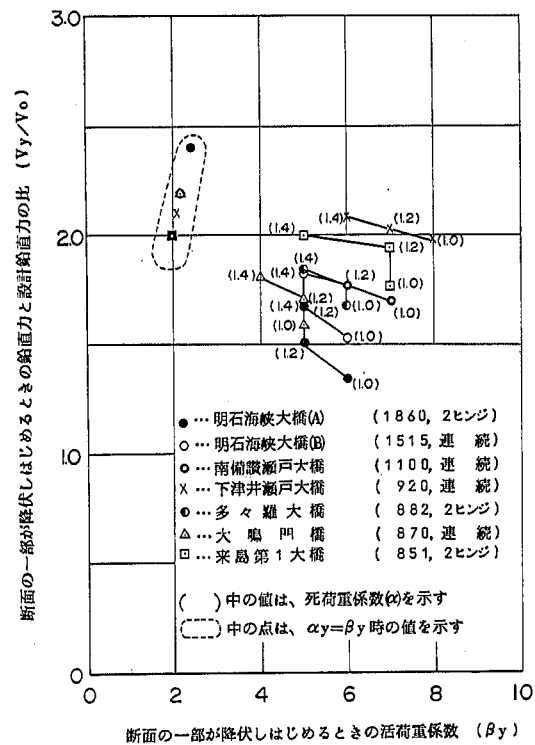


図-23 β_y と V_y/V_o の関係

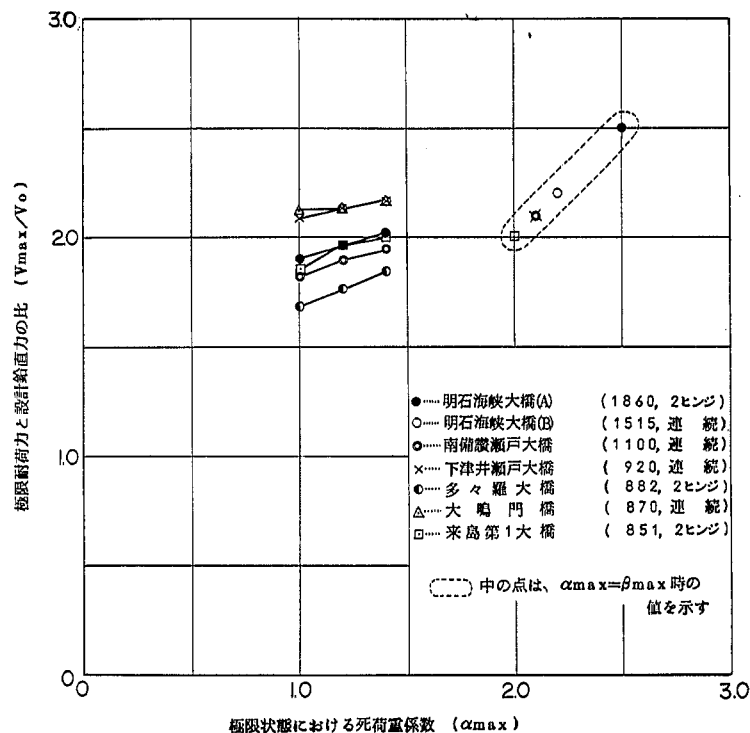


図-24 α_{max} と V_{max}/V_o の関係

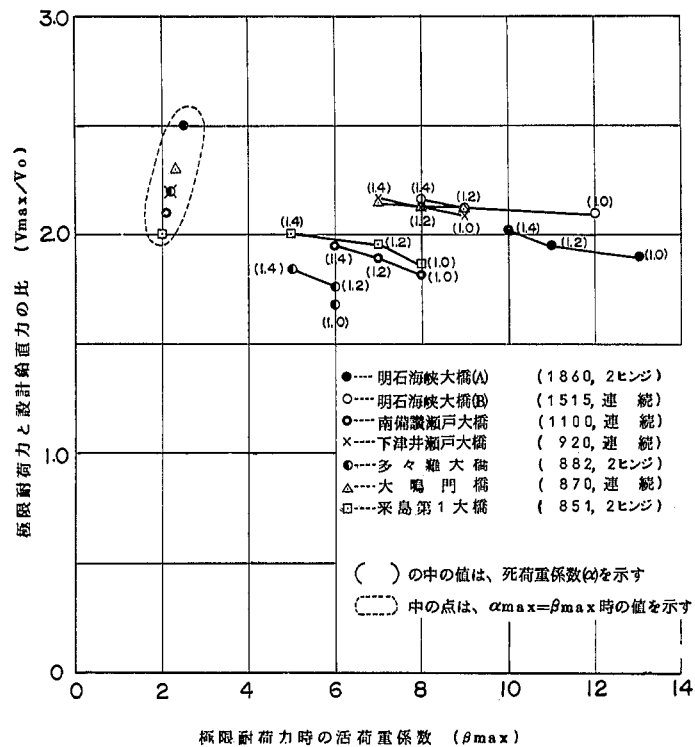


図-25 β_{max} と V_{max}/V_o の関係

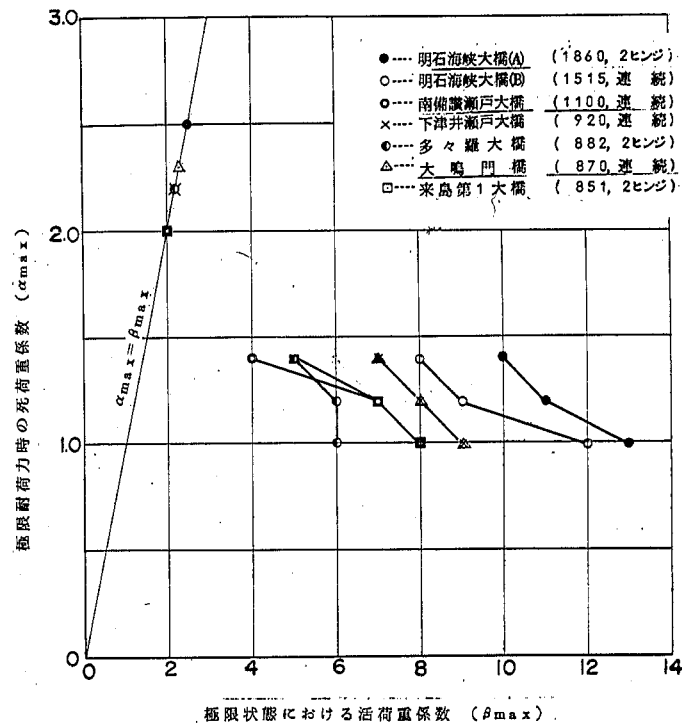
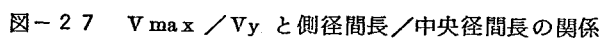


図-26 α_{max} と β_{max} の関係

図-27 V_{max}/V_y と側径間長/中央径間長の関係

付録2 電算プログラム

2-1 吊橋主塔の弾塑性解析プログラム (TOW-4)

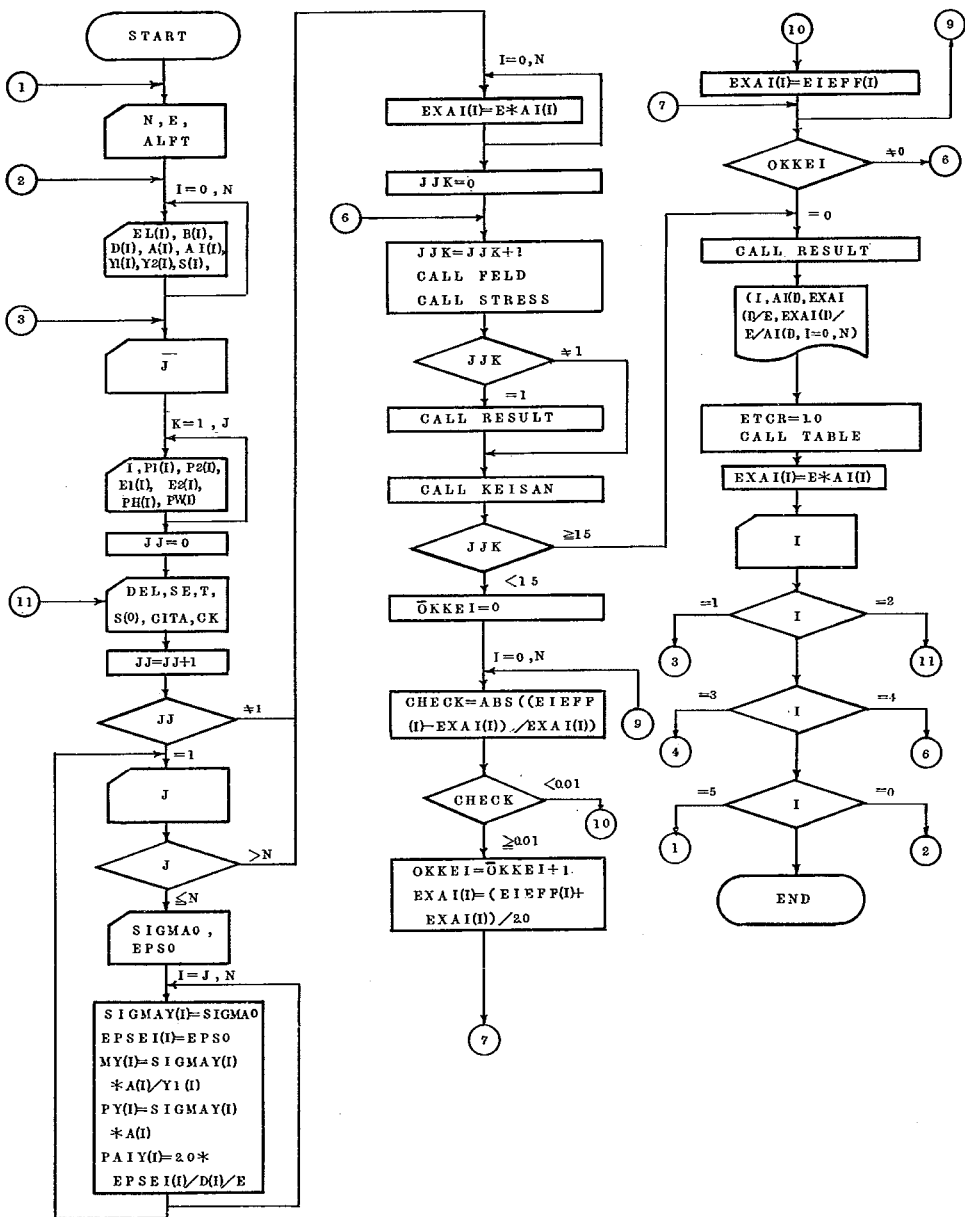
(1) 概 説

吊橋主塔断面を正方形箱形断面と仮定し、残留応力のないM- $\bar{\epsilon}$ -P曲線を用いて、材料の降伏の影響を考慮して曲げ剛性の低下を求めるプログラムである。

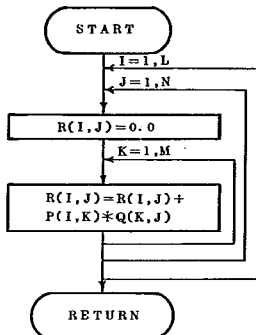
(2) インプットデータの記号

記 号	単位	説 明
1 N		格点数から1を引いた値
2 E	t/m^2	塔材の弾性係数
3 ALFT		" の線膨張係数
4 EL(I)	m	格間Iの長さ
5 B(I)	m	格点Iにおける塔柱断面の橋軸直角方向の長さ
6 D(I)	m	" 橋軸方向の長さ
7 A(I)	m^2	" 横断面積
8 AI(I)	m^4	" 断面二次モーメント
9 Y1(I)	m	" 縁端距離(側径間側)
10 Y2(I)	m	" (中央径間側)
11 S(I)	t	格点Iに作用すると考える塔の自重
12 J		13~19(荷重データ)の入力の個数
13 I		格点番号
14 P1(I)	t	格点Iに作用する鉛直集中荷重
15 P2(I)	t	"
16 E1(I)	m	P1(I)の偏心量
17 E2(I)	m	P2(I) "
18 PH(I)	t	格点Iに作用する水平方向集中荷重
19 PW(I)	t/m	格点Iに作用する水平方向等分布荷重
20 DEL	m	塔頂の水平移動量
21 SE	m	S(0)の偏心量
22 T	C	塔柱の温度変化
23 S(0)	t	塔頂に作用するケーブルからの垂直反力
24 CITA	RAD	塔基礎の回転角
25 CK	m/t	塔のパネ常数
26 J		塔材の材質が変化する格点
27 SIGMA0	t/m^2	塔材の降伏点
28 EPS0	t/m^2	降伏点に対応するひずみ $\times E (= SIGMA0)$
29 I		入力データのコントロール

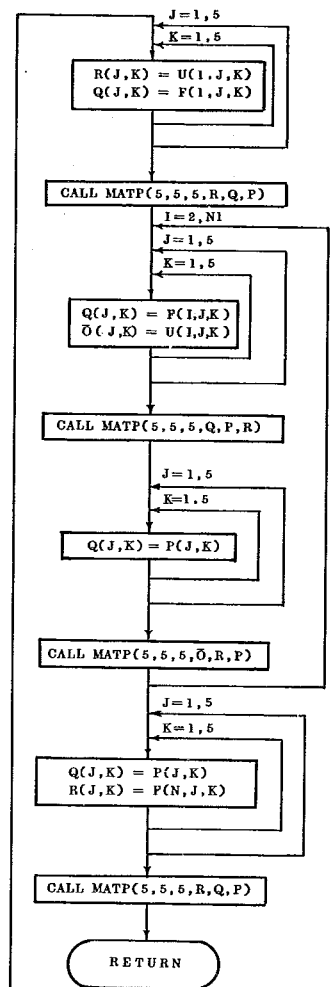
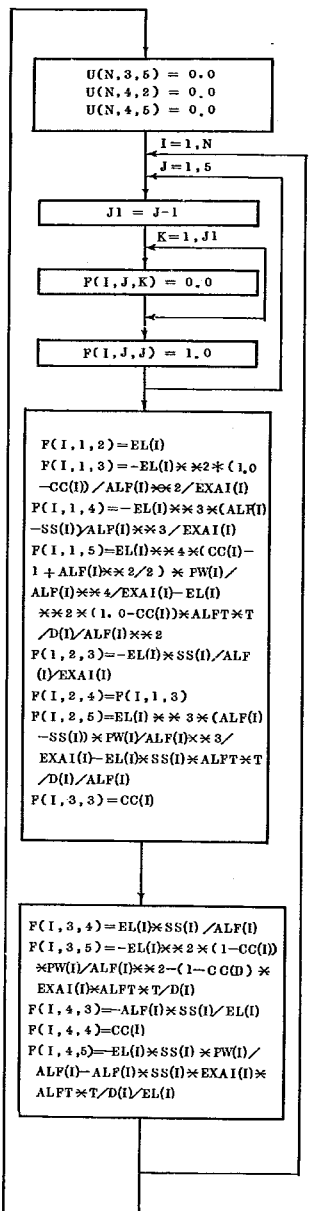
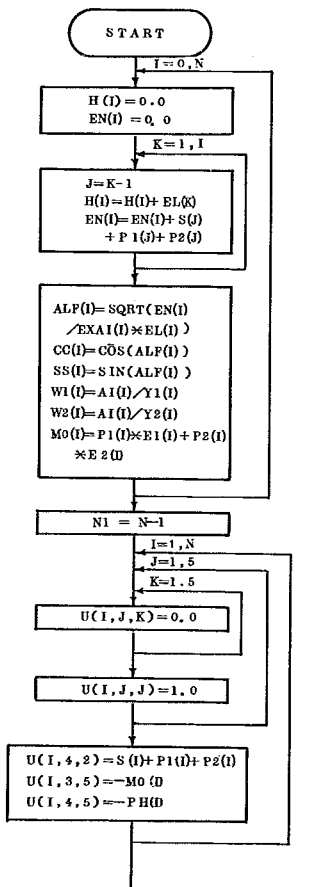
○ MAIN PRŌGRAM



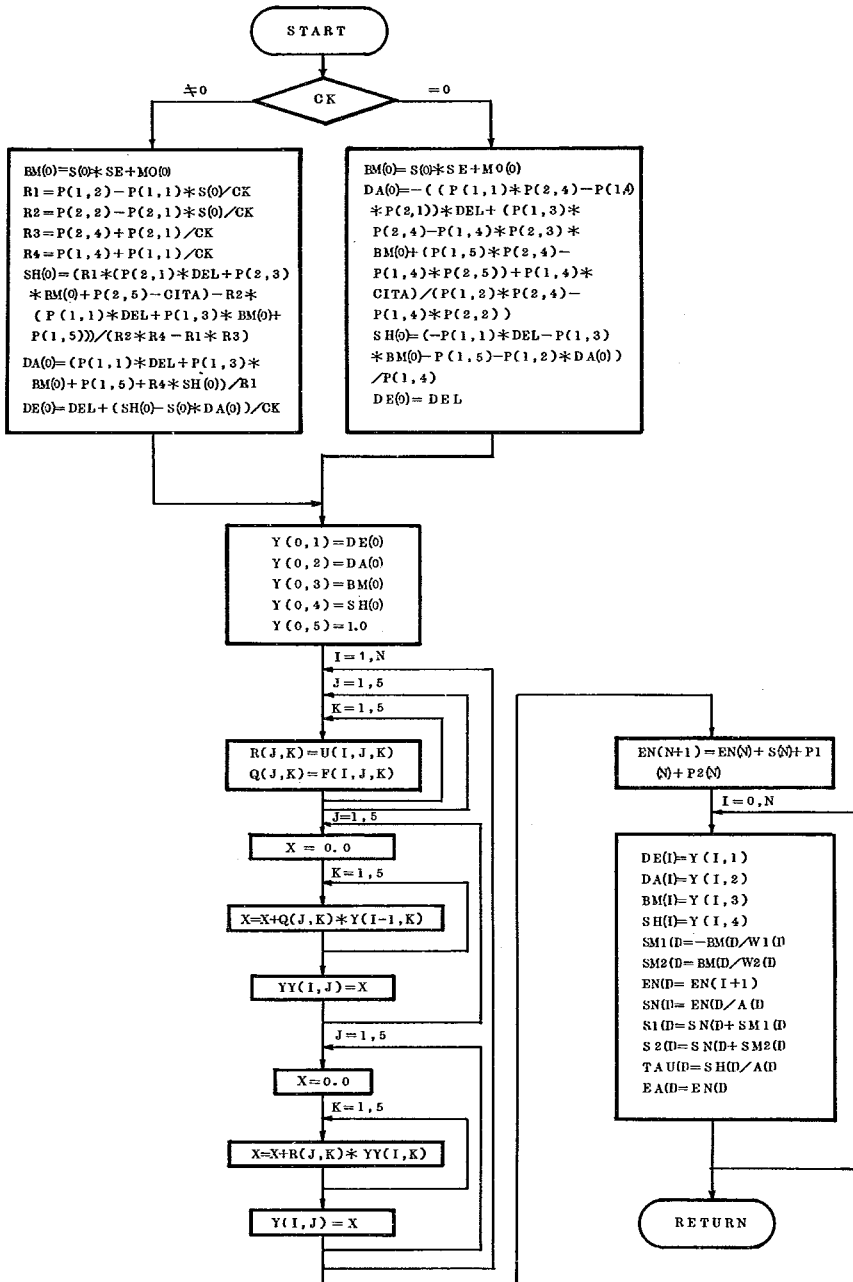
O SUBROUTINE MATP(I, N, M, P, Q, R)



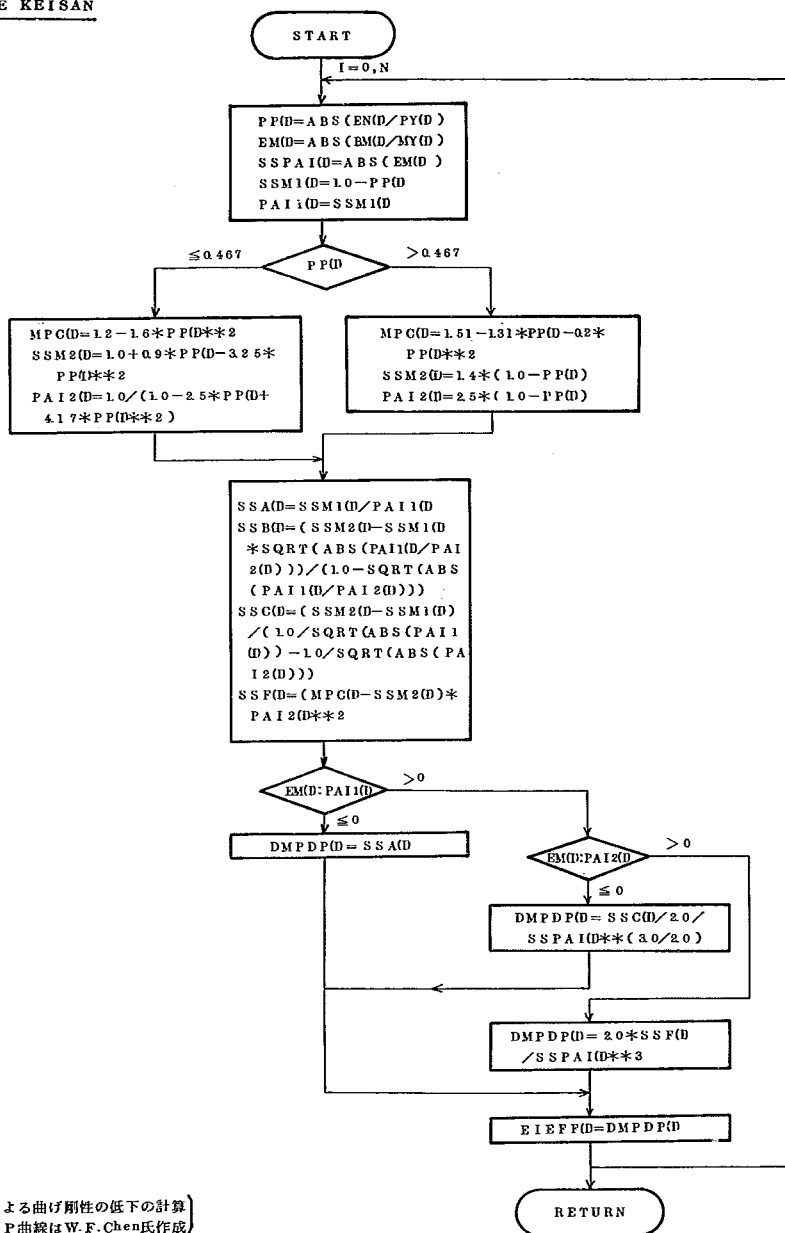
O SUBROUTINE FELD



○ SUBROUTINE STRESS



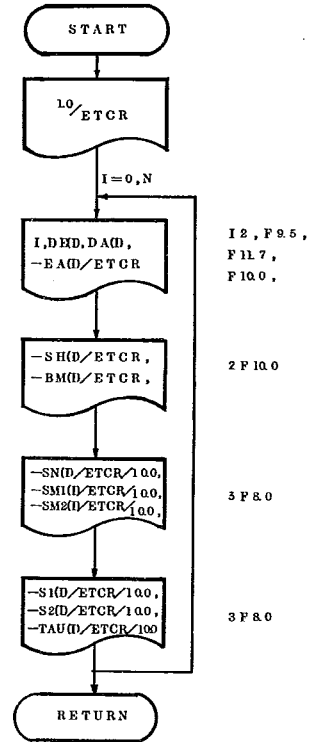
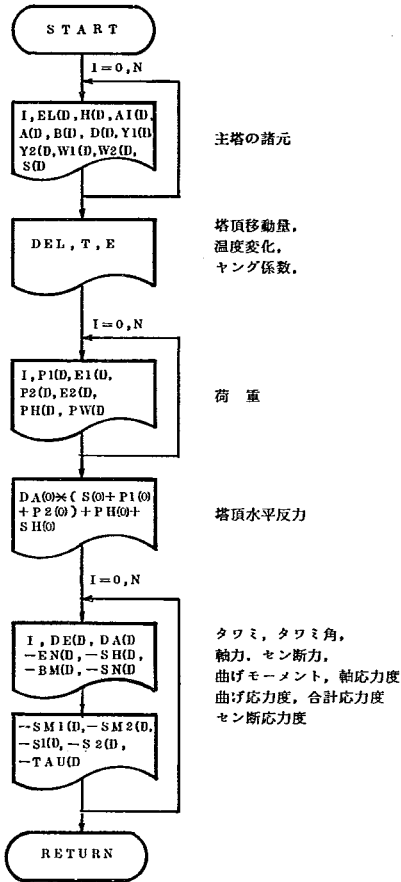
○ SUBROUTINE KEISAN



(弾塑性解析による曲げ剛性の低下の計算)
 M-P曲線はW.F.Chen氏作成

○ SUBROUTINE RESULT

○ SUBROUTINE TABLE



荷重の組合せにおいて、許容応力度の割増しのかわりに応力度を求める場合に使用する。
 また、応力度の単位が kg/cm^2 で表示される。

〔入力データと計算結果の印字を行なう。〕
 応力度等の単位はすべて kg と m

```

1 begin
2 comment TOWER NO DANDOSEI KAISEKI PROGRAM (TOW-4)
3 BRIDGE SECTION OF P.W.R.I. H.C.. DATE 1971/10/
4 read E,ALF,T,CITA,CK,DEL,SE,T,R1,R2,R3,R4,ESO,ES1,ES2,ESS,EP,SHAT1,
5 SHAT2,TCR,ESY,SIGMA0,EP,SOI
6 integer I,J,K,L,M,N,NN,I1,J1,K1,KK,KAI,CASE,KAISEI,ETCI,JJ,JJK,OKKEI;
7 array A,B,CC,D,DA,AI,H,EL,EN,BM,SH,DE,W,Y1,Y2,S,W1,W2,ALF,SS,PH,SM1,SM2,
8 SN,S1,S2,TAU,EA,P1,P2,E1,E2,MQ,PH,EXAI,EIEFF,SIGMA,PP,MY,PP,EM,
9 SM1,PAI1,PAI2,SSM2,MPC,SSA,SSB,SSC,SSF,DMPDP,SSPAI,PAIY,EPSEI(0:30),
10 U,F(1:30,1:5,1:5),O,P,Q,R(1:5,1:5),Y,YY(0:30,1:5);
11 procedure PRINT(STRING); string STRING; OUTO(2,STRING);
12 procedure MATP(HL,MH,MN,MP,MQ,MR);
13 value HL,MH,MN: integer HL,MH,MN; array MP,MQ,MR;
14 begin integer I1,JJ,KK;
15 for I1=1 step 1 until ML do
16 for JJ=1 step 1 until MN do
17 begin MR[I1,JJ]=0;
18 for KK=1 step 1 until MM do
19 MR[I1,JJ]=MR[I1,JJ]+MP[I1,KK]*MQ[KK,JJ];
20 end;
21 end;
22 procedure PR1(PS,PN,PA);
23 value PN; string PS; integer PN; array PA;
24 begin integer NN;
25 CRLF(2); PRINTS('###VECTOR###OF##'); PRINTS(PS); CRLF(3);
26 for NN=1 step 1 until PN do
27 begin OUT1(2,'5ZDSB',NN);
28 if PA[NN]=0 then PRINTS('##0.#####') else OUT1(2,'B-D.6D*+DDB',PA[NN]); CR
29 LF(1);
30 end;
31 end;
32 procedure PR2(PS,PN,PK,PA);
33 value PH,PK; string PS; integer PN,PK; array PA;
34 begin integer NN,KK;
35 CRLF(2); PRINTS('###MATRIX###OF##'); PRINTS(PS); CRLF(3);
36 for KK=1 step 1 until PK do OUT1(2,'10B,5Z',KK); CRLF(2);
37 for NN=1 step 1 until PN do
38 begin OUT1(2,'4ZB',NN);
39 for KK=1 step 1 until PK do
40 begin
41 if PA[NN,KK]=0
42 then PRINTS('##0.#####')
43 else OUT1(2,'B-D.6D*+2DB',PA[NN,KK]);
44 end;
45 CRLF(1);
46 end; CRLF(3);
47 end;
48 procedure PR3(PS,PL,PK,PN,PA);
49 value PL,PK,PN; string PS; integer PL,PK,PN; array PA; begin
50 integer LL,NN,KK;
51 CRLF(2);
52 PRINTS('###MATRIX###OF##'); PRINTS(PS); CRLF(3);
53 for LL=1 step 1 until PL do
54 begin PRINTI(5,LL); CRLF(3);
55 for NN=1 step 1 until PN do
56 OUT1(2,'10B,5Z',NN); CRLF(2);
57 for KK=1 step 1 until PK do
58 begin OUT1(2,'4ZB',KK);
59 for NN=1 step 1 until PN do
60 begin if PA[LL,KK,NN]=0
61 then PRINTS('##0.#####')
62 else OUT1(2,'B-D.6D*+2DB',PA[LL,KK,NN]);
63 end; CRLF(1);
64 end; CRLF(2);
65 end; CRLF(3);
66 end;
67 procedure FELD;
68 begin
69 for I=0 step 1 until N do
70 begin
71 H[I]=0; EN[I]=0;
72 for K=1 step 1 until I do
73 begin
74 J=K-1;
75 H[I]=H[I]+EL[K];
76 EN[I]=EN[I]+S[J]*P1[J]+P2[J];
77 end;
78 ALF[I]=SORT(EN[I]/EXAI[I])*EL[I];
79 CC[I]=COS(ALF[I]);
80 SS[I]=SIN(ALF[I]);
81 W1[I]=AI[I]/Y1[I];
82 W2[I]=AI[I]/Y2[I];
83 MU[I]=P1[I]*E1[I]+P2[I]*E2[I];
84 end;
85 NI=N-1;
86 for I=1 step 1 until N do
87 begin
88 for J=1 step 1 until 5 do
89 for K=1 step 1 until 5 do
90 if J=K then U[I,J,K]=1 else U[I,J,K]=0;
91 U[I,4,2]=S[I]+P1[I]+P2[I];
92 U[I,3,5]=-MO[I];
93 U[I,4,5]=-PH[I];
94 end;
95 U[N,4,2]=U[N,4,5]=U[N,3,5]=0;
96 for I=1 step 1 until N do
97 begin
98 for J=1 step 1 until 5 do
99 begin
100 for K=1 step 1 until (J-1) do

```

```

101      F[I,J,K]=0;
102      F[I,J,K]=1;
103      end;
104      F[I,1,2]=EL[I];
105      F[I,1,3]=-EL[I]*2*(1-CC[I])/ALF[I]*2/EXAI[I];
106      F[I,1,4]=-EL[I]*3*(ALF[I]-SS[I])/ALF[I]*3/EXAI[I];
107      F[I,1,5]=EL[I]*4*(CC[I]-1+ALF[I]*2/2)*PW[I]/ALF[I]*4/EXAI[I]
108      -EL[I]*2*(1-CC[I])*ALFT*T/D[I]/ALF[I]*2;
109      F[I,2,3]=-EL[I]*SS[I]/ALF[I]/EXAI[I];
110      F[I,2,4]=F[I,1,3];
111      F[I,2,5]=EL[I]*3*(ALF[I]-SS[I])*PW[I]/ALF[I]*3/EXAI[I]
112      -EL[I]*SS[I]*ALFT*T/D[I]/ALF[I];
113      F[I,3,4]=CC[I];
114      F[I,3,5]=EL[I]*SS[I]/ALF[I];
115      F[I,3,5]=EL[I]*2*(1-CC[I])*PW[I]/ALF[I]*2
116      -(1-CC[I])*EXAI[I]*ALFT*T/D[I];
117      F[I,4,3]=-ALF[I]*SS[I]/EL[I];
118      F[I,4,4]=CC[I];
119      F[I,4,5]=-EL[I]*SS[I]*PW[I]/ALF[I]
120      -ALF[I]*SS[I]*EXAI[I]*ALFT*T/D[I]/EL[I];
121      end;
122      for J=1 step 1 until 5 do
123      for K=1 step 1 until 5 do
124      begin
125      R[J,K]=U[I,J,K];
126      Q[J,K]=F[I,J,K];
127      end;
128      MATP(5,5,5,R,Q,P);
129      for I=2 step 1 until N1 do
130      begin
131      for J=1 step 1 until 5 do
132      for K=1 step 1 until 5 do
133      begin
134      Q[J,K]=F[I,J,K];
135      Q[J,K]=U[I,J,K];
136      end;
137      MATP(5,5,5,Q,P,R);
138      for J=1 step 1 until 5 do
139      for K=1 step 1 until 5 do
140      Q[J,K]=P[J,K];
141      MATP(5,5,5,Q,R,P);
142      end;
143      for J=1 step 1 until 5 do
144      for K=1 step 1 until 5 do
145      begin
146      Q[J,K]=P[J,K];
147      R[J,K]=F[N,J,K];
148      end;
149      MATP(5,5,5,R,Q,P);
150      end;
151      procedure STRESS;
152      begin
153      if CK=0 then go to L003;
154      BM[0]=S[0]*SE;
155      R1=P[1,2]-P[1,1]*S[0]/CK;
156      R2=P[2,2]-P[2,1]*S[0]/CK;
157      R3=P[2,4]+P[2,1]/CK;
158      R4=P[1,4]+P[1,1]/CK;
159      BM[0]=BM[0]+M[0];
160      SH[0]=(R1*(P[2,1]*DEL+P[2,3]*BM[0]+P[2,5]*CITA)
161      -R2*(P[1,1]*DEL+P[1,3]*BM[0]+P[1,5]))/(R2*R4-R1*R3);
162      DA[0]=(P[1,1]*DEL+P[1,3]*BM[0]+P[1,5]+R4*SH[0])/R1;
163      DE[0]=DEL*(SH[0]-S[0]*DA[0])/CK;
164      go to L004;
165      L003:
166      BM[0]=S[0]*SE+M[0];
167      DA[0]=-1*(P[1,1]*P[2,4]-P[1,4]*P[2,1])*DEL+(P[1,3]*P[2,4]-P[1,4]*P[
168      2,3])*BM[0]
169      +(P[1,5]*P[2,4]-P[1,4]*P[2,5])*P[1,4]*CITA)/(P[1,2]*P[2,4]-P[1,4]*P
170      [2,2]);
171      SH[0]=(-P[1,1]*DEL-P[1,3]*BM[0]-P[1,5]-P[1,2]*DA[0])/P[1,4];
172      DE[0]=DEL;
173      L004:
174      Y[0,1]=DE[0];
175      Y[0,2]=DA[0];
176      Y[0,3]=BM[0];
177      Y[0,4]=SH[0];
178      Y[0,5]=1;
179      for I=1 step 1 until N do
180      begin
181      for J=1 step 1 until 5 do
182      for K=1 step 1 until 5 do
183      begin
184      R[J,K]=U[I,J,K];
185      Q[J,K]=F[I,J,K];
186      end;
187      for J=1 step 1 until 5 do
188      begin
189      real X;
190      X=0;
191      for K=1 step 1 until 5 do
192      X=X+Q[J,K]*Y[I-1,K];
193      YY[I,J]=X;
194      end;
195      for J=1 step 1 until 5 do
196      begin
197      real X;
198      X=0;
199      for K=1 step 1 until 5 do
200      X=X+R[J,K]*YY[I,K];

```

```

201      Y(I,J)=X;
202      end;
203    end;
204    if A(0)≤0 then A(0)=A(1);
205    if W1(0)≤0 then W1(0)=W1(1);
206    if W2(0)≤0 then W2(0)=W2(1);
207    EN(IN+1)=EN(IN)+S(N);
208    for I=0 step 1 until N do
209      begin
210        DE(I)=Y(I,1);
211        DA(I)=Y(I,2);
212        BM(I)=Y(I,3);
213        SH(I)=Y(I,4);
214        SM1(I)=BM(I)/W1(I);
215        SM2(I)=BM(I)/W2(I);
216        EN(I)=EN(I+1);
217        SN(I)=EN(I)/A(I);
218        S1(I)=SN(I)+SM1(I);
219        S2(I)=SN(I)+SM2(I);
220        TAU(I)=SH(I)/A(I);
221        EA(I)=EN(I);
222      end;
223    end;
224    procedure RESULT;
225    begin
226      CRLF(4); PRINTS('##INPUT#DATA'); CRLF(2);
227      PRINT('4B*LENGTH#HEIGHT##INERTIA###AREA###SECTION#7B');
228      PRINT('##EDGE#DISTANS#SEC.#MODULUS#####TOWER#WEIGHT#');
229      PRINTS('##J#####I#####B#####D#####Y#####');
230    );
231    PRINTS('WM#####WS#####S##'); CRLF(1);
232    for I=0 step 1 until N do
233      begin
234        OUT9(2,'ZD,2(3ZD,3D),B,2(2ZD,5D),4(-ZD,3D)',
235          I,EL(I),H(I),A(I),B(I),D(I),Y1(I),Y2(I));
236        OUT3(2,'2(-ZD,5D),6ZD,2D,/',W1(I),W2(I),if I=0 then P1(0) else S1(I));
237      end;
238      CRLF(3);
239      SPACE(65); PRINTS('DEL#'); PRINTF(2,5,DEL); PRINTS('TEMP,#'); PRINTF(2,2,T);
240      PRINTS('C####E#'); PRINTF(8,1,E); CRLF(2);
241      PRINTS('#####VERTICAL#FORCE#####LATERAL#FORCE'); CRLF(1);
242      PRINTS('##J#####R1#####R2#####E2#####F#####WL'); CRLF(1);
243      for J=0 step 1 until N do
244        begin
245          OUT7(2,'ZD,2(-5ZD,2D,-ZD,3D),-4ZD,3D,-3ZD,3D,/',
246            J,(if J=0 then S(0) else P1(J)),E1(J),P2(J),E2(J),PH(J),PW(J));
247        end;
248      end;
249      if N21 then NEWPAGE;
250      CRLF(3); PRINTS('##RESULTS#OF#CALUCULATION'); CRLF(3);
251      PRINTS('##F#'); PRINTF(6,4,(S(0)=DA(0)+(P1(0)+P2(0))*DA(0)+PH(0)-SH
252    0));
253      CRLF(3);
254      PRINTS('#####DEF.#####DEF.ANG.##AXI.FORCE###SHEAR###B.MOMENT###NORMAL##');
255      PRINT('STRESS*47B*SHEAR# STRESS#');
256      PRINTS('##J#####Y#####TAN#####N#####Q#####M#####N/A');
257      PRINTS('#####M/W#####M/WS');
258      PRINTS('#####SM#####SS#####O/A'); CRLF(1);
259      for I=0 step 1 until N do
260        begin
261          OUT6(2,'ZD,-ZD,5D,-ZD,7D,-5ZD,4D,-4ZD,4D,-5ZD,3D',
262            I,DE(I),DA(I),EN(I),SH(I),BM(I));
263          OUT6(2,'6(-ZD,3D),',-SN(I),-SM1(I),-SM2(I),-S1(I),-S2(I),-TAU(I));
264        end;
265      CRLF(3);
266    end;
267    procedure PCRTII;
268    begin
269      ES0=S(0)+P1(0)+P2(0);
270      READ(CASE);
271      if CASE<0 then go to L007;
272      READ(ES1,ESS);
273      if ES1=0 then ES1=1; SHAT1=0;
274      KAI=0; KAISFI=50; KK=10; EPS=-8;
275      if CASE=1 then PRINT('3,##KAI###Pcr#####SHAT#');
276    end;
277  L05:
278    SHAT2=SHAT1; KAI=KAI+1; S(0)=ES1;
279    FELD;
280    SHAT1=P(1,2)+P(2,4)-P(1,4)+P(2,2);
281    if CASE=1 then
282      begin PRINT(4,KAI); PRINTF(6,3,ES1); PRINTF(3,7,SHAT1); PRINT(7,P(1,2));
283        PRINT(7,P(1,4)); PRINT(7,P(2,2)); PRINT(7,P(2,4)); CRLF(1);
284      end;
285    if ABS(SHAT1)*EPS v KAI>KAISEI then go to L06;
286    ES2=ES1;
287    if KK=0 a SHAT1*SHAT2>0 then ESS=ESS/2;
288    ES1=ES1+ESS;
289    if KAI=2 v SHAT1*SHAT2>0 then go to L05;
290    ESS=-ESS/2;
291    ES1=ES2+ESS;
292    KK=0;
293    go to L05;
294  L06:
295    if CASE=1 then PRINT('///,53('##', 'OK.....'///');
296    PRINT('5B*CRITICAL#LOAD#=#'); PRINTF(6,2,ES1);
297    PRINT('5B*SAFETY#FACTOR#=#'); PRINTF(4,4,ES1/ES0);
298    PRINT('##=#Pcr###P##=#'); PRINTF(6,2,ES1); PRINTS('');
299    PRINTF(6,2,ES0); CRLF(1);
300  L07: L007;

```

```

301      ends;
302      procedure TABLE;
303      begin
304          CRLF(2); PRINTS('#####1/'); PRINTF(1.2,ETCR);
305          CRLF(2);
306          PRINTS('#####DEF.#####DEF.ANG.##AXI,FORCE####SHEAR####B.MOMENT####NORMAL##');
307          PRINT('STRESS'47B'SHEARSTRESS'); CRLF(1);
308          PRINTS('#####Y#####TAN#####Q#####M#####N/A');
309          PRINTS('#####H/VMM#####M/WS');
310          PRINTS('#####SM#####SS#####Q/A'); CRLF(1);
311          for I=0 step 1 until N do
312              begin
313                  OUT6(2,'ZD,-ZD.5D,-ZD.7D,-7ZD.3B,-6ZD.3B,-7ZD.3B',
314                      I,DEI(I),DA(I),-EA(I)/ETCR,-SH(I)/ETCR,-BM(I)/ETCR);
315                  OUT6(2,'6(-7ZD.3B),',-SN(I)/ETCR/10.0,-SM(I)/ETCR/10.0,-SM2(I)/ETCR/10.0,
316                      -S1(I)/ETCR/10.0,-S2(I)/ETCR/10.0,-TAU(I)/ETCR/10.0);
317              end;
318          CRLF(2);
319      end;
320      procedure PRIOUT;
321      begin
322          begin
323              PR1('/ALF/',N,ALF);
324              PR1('/CC/',N,CC);
325              PR1('/SS/',N,SS); NEWPAGE;
326              PR3('/U/',N,5.5,U); NEWPAGE;
327              PR3('/F/',N,5.5,F); NEWPAGE;
328              PR2('/P/',5.5,P);
329              PR2('/Y/',N,5,Y);
330              NEWPAGE;
331          end;
332      end;
333      procedure KEISAN;
334      begin
335          comment DAN SOSEI KAISEKI PROGRAM;
336          integer I;
337          for I=0 step 1 until N do
338              begin
339                  PP(I)=ABS(EN(I)/PY(I));
340                  EM(I)=ABS(BM(I)/MY(I));
341                  SSPAI(I)=ABS(EM(I));
342                  if PP(I)≤0 then begin SSM1(I)=1.0-PP(I); PAI1(I)=SSM1(I); end;
343                  if PP(I)≥0.467 then
344                      begin
345                          MPC(I)=1.2-1.60*PP(I)+2;
346                          SSM2(I)=1.0+0.9*PP(I)-3.25*PP(I)+2;
347                          PAI2(I)=1.0/(1.0-2.5*PP(I)+4.17*PP(I)+2);
348                      end else
349                      begin
350                          MPC(I)=1.51-1.31*PP(I)-0.2*PP(I)+2;
351                          SSM2(I)=1.40*(1.0-PP(I));
352                          PAI2(I)=2.50*(1.0-PP(I));
353                      end;
354                  SSA(I)=SSM1(I)/PAI1(I);
355                  SS0(I)=(SSM2(I)-SSM1(I)*SORT(ABS(PAI1(I)/PAI2(I))))/
356                      (1.0-SORT(ABS(PAI1(I)/PAI2(I))));
357                  SSC(I)=(SSM2(I)-SSM1(I))/(1.0/SORT(ABS(PAI1(I)))-1.0/SORT(ABS(PAI2(I))));
358                  SSF(I)=(MPC(I)-SSM2(I))*PAI2(I)+2;
359                  if EM(I)≤PAI1(I) then DMPDP(I)=SSA(I) else
360                  if EM(I)≤PAI2(I) then DMPDP(I)=SSC(I)/2.0/SSPAI(I)+(3.0/2.0) else
361                  DMPDP(I)=2.0*SSF(I)/SSPAI(I)+3;
362                  begin PRINTS('Eteff('); OUT1(2,'ZD','=',I); OUT1(2,'N',DMPDP(I));
363              end;
364                  DMPDP(I)=E*AI(I)*DMPDP(I);
365                  EIEFF(I)=ABS(DMPDP(I));
366              end;
367          end;
368      procedure MAINPR;
369      begin
370          comment MAIN PROGRAM;
371          START:
372              READ(N,E,ALF);
373              L00: for I=0 step 1 until N do
374                  READ(EL(I),B(I),D(I),A(I),AI(I),Y1(I),Y2(I),S(I));
375              L01: READ(J);
376              for K=1 step 1 until J do
377                  READ(P1(I),P2(I),E1(I),E2(I),PH(I),PW(I));
378              J:=0;
379              L02: READ(DEL,SF,T,S(0),CITA,CK);
380                  JJ=JJ+1;
381                  if JJ≠1 then go to L04;
382              L03: READ(J);
383                  if J>N then go to L04;
384                  READ(SIGMA0,EP50);
385                  if SIGMA0≤10000.0 then SIGMA0=20000.0;
386                  if EP50 ≤10000.0 then EP50=10000.0;
387                  for I=J step 1 until N do
388                      begin
389                          SIGMAY(I)=SIGMA0;
390                          EPSE(I)=EP50;
391                          MY(I)=SIGMAY(I)*AI(I)/Y1(I);
392                          PY(I)=SIGMAY(I)*AI(I);
393                          PAIY(I)=2.0*EPSE(I)/OI(I)/E;
394                          EXAI(I)=E*AI(I);
395                      end;
396                  go to L03;
397              L04: JJK=0;
398              L05: JJK=JJK+1;
399                  FELD;
400                  STRESS;

```

```

401      if JJK=1 then RESULT;
402      KEISAN;
403      if JJK25 then go to L06;
404      OKKEI=0;
405      for I=0 step 1 until N do
406      begin
407      if ABS((EIEFF(I)-EXAII(I))/EXAII(I))>0.05
408      then begin OKKEI=OKKEI+1; EXAII(I)=(EIEFF(I)+ EXAII(I))/2.0;
409      PRINTI(3,I); PRINT(" "); end
410      else EXAII(I)=EIEFF(I);
411      end;
412      CRLF(1); if OKKEI=0 then go to L05;
413      L06: NEWPAGE; RESULT: PRINT('3//6B,'MUMENT INERTIA',/');
414      for I=0 step 1 until N do
415      begin
416      OUT4(2,'32D,3(-42D.7D2B),/,I,AI(I),EXAII(I)/E,EXAII(I)/E/AI(I));
417      end;
418      CRLF(3);
419      ETCR=1.0; TAFLE; NEWPAGE;
420      comment NEXT DATA CONTROL;
421      for I=0 step 1 until N do
422      EXAII(I)=E=AI(I);
423      READ(I);
424      if I=1 then go to L01 else
425      if I=2 then go to L02 else
426      if I=3 then go to L03 else
427      if I=4 then go to L04 else
428      if I=5 then go to START else
429      if I=0 then go to L00;
430      OWARI:
431      end;
432      MAINPR;
433      end;

```


2-2 吊橋主塔の弾塑性座屈荷重計算プログラム (TOW-5)

(1) 概 説

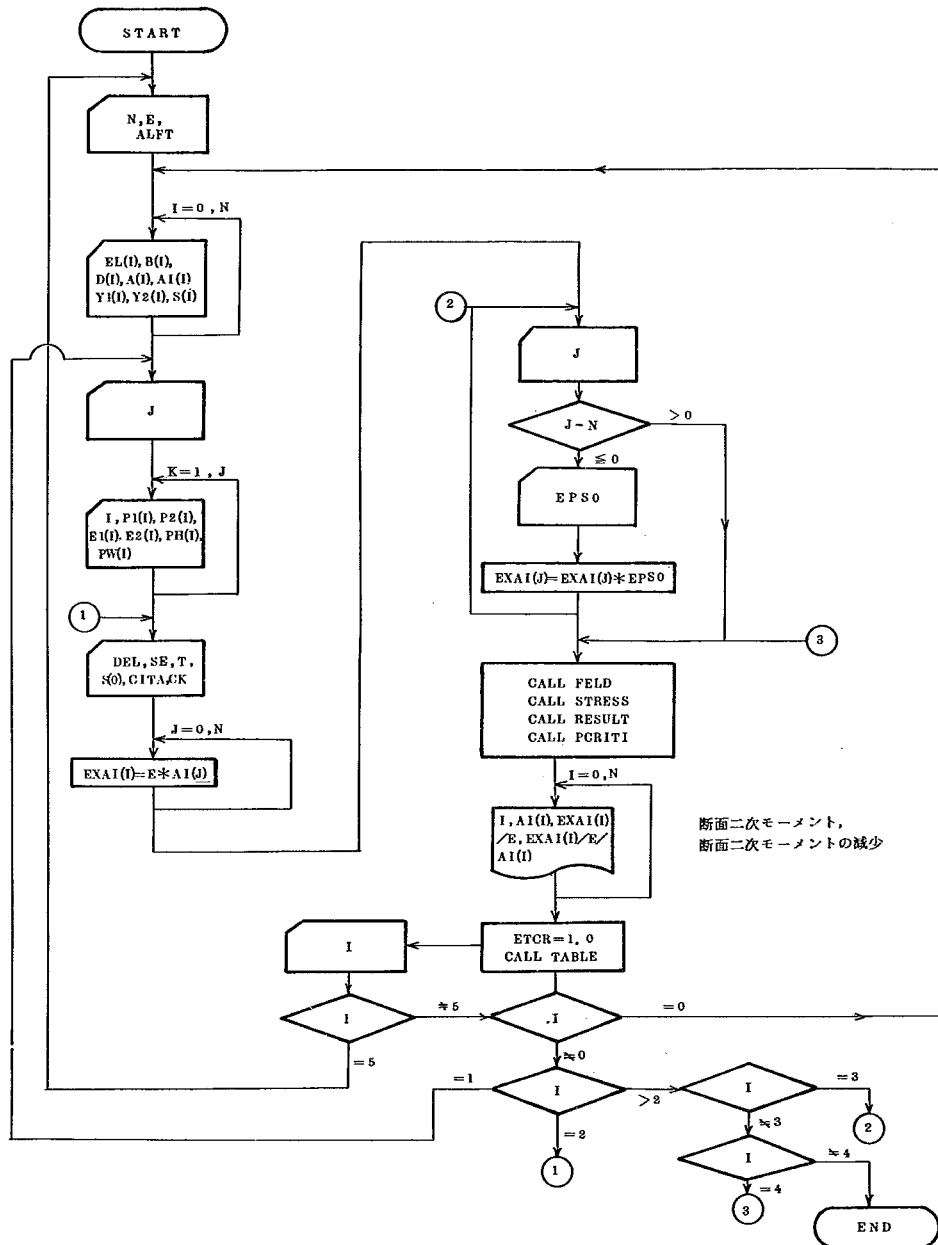
TOW-4で求めた曲げ剛性の低下した断面の弾塑性座屈荷重を求めるプログラムである。

(2) インプットデータの記号

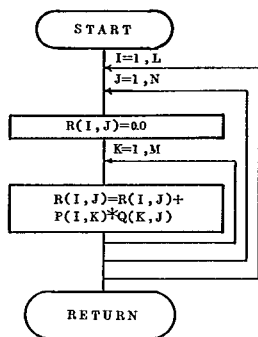
記 号	単 位	説 明
1 N		格点数から1を引いた値
2 E	$\frac{t}{m^2}$	塔材の弾性係数
3 ALFT		" の線膨脹係数
4 EL(I)	m	格間 I の長さ
5 B(I)	m	格点 I における塔柱断面の橋軸直角方向の長さ
6 D(I)	m	" 橋軸方向の長さ
7 A(I)	m^2	" 横断面積
8 AI(I)	m^4	" 断面二次モーメント
9 Y1(I)	m	" 縁端距離 (側径間側)
10 Y2(I)	m	" " (中央径間側)
11 S(I)	t	格点 I に作用すると考える塔の自重
12 J		13~19 (荷重データ) の入力 の 個数
13 I		格点番号
14 P1(I)	t	格点 I に作用する沿直集中荷重
15 P2(I)	t	"
16 E1(I)	m	P1(I) の偏心量
17 E2(I)	m	P2(I) "
18 PH(I)	t	格点 I に作用する水平方向集中荷重
19 PW(I)	$\frac{t}{m}$	格間 I に作用する水平方向等分布荷重
20 DEL	m	塔頂の水平移動量
21 SF	m	S(0) の偏心量
22 T	℃	塔柱の温度変化
23 S(0)	t	塔頂に作用するケーブルからの垂直反力
24 CITA	RAD	塔基礎の回転角
25 CK	$\frac{m}{t}$	塔のバネ常数
26 J		曲げ剛性が低下している格点番号
27 EPS0		曲げ剛性の低下の割合
28 CASE		弾塑性座屈荷重を求める場合は0か1を、求めないときは-1
29 ES1	t	弾塑性座屈荷重の初期値 *(≠0)
30 ESS	t	弾塑性座屈荷重を求める場合の増加量 *(≠0)
31 I		入力データのコントロール

* CASE が -1 のときは不要 普通は 1 0 0 0 0 0
 ** " 普通は 1 0 0 0 0 0

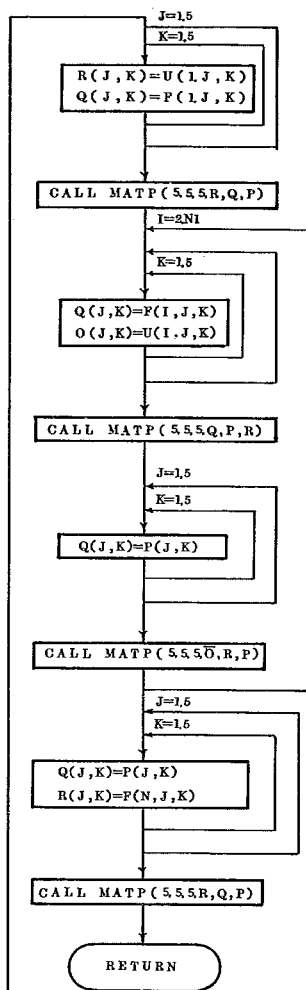
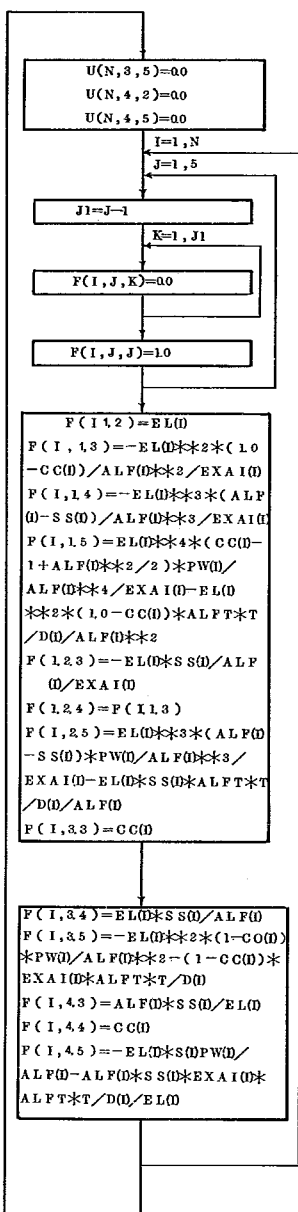
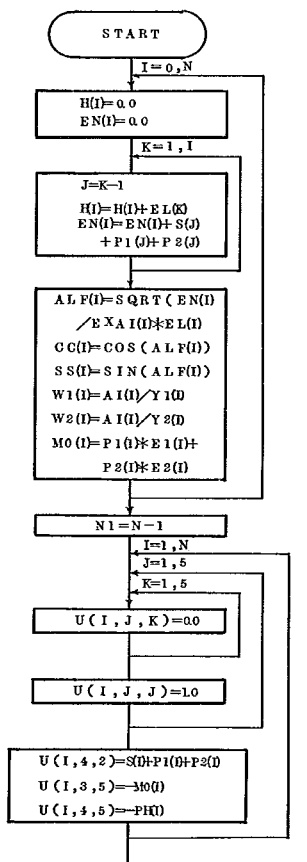
(3) フローチャート
 ○ MAIN PROGRAM



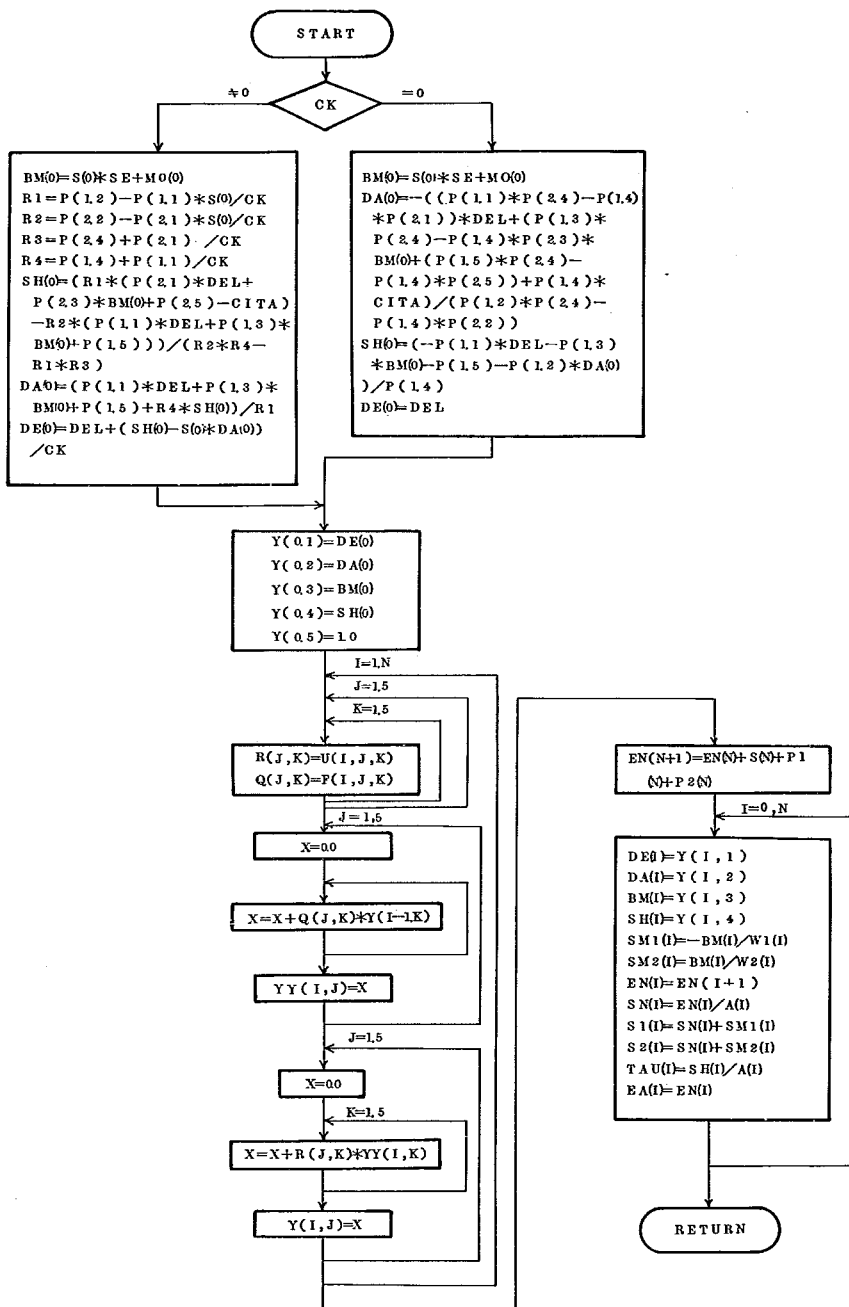
○ SUBROUTINE MATP(L,N,M,P,Q,R)



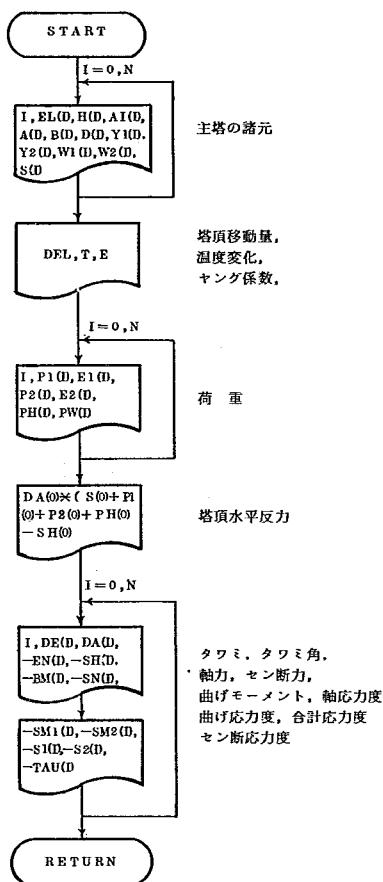
○ SUBROUTINE FELD



O SUBROUTINE STRESS

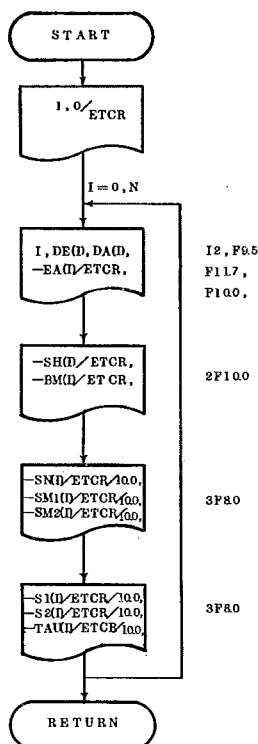


○ SUBROUTINE RESULT



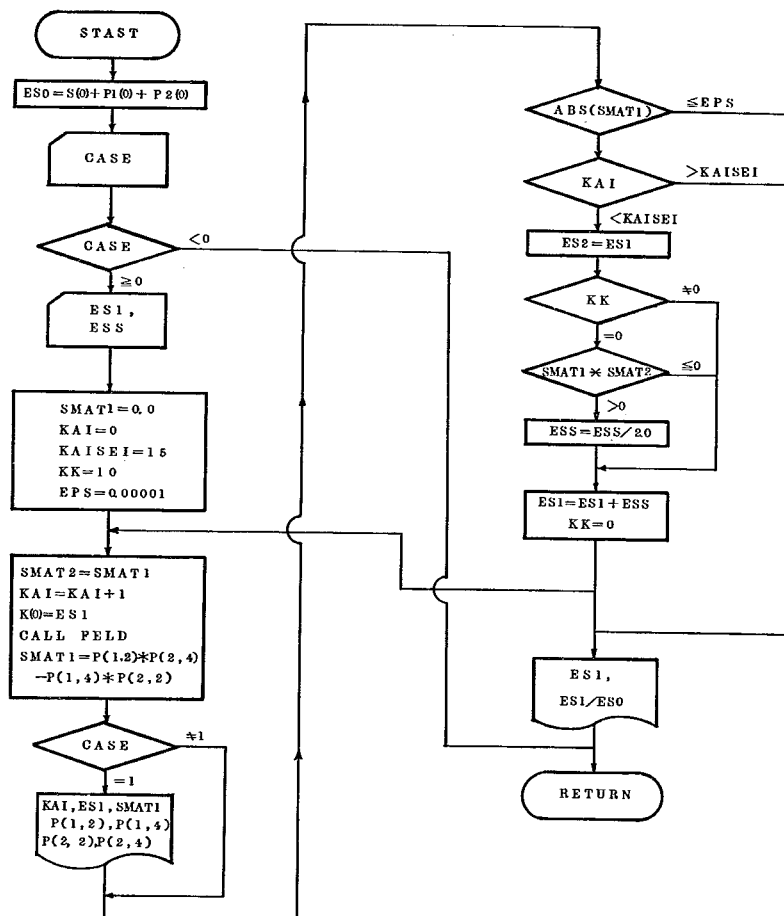
〔入力データと計算結果の印字を行なう。〕
〔応力度等の単位はすべて kg/cm^2 〕

○ SUBROUTINE TABLE



〔荷重の組合せにおいて、許容応力度の割増しのかわりに応力度を求める場合に使用する。〕
〔また、応力度の単位が kg/cm^2 で表示される。〕

O SUBROUTINE PCRTI



```

1      begin
2      comment TOWER NO DANSOSEI KAISEKI PROGRAM (Pcr)      (TOW-5)
3      BRIDGE SECTION OF P.W.R.I. M.C.. DATE 1972/8/25;
4      real E,ALFT,CITA,CK,DEL,SE,T,R1,R2,R3,R4,ESO,ES1,ES2,ESS,EPS,SMAT1,
5      SMAT2,ETCR,EPsy,SIGMA0,EPSo,AREA,VMAX;
6      integer I,J,K,L,M,N,N1,NN,I1,J1,K1,KK,KAI,CASE,KAISEI,ETCI,JJ,JK,OKKEI;
7      array A,B,CC,D,DA,A1,H,EL,EN,BM,SH,DE,M,Y1,Y2,S,W1,W2,ALF,SS,PW,SM1,SM2,
8      SN,S1,S2,TAB,EA,P1,P2,EL,E2,M0,PH,EXAI,EIEFF,SIGNAY,PY,MY,PP,EM,
9      SSH1,PA1,PA2,SSH2,MFC,SSA,SSB,SSC,SSF,DMPDP,SSPAI,PAIY,EPSEI(0:30),
10     U,F(1:30,1:5,1:5),O,P,Q,R(1:5,1:5),Y,YY(0:30,1:5);
11     procedure PRINX(STRING); string STRING; OUTO(2,STRING);
12     procedure EJECT; CRLF(2);
13     procedure MATP(ML,MH,MN,MP,MQ,MR);
14     value ML,MH,MN; integer ML,MH,MN; array MP,MQ,MR;
15     begin integer II,JJ,KK;
16     for II=1 step 1 until ML do
17     for JJ=1 step 1 until MH do
18     begin MR(II,JJ)=0;
19     for KK=1 step 1 until MN do
20     MR(II,JJ)=MR(II,JJ)+MP(II,KK)*MQ(KK,JJ);
21     end;
22     end;
23     procedure FELD;
24     begin
25     for I=0 step 1 until N do
26     begin
27     H(I)=0; EN(I)=0;
28     for K=1 step 1 until I do
29     begin
30     J=K-1;
31     H(I)=H(I)+EL(K);
32     EN(I)=EN(I)+S(I,J)+P1(J)+P2(I);
33     end;
34     ALF(I)=SORT(EN(I)/EXAI(I))*EL(I);
35     CC(I)=COS(ALF(I));
36     SS(I)=SIN(ALF(I));
37     W1(I)=AI(I)/Y1(I);
38     W2(I)=AI(I)/Y2(I);
39     M0(I)=P1(I)*E1(I)+P2(I)*E2(I);
40     end;
41     N1=N-1;
42     for I=1 step 1 until N do
43     begin
44     for J=1 step 1 until 5 do
45     for K=1 step 1 until 5 do
46     if J=K then U(I,J,K)=1 else U(I,J,K)=0;
47     U(I,4,2)=S(I)+P1(I)*2(I);
48     U(I,3,5)=M0(I);
49     U(I,4,5)=PH(I);
50     end;
51     U(N,4,2)=U(N,4,5)=U(N,3,5)=0;
52     for I=1 step 1 until N do
53     begin
54     for J=1 step 1 until 5 do
55     begin
56     for K=1 step 1 until (J-1) do
57     F(I,J,K)=0;
58     F(I,J,J)=1;
59     end;
60     F(I,1,2)=EL(I);
61     F(I,1,3)=-EL(I)+2*(1-CC(I))/ALF(I)+2/EXAI(I);
62     F(I,1,4)=-EL(I)+3*(ALF(I)-SS(I))/ALF(I)+3/EXAI(I);
63     F(I,1,5)=EL(I)+4*(CC(I)-1*ALF(I)+2/2)*PW(I)/ALF(I)+4/EXAI(I)
64     -EL(I)+2*(1-CC(I))*ALFT+T/D(I)/ALF(I)+2;
65     F(I,2,3)=-EL(I)+SS(I)/ALF(I)/EXAI(I);
66     F(I,2,4)=F(I,1,3);
67     F(I,2,5)=EL(I)+3*(ALF(I)-SS(I))*PW(I)/ALF(I)+3/EXAI(I)
68     -EL(I)+SS(I)*ALFT+T/D(I)/ALF(I);
69     F(I,3,3)=CC(I);
70     F(I,3,4)=EL(I)+SS(I)/ALF(I);
71     F(I,3,5)=-EL(I)+2*(1-CC(I))*PW(I)/ALF(I)+2
72     -(1-CC(I))*EXAI(I)*ALFT+T/D(I);
73     F(I,4,3)=-ALF(I)*SS(I)/EL(I);
74     F(I,4,4)=CC(I);
75     F(I,4,5)=-EL(I)+SS(I)*PW(I)/ALF(I)
76     -ALF(I)*SS(I)*EXAI(I)*ALFT+T/D(I)/EL(I);
77     end;
78     for J=1 step 1 until 5 do
79     for K=1 step 1 until 5 do
80     begin
81     R(J,K)=U(1,J,K);
82     Q(J,K)=F(1,J,K);
83     end;
84     MATP(5,5,5,R,Q,P);
85     for I=2 step 1 until N1 do
86     begin
87     for J=1 step 1 until 5 do
88     for K=1 step 1 until 5 do
89     begin
90     Q(J,K)=F(I,J,K);
91     Q(J,K)=U(I,J,K);
92     end;
93     MATP(5,5,5,Q,P,R);
94     for J=1 step 1 until 5 do
95     for K=1 step 1 until 5 do
96     Q(J,K)=P(J,K);
97     MATP(5,5,5,O,R,P);
98     end;
99     for J=1 step 1 until 5 do
100    for K=1 step 1 until 5 do

```

```

101      begin
102      Q(J,K)=P(J,K);
103      R(I,J)=F(I,J,K);
104      end;
105      MATP(5,5,5,R,Q,P);
106    end;
107  procedure STRESS;
108  begin
109    if CK=0 then go to L003;
110    BM(0)=S(0)*SE;
111    R1=P(1,2)-P(1,1)*S(0)/CK;
112    R2=P(2,2)-P(2,1)*S(0)/CK;
113    R3=P(2,4)+P(2,1)/CK;
114    R4=P(1,4)+P(1,1)/CK;
115    BM(0)=BM(0)+M0(0);
116    SH(0)=(R1*(P(2,1)*DEL+P(2,3)*BM(0)+P(2,5)*CITA)
117      -R2*(P(1,1)*DEL+P(1,3)*BM(0)+P(1,5)))/(R2*R4-R1*R3);
118    DA(0)=(P(1,1)*DEL+P(1,3)*BM(0)+P(1,5)+R4*SH(0))/R1;
119    DE(0)=DEL+(SH(0)-S(0)*DA(0))/CK;
120    go to L004;
121  L003:
122    BM(0)=S(0)*SE+M0(1);
123    DA(0)=-(P(1,1)*P(2,4)-P(1,4)*P(2,1))*DEL+(P(1,3)*P(2,4)-P(1,4)*P(
124      2,3))*BM(0)
125      +(P(1,5)*P(2,4)-P(1,4)*P(2,5))+P(1,4)*CITA)/(P(1,2)*P(2,4)-P(1,4)*P
126      (2,2));
127    SH(0)=(P(1,1)*DEL-P(1,3)*BM(0)-P(1,5)-P(1,2)*DA(0))/P(1,4);
128    DE(0)=DEL;
129  L004:
130    Y(0,1)=DE(0);
131    Y(0,2)=DA(0);
132    Y(0,3)=BM(0);
133    Y(0,4)=SH(0);
134    Y(0,5)=1;
135    for I=1 step 1 until N do
136      begin
137        for J=1 step 1 until 5 do
138          for K=1 step 1 until 5 do
139            begin
140              R(I,J,K)=U(I,J,K);
141              Q(I,J,K)=F(I,J,K);
142            end;
143          for J=1 step 1 until 5 do
144            begin
145              real X;
146              X=0;
147              for K=1 step 1 until 5 do
148                X=X+Q(I,J,K)*Y(I-1,K);
149              YY(I,J)=X;
150            end;
151          for J=1 step 1 until 5 do
152            begin
153              real X;
154              X=0;
155              for K=1 step 1 until 5 do
156                X=X+R(I,J,K)*YY(I,K);
157              Y(I,J)=X;
158            end;
159          end;
160          if A(0)<0 then A(0)=A(1);
161          if W1(0)<0 then W1(0)=W1(1);
162          if W2(0)<0 then W2(0)=W2(1);
163          ENIN+1=EN(N)+S(N);
164          for I=0 step 1 until N do
165            begin
166              DE(I)=Y(I,1);
167              DA(I)=Y(I,2);
168              BM(I)=Y(I,3);
169              SH(I)=Y(I,4);
170              SM1(I)=BM(I)/W1(I);
171              SM2(I)=BM(I)/W2(I);
172              EN(I)=EN(I+1);
173              SN(I)=EN(I)/A(I);
174              S1(I)=SN(I)+SM1(I);
175              S2(I)=SN(I)+SM2(I);
176              TAU(I)=SH(I)/A(I);
177              EA(I)=EN(I);
178            end;
179          end;
180        procedure RESULT;
181        begin
182          CRLF(4); PRINTS('##INPUT#DATA'); CRLF(2);
183          SPACE(4); PRINTS('LENGTH##HEIGHT##INERTIA##AREA##SECTION');
184          SPACE(7); PRINTS('EDGE#DISTANS#SEC.#MODULUS##TOWER#HEIGHT');
185          CRLF(1);
186          PRINTS('##J###I#####L#####B#####D#####Y#####S#####');
187
188          PRINTS('##M#####S#####'); CRLF(1);
189          for I=0 step 1 until N do
190            begin
191              OUTP(2,'2D,2(3ZD.3D),8,2(2ZD.5D),4(-ZD.3D)',
192                ,EL(I),H(I),A(I),A(I),B(I),D(I),Y(I),Y2(I));
193              OUTS(2,'2(-ZD.5D),6ZD.2D,/,',W1(I),W2(I),if I=0 then P(0) else S(I));
194            end;
195          CRLF(3);
196          SPACE(65); PRINTS('DEL#'); PRINTF(2,5,DEL); PRINTS('TEMP.#'); PRINTF(2,2,T);
197          PRINTS('C####E ='); PRINTF(8,1,E); CRLF(2);
198          PRINTS('#####VERTICAL#FORCE#####LATERAL#FORCE'); CRLF(1);
199          PRINTS('##J###R1#####R2#####R2#####F#####WL'); CRLF(1);
200          for J=0 step 1 until N do

```

```

201      OUT7(2,'Z0,2(-5ZD.2D,-ZD.3D),-4ZD.3D,-3ZD.3D,/',
202      J,(if J=0 then S{0} else P{J}),E1{J},P2{J},E2{J},PH{J},PW{J});
203
204      ends;
205      if N#12 then EJECT;
206      CRLF(2); PRINTS('##RESULTS OF CALCULATION'); CRLF(3);
207      PRINTS('###=');
208      PRINTF(6.4,(S{Q})=DA{0}*(P{0}+P2{0})=DA{0}+PH{0}-SH{0});
209      CRLF(3);
210      PRINTS('###DEF.###DEF.ANG.###AXI.FORCE###SHEAR###B.MOMENT###NORMAL#');
211      PRINTS('STRESS'); SPACE(47); PRINTS('SHEAR#STRESS'); CRLF(1);
212      PRINTS('J###Y###TAN#####N#####Q#####M#####N/A');
213      PRINTS('#####M/WM#####M/WS');
214      PRINTS('#####SM#####SS#####Q/A'); CRLF(1);
215      for I=0 step 1 until N do
216      begin
217          OUT6(2,'Z0,-ZD.5D,-ZD.7D,-5ZD.4D,-4ZD.4D,-5ZD.3D',
218          I,DE{I},DA{I},-EN{I},-SH{I},-BM{I});
219          OUT6(2,'6(-6ZD.3D,/',-SH{I},-SM{I},-SM2{I},-S1{I},-S2{I},-TAU{I});
220      end;
221      CRLF(2);
222  end;
223  procedure PCRTI;
224  begin
225      ES0=S{0}+P{0}+P2{0};
226      READ(CASE);
227      if CASE<0 then go to L007;
228      READ(ES1,ESS);
229      if ES1#500.0 then ES1=500.0; SMAT1=0;
230      if ESS#1000.0 then ESS=1000.0;
231      KAI=0; KAISEI=20; KK=10; EPS=-6;
232      if CASE=1 then PRINX('S/,'##KAI#####PcI#####SMAT',/');
233
234      L05: SMAT2=SMAT1; KAI=KAI+1; S{0}=ES1;
235      FELU;
236      SMAT1=P{1,2}*P{2,4}-P{1,4}*P{2,2};
237      if CASE=1 then
238      begin PRINTI(4,KAI); PRINTF(6.3,ES1); PRINTF(1.9,SMAT1); PRINTR(7,P{1,2});
239          PRINTR(7,P{1,4}); PRINTR(7,P{2,2}); PRINTR(7,P{2,4}); CRLF(1);
240      end;
241      if ABS(SMAT1)#EPS v KAI>KAISEI then go to L06;
242      ES2=ES1;
243      if KK=0 ^ SMAT1#SMAT2>0 then ESS=ESS/2;
244      ES1=ES1+ESS;
245      if KAI#2 v SMAT1#SMAT2>0 then go to L05;
246      ESS=-ESS/2;
247      ES1=ES2+ESS;
248      KK=0;
249      go to L05;
250
251      L06:
252      if CASE=1 then PRINX('/,53('##'),'OK....',/');
253      PRINX('/,5B,'CRITICAL#LOAD#=''); PRINTF(6.2,ES1);
254      PRINX('/,5B,'SAFETY#FACTOR #=''); PRINTF(4.4,ES1/ES0);
255      PRINTS('###PcI#####P#=''); PRINTF(6.2,ES1); PRINTS('/');
256      PRINTF(6.2,ES0); CRLF(1);
257
258      L07: LU07;
259      VHAX=ES2+SMAT2*(ES1-ES2)/(SMAT2-SMAT1);
260      PRINTS('#####VHAX='); PRINTF(7.2,VHAX); CRLF(1);
261  end;
262  procedure TABLE;
263  begin
264      CRLF(1); SPACE(22); PRINTS('1/'); PRINTF(1.2,ETCR);
265      CRLF(2);
266      PRINTS('###DEF.###DEF.ANG.###AXI.FORCE###SHEAR###B.MOMENT###NORMAL#');
267      PRINTS('STRESS'); SPACE(47); PRINTS('SHEAR#STRESS'); CRLF(1);
268      PRINTS('J###Y###TAN#####N#####Q#####M#####N/A');
269      PRINTS('#####M/WM#####M/WS');
270      PRINTS('#####SM#####SS#####Q/A'); CRLF(1);
271      for I=0 step 1 until N do
272      begin
273          OUT6(2,'ZD,-ZD.5D,-ZD.7D,-7ZD.5B,-6ZD.3B,-7ZD.3B',
274          I,DE{I},DA{I},-EAI{I}/ETCR,-SH{I}/ETCR,-BM{I}/ETCR);
275          OUT6(2,'6(-7ZD.3B,/',-SM{I}/ETCR/10.0,-SM1{I}/ETCR/10.0,-SM2{I}/ETCR/10.0,
276          -S1{I}/ETCR/10.0,-S2{I}/ETCR/10.0,-TAU{I}/ETCR/10.0);
277      end;
278      CRLF(2);
279  end;
280  procedure MAINPR;
281  begin
282      comment MAIN PROGRAM;
283      START:
284      READ(N,E,ALFI);
285      for I=0 step 1 until N do
286      begin
287          READ(DEL,I,B{I},D{I},A{I},AI{I},Y1{I},Y2{I},S{I});
288          L01: READ(J);
289          for K=1 step 1 until J do
290          begin
291              READ(I,P1{I},P2{I},E1{I},E2{I},PH{I},PW{I});
292              L02: READ(DEL,SE,T,S{0},CITA,CK);
293              for J=0 step 1 until N do
294              begin
295                  EXAI{J}=E-AI{J};
296                  L03: READ(J);
297                  if J>N then go to L04;
298                  READ(EPS0);
299                  EXAI{J}=EXAI{J}*EPS0;
300                  go to L03;
301              end;
302          end;
303          L04: FELU;
304          STRESS;
305          RESULT;
306          PCRTI;
307          AREA=0;

```

```

301      for J = 1 step 1 until N do
302          AREA=AREA+(EXAI(J-1)+EXAI(J))*0.5*EL(J);
303      PRINTS('#####AREA='); PRINTF(5.5,AREA/E); CRLF(1);
304  L06: EJECT;
305      PRINT('68,MOMENT#INERTIA');
306      for I=0 step 1 until N do
307          begin
308              OUT4(2,'3ZD,3(-4ZD.7D2R),/',I,AI(I),EXAI(I)/E,EXAI(I)/E/AI(I));
309          end;
310      CRLF(3);
311      FICR=1.0;
312      TABLE;
313      EJECT;
314  current NEXT DATA      CGNTRL;
315      READ(1);
316      if I=1 then go to L01 else
317      if I=2 then go to L02 else
318      if I=3 then go to L03 else
319      if I=4 then go to L04 else
320      if I=5 then go to START else
321      if I=0 then go to L00;
322  DWARI:
323      end;
324      MAINPR;
325  end;

```

吊橋主塔の極限耐荷力

土木研究所資料第802号
昭和48年3月(1973)

国広哲男・藤原 稔
井刈治久・武田亘弘

キーワード：吊橋主塔、極限耐荷力、荷重係数

要 旨 本州四国連絡架橋計画における7つの吊橋の主塔について死荷重(D)および活荷重(L)のみを考慮し、 $\alpha D + \beta L$ という荷重の組合せにおいて、 $\alpha = 1.0, 1.2, 1.4, \beta$ の4つの場合について、それぞれ β を増加させていったときの主塔の極限耐荷力を求めた。

その結果上記の7つの吊橋は死荷重および活荷重に対して十分な大きさの荷重係数を有し、いずれの場合の極限耐荷力も設計値の約2倍であることがわかった。



郵便はがき

は 十
つ 円
て 切
下 手
さ を

2 8 0 - □ □

建設省土木研究所
橋梁研究室
御中

千葉県千葉市穴川
四丁目十二番五二号

No. 31

No. 31

配布先氏名

配布先住所





土木研究所資料第 8 0 2 号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印

