

川崎重工業株式会社坂出工場納
大形造船用ガントリークレーン
 Goliath Crane for Mammoth Ship Building

松川安広* 木山克己* 尾島治祐**
 Yasuhiro Matsukawa Katsumi Kiyama Jisuke Ojima

要 旨

川崎重工業株式会社新設坂出工場マンモスドック用として 200 t×102 m ガントリークレーン 2 基を製作し、1967 年 6 月引き渡しを完了した。

本機は、その規模において世界最大級のものであり、また機械部分、鉄構部分および据付方法などについて各種の新しい構造と方式が採用されている。本稿は、本機の特長と新しい構造方式の採用に当たり検討を加えた点について述べたものである。

1. 緒 言

従来造船用のクレーンとしては、作業性がよく、容易に高い揚程が得られることおよび数台のクレーンを近接して配置することにより種々の大きさの材料を運ぶに便利なことから、塔形水平引込クレーンが多く用いられてきた。しかし、近年世界的に船舶の大形化と工期短縮の要請が強まり、これに伴ってブロック建造方式は急速な発展をとげ、これに用いられるクレーンにおいても著しい変革がみられるに至った。すなわち 1 ブロックの大きさは 200~300t が一般的となり、これら大形ブロックの運搬と反転や位置合わせのための正確なハンドリングに対して、塔形水平引込クレーンに代わりここに紹介する大形ガントリークレーンの優位性が認められるに至った。その後数年間に大形ガントリークレーンは飛躍的に発展し、今日の隆盛をみるに至っている。

今回、川崎重工業株式会社坂出工場向けに、200 t×102 m ガントリークレーン 2 基を製作した。これはスパン、リフトとも世界最大級のもので、1967 年 6 月引き渡しを完了した。図 1 および表 1 にその全景とおもな仕様を示す。本稿では、本クレーンの機械・鉄構部分について構造、特長、設計に際しての問題点および据付方法などについて述べる。

2. 機 械 部 分

2.1 ト ロ ロ リ

ブロックを能率よく容易に反転するため 2 トロリ方式を採用した。すなわち図 2 に示すような、下面開放のボックスガーダ上面に 2 フックを有する上トロリを、またガーダ内に 1 フックを有する下

トロリを配置し、上下トロリが互いに干渉することなく横行できるようにした。これによりブロックをつり変えなしで容易に反転することができる。

次にトロリ形式としては上下 2 トロリとも、クラブトロリ式とロープトロリ式の両者の長所をとり入れた独特のセミロープトロリ式を採用した。これは巻上ウインチをガーダ内機械室に固定し、横行装置と巻上シーブとをトロリ上に設けたもので、トロリ自重はロープトロリ式程度に軽くなり、かつ横行操作はクラブトロリと同様に円滑な運転が可能である。

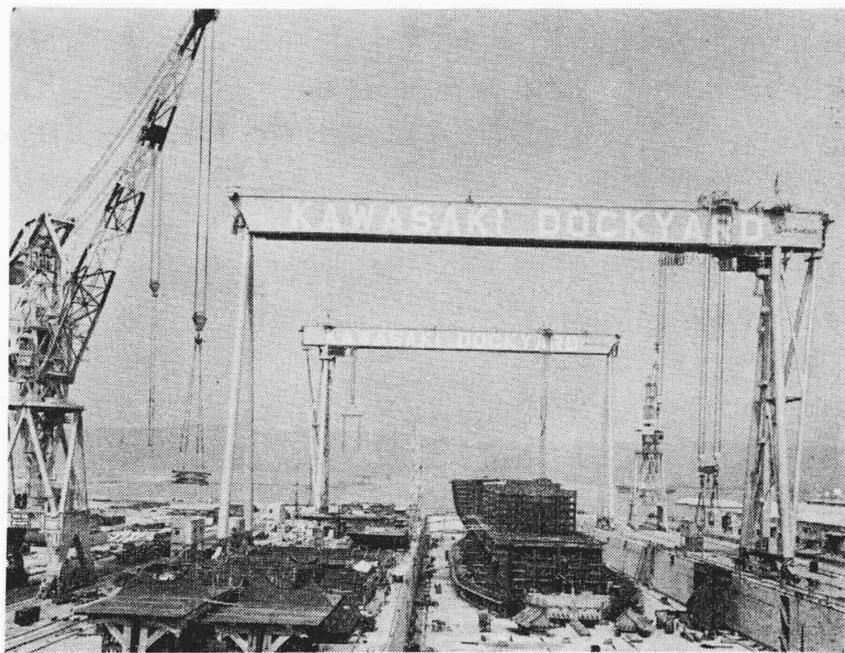


図 1 200 t ガントリークレーン

表 1 クレーンのおもな仕様

定 格 荷 重 (フック下荷重)	合 計	200 t (試験荷重 250 t)
揚 程	主 卷	上トロリ 100 t×2, 下トロリ 120 t
	補 卷	下トロリ 5 t
ス パ ン	主 卷	レール面上 55 m+面下 11 m=66 m
	補 卷	レール面上 60 m+面下 11 m=71 m
ホイルベース		102 m
上トロリフック間隔		25 m
巻 上	主 卷	微速 0.8 m/min, 遅巻 8 m/min, 早巻 (ただし 35 t 以下) 16 m/min
	補 卷	40 m/min
速 度	横 行	微速 4 m/min, 定格 40 m/min
	走 行	微速 4 m/min, 定格 40 m/min
電 源	受 電	AC 6,600 V 60 c/s
	主回路	AC 440 V 60 c/s
	操 作	AC 100 V 60 c/s
走行レール		100 kg/m

* 日立製作所亀有工場

** 日立工事株式会社

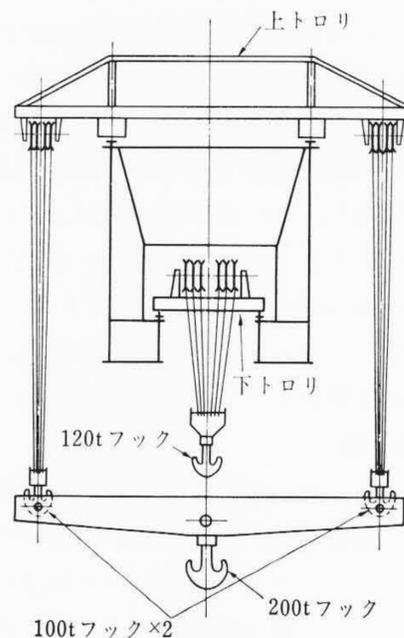


図 2 上下トロリの配置

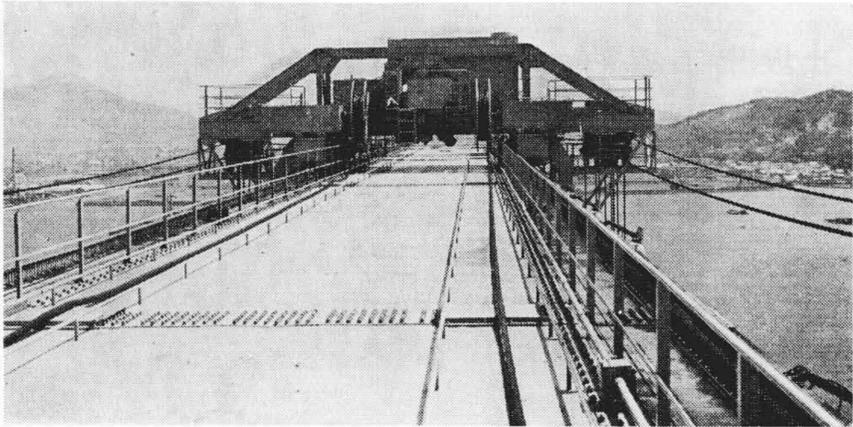


図3 上トロリ

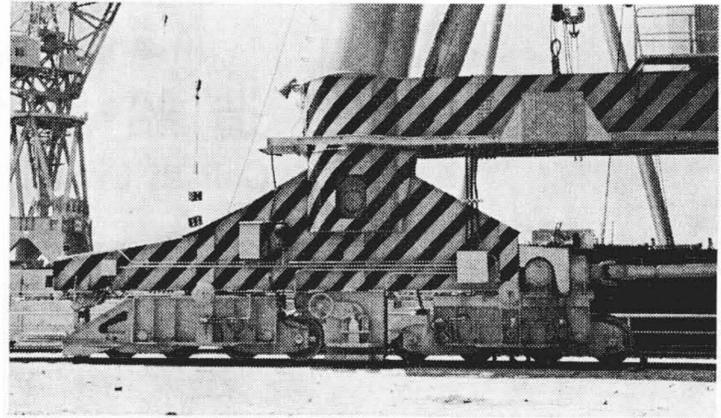


図5 走行装置

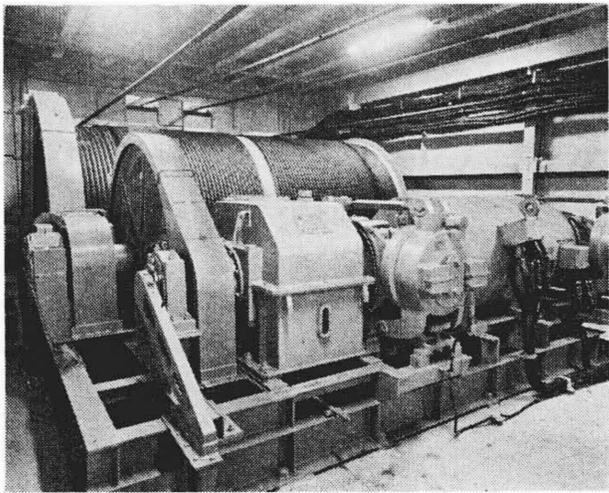


図4 巻上ウインチ



図6 斜行検出装置



図7 運転室内部

上トロリは、横行装置、シーブブロックのほかにフック間隔調整装置を備え、ガーダ上面を横行する(図3)。フックの間隔調整は、左右のシーブブロックを移動台車に乗せ、最小9mから最大11mの範囲で任意に調整できるようにしたもので、ブロックの形状、大きさに応じて、つり上位置が容易に選択できるようになっている。下トロリは、横行装置、シーブ、5t補巻装置などを備え、ガーダ内を横行する。

2.2 巻上装置

ガーダ内を上下2段に仕切り、上段の剛脚寄りに図4に示すような巻上ウインチを上トロリ用として2セット、揺脚寄りに下トロリ用1セット計3セットを配置している。構造はいずれも直流電磁ブレーキ付の親モータと、その約1/10の容量の子モータとを遊星歯車式減速機を介して配置したいわゆる親子モータ式で、親モータと子モータとを同時またはそれぞれ単独に駆動することができ、必要に応じ定格速度の2倍から1/50程度の微速まで変えることができる。

一方上トロリ用100tフック×2、下トロリ用120tフック×1は、それぞれ前記3セットの巻上装置により単独に駆動されるが、上トロリ2フックあるいは上下トロリ3フック間で共づりを行なう場合には巻上揃速運転を行なうことができる。すなわち各ウインチ間を機械的あるいは電氣的に連結して、それぞれの出力軸回転角度の差を差動歯車装置に伝達し、この差が規定値以上になると子モータを動作させて補正を行なうようになっている。規定値はフック間隔10mで最大約300mmである。

また1フックに対し1セットの荷重計を取り付け、過負荷時とアンバランス発生時には警報を発するしくみである。

2.3 横行装置

一般のクレーンと異なり、大荷重のブロック反転や、斜め引きなど特殊な使用条件があるため、横行の際スリップのない構造が必要である。このため上下トロリとも横行レールわきのガーダ全長にわたりギヤラックを設置し、横行最終段ピニオンとかみ合わせて完全にスリップがないようにした。横行駆動装置は上下トロリとも前述

の巻上装置と同様の親子モータ式で、子モータ駆動による微速運転が可能である。

2.4 走行装置

図5に走行トラック部分を示す。前述の巻上、横行と同様の親子モータ式駆動装置を各脚に1セット計2セットを設置し、32輪中16輪を駆動している。本クレーンのように長いスパンでしかもリフトが高い場合の問題点の一つとして、両脚間に生ずる斜行をいかに補正するかという問題がある。本クレーンでは揺脚とガーダとを取り合うピボット軸受部において、両者の相対的ねじり変位量を検出し、これをレバーおよびギヤで機械的に増幅し、変位量の大きさに応じて斜行補正あるいは走行停止などの指令を与えている。この指令により前述の親子モータ式駆動装置の子モータ回路を開閉し、完全な走行揃速運転を行なっている。検出装置を図6に示す。

クレーンの突風による逸走防止のため各走行レールに2セット、計4セットの油圧駆動のバネ式レールクランプを設け、さらに暴風

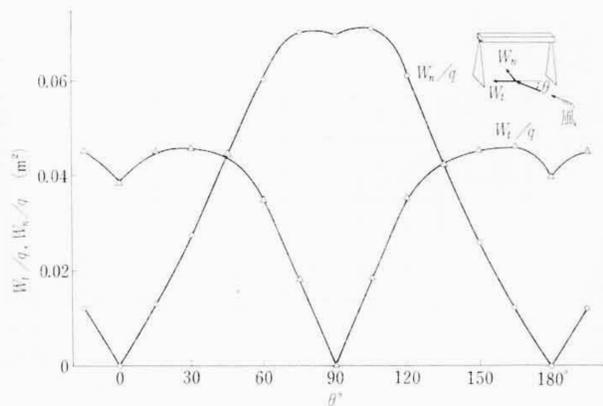
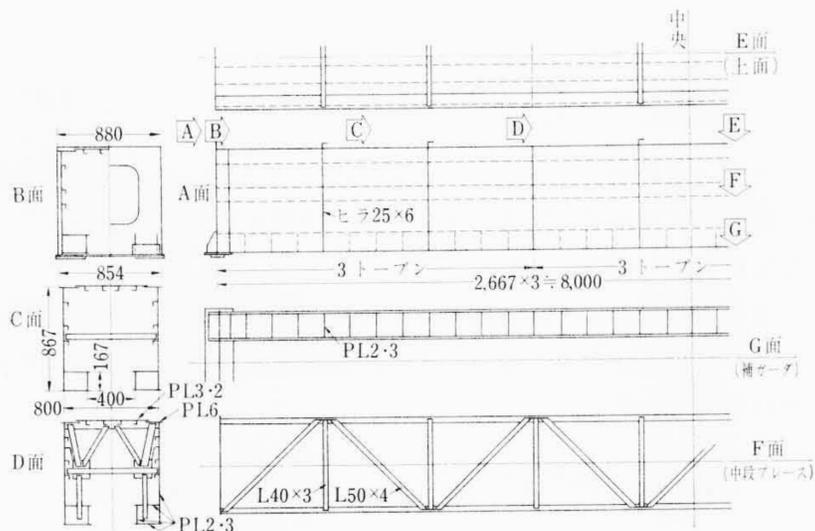
図8 風向角 θ を変えたときの $W_n/q, W_i/q$ の値

図9 モデルガーダの概略図

時の逸走防止に対しては、押ボタン操作式のアンカーをレールクレーンと同じく4セット設け水平力と上向力を受けさせている。

2.5 その他

本クレーンの高さはほぼ70mに及ぶので、運転、保守を便にするため剛脚中央に押ボタンコントロール式の積載荷重300kgの自動人貨用エレベータを設けている。

また運転室は補ガーダ片側下面に設けた横行レールに懸垂し、スパン内を自由に横行するとともに、 ± 180 度の旋回もできるようにしてある。図7は室内機器の配置を示したものである。

200t以上400tまでのブロックあるいは長物をつる場合、2台のクレーンを14mまで接近させ、両脚をカプラーで機械的に接合して、クレーン2台での並行運転を行なうことができる。

3. 鉄構部分

3.1 風圧の実験

鉄構部分が受ける風圧については従来の文献^{(1)~(4)}でほぼ解明されていたが、このガーダが下面開放形であるため、水平方向からの風により浮上り力が生ずるのではないかと若干の不安があり、また脚部をパイプ構造とした場合、パイプ部分の重なりの影響についてやや資料不足であった。さらに本機については暴風時風圧力が300~400tという大きな値になることが予想され、輪重、安定度など各部に及ぼす影響が大きいため実験により確かめることにし、縮尺1/150の模型を作り東京大学工学部航空学科の1.5mゲッチング形風洞により風圧の実験を行なった。

図8は実験結果の一例であるが、実験に用いた風速は15m/sで、模型に対する風向角 θ を15度ずつ変えて実験した。測定した風圧力はガーダ軸に対して直角な方向と平行な方向とに分けて示してある。また実験風速のバラツキの影響を受けないように、測定した風圧力を速度圧で割ったもので示してある。この図によれば、最大垂直力は θ が75度、最大接線力は θ が30度の付近においてそれぞれ

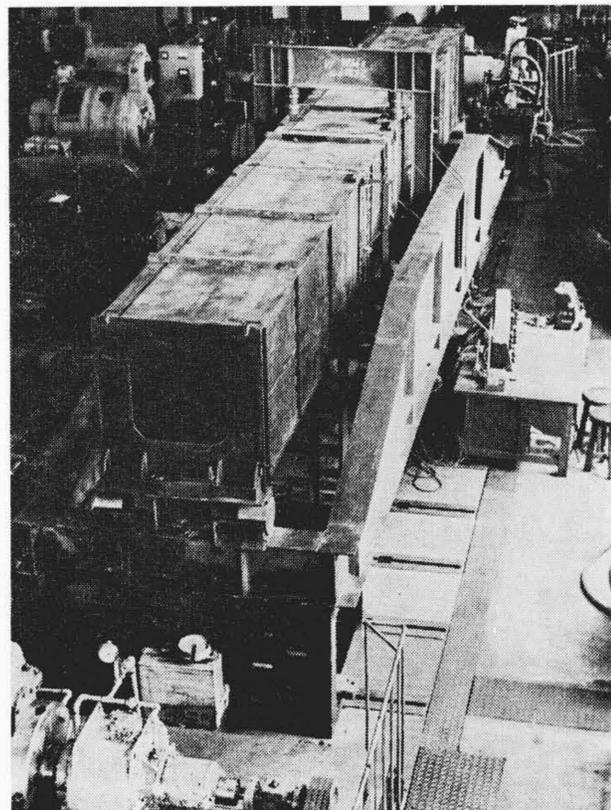


図10 モデルガーダによる荷重試験の状況

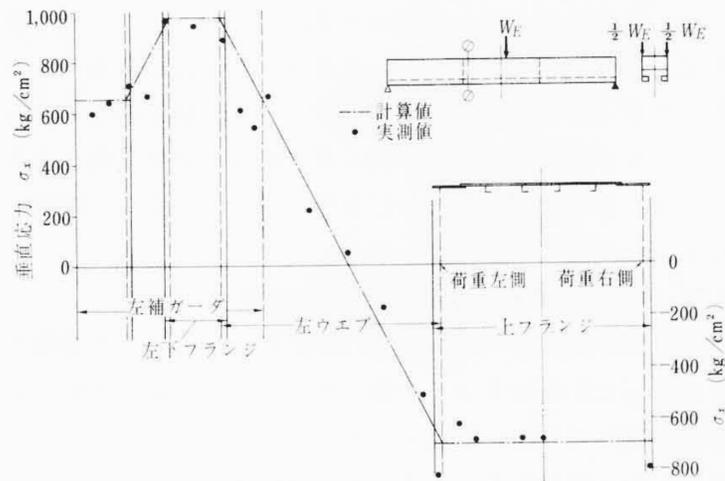


図11 上荷重が作用したときのフランジおよびウェブの長手方向垂直応力の分布(断面1)

現われ、従来の常識と一致する。また最大垂直力について、これをもとに実機の風圧を推定したが、その値は計画当初に行なった計算に対して約10~12%下まわり、仰角10度の吹き上げによる揚力も非常に小さく、クレーンの転倒のおそれはないことがわかった。

3.2 モデルガーダによる荷重試験

本ガーダのように全体が薄板構造よりなり、しかも開放断面形状となっているガーダは内外にも例はなく、したがって未知の点も少なくないので実機の1/7.5の縮尺のモデルガーダを製作し、構造力学的解析を試みた。ただしガーダの長さは実機の全長の約3/5をきりとしたものにしてある。

3.2.1 実験装置および方法

図9にモデルガーダの概略形状を、図10にその実験の状況を示す。モデルガーダの支持点は、一端を2個のローラで、他端を一点のピボットで支持して偏心荷重による影響を測定できるようにした。応力測定には電気抵抗線ひずみ計を用い、たわみおよび変形量の測定にはダイヤルゲージを使用した。

3.2.2 実験結果の検討および実機に対する推定

実験結果の一例を図11に示す。これは、上荷重が両セクショントラスの中間に作用した状態であるが、上フランジ中央部の応力が計算値よりもやや低く、フランジ縁部でやや高くなる傾向を除いては計算値とかなりよく一致している。フランジ縁部の応力が高くなる傾向は、補ガーダに荷重をかけた場合もほぼ同様である

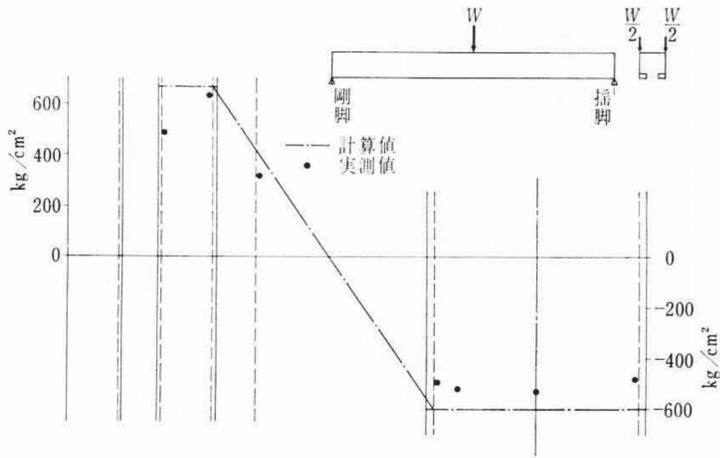


図12 実機ガーダの応力測定結果

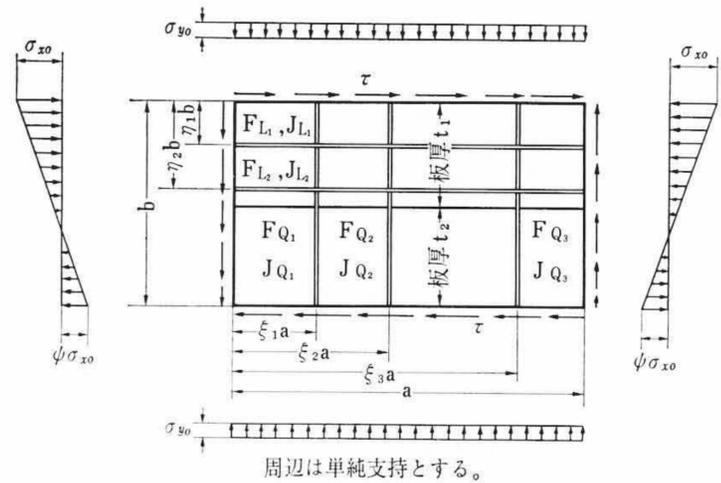


図13 補剛方形板

が、セクショントラス部においてはその傾向は少ない。この原因としては、実験では装置の規模に制限があり、前述のように長さに対して部分模型で実験したためスパンに対する断面の剛性が実機に比べて大きく、曲げねじれによる二次応力が生じたものと考えられる。

詳細は省略するが偏心荷重によるせん断応力の分布は計算結果とほぼ一致しており、ねじり変形は計算値よりやや下まわる値を示した。これらのことから補剛ガーダにもねじりによるせん断応力が生じ、ブレースで囲む大ボックスとともにねじりモーメントを分担して受け持っていることが推定できる。以上のことから実機に関しても本実験と同様に、ガーダ全断面が有効に働くとみることができ、偏心荷重によるねじりモーメントは完全に剛脚へ伝達されることが推定できた。

3.2.3 実機ガーダの応力測定とその結果

応力測定の結果の一例を図12に示す。測定値は計算値より多少下まわったがかなりよく一致している。計算値より低いのは、計算に算入していない横行レール、ギヤラック、歩道などの影響によるものと思われる。モデルガーダ実験においてフランジの縁部の応力が局部的にやや高い傾向を示したが、実機ではほとんどその傾向は見られなかった。

3.3 格子状補剛方形板の計算

クレーンガーダなど平板から成る構造物で、重量軽減を目的として薄板で作られたものにおいては平板の座屈問題は構造物の設計上重要な問題となる。本機のクレーンガーダ設計に際して、その板厚をできるだけ薄くし、有効にステイフナを配置して座屈強度を高める目的でこの問題を取りあげ、電子計算機用プログラムを作成して計算を行ない重量軽減を図った。

図13に示すように、補剛方形板に曲げ応力 σ_x (または長手方向圧縮応力 σ_x)、垂直方向圧縮応力 σ_y およびせん断応力 τ が同時に作用して補剛板が座屈をはじめたとする。周辺単純支持とした場合、座屈時の板の面外たわみは次のような二重級数の和として表わすことができる。

$$W(x, y) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} A_{mn} \sin \frac{m\pi x}{a} \sin \frac{n\pi y}{b} \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 m, n はそれぞれ長手方向および垂直方向に生ずる半波長の数である。いま板面と、それに取り付けられているステイフナがいっしょに座屈するものとすれば、板面もステイフナも(1)式による変形をする。したがってステイフナおよび板面にたくわえられるひずみエネルギーを内部エネルギーとし Ba で示すことにする。

一方、図に示すような外力が同時に作用している場合、おのおのの外力がなす仕事の合計を Aa とする。

座屈限界の条件は内部エネルギーと、外部仕事の関係から次式で示される⁽⁵⁾⁻⁽⁸⁾。

$$\frac{\partial Ba}{\partial A_{mn}} - \frac{\partial Aa}{\partial A_{mn}} = 0 \dots\dots\dots (2)$$

したがって板面と各ステイフナの内部エネルギーと外部仕事とを、解析的に求めて(2)式の条件を満たす値を求めればよい。

3.3.1 計算式

まず板面について板面内部エネルギーを求める。板面に(1)式で示すたわみが生じた場合、その板面には次のような内部エネルギーがたくわえられる。

$$Ba(PL) = \frac{\sigma_e b^2}{2\pi^2} \int_0^a \left\{ t_1 \int_0^{\frac{b}{2}} K dy + t_2 \int_{\frac{b}{2}}^b K dy \right\} dx$$

$$\text{ここに、} K = \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} \right)^2 - 2(1-\nu) \left\{ \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} - \left(\frac{\partial^2 W}{\partial x \partial y} \right)^2 \right\}$$

上式を積分すれば

$$Ba(PL) = \frac{\pi^2 \sigma_e}{8\alpha^3} \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) (\sum \sum (m^2 + \alpha^2 n^2)^2 A^2_{mn})$$

したがって

$$\frac{\partial Ba(PL)}{\partial A_{mn}} \cdot C = \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) (m^2 + \alpha^2 n^2)^2 \cdot A^2_{mn} \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{ただし、} C = \frac{4\alpha^3}{\pi^2 \sigma_e}, \quad \alpha = \frac{a}{b}$$

次に板面曲げ外部仕事を求める。

板面の長手方向に作用する曲げ応力または圧縮応力 σ_x による仕事は、

$$Aa(PL_{\sigma_x}) = \frac{\sigma_x}{2} \int_0^a \left\{ t_1 \int_0^{\frac{b}{2}} K' dy + t_2 \int_{\frac{b}{2}}^b K' dy \right\} dx$$

$$\text{ここに、} K' = \left[1 + (\phi - 1) \frac{y}{b} \right] \left(\frac{\partial W}{\partial x} \right)^2$$

上式を積分すれば

$$Aa(PL_{\sigma_x}) = \frac{\pi^2 \sigma_x}{16\alpha} \left\{ \frac{(3t_1 + t_2) + \phi(t_1 + 3t_2)}{4} \right\} \sum \sum m^2 A^2_{mn} - \frac{\sigma_x}{8\alpha} (\phi - 1) \sum m^2 \sum \sum A_{mn} A_{mq} \{R\}$$

$$\text{ただし、} R = \frac{1}{(n+q)^2} \left(t_2 \cos(n+q)\pi + (t_1 - t_2) \cos \frac{n+q}{2} \pi - t_1 \right) - \frac{1}{(n-q)^2} \left(t_2 \cos(n-q)\pi + (t_1 - t_2) \cos \frac{n-q}{2} \pi - t_1 \right)$$

したがって

$$\frac{\partial Aa(PL_{\sigma_x})}{\partial A_{mn}} \cdot C = \frac{\alpha^2}{2} \left\{ \frac{(3t_1 + t_2) + \phi(t_1 + 3t_2)}{4} \right\} m^2 \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_e} \cdot A_{mn} - \frac{8\alpha^2}{\pi^2} (\phi - 1) \left(\frac{t_1 + t_2}{2} \right) m^2 \cdot \sum \frac{nq}{(n^2 - q^2)^2} \cdot \frac{\sigma_x}{\sigma_e} A_{mq} \dots\dots\dots (4)$$

を得る。

以下同様に板面に関して、垂直方向圧縮応力 σ_y およびせん断応力 τ による外部仕事を求める。また各スティフナについてもスティフナにたくわえられる内部エネルギーおよび外力による外部仕事を求めて A_{mn} で偏微分する。ここでは紙面の都合上記述を省略する。

(3)式および(4)式の例からもわかるとおり、内部エネルギーは(1)式によるたわみ状態のみから決まるが、外部仕事は外力として作用する σ_x, σ_y および τ がそれぞれ関係してくる。いま座屈係数として、 $K_x = \sigma_x / \sigma_e, K_y = \sigma_y / \sigma_e, K_\tau = \tau / \sigma_e$ を導入する。

外部仕事に関する偏微分式は、すべて K_x, K_y, K_τ に比例した項で表わすことができる。

次に組合せ外力が作用している場合、図13に示す応力状態を無次元化して次のように応力比を取ることにする。

$$\left. \begin{aligned} \rho_{xx} &= \frac{\sigma_x}{\sigma_e} = 1.0 \\ \rho_{yx} &= \frac{\sigma_y}{\sigma_x} = \frac{\sigma_y / \sigma_e}{\sigma_x / \sigma_e} = \frac{K_y}{K_x} \\ \rho_{\tau x} &= \frac{\tau}{\sigma_x} = \frac{\tau / \sigma_e}{\sigma_x / \sigma_e} = \frac{K_\tau}{K_x} \end{aligned} \right\} \dots\dots(5)$$

したがって

$$\left. \begin{aligned} K_y &= \rho_{yx} \cdot K_x \\ K_\tau &= \rho_{\tau x} \cdot K_x \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6)$$

を得る。

座屈限界の条件は(2)式で表わされるから、これより A_{mn} についての mn 元連立方程式を得る。 $\partial B a / \partial A_{mn}, \partial A a / \partial A_{mn}$ の係数部をマトリックス B, A とし、 A の中には前に述べたように組合せ外力による座屈係数 K が含まれている。したがってこれを除いたマトリックスを A' で表わせば、(2)式を満足する0でない A_{mn} が存在するためには、

$$|B - KA'| = 0$$

なる条件が成立しなければならない。 K を行列式の固有値と考えると K を求めればよい。

ここで求める K は、解の中の最小の正の数でなければならない。 K を求める解法としては、反復法としての近似解法である Rayleigh-Quotient の解法を用いた。

3.3.2 計算結果の検討と応用

本プログラムによって計算した結果の一例を表2に示す。ここにあげた例は従来の文献(9)によって与えられているものとの比較であるが、各値ともよく一致しており、計算は正しく行なわれているものと推定できる。

計算を本クレーンガーダに適用した結果、ガーダのデブス 6.5m に対し、腹板は 19mm および 10mm とすることができた。

4. 据え付け

前述のように本機は、造船組立用としては世界的記録品であり、現地における組み立て・据え付けについても従来のこの種クレーンの組立要領そのままではなく、取り扱う部品の単位ブロックが一段と大きいことを考え、できるだけ単純でしかも安全確実な方法で行なう必要があった。本据付工事での最大の工事は、ガーダ本体(デブス 6.5 m, 幅 6 m, 全長約 111.5 m, 重量約 500 t)を地上約 70 m の高

表2 結果の一例

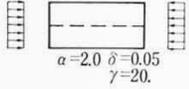
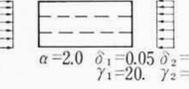
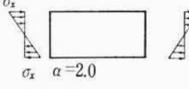
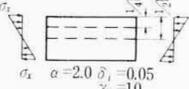
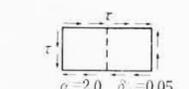
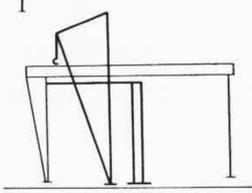
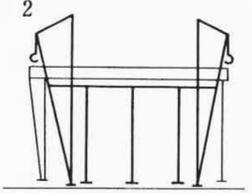
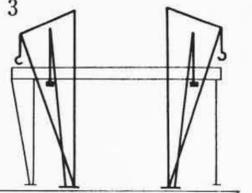
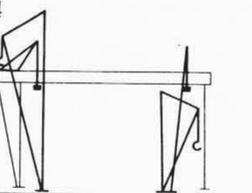
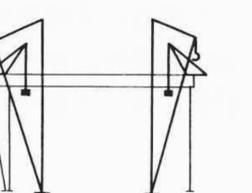
補剛板の状態	文献によって得た座屈係数	本プログラムによる座屈係数
① 	(7) $K\sigma_x = \frac{(1+\alpha^2)^2 + 2\gamma}{\alpha^2(1+2\delta)}$ =14.60	$K\sigma_x = 14.85$
② 	(7) $K\sigma_x = \frac{(1+\alpha^2)^2 + 3\gamma}{\alpha^2(1+3\delta)}$ =18.45	$K\sigma_x = 18.44$
③ 	(7)(9) $K\sigma_x = 23.9$	$K\sigma_x = 23.91$
④ 	(5) $K\sigma_x = 80.5$	$K\sigma_x = 80.46$
⑤ 	(9) $K_\tau = 4.93(1+\alpha^2)/\alpha^3\sqrt{\zeta}$ $\zeta = \frac{10.24(1+\alpha^2)^2 + 0.41(1+9\alpha^2)^2 + 13.11\gamma\alpha^3}{(1+\alpha^2)^2(1+9\alpha^2)^2 + 162\gamma\alpha^3(1+\alpha^2)^2 + 2\gamma\alpha^3(1+9\alpha^2)^2}$ + $\frac{10.24(1+\alpha^2)^2 + 3.16(9+\alpha^2)^2 + 4.05\gamma\alpha^3}{(1+\alpha^2)^2(9+\alpha^2)^2 + 2\gamma\alpha^3(9+\alpha^2)^2 + 2\gamma\alpha^3(1+\alpha^2)^2}$ $K_\tau = 10.0$	$K_\tau = 10.2$

表3 ガーダ上架方法の比較

作業方法	1 	2 	3 	4 	5 
安全および確実性	高所作業の安全対策が最も必要。接合部取寸法不適時の修正が困難である	1の安全対策と同時に暴風時の対策がほかに比べ最も必要である	両脚部の取合、接合および重量物つり上げに検討を要する	ガーダの取合、接合および重量物つり上げに検討を要する	揺脚部の補強、ガーダの取合、接合および重量物つり上に検討を要する
施工要領できばえ	高所作業のため細かい手直し作業が困難である	1と同じ	地上にて機械および電気工事が可能である	3と同じ	3と同じのほか、揺脚部の補強が必要である
仮設機器量および保有工具の活用性	仮設機器量が最も少なくよい。また特殊機器工具も少なくすむ	仮設機器量が多い。特殊機器工具は1より多く必要	仮設機器量は最大である。また専用機器工具が多く必要	仮設機器量は1より多くいるが2より少なくよい。専用機器工具は3よりやや多く必要	仮設機器量は4より多く必要。専用機器工具は4よりさらに多く必要である
工事期間の長短	最も長期間かかる	1よりやや短い	4よりやや長い	2より短かく最も短い	3とはほぼ同期間である
作業員の技能度	高所作業経験者が多く必要である	1と同じ	工事段取の経験技能者を多く必要とする	3よりやや少なくよい	3とはほぼ同じ

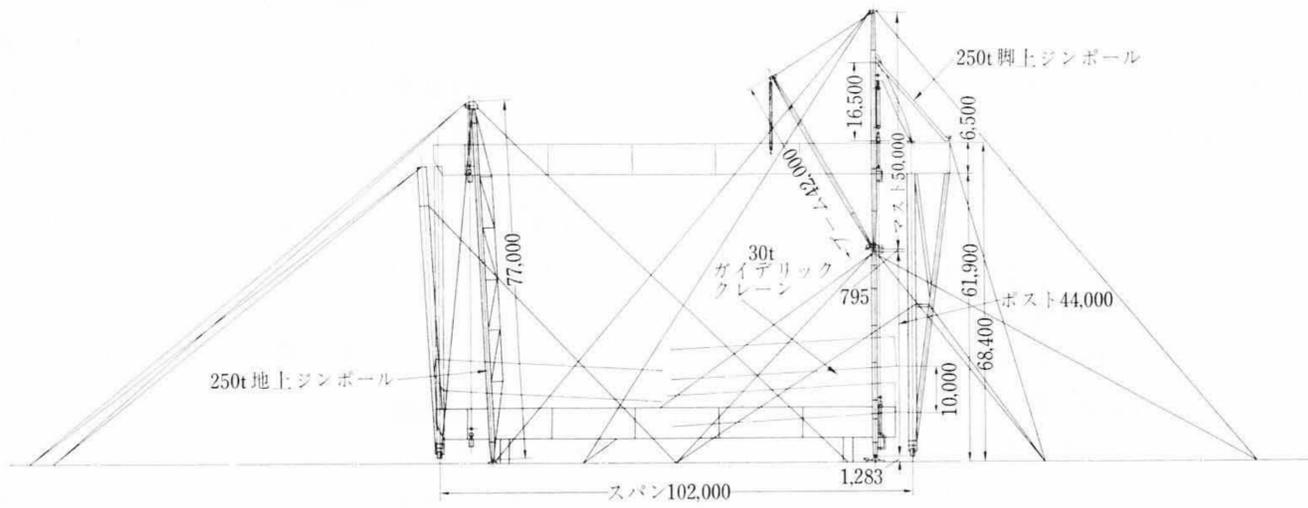


図 14 ガーダつり上計画図

さにかなる方法で組み立てるかということであった。

ガーダ本体を組み立てる方法としては、次のようなものが考えられた。

- (1) スパン中央にステージを設けガーダを 1/2 ずつステージ上で組み立てる。
- (2) ステージを 3~4 個所に設けステージ上でブロックごとに組む。
- (3) ステージを使用せずガーダを地上にて組み立て、ジンボールを両脚内側に 1 台ずつ設置して一挙にガーダを上架する。
- (4) 上記ジンボールを揺脚側のみとし、剛脚側は剛脚ガーダ上にジンボールを設置する。
- (5) 剛脚、揺脚上にジンボールを設置する。

以上のうち(3)~(5)はガーダを地上にて組み立て、一挙に上架する方法である。表 3 にこれら各上架方法の比較を示す。本機の組立方法としては、ジンボールの建て方に多少のむずかしい点は考えられたが、ほかの面でまさる(4)の方法を採用した。

また脚の組立方法は、各脚ともガーダと同じく地上で全部組み立てて一気に引き起こす方法を採用した。

本工事に使用したジンボール、ガイデリッククレーンのおもな仕様は次のとおりである。

- 2 段式ガイデリック 主柱 96m, ブーム 42m, つり荷重 30 t
- 地上ジンボール 主柱 77m×4 本, つり荷重 250 t
- 脚上ジンボール 主柱 18m×2 本, つり荷重 250 t

別に水切用三脚デリッククレーンを設置した。図 14 にこれらの配置を示す。

ガーダ上架にあたり、作業中はガーダの振れを極力小さく保つ必要があり、各巻上モータの熱容量の緩和と、つり上中万一事故のあった場合に原因説明対策の急を要すること、作業員・監督者の合図および動作の注意力集中などを考慮して、ガーダつり上げ作業時間計画に従い片側ずつ交互につり上げを行なった。なお上架中はガー

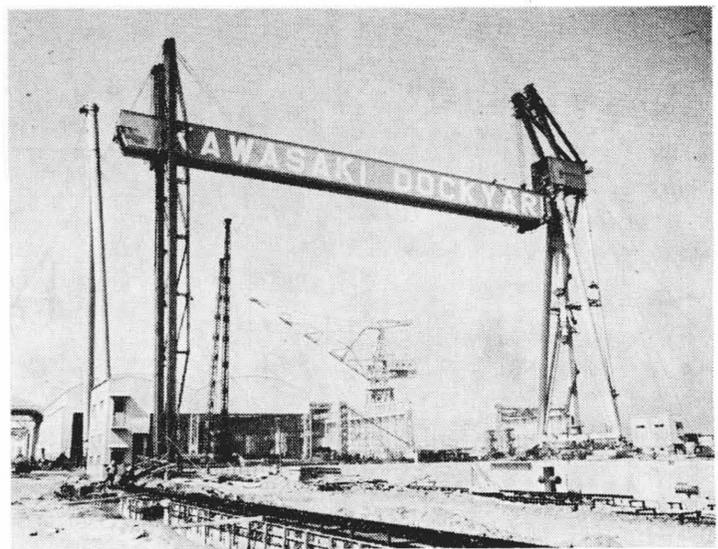


図 15 ガーダの上架作業

ダ端部の水平を規定値に補正しながら行なった。図 15 は上架完了直前の写真で、表 4 に作業時間計画を示す。

上架作業は天候にも恵まれ、計画時間とほとんど一致して順調に進行し、ガーダ上架後の寸法精度、キャンパー値なども計画値とほぼ合致する満足すべき結果が得られた。

ガーダ上架後、重量制限で上架時に組み込めなかった巻上装置、トロリ、運転室などの機械部分を組み立て、さらに給油配管、電気配線作業などを実施して本 200 t ガントリークレーンの完成をみたのである。

5. 結 言

本機は、その規模、性能および構造などすべてにおいて画期的なものであり、この種の設備の計画に対して一つの解決の方針を与えるものとする。本稿がこの方面の発展の一助となれば幸いである。最後に本クレーンの製作に際して、終始熱心なご指導と適切な助

表 4 ガーダつり上作業時間計画

単位：分

作業区分	用 途	ウインチ No.	時刻	7:30	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00
			延分数	30	60	120	180	240	300	360	420	480
ガーダつり上作業	地上ジンボール	5.			9	10	10	10	2	2.5	2.5	0.5
	地上ジンボール	6.										
	地上ジンボール	7.										
脚上ジンボール	脚上ジンボール	1.		10.5	25	25	25	25	12.5	5	7	5
	脚上ジンボール	2.										
揺脚起し	揺脚起し	3.								0.5		
各部点検	各部点検											
ウインチロープ段巻調整	ウインチロープ段巻調整									10		
ガーダ心合せ	ガーダ心合せ										150	
ガーダ接合	ガーダ接合											

言を賜った川崎重工業株式会社坂出工場船殻課市川課長、北村掛長をはじめ川崎重工業株式会社の各位に深く感謝の意を表する次第である。また本機の風洞実験をご指導いただいた東京大学工学部航空科中口教授および高野教授に謝意を表するものである。

参 考 文 献

- (1) O. Flachsbarth: Modellversuche über die Belastung von Gitterfachwerken durch Windkräfte: Der Stahlbau 7, 9, 65~69 (Apr. 1934)
- (2) S. F. Hoerner: Fluid-Dynamic Drag, 3~9 (1958)
- (3) 中口, 新井, 松坂: 航空学会誌 12, 121 (昭39-2)

- (4) 日本機械学会: クレーンはがね構造部分計算規準 (昭38-9)
- (5) Klöppel & Scheer: "Beulwerte ausgesteifter Rechteckplatten" "Beulwertetafeln"; Wilhelm Ernst & Sohn Beklin (1960)
- (6) Klöppel & Scheer: "Das praktische Aufstellen von Beuldeterminanten für Rechteckplatten mit randparallelen Steifen bei Navierschen Randbedingungen" Der Stahlbau (May 1956)
- (7) S. Timoshenko (仲ほか2名): 座屈理論 (昭-14 コロナ社)
- (8) 長柱研究委員会: 弾性安定要覧 (コロナ社)
- (9) DIN4114: 鋼構造物の座屈計算規準

特 許 の 紹 介

特許第468185号 (特公昭40-20896号)

徳 山 巍・上 原 敬 二 郎

半 導 体 装 置 の 表 面 処 理 方 法

従来 Si を使用したダイオード、トランジスタ、IC などの表面安定化には SiO₂ 膜の使用が一般に行なわれている。これは SiO₂ がある程度耐湿性にすぐれ、温度に対し安定で、しかも穴開け加工が容易である点に基づいている。この SiO₂ 膜は Si 基板を水蒸気中で 1,000°C 以上に加熱する方法、シランの熱分解による方法などにより作られているが、前者の高温酸化法では半導体内部の不純物の再拡散現象が起こり、得られた SiO₂ 膜直下の Si 表面にチャンネルが生じやすい。また後者のシランの熱分解法ではチャンネル生起は少ないが耐水性などの点でまだ十分でない。

この発明はこの種表面安定化方法の改良に関するもので Si 基板にあらかじめ SiO₂ 膜を付け、これに鉛を蒸着し酸素ふん囲気中あるいはオルガノシラン蒸気中で加熱し、SiO₂ 膜と Pb とを反応させて酸化物層 (SiO₂/PbO) を形成し、これを表面保護膜とするものであ

る。この方法によれば保護膜の耐水性は完全なものとなり、SiO₂ 膜による Si 表面のチャンネルは生ぜず、その結果リーク電流の増大、逆耐圧の低下は生じない。さらに SiO₂ 膜のみでは 3 μ 以上の厚さになるとクラックを生ずるが、この方法ではそのような欠点はなく、低温で反応し、しかも反応速度が速い。

図はその製造過程を示すもので、まづ図 1 のように公知の Si メサ形ダイオード素子の表面にシランの熱分解によって SiO₂ 膜 2 (約 1 μ) を設け、ついで SiO₂ 膜 2 の表面に 10⁻³ mmHg 程度の真空蒸着装置内で Pb 蒸着層 3 (約 0.05~0.1 μ) を形成し、この素子を酸素ふん囲気中で 700°C 10 分間加熱する。このような操作によって図 3 に示すように新たな酸化物層 (SiO₂/PbO) 4 が形成され、この膜 4 が発明による表面安定化膜となる。(志村)

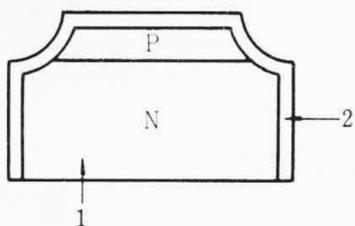


図 1

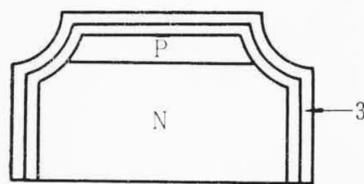


図 2

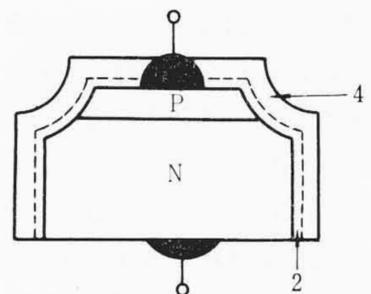


図 3

特許第479282号 (特公昭41-5318号)

高 見 勝 己

無 接 触 温 度 測 定 装 置

温度変化に対応して静電容量の著しく変化するコンデンサでタンク回路を形成し、これを回転体にはり付け、このタンク回路の共振周波数を静止側で測定し、回転体の温度を測定するようにした無接触温度測定方式は本発明者によってすでに提案されている。

しかしこの方式では、コンデンサのバラツキが標準容量を基準として 20~30% 程度の幅を有し、かつタンク回路のリード線の分布容量のため誤差を生ずる。

この発明はこのような誤差を除去するため、図に示すように CR 発振器の周波数決定回路部で誤差を補償するようにしたもので、簡単な方法で誤差の補償が可能である。すなわち、タンク回路の共振周波数 f は、温度検出用コンデンサのバラツキ係数 K 、リード線の分布容量 C_p 、コイルのインダクタンス L_p なる場合には式、

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_s(KC_s + C_p)}}$$

で与えられ、さらに図のような CR 発振器における帰還回路の各要素を R_1, C_1, R_2, R_c, C_2 とした場合にはその発振周波数が式

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 C_1 C_2 (R_2 + R_c)}}$$

で与えられることに着目し、 C_p を R_c に、また L_s を C_2 に K をも含めてそれぞれ模擬し、これによって C_s と R_2 とをほかの外的因子となんら関係せずに対応させるようにしたものである。(井沢)

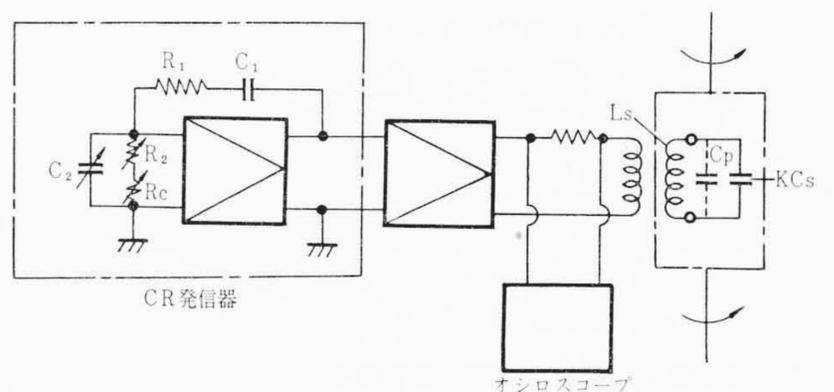


図 1