

平板影響面自記装置

岡 村 宏 一 ※

松 井 啓 之 輔 ※※

1. ま え が き

最近交通網の発達に伴い、斜角、或は曲線型式などの平板構造が問題にされる様になつて来たが、これらの型式の平板構造を理論的に解析するのは相当困難な事であつて、特に移動荷重に対応出来る様に影響面を画くとなると数値解析の手数は相当なものになり、電子計算機の発達によつて計算労力は軽減されたとは云え、実際には非常に面倒なことになる。従つて、この様な構造に対しては高精度の Model Analysis によつて資料を得る事が一つの有効な方法として注目されて来ている。異方性材料の使用については未だ充分に開発されていないが、等方性材料を使用したものでは既に多くの研究が行われており、例えば Homberg, André, Leonherdt 等が斜角、或はパチ型等の面倒なスラブ橋を対象にした Model Analysis を行つている。併し乍ら実験的に影響面を求めるにしても、通常の方法に依れば、平板内の多数の点に試験荷重を逐次移動載荷して行き、その都度歪（或は曲率）を測定せねばならず、その結果の整理や更に製図等と相当に面倒な手数を要する作業が必要になる。こういつた点から平板構造の Model Analysis を実用上更に有効にするためには、こういつた作業を高精度に自動化して短時間内に処理する事が必要になつて来る。影響面の自記装置については、既に Weigler 等の研究がみられるが、曲率計を使用しているため小範囲の歪測定に不便であり、或は固定モーメントの測定が不可能である。又自記装置も任意形状の Model に対応させるには不便な点がある。われわれは、平板構造、或は更に複雑な立体構造等を解析するためモーメント或は変位等の影響面の自記機構の研究を行つているが、ここに報告する自記装置は市販の歪ゲージ、自動平衡記録計を応用して、高精度で極めて容易且迅速にモーメント影響面を作図するために製作したものであつて、求める影響面は Model 上に貼付された記録紙に自動的に焼付けられ、通常の Model ならば一枚の影響面を得るのに 20~30 分程度で充分であり、数値解析の困難な平板構造の系統的解析の様な龐大な作業を短時間のうちに処理することが出来るのである。

※ 大 阪 工 業 大 学

※※ ◆ ◆

2. 影響面の表示

モーメントの影響面について述べる。平板のモーメントは2～3方向の歪を合成しなければならない。歪ゲージにより、各方向歪を、ポアッソン比を考慮して自動的に合成することはさほど困難な問題ではないが、実用上は Pucher 等が用いている影響面表示法により、通常市販されている2～3方向歪ゲージを使用して影響面を画く方が便利である。例えば、等方性板について述べると、2方向のモーメント、 M_x, M_y の2枚の影響面を歪合成により作成する代りに、通常の2方向歪ゲージを使つて板の表面における2方向の歪、 ϵ_x, ϵ_y を測定し、次の様な分離された形のモーメント $\bar{M}_x, \bar{M}_y$ の影響面を画く。

$$\bar{M}_x = \lambda \epsilon_x, \quad \bar{M}_y = \lambda \epsilon_y$$

但し
$$\lambda = \frac{Eh^2}{6(1-\nu^2)P},$$

P: 試験荷重, E: Modelの弾性係数, ν : Modelのポアッソン比, h: 板厚

なお,

$$M_x = \bar{M}_x + \nu \bar{M}_y, \quad M_y = \bar{M}_y + \nu \bar{M}_x$$

なる関係があるから、作成した影響面を用いて、 M_x 計荷重に対するプランメーター測定の結果をポアッソン比を考慮して加えればよく、Modelと実物のポアッソン比がいくらか異なる場合の近似的補正も可能である。同様に3方向ゲージを使用すれば主モーメントの影響面も得られる訳である。

3. 影響面自記機構

Model Analysisに使用される板、及びその支承装置等は実験の精度を左右する重要なものであるが、本文とは直接関係がないので詳しくは触れない。Modelとして使用される板は、等方性板については幾つかの材料が開発されており、この報告に用いた資料はアルミ板を使用したものである。Modelの支承装置は板の形状或は境界条件によつて異つて来るが例えば図-1に示すものは1～2径間の単純支持ならびに自由辺を持つModelに対応出来る様に製作したものであつて、ナイフエッジを持つ支承台(A)とそれを支える底板(B)からなり、支承台は任意方向に回転出来、矩形板、任意角度の支持辺を持つた斜板、曲線板、連続板等、いろいろな巾、径間、斜角、曲率の変化に対応出来る様、精密に加工されたものである。

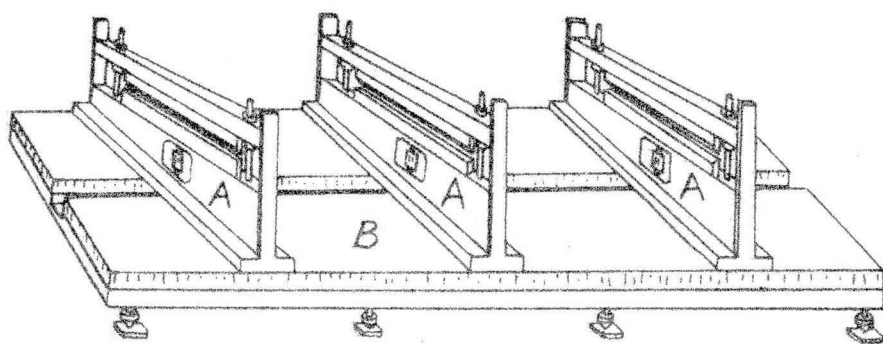
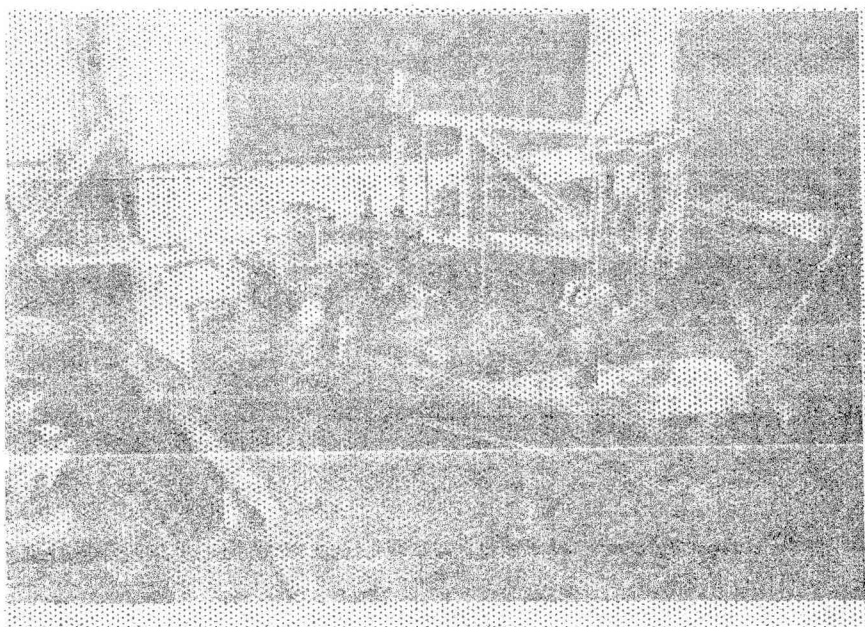


図 - 1.

さて、自記機構の概要は写真並びに図-2に示す通りである。



写真ならびに図-2に示す様に非常に軽く動く様に製作されたアームAがあり、アームは中間にベアリングを挿入したヒンジがあつて2段に折れ、屈曲自在であつて、試験荷重を任意方向に走行させることが出来る。又、アームの一端は強固な支柱にベアリングによつて取付けられアームの自重が試験荷重に全然

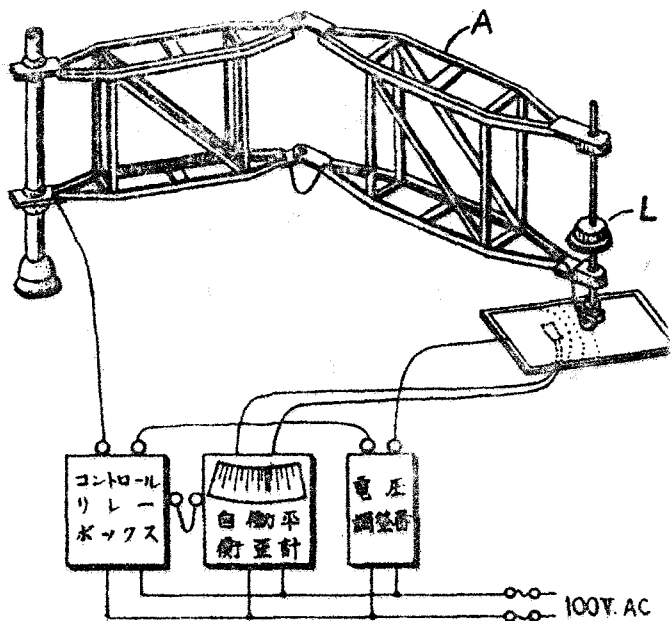


図-2

影響がない様に製作されている。アームの先端には試験板のたわみに追従して滑らかに上下出来る棒が垂直に保持され、これに鉛製の試験荷重Lが取付けられ、棒の先端には任意方向に回転出来るベアリングに取付けられた鋼製の車輪があつて、作業者の操作によつて試験板に点荷重を載荷しつゝ試験板上に貼付された記録紙、(Facsimile Paper)上を滑らかに任意方向に移動出来る様になつている。一方試験板の裏側所定の点(影響面を求める点)に至ゲージを貼付して前に述べた方法で $\bar{M}_x, \bar{M}_y$ の影響面を記録紙上に自記するものである。

自記の方法は次の様なものである。先ず影響面は等高線表示法によつて示され、今、例えば基準のモーメント $\bar{M}$ を $\frac{1}{\pi}$ とすれば、これに相当する歪は $\frac{1}{\pi\lambda}$ となり、仮りにこれを等高線10で示せば影響面は10 π 倍されたことになり、この歪から任意の等高線に相当する換算歪が決められるわけである。今、ゲージの歪が影響面のある等高線に相当する歪の位置に荷重が来た瞬間に、図-2に示す自動平衡歪計と連動する様に製作されているControl relay装置が動作して、載荷車輪に弱い電流が流れ、Facsimile Paperの被膜を破壊してカーボンとの間に小さな放電を生じ記録紙の表裏に小さな点が焼付けられる。

このControl relay装置は、自動平衡歪計と連動する様に製作されねばならぬが、その原理は次の様なものである。今、自動平衡歪計の構成は図-3に示す様な一種のサーボ機構であつて今試験板に生じた歪 ϵ によるブリッジの不均衡出力電圧は増巾器に加えられ、増巾部と整流

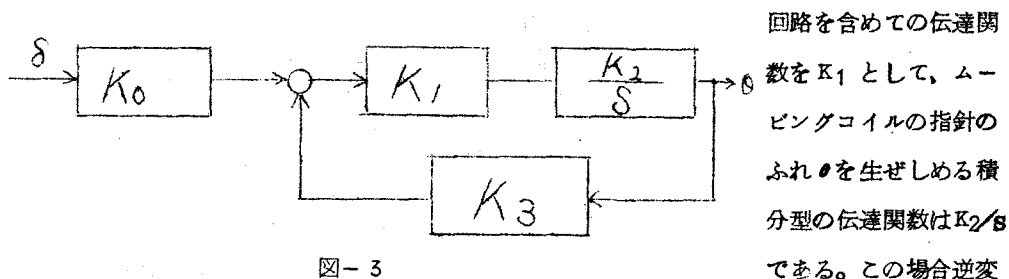


図-3

換経路のフィードバック、トランスデューサに誘起される電圧は $K_3 \theta$ であつてこれがブリッジ出力と自動平衡される様になつている。そこで今、このフィードバック、トランスデューサの逆変換出力 ($-n E_0$) を固定し、歪によるブリッジ出力 ($+n E_0$) がバランス ($n E_0 - n E_0 = 0$) したときに挿入された有極リレーが中立となり車輪側の回路を瞬間的に閉じて載荷車輪に弱い電流を流すのである。図-4は、このために使用されるリレー装置と自動平衡歪計への接続の概略図であつて、自動平衡歪計は新興通信製AS3-A型を使用したものである。この歪計のフィードバック、トランスデューサは、図に示す可動コイル L_3 であつて、指針 P に支持されている。環

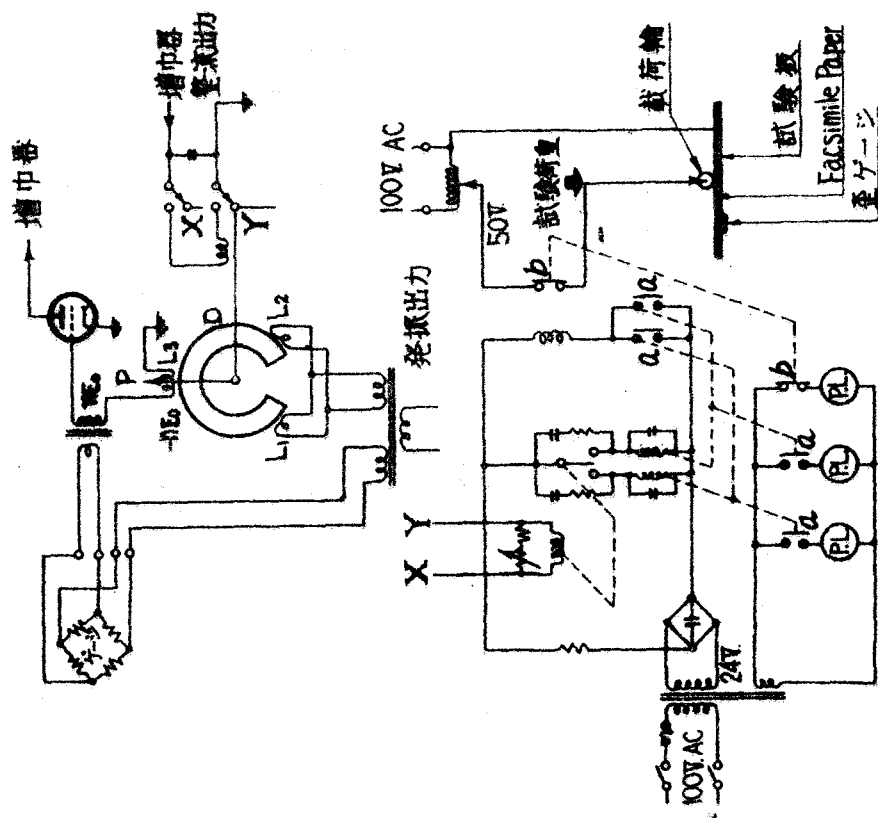


図-4

状磁心Dには2つのエキサイト、コイル L_1 、 L_2 が固定され、Pを目盛板上のある歪の位置まで振らせて固定すれば、この歪に対応する逆変換出力を与えることが出来る訳である。従つて、指針のzero調整を行つた後に、このリレー装置をムービング・コイル側に挿入し、求めようとする等高線に相当する歪の位置に指針をsetする。(アツテネータ使用により歪のsetは $0 \sim 6400 \times 10^{-6}$ まで可能である)これによつて前述の様に逆変換トルクが発生し固定される。次に作業者がアームによつて荷重を試験板上を移動させると、試験板上に貼付された歪計に発生した歪がそのsetされた歪に丁度等しくなる位置に荷重が来た時に、瞬間的に車輪側の回路が閉じ(図は有極リレーが中立状態となり接点bが閉じた状態を示す)記録紙に荷重位置がマークされる。又荷重位置によつて試験板に発生している歪が等高線歪と等しくなく、大小関係を生じている場合は、その極性によつて有極リレーならびにそれに運動するリレーに依つて之がパイロット・ランプに明示される様になつている(aの接点が動作する)。従つて、作業者はこれにより容易に影響面をトレース出来る。この回路の精度は、歪に対し 1×10^{-6} の高いものであつて充分正確な影響面が画けるし感度調整も可能である。又荷重を細かに動かせば精度は更に増す。記録紙は試験板に合せて予め切断して貼付しておけば裏側(白紙)に等高線上荷重位置が明確に現われるからそれらの点をつないだ後にそのまま保存すればよい。なお本装置の使用に関して、次の様な事柄がたしかめられてゐる。

1. 荷重の走行によるImpactは心配する必要はない。
2. 使用する記録紙(Facsimile paper)は複写用等に市販されているもので充分である。
3. スパークによるゲージへの影響は薄い絶縁紙を挿入するだけで全くない。又回路的なノイズの混入も認められない。
4. 一枚の影響面を画く時間は短いものであるからzero調整を途中で行う必要はない。
5. リレー回路の挿入に対するミスマッチングも問題ない様である。

図-5に示すものは本装置によつてアルミニウム試験板(巾:20cm 長:60cm 厚3mm弾性係数:694000 Kg/cm^2 ポアッソン比:0.32)を使用して求めた二辺支持、二辺自由の曲

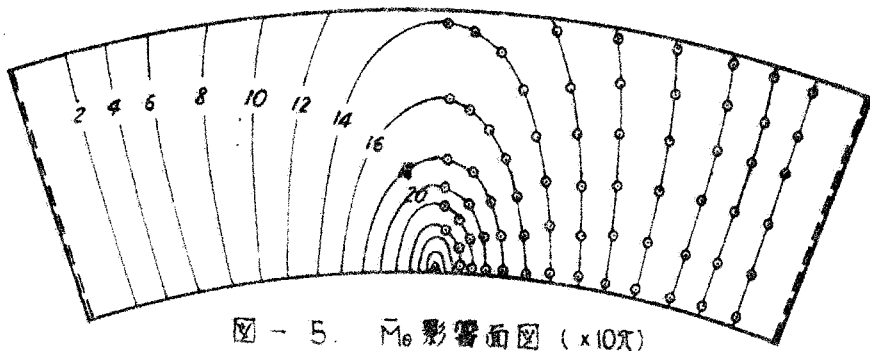


図 - 5. $\bar{M}_0$ 影響面図 ($\times 10\pi$)

線板の中央点 $\bar{M}_0$ の影響面であつて指定された等高線値を放電によつてマークされた点を示したものであり、この程度の Model の作図であれば 20 ～ 30 分程度で済み作業者は 1 人で充分である。この様な平板影響面の Model Analysis の精度は自記機構自体は前述の様に極めて高精度で殆んど問題はないが、むしろ試験板の選定（例えば試験荷重に対する歪の適当な直線性の範囲による材質或は板厚の選定、実物に対するポアッソン比の近似、板厚の均一性等）や支承装置の精度（例えば境界条件を充分満足している事等）によつて Analysis 全体の精度が左右されることに注意しなければならない。以上の点に注意すれば既に理論解の知られている矩形板等について検討した結果は誤差を 5 % 以内に留める事が出来る。

4. 応 用 面

以上の様な自記の方法は、例えば差動変圧器をトランスデューサとして、たわみ、たわみ角等の変位の影響面を自記する方法に容易に拡張出来、目下この点について研究中である。又、記録紙は Model に直接貼付され展開が容易であるから、載荷方法の工夫により、曲面構造の影響面に応用出来る。更にわれわれが複雑な立体構造の重要な面要素である平板のモーメントや変位の影響面を容易に得る事が出来ればこれらの面要素や線材の組合わさつた複雑な立体構造に於てもその連続線における条件式を選点法を併用して直ちに書き下す事が出来るし、ある部分に電子計算機の助けを借る事に依て複雑な構造を短時間に処理する事が出来るであろう。これは今後の課題であると考えている。終りに常々御指導を頂いている倉田宗章先生に御礼申し上げる。

