

くなれば、 $P = \sigma A, Q = \tau A$

に近ずき、格点の変位は板の対応点の変位に近くなる。

3. 格子の計算

この格子は軸応力による変形を考慮したラーメンであるので次の3種の Relaxation Methods を適宜の順序に繰返して行えば解ける。すなわち、

(i) 格点の廻転を抑持したまま、格点の鉛直移動のみを生ぜしめる。

(ii) 格点の廻転を抑持したまま、格点の水平移動のみを生ぜしめる。

(iii) 格点の水平、鉛直移動を抑持したまま、格点の廻転のみを生ぜしめる。

第3の場合は明らかにモーメント分配法であるから問題でない。前2者の場合については縦材、横材間の荷重の分配率はつぎのようになる。いま(i)の場合として、

縦材を単位長ちぢめるに必要な力

$$P = \frac{AE}{L} = tE \dots \dots \dots (g)$$

横材を固定梁として両端の相対鉛直変位を単位長だけ生ぜしめるに必要な剪断力は

$$Q = \frac{12EI}{L^3} = \frac{tE}{1+\mu} \dots \dots \dots (h)$$

ゆえに縦材と横材との間に荷重は次の比により分配されねばならぬ。

$$\text{縦材: } 1 \quad \text{横材: } \frac{1}{1+\mu}$$

横変形の計算についてはここに詳述しないがポアソン比が一般に小であるから大した精度を要せず、場合によっては最後に修正として行えば充分である。

4. STRAIN JUSTIFICATION

上に格子の計算の原理を略述したが、支えられた荷重から出発して上記の弛緩法を行うと収斂が遅い。収斂を促進させるには、Block Movement, Relative Movement 等の方法もあるが、一般にこの場合直応力を適当に仮定するのが簡便である。そして、まず例えば縦材直応力の仮定値から格点の鉛直変位、構材の剪断力を計算し、材端モーメントを求め、極めて荒い計算で格点のモーメントを分配してから縦方向の釣合 $\sum V = 0$ を各格点で吟味してみる。満足されなければ仮定値を改めてこれを繰返して釣合が殆んど到達されるまでおこなう。このようにして問題の如何により1あるひは2方向の直応力の仮定値の改善をはかる。この課程を Grinter は Strain Justification という語であらわしている。

このような課程を経て直応力の仮定値を定めると、Relaxation の計算の収斂は非常に早まる。なお算例として周辺自由な矩形板の中心線上に銲接により収縮が生じた場合の解および A.J. Pyka による Notched Beam の解を掲げてある。

おわりに Grinter が冒頭に強調している点につき附記する。Grid Analysis によつてえられた結果は板の弾性理論からえられる結果とは異なる。しかし後者は理想的な均質、等方、連続な材料とした時の点応力を与えるが、前者は、格子材間隔が適当であれば、破壊前の准弾性域における、材間隔における Statistical Stress を与えるもので、後者よりも有益な値を与えるとしている。このような見地から Statistical State of Stress という表題を附している。

鉄筋コンクリート舗道における応力測定

正員 成 岡 昌 夫*

本文はイリノイス道路局の技師 H.W. Russell 氏が道路研究局の第27回年次大会に提出した論文中、鉄筋コンクリート中の鉄筋の応力、歪の測定に関する部分の要を Baldwin Locomotive Works の Testing Topics, Vol. 3, No. 2, April-May 1948 より抄録したものである。

アメリカにおいては最近応力測定法の一つとして、Baldwin Locomotive Works の SR-4 歪計が非常に多く用いられ、これを用いた実験が近著各種文献においてしばしば見受られる。これについて筆者は多少の紹介を本誌第35巻第9月資料欄にのせておいたので

*京都大学助教、工学部土木工学教室

あるが更にこれの新しい応用を紹介致したい。

近年道路技術者は横目地も中央目地もなく、直接自然土壌の上に敷設した連続鉄筋コンクリート舗道をつくる考に興味をいざしくようになって来た。このようにすると砂利で置換えるとか、特種の路盤処理をすることなどが省略出来る。この型式の構造では、舗道が路盤の上を滑るとか、路盤がコンクリート床版とともに弾性的に動くことが要求される。龜裂の発生は当然予期されることであるが、適当に補強しておけば、このような龜裂は非常に小さいものであるから舗道は損傷をうけないものと考えられる。この型式の構造を試験するためにイリノイス州では約5.5マイルの実験舗道

をつくつた。この場合縦方向の鉄筋の応力を特に横龜裂一こゝでは鉄筋が全引張力をうけもつことになる一のところでは決めることは非常に望ましいことである。こうゆう仕事にも適応出来ると思われる唯一の方法は普通 SR-4 歪計と呼んでいる抵抗線歪計を使用することである。

実験室でのこの歪計の研究や 1945 年の秋における舗道での試験的な据付けからして、この実験舗道でも歪計の据付けは出来るものと充分の確信があつたのであるが、最も困難な問題は如何にして歪計に耐久性のある曲げ易い防水層をつくるかとゆうことであつた。(註湿気にあつて抵抗線の抵抗の変化することは禁物である。歪による微小な抵抗の変化を測定しているのに対し、他の原因からして抵抗が變つては問題にならない。すなわち歪計の安定性ということが極めて重要である。)

この実験にあつて 113 箇の測定用歪計が鉄筋にはりつけられ、12 箇の歪計が温度補償用として用いられた。これらが 2 つの試験断面にすえつけられた。

歪計はまず SR-4 セメントにて鉄筋に接着せしめる。そしてセメントが固つている間に歪計と鉄筋の接着を保持するためにスポンジゴムの Pressure Block を用いこれを最小 15 分そのまま放置した。次いで空气中で乾燥せしめたのち、加熱ランプで更にセメントの乾燥を促進せしめた。このランプの使用時間は最小 3 時間とした。次いで Petrolastic (防水材の商品名) の防水層を歪計に施して歪計の取付けを終つた。

かくして歪鉄筋は路盤上に配置せられたが、ポリヴィニールのカバーをもつ 16 番の AWG の銅線を歪計にとりつけて、これを路盤の上を通り路肩を横断する Metal conduit を通つて測定器にもつて行つた。

歪計は舗道の中心線に垂直に 2.5 呎はなれた 8 つの横断線に沿うて置かれた。歪計はこの各線に沿うてある特別の鉄筋だけに接着せしめているのである。歪計に防水材料を施すと約その区間 4 時にわたつて鉄筋とコンクリートの間の附着を害することになる。従つて歪計をはりつけてない鉄筋に対しても同様に防水材料で処理した。従つて各線に沿うて鉄筋とコンクリートの附着を害して、ある特定の鉄筋の歪計がすべての鉄筋の平均の歪の状態を表わすことになるようにした。

防水材料があるためにそこでは他の位置に起りそうな龜裂よりもつと大きな龜裂が起るものと思われる。また横龜裂は歪計の 1 乃至数線に沿うて起るものと予期される。かゝる龜裂を確実に発生せしめ、龜裂における歪の早期測定をなすために、収縮目地を歪計を含む線の 1 箇に沿うて設けた。

コンクリートは歪計のある部分では半バッチで打ち普通の方法でひろげ且つ硬化せしめた。仕上機械が歪

計の上を通るや否や最初の読みをとつた。測定には Baldwin SR-4 Portable Strain Indicator と Balancing and Switching Unit とを用いた。

数多の細い横龜裂が予期の如く試験断面に発生したが、これらは非常に接近していたので舗道の収縮する早期でも見つけることが困難な位であつた。コンクリートの膨脹する午後では龜裂はまた極く接近して肉眼で見ることが出来ない状態であつた。

試験断面にコンクリートを打つた最初の 3 日間はすべての歪計は同様の歪を示しており早朝と午後の間最大の日変化は約 150×10^{-6} inch/inch である。コンクリートの収縮する午前早朝には引張応力を示し、無歪の状態あるいは時によると圧縮歪が午後現われた。この間では収縮目地の横龜裂は舗道の端を除いては殆んど見難い位であつた。

3 日目の午後養生用の紙を取除いた。翌早朝には横龜裂は 1/100 inch の口を開けており、目地に沿う歪計は約 1000×10^{-6} inch/inch の歪を示した。これは鉄筋における約 $3 \times 10^4 \mu / \square''$ ($2 \text{ } 100 \text{ kg/cm}^2$) に相当するものである。午後 2 時に至ると龜裂が接近して見えなくなり応力は 0 または圧縮に移つて行つた。

その後毎日の読みは同じ傾向を示しており、比較的高い応力が朝起り、龜裂の大きさは測定出来る程度であり、午後龜裂が閉ぢて応力がへつてくる。他の線で測定したところも大した変化はなかつた。

以上の結果は非常に重要であるべき観測、測定に対して尙早であるが、予期しないようなまた望ましくないようなことも起らず、器械、測定装置ともうまく行つたのは満足であつた。

後記 コンクリートの内部における応力、歪の測定は甚だ困難とされており、最近では光弾性によるコンクリート構造物の応力測定が京大土木工学教室小西教授及び丹羽講師の両氏によつて定められている。(建設工学第 3 卷第 3 号, 昭和 25 年 6 月) SR-4 歪計を直接コンクリートの内部に入れると、歪計のフィラメントのまわりに湿気が侵入してくることになり、この湿気を防ぐことが厄介な問題であり従つて歪計を直接コンクリートの内部に入れることは出来ない。故に歪計を接着し防水層をつくつた鉄筋をコンクリートの中に入れ、この鉄筋の歪を測定する方法をとればいゝわけである。このようにすればコンクリートを打つた直後からの歪の状態を観測出来るわけである。また数多くの歪計を取付けると精密検流計では観測が困難であるがこの場合には可搬歪指示計と切換調整装置を用いると便利である。京大工学部土木工学教室では可搬歪指示計と切換調整装置を目下通産省に輸入許可申請中である。筆者は上に述べた方法による鉄筋コンクリート柱、梁等の内部応力測定を準備中であり、測定器械の輸入許可を受れば大々的に実施したいと念願している。