

架設応力の測定について

岡本舜三・末七郎・安中久二

精密な測定を行いその結果をにらみあわせつつ工事を進めてゆくのが近頃の工事の特徴のように思われる。以前でも施工中の測定がなかったわけではないが、どちらかという参考のため程度であったのが、今日ではそれが工事施工をコントロールする。これは非常な進歩であって、このことが難工事を完成せしめ反対にまたそれが測定技術の進歩へ拍車をかける。応力測定についていえば原理的には別にむずかしいことが行われているわけではない。橋では架設に当って部材に生ずる応力を測るが、これとても複雑な2次応力などを対照とするのではなくて1次的な部材応力を測る場合が多く、架設応力測定の目的はいまのところ大体これのみで達することができ。応力測定技術はすでに数多く考案されているのでそこには原理的な困難はないが、それが野外であることと長期測定なることのために、実際には種々の困難があり測定技術も室内実験とはやや異なるものがある。一般にいつて計器は堅牢かつ耐久的でしかも簡単なことが好ましい。

当研究室では数年来このことを手がけてきて、数回の経験をした。日活国際会館の地下4階を潜函として沈下させるときに、地盤が軟弱なことや潜函が前例のない大きさで、かつ、異形であったことなどから沈下工事は入念な準備のもとに行われた。このとき安全のため潜函の応力を測定しつつ沈下を進めることとなり、潜函部材の応力測定装置を作ることになった。

軸力をうける部材の応力測定には大別して2つの方法がある。1は直接法とも称すべきもので、部材の歪を測って応力を算出するのであり、他は間接法とも称すべきもので、軸力をうけていることによって生ずる部材の性質の変化たとえば振動数とか波動伝播速度の変化等を測って応力を知るものである。現場のような荒っぽいところでは後者もなかなか面白い方法とは思ったが、研究室の準備が十分でなかったので前者によることとした。歪を測るとすればまず電気抵抗線歪計か挺子式の機械的歪計であるが、湿気が多い地下潜函でしかも半年以上も安定でなければならぬことを考えて機械的歪計を選んだ。

一般に歪計を動かすには僅かながら力がいりそれが測定に影響するために使えない計器もある。しかし現場測定ではこの影響を無視しうるのが普通であり、かつゲージ長もかなり長くて差し支えない。それで試作したのはゲージ長 105cm の鋼棒歪計でその間の距離の変化をダ

イヤルゲージで測るのである。(生研リーフレットNo. 21 参照)。ダイヤルゲージのよみが 1/100mm ならば鋼にして 20kg/cm²、1/1000mm ならば 2kg/cm² の応力が測れるがこの程度まで測れば多くの構造物には十分であり、しかもこれは電気抵抗線歪計では必ずしも確実に測れるとはいえない程度の小さな応力である。この歪計を部材に平行にとりつけるのである。堅牢簡単な条件を満足しているし耐久性もかなりある。温度補正も部材と歪計が同じ材料であるから両者が同じ温度ならば問題はない。国際会館の場合は地下であったために鋼材の温度は安定し温度の問題はなかったが、湿度がひどいためにダイヤルゲージの首部が錆びて動きにくくなるものがかかり出て途中でダイヤルゲージを補充交換した。他の部分は錆びなかったが首部だけが錆びたのはこの僅かなすきまに水滴がたまつたのであろう。この時つけた歪計は35個であったが、とにかくみな有効に働いて工事を安全に進める上に役立った。

その後この計器は2、3の橋や建築の現場に使われたが、最も重要な役割をつとめたのは伊ノ浦橋の架設応力の測定であつた。伊ノ浦橋は長崎県大村湾口を扼する伊ノ浦瀬戸に架設され橋長 316m 有効幅員 7.5m で中央径間 216m は渦巻く潮流をまたいでアーチになっている。架設は海中に支柱をたて得ないためにケーブルの精密操作による突桁式吊出架設法により行われ、アーチ閉合の際には 300t ジャッキを用いてあらかじめ橋の部材に元応力を与え載荷後の応力状態を改善するようになっている。橋長、設計、架設などの面からみて画期的内容をもちそれ故に架設応力の測定は重要問題として取り上げられた。応力測定には電気抵抗線歪計と機械的歪計とを併用することになり、当研究室では後者を分担して、以前に国際会館で用いたと同じ方式を再び用いることにした。測定箇所は9ヶ所で、脊に近い部材が選ばれた。直接の目的は施工中にケーブルの操作が適切でなく過大の張力によって脊が引き抜けるのを予防するにあつたが、その他この端部の部材の応力を測ることによって全体の部材応力の計算値の検定をするためでもあつた。前述のようにこの橋は元応力を与えて荷重応力を相殺する設計になっているので死荷重応力の実際の値は非常に重要なのである。

今度は国際会館の場合と異なり全くの屋外であるから日照を直接にうけ温度変化もはげしい。部材と歪計の間

の温度 1°C の差は応力にして $20\text{kg}/\text{cm}^2$ に相当するから両者の温度差はできるだけ小さくせねばならない。このために部材全体を約 3m の長さに涉つて木板の枠で包んだ。5mを希望したが現場の都合でできなかったが計器の長さが1mであるから同じ長さずつ前後に余裕があるわけである。現場での温度精密測定は困難なので行われなかったが、これとは別に実験室内で木枠で包んだ場合に部材と歪計の温度差が日照状態によってどの程度になるものかを調べてみた。その結果初秋の日射程度ならば日照と日蔭が常なくとも温度差は $1/5^{\circ}\text{C}$ 程度で、その場合にも通常状態が1時間くらい持続すれば温度差はほとんどなくなることがわかった。

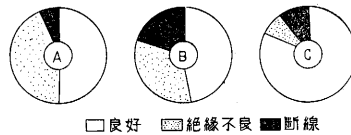
現場では応力測定に及ぼす温度の影響が非常に大きいことが認められた。それは歪計と部材の温度差によるせいよりも橋全体が片側からしかも局部的に日照されるために実際に生ずる熱応力のせいであろうと推定された。この応力が荷重応力に加算して測定されることは計器の責ではないが測定の目的からは困ったことである。それで現場では非常に苦勞した末、結局早朝未明の最も気温の安定した時刻を選んで測定した。工事は冬にかけて行われたので測定者の苦勞は察するに余りあり、温度応力だけを区別して知る方法の考案が望まれる。

さらにこの測定は約1年間海峡の上で行われるので計器類の防錆は最初から懸念された。前に失敗したようなダイヤルゲージの首部の錆は今度は簡単に防止することができた。従来は真鍮の円板状になっていた距離棒の先端部を単なる棒状としてこれとダイヤルゲージの首部をビニールの筒で包むだけで十分防錆できることはすでに室内実験で知っていたので今回はその憂はなかったが、実際やってみると半年以上経過した頃になって動かなくなるダイヤルゲージがでてきた。調べてみると文字板のアルミニウムが汐風に犯されてその微粉が歯車をつまらせていたのである。文字板を真鍮で作っておけばよかったことに気づいたが、工事期間も残り少ないので今回は掃除してそのまま使って貰っている。このような欠点もあったがとにかく計器は役に立つことができたが、それにしても現場において観測に当たった人々の非常に熱心さがなかったらとてもそうはいかなかったであろう。このとき平行して使われた電気抵抗線歪計については別に報告があり、やはりいろいろな問題があったようであるがとにかく役には立ったようである。しかし、公平にみていまのところはまだ機械的歪計の方が信頼度が高いように思われる。電気抵抗線歪計には種々の利点があり将来現場の長期測定に大いに活用したい計器ではあるが、はりつける糊の問題とか、温度補償の問題とか増幅器の安定性とかかなり問題が残っているように思われる。

このことに関連して当研究室でも電気抵抗線歪計によ

る長期応力の測定を試験的にやってみたことがある。

神戸港の7号突堤にはケーソンとケーソンをつなぐ強大な横梁があるがその主鉄筋に電気抵抗線歪計をかけた。この突堤の上にはその後、上屋もたてられる計画であるし、ケーソンが沈下すれば横梁にも応力が現われるであろう。それを測って別途に測定するケーソンの沈下量なども勘案して設計に取り入れられた沈下による応力などの想定が妥当かどうかを見ようというのである。その結果については当局から発表されているからここには歪計の保護方法のよしあしについて述べよう。鉄筋にはりつけた歪計には適当な防湿装置をして、その周囲を鉄筋にはりつけたブリキ板で包み内部にワセリンを注入した。防湿法としては、Aは紙台の歪計を用いブリキ板の内外にビニールテープをまいて導線の引き出し口を保護したもの、Bは紙台の歪計を用いブリキ管で導線をコンクリートの外部まで引き出したもの、Cはベークライト台の歪計を合成樹脂の接着剤アラルダイトで包みブリキ管で導線をコンクリートの外部まで引き出したものの3種とした。この3種の方法を施して鉄筋コンクリート中に埋込んでから7~9ヶ月後に調査したところ絶縁不良になったり、断線したりしたものもあった。現場は風浪に洗われる棧橋の梁で条件としては野外でもとくに悪い方といえようが、そのとき用いた129個の歪計の成績を示すと図のようになった。これで見るとベークライト台の歪計を合成樹脂の中に封入したものが最もよく7ヶ月後もなお80%



が生きていることを示している。

伊ノ浦橋で吉田建設技官が採用したゲージ貼布方式はベークライトゲージをアマライト2号で接着しワセリンとパラフィンの混合物で表面を厚く塗布し、さらにそれを保護するためにプロテクターでこれをおさえるのである。プロテクターは3mm鉄板にコード引出口を2個取りつけ鉄板と測定母材の間にゴムのパッキングを挿入したもので母材に溶接したビスにより鉄板をしめ水密にするのである。これらの経験からみると長期測定には紙台は良くないがベークライト台のものを注意深く使えばかなり好結果が得られるようである。

なおこのほかに国際会館の測定で35個所をみて廻るのが煩わしかったというのでその後応力や撓みの遠隔測定装置を試作した(生産研究第7巻3号)。弱電を使わず安定性があり現場に適しているのも、容易には近づき難い場所の測定には便利に使えるものと思っている。

現場の長期測定技術は歴史も新しくまだきわめて未開である。しかも施工の確実性はこれにかかるころきわめて大きくその生産技術上に占める位置は今後ますます重きを加えるにちがいない。(1955. 9. 19)