III-275　ロックボルトの計測結果の自動解析法について

(株)熊谷組技術研究所　正会員　大塚　本夫
同　　　　　　同　○上野　正高

1、はじめに

ロックボルトの試験方法として引抜試験とメカニカルとしての測定方法がある。これ等の解析方法としては、第33回年次学術講演会で既に発表した。今回はこれ等の解析をできるだけ自動的に行うことを目的とする。

自動解析を行うにあたり次の条件を満足する必要がある。

1)、測定値を滑らかな曲線で結合する。

2)、曲線は連続関数で任意点で容易に微積分が可能である。

3)、測点と測点の間にできるだけ変曲点が生じない。

以上の条件を満足し測定値を滑らかに結んだ曲線をできるだけ正確に近似関数で表現することができれば、ロックボルトの試験結果の自動解析が可能になる。

2、フーリエ級数

測定値が複雑な変動を示す場合にフーリエ級数で近似的に表現することができる。試験結果の測定値は必ずしも周期性ではないがその値を周期変動と見なすことによって近似することができる。

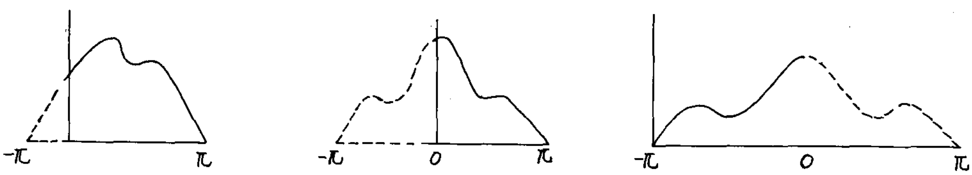
フーリエ級数の一般式として

$$y(\theta)=a_0+a_1\cos\theta+a_2\cos 2\theta+\text{--------}+a_n\cos n\theta+b_1\sin\theta+b_2\sin 2\theta+\text{------}+b_n\sin n\theta$$
$$=\sum_{n=0}^{\infty}(a_n\cos n\theta+b_n\sin n\theta) \qquad (1)$$

(1)式を用いて実際の測定値を使って求める場合は、周期を2N等分して、等分した各分点のθ座標と、y座標(y(θ))として表現される。(1)式に示される各係数は、近似的に次式で示される。

$$\left.\begin{aligned}
a_0&=\frac{1}{2N}\sum_{\theta=-N+1}^{N}y(\theta)\\
a_n&=\frac{1}{N}\sum_{\theta=-N+1}^{N}y(\theta)\cdot\cos n\theta\\
a_N&=\frac{1}{2N}\sum_{\theta=-N+1}^{N}y(\theta)\cdot\cos N\theta=\frac{1}{2N}\sum_{\theta=-N+1}^{N}(-1)^{\theta}y(\theta)\\
b_n&=\frac{1}{N}\sum_{\theta=-N+1}^{N}y(\theta)\cdot\sin n\theta
\end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

実際的運用にあたっては測定パターンを周期関数としてみなす必要があるので次の考慮が必要である。



(a)部分補足　(b)対象補足　(c)継足し対象補足

Fig.1 測定値解析のためのフーリエ級数の適用法

3、数値計算

1)、引抜試験の計算例

数値計算にあたって長さ3mのロックボルトに50cm間隔にひずみゲージを設置して引抜試験を行なった。

結果は Fig.2 及び Table-1 に示されるものである。

Table-1. ロックボルト引抜試験の座標値

$y(\theta)$	$-\frac{5}{6}\pi$	$-\frac{2}{3}\pi$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{3}$	$-\frac{\pi}{6}$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2}{3}\pi$	$\frac{5}{6}\pi$	π
t	2.0	4.9	9.7	13.0	13.7	14.0	13.7	13.0	9.7	4.9	2.0	0.0

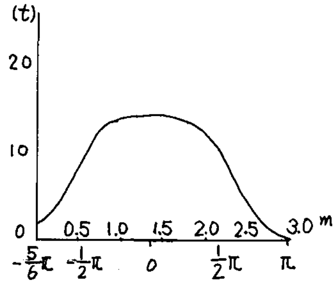


Fig 2. ロックボルトの引抜試験

この結果について数値計算を行えばロックボルトの軸力分布は、(1)式で示されるものとなり、(1)式を微分するとロックボルトのセン断力が求められることになる。Table-1と(2)式を用いて(2)式の係数を求めると、(3)式及び(4)式が求められる。

$$y(\theta) = 8.383 + 7.059\cos\theta - 1.266\cos 2\theta - 0.367\cos 3\theta - 0.031\cos 4\theta + 0.306\cos 5\theta - 0.083\cos 6\theta \qquad (3)$$

$$y'(\theta) = -7.059\sin\theta + 2.532\sin 2\theta + 1.101\sin 3\theta + 0.124\sin 4\theta - 1.530\sin 5\theta + 0.498\sin 6\theta \qquad (4)$$

2). メカニカルアンカーの計算例

ロックボルトに 50 cm 間隔にひずみゲージを設置してメカニカルアンカーとして測定した結果は Fig.3 の(2)曲線及び Table-2 に示されるものである。Fig.3 の(1).(2).(3)曲線は測定値にもとづき計算された曲線である。(1)曲線は(2)曲線を積分して得られるものでロックボルトの変形状態を示し、(2)曲線は地山内のロックボルトの軸力分布を示し、(3)曲線はロックボルトのセン断分布を示す。

Table-2. ロックボルトのメカニカルアンカー測定の座標値

$y(\theta)$	$-\frac{5}{6}\pi$	$-\frac{2}{3}\pi$	$-\frac{\pi}{2}$	$-\frac{\pi}{3}$	$-\frac{\pi}{6}$	0	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2}{3}\pi$	$\frac{5}{6}\pi$	π
t	3.20	5.80	7.50	7.20	6.10	5.20	5.00	4.80	4.60	3.30	2.00	1.00

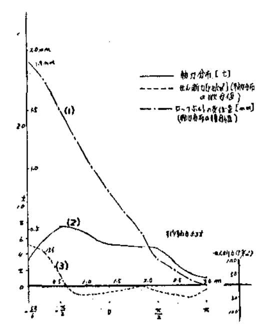


Fig 3. ロックボルトのメカニカルアンカー測定

4. 結 論

1). ロックボルトの試験結果を解析するためには、測定値のグラフ化が必要である。

2). 測定値を滑らかな曲線及び連続関数で表現することができればグラフ化及び微積分が可能となり、試験結果の自動解析化が可能である。

3). 測定値がかなり複雑な変動を示す場合には、フーリエ級数で近似的に表現することが適当である。

4). フーリエ級数を用いることにより、ロックボルトの試験ばかりでなく地山変位及びNATM計測の多くに適用可能で、測定値のグラフ化及び自動解析化が比較的容易にでき測定結果を現場で直ちに短時間で検討することが可能である。

参考文献

大塚、上野、畔高 : ロックボルトの引抜抵抗に対する考察（第33回年次学術講演会）

赤坂 : 数値計算（コロナ社 P87～P96）

大塚, 上野, 石垣 : ロックボルトの新計測システムについて（第34回年次学術講演会）