

外ケーブル用アンカーブロックの支持性能に関する基礎的解析

宮崎大学大学院 学生員 小堤雅彦 (株)国土開発コンサルタント 正会員 枝元宏彰
 宮崎大学工学部 正会員 今井富士夫 宮崎大学工学部 正会員 中澤隆雄

1. まえがき 現在供用されているRC桁橋は橋令 30 年を越えるものが多くあり、この間活荷重の増大化を含む示方書改訂により、補強が必要となってきた。本報告は、既設 RC 橋の補強工法の 1 つである外ケーブル工法のアンカーブロックのすべり特性に対する非線形解析を行い、設計に使用されている設計式¹⁾がアンカーブロックのすべり性状のどのような状態を定義しているかを検討したものである。

2. 解析モデル 図-1に示すように、アンカーブロックは8節点アイソパラメトリック要素を、接触面には厚さを有しない接触要素(図中、陰影部)を採用した²⁾。接触要素は単位面積あたりの分布ばねとなっている。解析での材料諸元は、一般的なコンクリート材料値を考え、弾性係数は $E=35\text{GPa}$ 、ポアソン比は $\nu=0.2$ とし、せん断弾性係数は $G=E/2(1+\nu)$ で与えられる。

3. 照査式 アンカーブロックの安全性を照査する式として、以下の3つの式が考えられる。

・照査式-1 $\tau_{ave} \leq \mu \sigma_{ave}$ (1)

・照査式-2 $\sigma_{WM} + \sigma_{PM} + \sigma_{ave} \geq 0$ (2)

・照査式-3 $\tau_a \leq \mu (\sigma_{WM} + \sigma_{PM} + \sigma_{ave})$ (3)

ここに、 $\tau_{ave}=W/A$ で、接触面全体の平均せん断応力度、 $\sigma_{ave}=2P/A$ はアンカーブロックの締め付け力による平均支圧応力度、摩擦係数は $\mu=0.6$ ³⁾

とした。また、 A は接触面の面積で、 σ_{WM} と σ_{PM} はそれぞれ点 O を回転中心とした W と2つの P によって生じる曲げ応力度である。

照査式-1は接触面全体がせん断耐力に達する限界式を示すものであり、照査式-2は図-1に示す点 a が接触面から肌離れを起こす限界式である。さらに、照査式-3は点 a のせん断応力度が降伏せん断応力度に達する限界式となっている。

4. 接合面非線形すべり解析

図-2は弾性解析による定着力 $W=10\text{kN}$ に対する接触面の支圧応力度、せん断応力度の分布を示したものである。支圧応力度は圧縮であるが、便宜的に図では正值として取り扱っている。図から明らかに、支圧応力度は接触面全体で一様でなく、せん断応力度も一様な傾斜とはなっていない。これらの理由としては、アンカーブロック上面の締め付け力は面全体に均等に作用するものでなく、また接触面での水平方向変位が接触要素のせん断弾性係数の影響から完全に自由でないことが考えられる。また、アンカーブロックの支圧応力度は両端と中央部に大きな応力度がみられ、せん断応力度は、外ケーブル張力の载荷側(接触面位置 0cm)ではケーブル張力によって発生するせん断応力度を相殺する方向に、非载荷側では外ケーブルによるせん断応力に付加するようになっている。

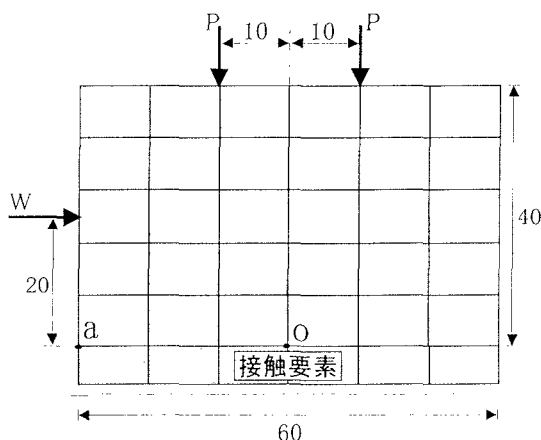


図-1 解析モデル (単位:cm)

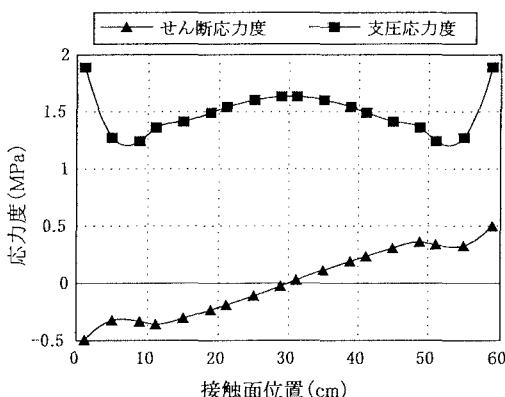


図-2 弾性解析による応力度分布

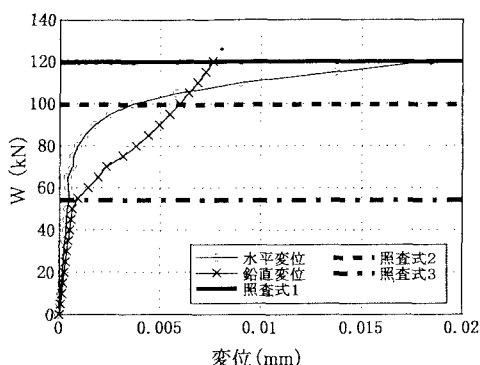


図-3 外ケーブル張力と変位(点a)

図-3は定着力 $P=100\text{kN}$ でアンカーブロックを圧着させた後の、外ケーブル張力の増加に伴う水平方向および鉛直方向の载荷側の接触点端部(図-1での点a)の変位について図示したものである。鉛直変位からケーブル張力 $W=50\text{kN}$ 近傍で初期の非線形化が始まったことが判る。水平変位で非線形性が顕著となるのはおよそ $W=80\text{kN}$ で、 $W=120\text{kN}$ で終局状態となった。

解析結果と前述した3つの照査式を比較すると、照査式-1から得られた外ケーブルの限界張力 W は 120kN であり、解析結果の終局耐力と一致した。照査式-2の点aに肌離れが生じる限界値は $W=100\text{kN}$ となっており、解析では既に顕著な非線形性を示す領域にあることが判る。照査式-3の値は、 54.5kN で、鉛直方向変位のほぼ線形限界を示すものとなった。

図-4は外ケーブル張力の増加に伴う接触要素の分布ばねの状態変化について図示したもので、分布ばねの応力評価点はガウス積分点となっている。

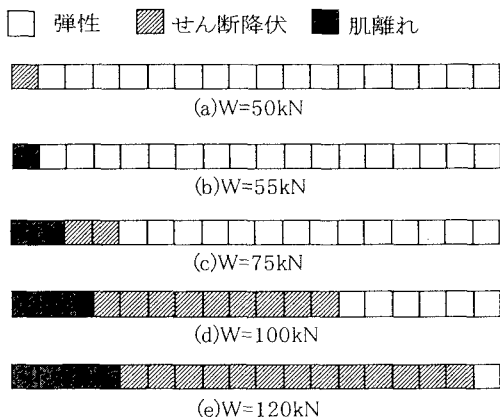


図-4 接合面の非弾性化状況

ケーブル張力 $W=50\text{kN}$ でまず载荷側端部のばねがせん断降伏し、その直後の $W=55\text{kN}$ でせん断降伏したばねが肌離れへと変化した。この荷重以降、载荷側から順次せん断降伏～肌離れへと非弾性領域が拡大して、 $W=120\text{kN}$ でほぼ全域にわたりせん断降伏あるいは肌離れとなり、終局に至っている。

5. 設計式に関する検討 本報告で示した照査式のうち、設計式として使用されているのは照査式-1と-2である。このうち、照査式-1は解析との比較から、アンカーブロックの終局限界状態を表していることが判明した。また、照査式-2は载荷側端部の肌離れ限界式となっているが、支圧応力度が一樣とはならないため、局所的にはすでに非線形領域に入った状態となっている。照査式-3は実際の設計には使用されていないものであるが、本解析結果では線形限界の近傍を表すものとなった。

6. あとがき 本報告では外ケーブル用アンカーブロックのすべり特性について、1つの解析例から3つの照査式についての検討を行った。解析では摩擦係数を $\mu=0.6$ と一定にし、ブロックの定着法も対称としたが、実際の施工では非対称な締め付け方法が採用される。現在、この解析を行っているが、その解析では、照査式-3は線形限界を示すものとはなっていないようである。この解析結果については講演時に発表する予定である。

さらに、小内山らの研究⁴⁾に見られるように、支圧応力度の大きさによって摩擦係数も変化すると報告もあり、本解析のような単位面積あたりの分布ばねを対象とするような解析では、摩擦係数は局所的なせん断降伏あるいは肌離れに大きく影響するものと考えられる。

今後、このような条件も考慮に入れて種々の解析や実験を行っていく必要があると思われる。

【参考文献】

- 1) (社)プレストレストコンクリート建設業協会：外ケーブル方式によるコンクリート橋の補強マニュアル，1998
- 2) 鷲津久一郎ほか：有限要素ハンドブック，pp.421-425，培風館，1981
- 3) 高速道路調査会：仮設PC鋼材設計・施工マニュアル，1997
- 4) 小山内裕ほか：コンクリート工学年次論文報告集，Vol.19，No.2，pp.1191-1196，1997