

鋼アーチ支保工のウイングリブを代替するウイングパイプの載荷試験

マシノスチール(株) 正会員 木下 泰範
マシノスチール(株) 竹田 稔
マシノスチール(株) 西原 直哉

1. はじめに

鋼アーチ支保工の使用に当り、地山支持力が不足して支保工が沈下する恐れがある場合、トンネル周辺の地山の安定を図る為にウイングリブ付き支保工を脚部補強として吹き付けコンクリートと併用する工法が用いられている。

ウイングリブ付き支保工は、脚部の支持面積を大きくして地耐力を得る目的から、鋼アーチ支保工のフランジ外側面にリブ材を取付けて底板面積の拡大を図っているが、これによって鋼重が増加する上、支保工のストックや建て込み時に地山の余掘りなど、取り扱いに不利なところがある。

この時、フランジ外側面のリブ材は、支保工の底板付近の曲げモーメントを抑制する対策としては有利に作用するが、ウイングリブ付き支保工は、吹き付けコンクリートに埋め込まれて一体的に挙動するから、吹き付けコンクリートの拘束による曲げモーメントの抑制が存在するはずである。この視点に立てば、底板面積の拡大は避けられないにしても、リブ材の在り方は見直しの対象になりうると思われる。

そこで従来よりも簡単な構造で必要な支保能力と変位拘束とが得られ、施工性も良く、総合的評価に耐えられる現行のウイングリブの代替品として薄鋼板を用いたウイングパイプ(YMウイングパイプ)を開発した。以下、ウイングパイプと中詰めコンクリートとの一体化によって鋼アーチ支保工の支持力が増大する事を試験によって示し、現行のウイングリブに代替できる事を報告する。



写真-1 YMウイングパイプ

2. YMウイングパイプ付き支保工の考え方

ウイングリブの素材に円筒状の薄鋼板を用いる。この薄鋼板を鋼アーチ支保工脚部に取付け、支保工脚部回りに空間を形成し、その空間内に吹き付けコンクリートやまだ固まらないコンクリート等を投入することにより地山の密着性と必要な支持面積の確保とにより、地山支持力を得る。この考え方により、ウイングリブの軽量化、地山との密着性、脱着の利便性等を図る。

ウイングパイプ内に吹き付けコンクリートを吹込み、充填が終わった後に、支保工の脚部に反力が作用するとき、ウイングパイプ付き支保工の底面に作用する反力は、支保工の底板反力にウイングパイプ底面を横切る吹き付けコンクリート断面の反力を加えた合反力になる。これは図-1に示すように、ウイングパイプ内のコンクリートは未だ固まらない状態でも、ウイングパイプ内壁による拘束によって閉塞され、アーチアクションが発生して地山荷重を支持できるからである。なお吹き付けコンクリートの強度が十分発現する前に大きな反力が作用すれば、ウイングパイプ内のコンクリートは、砂のような塑性体として挙動するが、変位を許容すれば支保工として耐力を発揮する。

一方、反力によってウイングパイプには軸力と同時に曲げモーメントとせん断力とが作用するが、ウイングパイプ周辺の吹き付けコンクリート(コンクリート)がウイングパイプと一体的に挙動する事で、これらの力に対抗する。

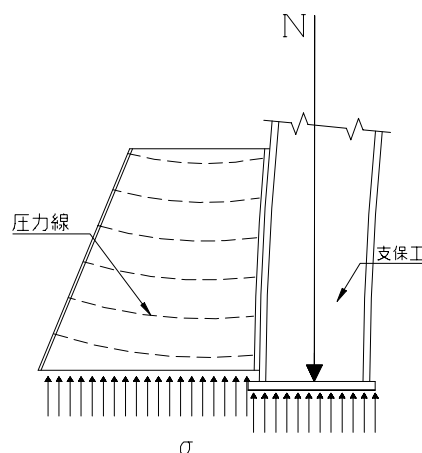


図-1 ウイングパイプの地山支持機構

3. YMウイングパイプ載荷試験

上述の概念を検証する目的から、ウイングパイプ付きH形支保工の脚部構造模型(写真-2)(図-2)を作成し、ウイングパイプ内にコンクリート(吹き付けコンクリート相当)を打設した後、図-1のようにH形鋼に直接軸力がかかるように載荷し、薄肉鋼板の応力、中詰めコンクリートの挙動等、ウイングリブとしての機能を調べる試験を行った。試験に当たっては、ウイングパイプ周辺のコンクリートは排除する条件にしたから、載荷力は全てウイングパイプとH形鋼が受持つ。供試体は、

キーワード： トンネル・支保工・ウイングリブ・脚部補強

連絡先： 〒733-0012 広島市西区中広町3丁目24-18 Tel:082-291-5656 Fax:082-292-0477

H形鋼に鋼板 4.5mm で作成したウイングパイプをボルトにて取付けたもので、底面積は 2951cm²である。地山は軟弱な場合を想定し、径 10mm 以下のコンクリートの粗骨材 300kg を供試体の下に敷詰めて作り、その上に供試体を接地した。载荷はロードセルを介して油圧ジャッキでH形鋼上部に加力した。計測項目は荷重、変位、ひずみである。計測箇所を図-2 に示す。なお、挙動の簡明化の為に、ウイングパイプ付きH形鋼の外周面にはコンクリートの存在を排除したから、試験条件はウイングパイプとして最も不利な挙動に対応する。载荷重によってウイングパイプ底面に直応力 σ_0 が作用すれば、ウイングパイプ内のコンクリートには図-1 の圧力線に沿って圧力が発生し、その圧力は薄鋼板のウイングパイプのフープストレスにつり合う。一方ウイングパイプと支保工との接続面に発生する曲げモーメントとせん断力とは、コンクリートの充填されたウイングパイプの回転変位とずれ変位に伴う接続面の応力に釣合うことになる。ただし、ウイングパイプ付き支保工の地山支持機構に関する主体的挙動は、吹付けコンクリートの閉塞効果による軸方向力に対するウイングパイプの抵抗性にあるから、ここではウイングパイプ内のコンクリートの変位とフープストレスだけに着目する。



写真-2 载荷試験状況

4. 試験結果と考察

スランプ値 13.5mm、14 時間後のヤング率約 2500kgf/cm²の初期コンクリートの投入になるウイングパイプに 35tf まで载荷した結果をフープストレス(図-3)、ウイングパイプ内のコンクリート圧縮変位(図-4)に示す。横軸には载荷重をウイングパイプの底面積で除した応力($\sigma = N/2951\text{cm}^2$)を記す。

YMウイングパイプは、パイプ内のコンクリートが、まだ固まらない状態においても閉塞効果が発現し、フープストレスが σ の増加にしたがって増大していることがわかる。また、中詰めコンクリートの上面変位と下面変位の差(コンクリート圧縮変位)から中詰めコンクリートが载荷に従って圧縮されているのが把握できる。

以上の事から、YMウイングパイプ内に吹付けコンクリートもしくは、まだ固まらない初期コンクリートを投入することで閉塞効果が発現でき、大きな支持力(35tf 以上)を得られることが示された。

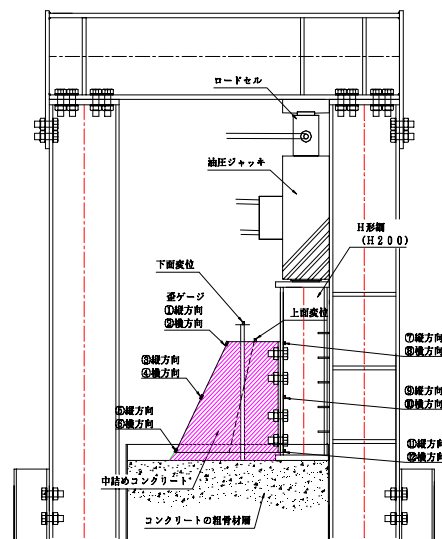


図-2 計測位置

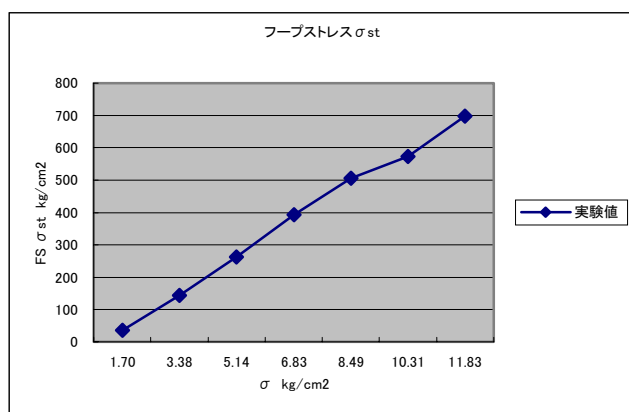


図-3

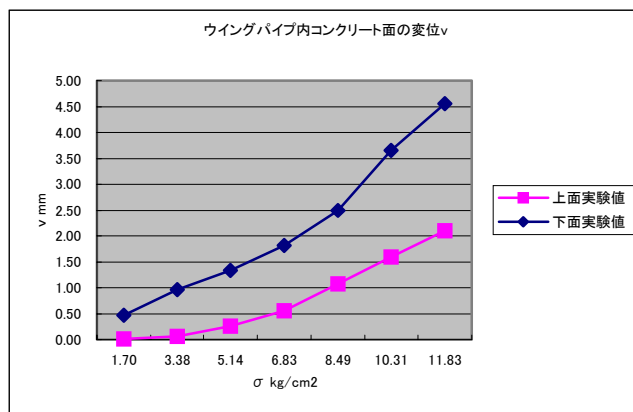


図-4

5. 最後に

薄鋼板を用いたYMウイングパイプの考え方と強度発現前の初期コンクリートを用いたYMウイングパイプの载荷試験結果とを報告した。YMウイングパイプ支保工が有効に働く事は、トンネルの実工事への採用によって既に認められているが、室内試験によって再確認するとともに詳細検討の手掛りを得る事が出来た。この試験結果や工事現場での実測結果を理論によって説明する事は今後の課題である。終りに、薄鋼板を用いたYMウイングパイプの開発は、東京都立大学 山本 稔 名誉教授の指導によるものである。ここに記して厚くお礼申し上げます。