

砂・礫を充填したYMウイングパイプ支保工の地山支持力

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される。

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、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した場合に想定し、砂のような塑性体を充填した場合でも変位を許容すれば支保工として耐力を発揮できる事を試験によって報告する。

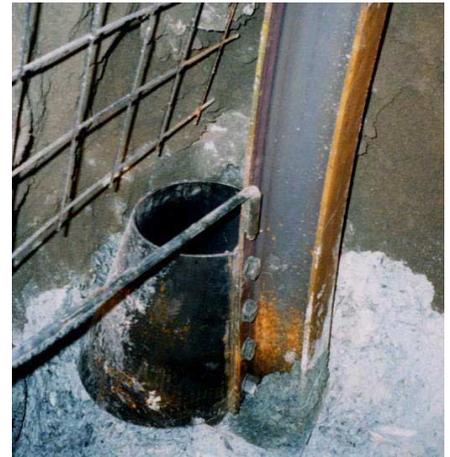


写真-1 YMウイングパイプ

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。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。

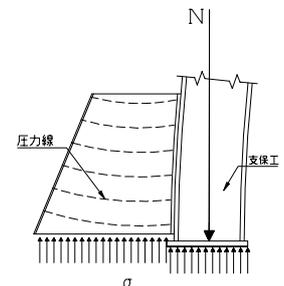


図-1 ウイングパイプの地山支持機構

3. YMウイングパイプ荷重試験

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-3)(図-3)を作成した。供試体は、山砂(洗砂)を充填したYMウイングパイプ、礫(碎石10mm以下)を充填したYMウイングパイプ、現行のH型鋼によるウイングリブの3タイプ(図-2)を用いた。3タイプは共に底面巾650mmで一定とし、YMウイングパイプはH形鋼に鋼板3.2mmで作成

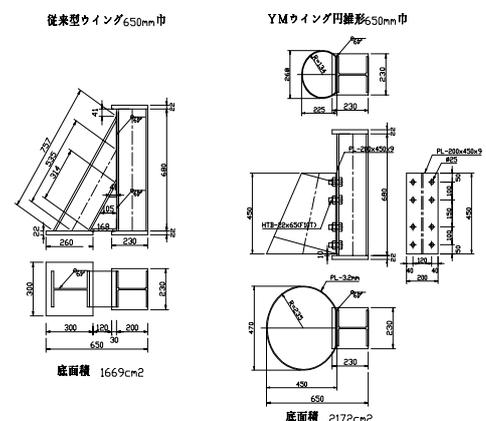


図-2 荷重試験供試体

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： 〒733-0822 広島市西区庚午中1丁目19-23 Tel:082-507-2737 Fax:082-507-2721

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2172cm²である。供試体を設置した後、図-3のようにH形鋼に直接軸力がかかるように载荷し、薄肉鋼板の応力、充填材の挙動等、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、载荷力は全てウイングパイプと充填材及びH形鋼が受持つ。地盤は軟弱な場合を想定し、碎石10-20mm 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。計測にあたっては軸力に対する挙動を主眼として、軸方向の荷重、変位、ひずみ（フープひずみ）である。計測箇所を図-3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。

4. 試験結果と考察

YMウイングパイプの底面鋼材面積は507cm²これに対し従来型ウイングリブの底面積は1629cm²である。底面の鋼材面積は従来型の方が約3倍大きい。これは、YMウイングパイプに充填した砂や礫の閉塞効果（アーチング）によって支持面積



写真-2 従来型ウイングリブ载荷状況



写真-3 YMウイングパイプ载荷状況

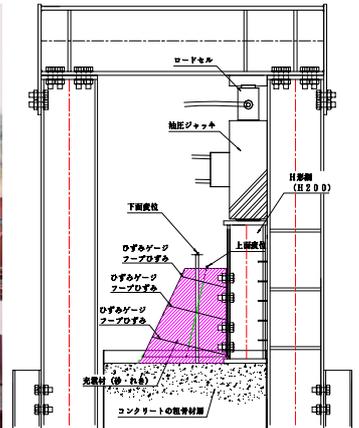


図-3 YMウイングパイプ計測位置

が増大していたためである。そのため両者の設地面積あたりの支圧応力で、沈下比較をする(図-6)と、地耐力はほぼ同等のところまで接近する。なお、ここにおいてもYMウイングパイプの沈下変位が小さいのは、ウイングパイプ内の砂・礫の閉塞に伴う三次元応力状態によるものと判断する。パイプ内に図-1のような圧密変位(図-4)が発生していることは、上記の考察を裏付けるものである。フープストレス(図-5)においても同様、荷重の増加に応じて応力も増大していることが、充填材の閉塞によることを示している。

5. おわりに

薄鋼板を用いたYMウイングパイプの考え方と砂・礫を充填したYMウイングパイプの载荷試験とを報告した。YMウイングパイプ支保工が充填した吹き付けコンクリートの強度発現後に、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。しかし、吹き付けコンクリート充填直後の強度が十分発現する前に大きな反力が作用した場合の挙動には、調査が要すると考え、砂のような塑性体を充填したモデルに置き換えて室内試験を行い、支保工として耐力を発揮できる事が確認できた。この試験結果や工事現場での実測結果を解析する事によってYMウイングパイプ支保工を地耐力に対応してパターン化したいと考えている。最後に、薄鋼板を用いたYMウイングパイプの開発・試験は、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。

