

コンクリートを充填したコーン状鋼管に作用するフープストレス

山口大学大学院	学生会員	山口	哲矢
マシノスチール株式会社	正会員	木下	泰範
山口大学	正会員	吉武	勇
山口大学	正会員	進士	正人
山口大学	正会員	浜田	純夫

1. はじめに

鋼管内にモルタルやコンクリートを打設・充填するコンファインドコンクリート(モルタル)は、周方向へのひずみが拘束されることで、拘束のないコンクリート部材に比べて、その耐荷性能が著しく向上することが知られている。本研究では、コンファインドコンクリートの考えを発展させ、コーン状鋼管内にコンクリートを打設・充填することで、作用する直応力を鋼およびコンクリートの周応力(フープストレス)として積極的に負担させる構造について検討した。これは、地山条件が不良なトンネル施工において、支保工の脚部沈下を抑止する方法のひとつであるYM ウィングリップの設計および施工に応用できるものと考えられる。

2. 実験供試体

本研究で用いたコンクリートは、早強ポルトランドセメント(密度 3.13g/cm³)、海砂(密度 2.6g/cm³)および安山岩砕石(密度 2.7g/cm³)から構成される。YM ウィングリップ内に充填する材料には、吹付けコンクリートが多用されることから、同様な配合条件として表-1 に示すコンクリートを作製した。

表-1 配合条件 (kg/m³)

W/C	C	W	S	G
0.53	396	210	1070	681

実験に際し、YM ウィングリップを模擬するため、一般に用いられる実サイズの 1/2 モデルとして、図-1 に示すコーン状鋼管内にコンクリートを打設・充填した。本研究では内部のコンクリートにのみ荷重を作用させることで、鋼管に作用するフープストレスを定量的に把握することを目的としたことから、コンクリート内部には、図-2 に示すように、下面より 150mm 位置に直応力を負担しない層(発泡スチロール 25mm 厚)を設けている。なお、コンクリートと鋼材間の応力伝達には、コンクリートのくさび作用に伴うフープストレスのみを得るため、発泡スチロール層より下面側の鋼管内部には、打設前よりグリスを充分塗布することで、両者間の摩擦力を出来るだけ低減した。

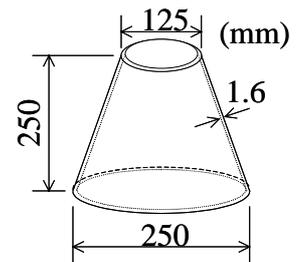


図-1 コーン状鋼管

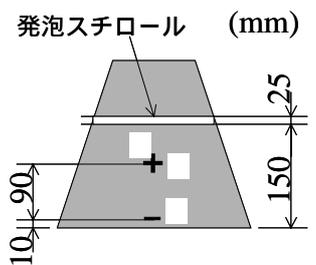


図-2 ひずみゲージ位置

3. 実験方法

トンネル施工における支保工の脚部沈下をもたらす土圧荷重を模擬する目的で、載荷試験はコンクリートの材齢 1 日と十分に水和反応が進んでいない状況で実施した。載荷状況を写真-1 に示す。本研究では、下面側のコンクリートに対して荷重を与え、その反力を上面側の鋼コンクリート合成部材にとった。載荷荷重は、1000kN ロードセルにより計測するとともに、載荷に伴う鋼材のひずみを計測するため、図-2 に示す位置において、表裏面にひずみゲージを貼付した。さらに、加力されたコンクリートの変位量を求める目的から、鋼管側面部に高感度変位計(1/1000mm)を取り付けた。載荷は、アムスラー型載荷装置(Max:980kN)を用いて、フープストレスによる鋼材の破断まで実施し、鋼材の局部的降伏まではおよそ 20kN ごとに、以降は出来るだけ頻繁にひずみ等の計測を行った。



写真-1 載荷状況

キーワード：フープストレス、コンファインドコンクリート、YM ウィングリップ

連絡先 (〒755-8611 山口県宇部市常盤台 2-16-1 Tel : 0836-85-9349 Fax : 0836-85-9301)

4. 実験結果および考察

載荷試験に際し、充填するコンクリートの基本物性を求めるため、円柱供試体(100×200mm)による圧縮強度・割裂引張強度・ヤング係数試験を実施した(表-2 参照)。

ここで、供試体の下端より10mm位置および100mm位置における載荷荷重 - ひずみ関係を図-3、図-4に示す。なお、図-4に示すひずみ(III)とは、コーン状鋼管の斜辺に沿うひずみを表し、これに直交する方向に周方向ひずみ(すなわちフープストレスによるひずみ：II)が位置付けられる。

図-3に示す結果より、荷重レベルが100kN以下において引張ひずみが急増し、以降の荷重増加ではひずみ増進がみられないことが分かる。これは、ゲージ位置(I)が供試体の下端近傍にあり、コンクリートのくさび作用に伴うフープストレスの影響が早い段階のみで現れ、コンクリート下端がゲージ位置(I)よりも高い位置になると、それらの効果が現れないためと考えられる。

また、図-4に示される結果から明らかなように、およそ250kNで一旦ひずみ増加が停滞し、その後の載荷荷重に応じて再度ひずみが増大する結果となった。この変化点は、発泡スチロール層の下部にある部位が局部的に降伏し、周方向に変形が始まったことを表している。また以降の加力において、発泡スチロール層が潰れるまでは、同箇所に載荷荷重が吸収されるため、計測位置においてひずみ増進が生じなかったものと考えられる。なお、最初のひずみ変化点までをフープストレスで表すと、図-5に示すような載荷荷重に対して非線形な結果が得られる。ここで数値を併記している箇所は、ひずみの挙動変化が認められた際のフープストレスであり、先の変化点までに約240N/mm²に達した。

最終的には、反力をとった上端側の鋼コンクリート部材が押し込まれる形で、載荷荷重817kN(最大荷重)において溶接部より破断が生じた(写真-2 参照)。この写真に示される中央部の座屈箇所は、同高さに発泡スチロールが配置されていたことを意味するものであり、その上下のコーン状の部材においても、それぞれ周方向に大きく変形したことが分かる。

5. まとめ

本実験により得られた知見を以下に要約する。

若材齢のコンクリートによっても、鋼管にはくさび作用に伴うフープストレスが作用し、鋼管が降伏するほどの引張ひずみが発生する。

実験においては、荷重を負担しない層の極近傍が局部的に降伏したことから、以降の加力によっても一時ひずみ増進が停滞した。

最初のひずみ変化点に至る過程においても、フープストレスは載荷荷重に対して非線形な挙動を示した。

中央部の座屈箇所を境に、その上下で周方向に大きく変形し、最終的には鋼材溶接部において破断が生じた。

【参考文献】木下泰範, 竹田稔, 西原直哉: 砂・礫を充填したYMウイングパイプ支保工の地山支持力, 土木学会第57回年次学術講演会概要集, 第VI部門, pp.365-366, 2002.9.

表-2 コンクリートの強度(材齢1日)

圧縮強度	5.67 N/mm ²
割裂引張強度	0.71 N/mm ²
圧縮ヤング係数	13.9 kN/mm ²

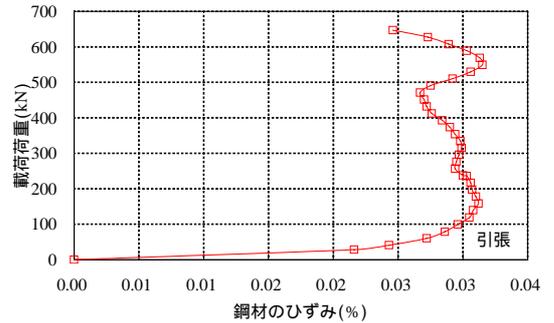


図-3 載荷荷重 - ひずみ(下端より10mm)

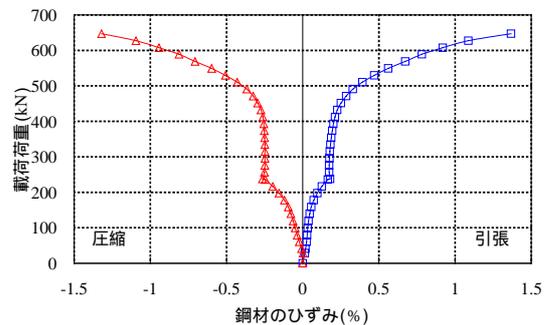


図-4 載荷荷重 - ひずみ(下端より100mm)

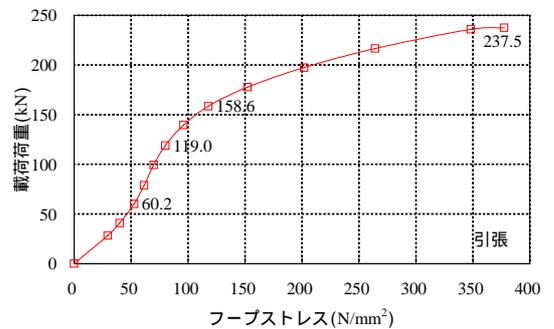


図-5 載荷荷重 - フープストレス



写真-2 充填供試体の破壊状況