

III-2

軸力作用下でのセグメントの曲げ剛性と継手部のバネ定数に関する載荷試験

（株）鴻池組 正会員 小野 紘一
 （株）鴻池組 正会員 富沢 直樹
 （株）鴻池組 正会員 ○内田 博之

はじめに

シールドのセグメントには、土水圧によって軸力と曲げモーメントが同時に作用する。ダクタイル製セグメントは、ダクタイル本体と背面コンクリートが一体となった構造であり、この軸力と曲げモーメントによって、セグメントの曲げ剛性が変化することが考えられる。また、立体骨組解析によるセグメントの設計に用いられる、セグメント間継手の回転バネ定数およびリング間継手のせん断バネ定数も軸力の導入程度によって変化すると思われる。本論文は、土水圧により導入される軸力を考慮したセグメントの剛性、セグメント間継手の回転バネ定数およびリング間継手のせん断バネ定数を実験により求めた結果の報告である。

1. 実験概要

（1）セグメント単体の曲げ試験

試験は、図-1に示すようにシールドトンネル外径5.4m用のダクタイル製セグメント単体にPC鋼棒により軸力を導入した後2点載荷を行った。導入軸力は0.80、140、180tf/mである。載荷荷重は導入軸力180tf/mで、載荷による曲げ応力が導入されても、セグメントの断面内応力が圧縮状態にあるように最大20tfとした。試験ケースは導入軸力、曲げモーメントの正・負（正：セグメント内側引張となる載荷）について8ケース実施し、各荷重段階で中央のたわみとセグメントひずみを測定した。

（2）セグメント間継手の曲げ試験

供試体は、図-2に示すダクタイル製平板型セグメントを2体ボルト締めして連結したものである。載荷はPC鋼より線で軸力を導入した後に、継手部を挟んで2点載荷した。試験ケースは、導入軸力（0.80、140、180tf/m）、セグメント間ボルトの締付トルク（1300、5000、7000kgf・cm）、曲げモーメントの正・負について18ケース実施し、各荷重段階で継手部目開き量を測定した。

（3）リング間継手のせん断試験

供試体は、図-3に示すようにリング継手部で3体ボルト締めして連結したもので、中央セグメントに載荷することで継手

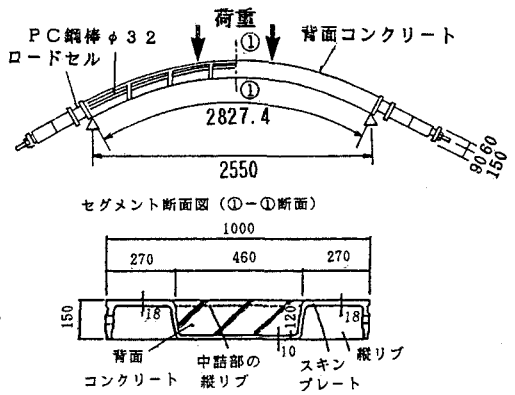


図-1 セグメント単体曲げ試験

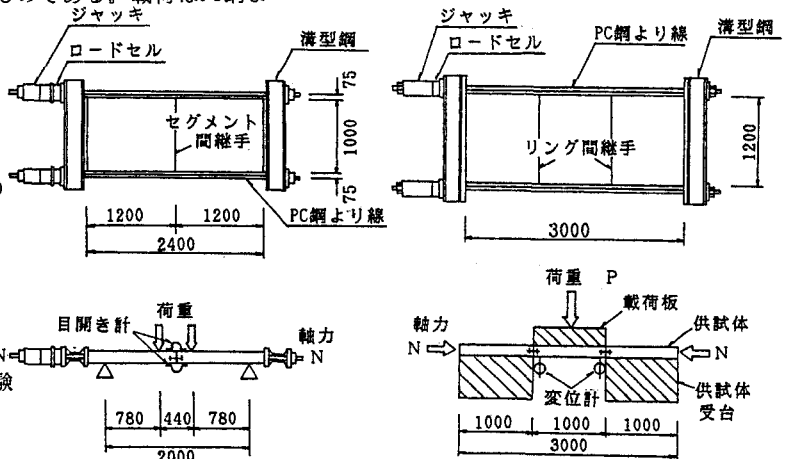


図-2 セグメント間継手の曲げ試験

図-3 リング間継手のせん断試験

部にせん断力を与えた。試験ケースは導入軸力（0,60,130, 150tf）、リング間継手ボルトの締付トルク（1300,5000, 7000kgf・cm）について12ケース実施し、各荷重段階で継手部のずれ量を測定した。

2. 実験結果

（1）セグメント単体の剛性

図-4に剛性（EI）と導入軸力の関係を示す。剛性は導入軸力が大きくなるに従い増加する傾向を示した。これは軸力の導入によりコンクリートに圧縮力が導入され、コンクリートの曲げひびわれ荷重が高まったためと考えられる。負曲げ試験での剛性は正曲げ試験での剛性に比べて約77%と低い値を示した。これは、ダクタイルセグメントの背面に打設されているコンクリートの剛性の有効度が、正曲げと負曲げ試験では異なるためと考えられる。

（2）セグメント間継手の回転バネ定数

図-5にセグメント間継手ボルトの締付トルクが5000kgf・cmでの曲げモーメント（M）と回転角（ θ ）の関係を示した。セグメント継手の回転バネ定数をこの曲げモーメントと回転角曲線の傾き（ M/θ ）とすると、2つに区分できる。すなわち、①軸力およびボルト締付力によって、断面内応力が圧縮の状態、②この圧縮力が解除されていき目開きが起こり、継手板とボルトが変形していく状態。①での回転バネ定数は軸力が大きい程大きくなり、②では軸力にかかわらずほぼ同値となる傾向を示した。また、正曲げ状態と負曲げ状態での回転バネ定数には差はないようである。

（3）リング間継手のせん断バネ定数

図-6にリング間継手ボルトの締付トルクが5000kgf・cmでのせん断力（Q）と継手部ずれ量（ δ ）の関係を示した。リング間継手のせん断バネ定数を、このせん断力-継手部ずれ量曲線の傾き（ Q/δ ）とすると、3つに区分できる。すなわち、①継手面での摩擦でせん断力を負担する状態、②摩擦が切れて滑る状態、③ボルトでせん断力を負担する状態である。①でのせん断バネ定数は軸力が大きいほど大きくなり、②③では軸力にかかわらず同値となる傾向を示した。

おわりに

今回の結果をまとめると、大略次のようである。

①セグメント剛性は、軸力が大きくなる程コンクリートに導入される圧縮力が大きくなるため、増加する傾向を示した。②回転バネ定数は、軸力およびボルトの締付力による全断面圧縮状態から引張が発生する前後で異なり、全断面圧縮状態での回転バネ定数が、軸力の影響をうけ軸力が大きい程大きくなる。③せん断バネ定数は、継手面の摩擦が切れる前後とボルトクリアランス分（最大4mm）を変位した後の3区間で異なり、実設計で用いられる摩擦が切れるまでのせん断バネ定数は、軸力の影響を受け、軸力が大きい程大きくなる。

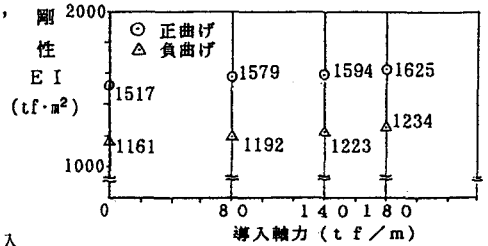


図-4 曲げ剛性と導入軸力の関係

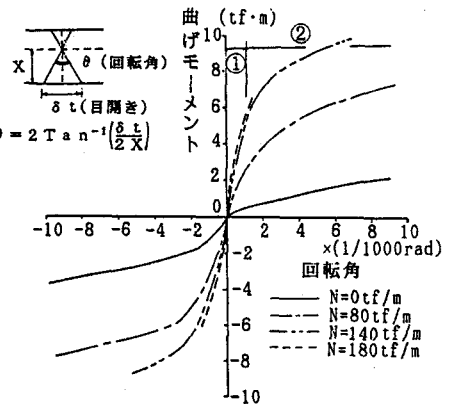


図-5 曲げモーメントと回転角の関係

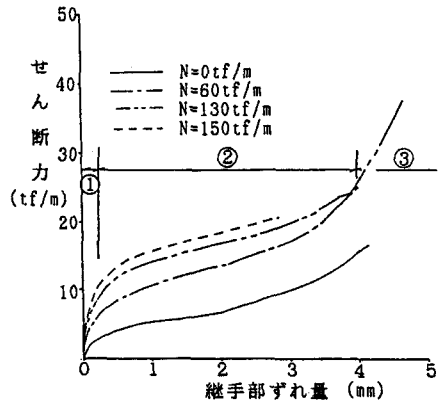


図-6 せん断力と継手部ズレ量の関係