

シールドトンネルの分合流部におけるセグメントと躯体の接合方法に関する実験的研究

—その1：接合部構造の開発—

大成建設（株）土木技術研究所 正会員 ○福浦 尚之
 大成建設（株）東京支店 正会員 福田 隆正
 大成建設（株）土木技術開発部 正会員 森田 泰司

1. はじめに

近年、都市部における道路トンネルの建設では、地上交通を妨げることなく施工が可能であり、地表および地下構造物への影響が少ないシールド工法が広く採用されている。都市高速道路を本線、連結路ともにシールド工法によって建設する場合は、両者の接続部分となる分合流部の構造形式の選定がポイントとなり、以下の2つの技術的課題が挙げられる。

第一に、外力に対する耐荷性能の確保が挙げられる。分合流部の内空断面は、建築限界や非常用施設等の設備空間に干渉しないように設定しなければならない。一方で、コスト面では形状寸法を最小とすることが望まれるため、分合流部の形状は横長扁平となる傾向にある。したがって、曲げ卓越型の応力状態となることから、十分な曲げ耐力を有する構造形式とする必要がある。

第二は、施工誤差の吸収能力を具備しなければならない。分合流部では2本のシールドトンネルを接続するため、各々のトンネルにおいて個々に施工誤差が生じた場合でも、確実に分合流部を形成できる構造とする必要がある。そこで、上記の課題に対して図1に示すような構造形式を立案し、セグメントと分合流躯体の接合方法に着目した実験的研究を行った。

2. 分合流部の構造形式

本研究で設定した道路トンネルの外径は、本線で約 $\phi 12.5\text{m}$ 、連結路外径で約 $\phi 10\text{m}$ である。分合流部の施工については、地上の占有を必要としない非開削施工によるセグメント切開きを想定している。

全体形状は断面力分布、内空断面におけるデッドスペースおよび非開削施工を勘案し、数パターンケーススタディーを行った結果から、最も合理的と考えられる3連円弧形状とした。分合流部の全体構造は、両シールドトンネルの覆工、両トンネル間を相互につなぐ躯体である接合躯体およびそれらの境界となる接合部から構成される。各部の構造形式の選定理由を以下に述べる。

覆工については切開き工事の施工性から、鋼製セグメント（鋼殻）とした。接合躯体は非開削下の狭隘な作業スペースでの施工、接合部における鋼殻の施工誤差吸収性能の観点からRC構造とした。接合部は十分な曲げ耐力を確保することを目的とし、鋼とコンクリートの複合構造とした。

3. 接合部の構造

セグメントと躯体の接続部は、横長扁平の形状とせざるを得ない分合流部の構造において、弱部となる可能性が高い。特に3連円弧形状の場合は当該位置が屈曲した形となるため、耐久性の観点から応力伝達を円滑にし、十分な耐力を確保する対策が必要となる。また、本線・連結路の両トンネルに発生する施工誤差に対応できる構造とする必要がある。この課題を解決することを目的とし、接合部には鋼製の接合ピースを設置する。3連円弧形状における接合ピースの配置概念図を図2に、接合ピース概念図を図3に示す。

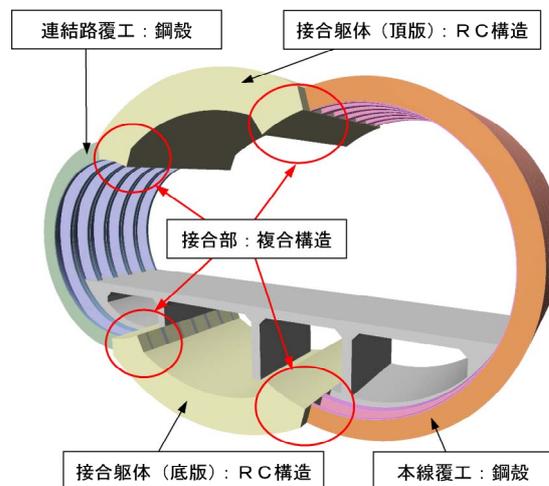


図1 分合流部の構造

キーワード 道路トンネル、シールド工法、分岐合流、接合部、実証実験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 新宿センタービル 大成建設(株)土木本部土木設計部 TEL 03-5381-5417

接合ピースの断面形状はフランジとウェブからなるL形であり、圧縮フランジを有することで高い曲げ剛性を確保している。側面形状は接合躯体形状に合わせた曲線を基調としており、局部的な応力集中が発生しにくい。

応力集中の度合いについては、骨組解析によって検証した。3連円弧の軸線でモデル化した骨組解析において、屈曲している接合部を平滑化したパラメータ解析を行い、軸線の曲率半径を1.0mで平滑化した構造とした。これにより、各接合部で7~12%程度の曲げモーメントの減少が確認できている。

次に接合部の詳細について述べる。接合ピースは、予め鋼殻に設置している縦リブ兼用の接合ピース継手板を介し、ボルトにて鋼殻に接合する。接合ピース設置後は周辺に鉄筋を配置し、コンクリートを打設することで接合部を複合構造とすることができる。接合ピース周辺の配筋状況概念図を図4に示す。接合部の応力伝達を確保するためにせん断補強筋を配置する必要があるが、プレート定着型せん断補強鉄筋を採用することで施工性が格段に向上する。また、接合躯体とは現場打ちコンクリートを介して定着されることから、本線と連結路の両トンネルに発生する施工誤差の吸収性能が高いと考える。

次に接合部の詳細について述べる。接合ピースは、予め鋼殻に設置している縦リブ兼用の接合ピース継手板を介し、ボルトにて鋼殻に接合する。接合ピース設置後は周辺に鉄筋を配置し、コンクリートを打設することで接合部を複合構造とすることができる。接合ピース周辺の配筋状況概念図を図4に示す。接合部の応力伝達を確保するためにせん断補強筋を配置する必要があるが、プレート定着型せん断補強鉄筋を採用することで施工性が格段に向上する。また、接合躯体とは現場打ちコンクリートを介して定着されることから、本線と連結路の両トンネルに発生する施工誤差の吸収性能が高いと考える。

次に接合部の詳細について述べる。接合ピースは、予め鋼殻に設置している縦リブ兼用の接合ピース継手板を介し、ボルトにて鋼殻に接合する。接合ピース設置後は周辺に鉄筋を配置し、コンクリートを打設することで接合部を複合構造とすることができる。接合ピース周辺の配筋状況概念図を図4に示す。接合部の応力伝達を確保するためにせん断補強筋を配置する必要があるが、プレート定着型せん断補強鉄筋を採用することで施工性が格段に向上する。また、接合躯体とは現場打ちコンクリートを介して定着されることから、本線と連結路の両トンネルに発生する施工誤差の吸収性能が高いと考える。

4. 実験ケース

設計上、接合部においては接合ピースと接合躯体とが連続的に剛結されている必要がある。本接合部は既往の複合構造には類似例がない。したがって、実験による構造成立性について確認することとした。

本研究で想定した道路トンネルに対して試設計を行い、接合ピースとRC接合躯体の重ね長を35d (d: RC接合躯体の鉄筋径)とした接合部に関して、鋼製セグメント部と接合ピースを一体に製作して接合部を直線の梁とモデル化した縮尺約1/5の重ね継手実験と、構造形状を極力反映した縮尺約1/3の縮小模型実験を行った。実験ケース数は、設計荷重条件下での耐荷性状を確認する目的で各実験1ケースの計2ケースとした。図5に試験体および荷重方法を示す。実験結果の詳細については「その2:実験結果」にて示す。

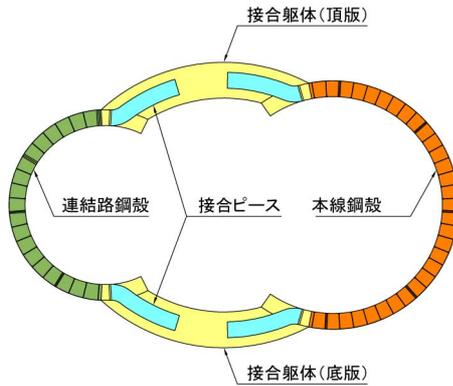


図2 接合ピースの配置概念図

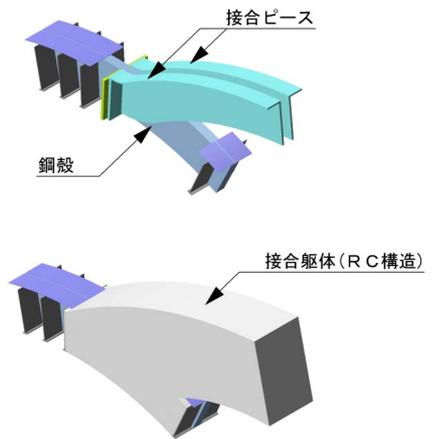


図3 接合ピース概念図

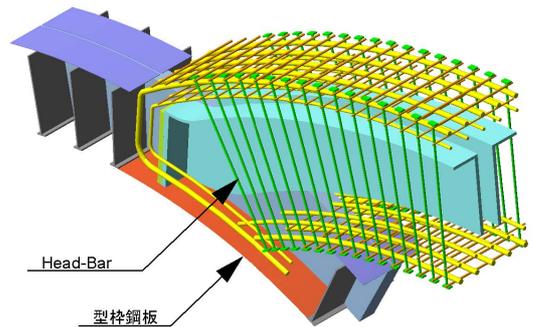
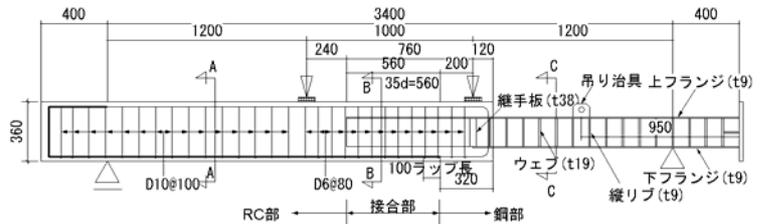
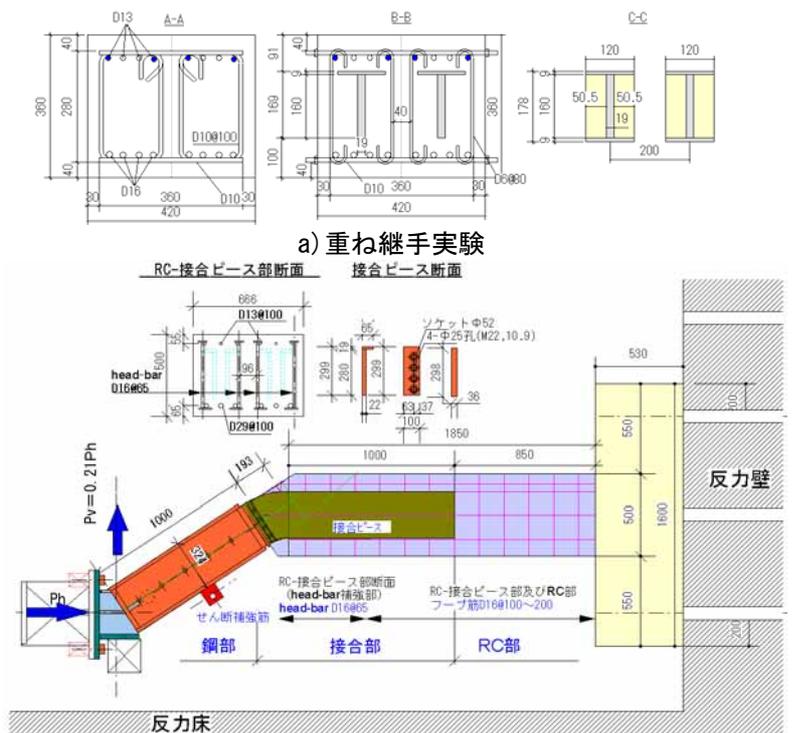


図4 接合ピース周辺配筋状況概念図



a) 重ね継手実験



b) 縮小模型実験

図5 試験体及び荷重方法