

大断面・大深度道路トンネルに適用するための コンクリート一体型鋼製セグメント(HBセグメント)の改良概要 (2)継手構造改良

大成建設(株) 土木設計部
大成建設(株) 土木設計部

正会員 日高 直俊
正会員 ○伊藤 潤

1. はじめに

東京外かく環状道路 本線トンネル(北行)大泉南工事は、東京外かく環状道路の大泉ジャンクション側から発進する本線シールドトンネル工事である。セグメントの外径φ15.8mで13分割(K縮小)、セグメント厚さ650mm、標準的なセグメント幅1,600mmである。本工事における合成セグメントについて、中央

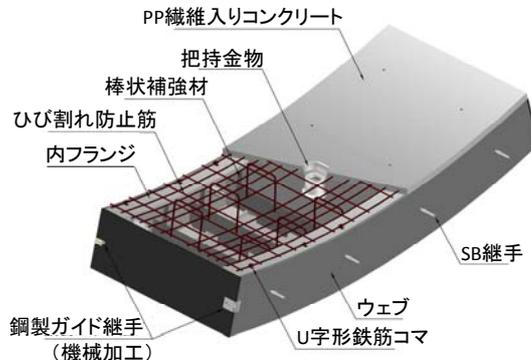


図1 HBセグメント構造概要

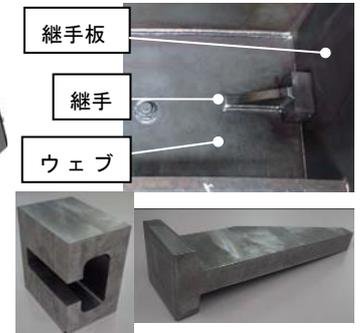


写真1 継手写真

環状品川線シールドトンネル工事-2(道路トンネル)や白子川地下調節池工事(その5)(地下河川)等において採用実績のある、コンクリート一体型鋼製セグメント(以降HBセグメントと称す)を適用した。

2. 従来構造に対する改良点

本セグメントを大断面・大深度道路トンネルに適用するにあたり、従来構造に対して行った改良概要として、①内フランジ面外変形・耐火代はく離抑制構造、②高剛性継手採用、③高流動コンクリートを用いた山型打設による内面平滑化・インサート設置精度向上、の3点(特許出願中)がある。本稿では、上記②について報告する。

3. 高剛性継手概要

HBセグメントに従来用いていたセグメント継手(鋼製ガイド式継手)はコンクリート定着型であり、定着プレートからコンクリートを介してウェブに引張力を伝達する構造であるため、継手自由長が長くなり継手剛性が小さかった。そこで、継手をウェブに溶接した構造とし、直接ウェブに引張力を伝達させることで自由長を低減し、継手剛性の増加(約5倍程度)を図った(表1参照)。また、継手製作方法においても、従来の鋼材を溶接接合する方法から、継手金物を熱間鍛造にて予備成形を行い、そのあと全面機械加工にて製造する一体構造とした。

ウェブ溶接型継手の設置概要図を図2に示す。M金物とF金物はウェブに溶接され、トンネル軸方向に挿入して嵌合する構造である。

表1 ウェブ溶接型継手と従来型との比較

	ウェブ溶接型	従来型(コンクリート定着)
継手構造概要		
継手比較	全長L小⇒伸び小⇒剛性大(引張ばね定数kj)	全長L大⇒伸び大⇒剛性小(引張ばね定数kj)
ばね値比	5	1

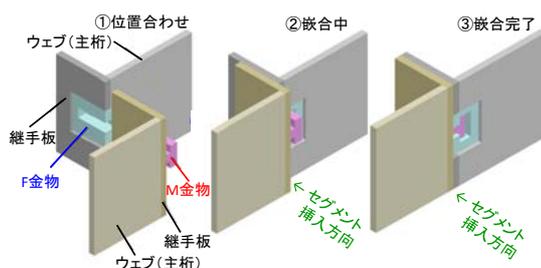


図2 ウェブ溶接型継手の設置概要図

キーワード 合成セグメント, セグメント継手, ウェブ溶接構造, 単体引張試験, 継手曲げ試験

連絡先 〒163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1 大成建設(株)土木設計部都市土木設計室 TEL03-5381-5417

3. 単体引張試験

(1) 試験方法

試験体全景および継手部拡大写真を写真2および写真3に示す。また、試験体の平面図を図3に示す。試験体はセグメント継手をウェブに対して背合わせに2セット配置した対称構造とし、下半のウェブにF金物を、上半のウェブにM金物を溶接固定して継手部で嵌合させた構造とする。

載荷荷重は、ウェブ溶接型継手2セット分の設計降伏引張力 $T_y=587\text{kN}$ (鋼種 SM490) とする。

(2) 試験結果

引張力と相対変位の関係を図4に示す。ウェブ溶接型継手の設計降伏引張力 $T_y=587\text{kN}$ を超えた後も、変形は増大せず耐力を維持した。

安全のため継手が破壊に至る前に試験を中断したが、最大引張力は750kNに達したことから、ウェブ溶接型継手が設計降伏引張力以上の継手強度を有することを確認できた。

4. 実大継手曲げ試験

(1) 試験方法

本製作前の試作セグメントにて実施した実大継手曲げ試験の載荷状況を写真4に、試験概要図を図5に示す。本セグメントのAセグメント2ピースを、ウェブ溶接型継手により嵌合させて縦置きした試験体を用いて、水平載荷する。載荷点間距離は2,000mmとする。試験に用いる載荷荷重 P_u は、ウェブ溶接型継手の設計降伏引張力 $T_y=587\text{kN}$ から算定される破壊抵抗モーメント M_u が試験体に作用するように、下式に示す理論式にて算定した。

$$M_u = T_y d = 170\text{kNm}, \quad P_u = 2 \times M_u / a = 131\text{kN}$$

ここに、 P_u : 破壊荷重(kN), M_u : 破壊抵抗モーメント(170kNm)

T_y : 継手の設計降伏引張力 (587kN/2セット)

d : 継手の有効高さ(290mm)

a : 載荷点~支点間の距離(2,592mm)

(2) 試験結果

載荷荷重とたわみ量の関係を図6に示す。継手破壊時の載荷荷重は246kNとなり、破壊荷重131kN以上であることから、継手曲げ試験においてもウェブ溶接型継手が降伏引張力以上の十分な継手強度を有することを確認できた。

また、最大荷重時 ($P=246\text{kN}$) の継手嵌合部を写真5に示す。ウェブ溶接型継手の嵌合部の鋼材が降伏して破壊に至ることが確認できた。

5. 終わりに

ウェブ溶接型セグメント継手は、従来型のセグメント継手から定着方法を変更することにより、継手剛性を5倍程度向上することができ、所定の耐力を有することを確認できた。

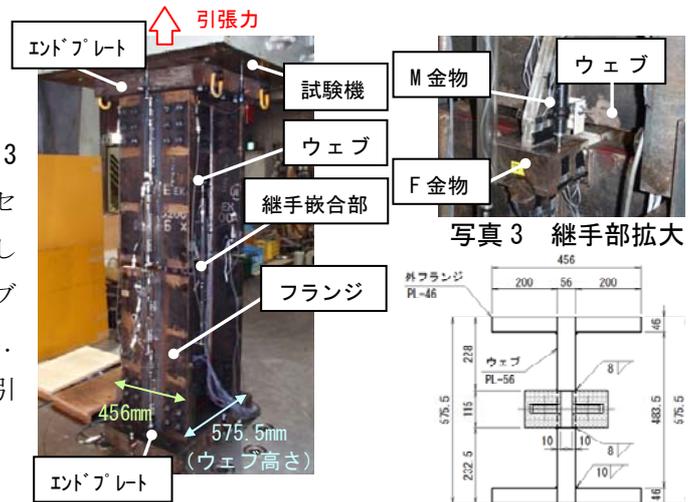


写真2 試験体全景

写真3 継手部拡大

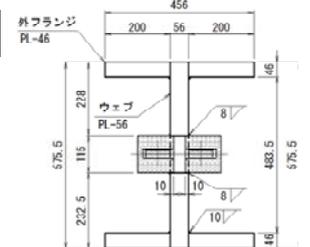


図3 平面図
(試験体上から見て)

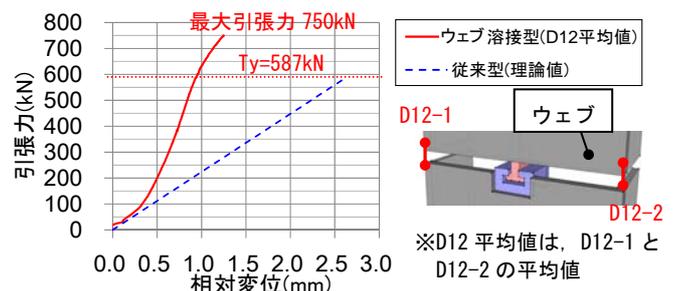


図4 引張力-変位関係

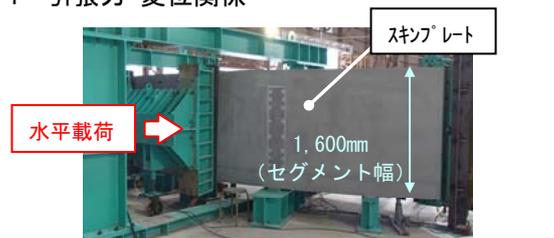


写真4 載荷状況

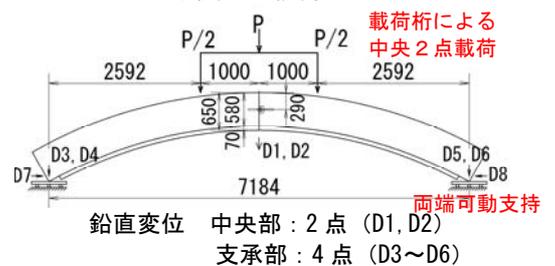


図5 試験概要図 (試験体上面)

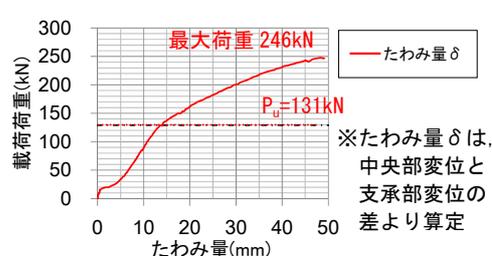


図6 載荷荷重-たわみ量関係

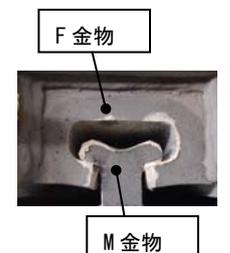


写真5 嵌合部
($P=246\text{kN}$)