急曲線施工用RC セグメントリング間継ぎ手のせん断耐力

近畿コンクリート工業　正員　岩本　勲
関西電力　正員　渡邊　邦男、松本卓也

1．はじめに

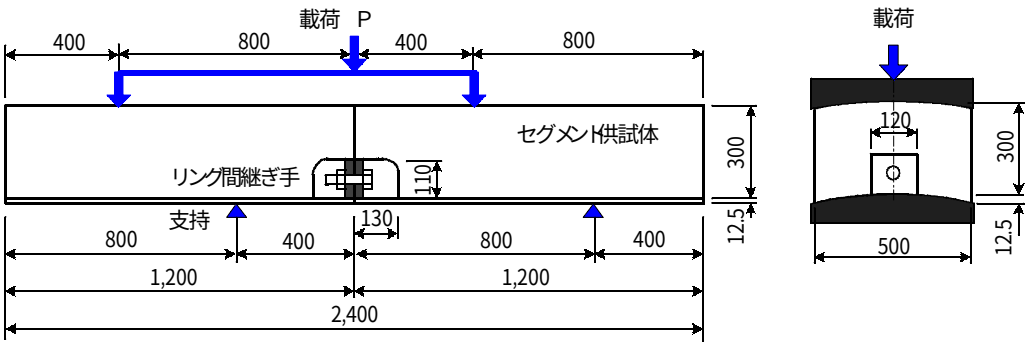
シールドトンネルの曲線半径が小さくなると、RC セグメントではひびわれや欠けを生じる恐れがあるため、ダクタイル製や鋼製セグメントが採用されることが多い。その原因として、曲線部の施工時荷重による悪影響、つまりジャッキの片押し等によるトンネル軸方向の曲げモーメントとせん断力が考えられる。通常のセグメントでは、このような荷重に対する設計は行われていないため、直線部用のセグメントをそのまま曲線部で使用すると、先に述べた不具合が発生する可能性がある。ここでは、通常の直線部用セグメントと改良された曲線部用セグメントのリング間継ぎ手について、せん断力に対する力学的特性について実験的に検討したものである。

2．実験概要

供試体は、外径 5.6m の実際のセグメントをモデルとして、長さ（実セグメントでは幅方向）が 1.2m、幅（実セグメントでは円周方向）が 50cm 、厚さが 30cm の RC 平板型とした。直線部用供試体は、実セグメントと同じ配筋および継ぎ手構造とし、曲線部用供試体は、直線部用供試体の実験結果から、配筋および継ぎ手構造を変更した。リング間継ぎ手は、曲線部への対応を考慮して、一般的な金物直ボルト式とした。供試体諸元を表－１に示す。トンネル軸方向鉄筋の材質、コンクリート強度はそれぞれ、SD345 と σck= 45 N / mm^2 である。また、曲線部用供試体では、継ぎ手金物の定着力不足による破壊形態を確認するために、継ぎ手定着鉄筋のない供試体も作成した。

表－１　供試体諸元

	直線部用	曲線部用
トンネル軸方向筋	4-D13	4-D19
継ぎ手金物	PL-14mm	PL-19mm
継ぎ手定着筋	2-D16-15 °	2-D16-80 °
継ぎ手ボルト	M27(8.8)	M27(10.9)
ひびわれ補強	なし	エキスパンドメタル



図－１　載荷方法

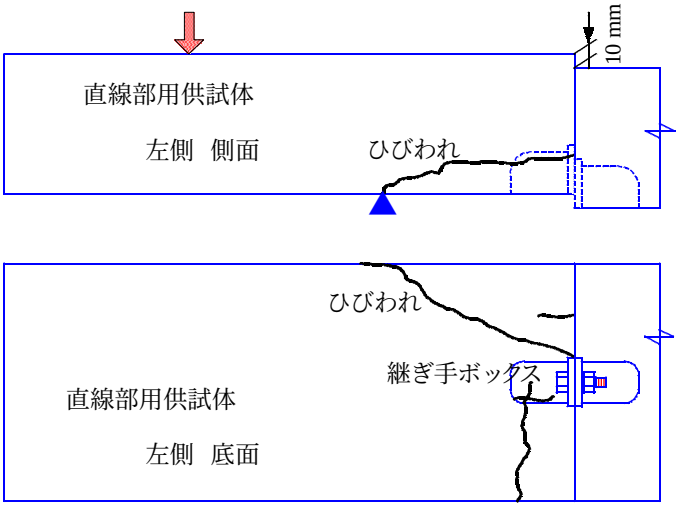
載荷方法は、図－１に示すように、供試体２体をリング間継ぎ手でボルトによって締結し、継ぎ手部にせん断力だけが作用し、曲げモーメントが作用しないこととした。この載荷方法によると、図－１における左側供試体のリング間継ぎ手金物が、下に引き抜けることとなる。

3．実験結果および考察

直線部用供試体は、載荷荷重 442 kN、せん断力に直すと 147 kN において、左側供試体のリング間継ぎ手金物が引き抜けて破壊した。破壊状況を図－２に示す。供試体底面に、継ぎ手金物の引き抜けに伴うひびわ

キーワード：シールドトンネル、セグメント、急曲線施工、リング間継ぎ手、せん断耐力
〒 530-0047　大阪市北区西天満 5-14-10　　Tel:06-6361-8006　　Fax:06-6361-7558

れが発生した。実験では、継ぎ手金物と供試体端部との距離が短いので、側部までひびわれが進展したが、実際のセグメントにおいて、この距離が長ければ側部のひびわれは発生しないかも知れない。右側の供試体は、継ぎ手金物が押し込まれる状態となるので、顕著な損傷は発生しなかった。また、破壊時の左右供試体の鉛直方向相対変位（段差）は、約 10 mm であった。実現場において、図のようなひびわれが発生し、セグメントリング間に段差が生じている場合は、せん断力による損傷が考えられる。

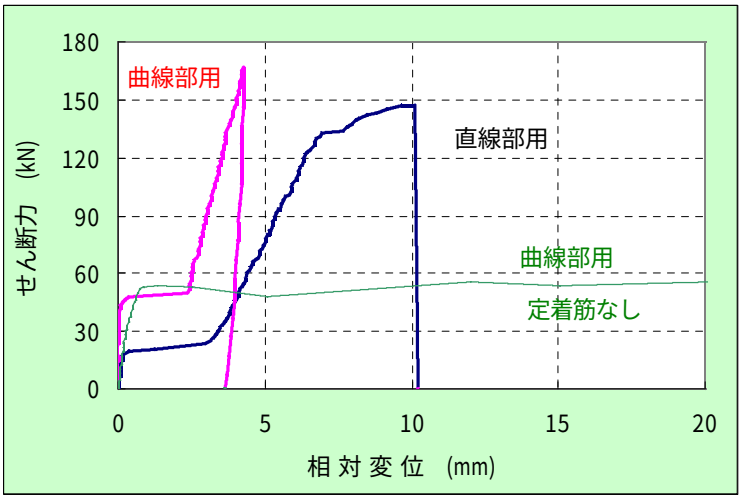


図－２ 破 壊 状 況

曲線部用供試体は、試験機の最大荷重 500 kN を載荷しても破壊せず、継ぎ手ボックス周辺コンクリートが僅かに剥離した程度である。しかし、定着鉄筋のない曲線部用供試体は、載荷荷重 172 kN、せん断力に直すと 57 kN で直線部用供試体と同じく左側供試体のリング間継ぎ手金物が完全に引き抜けて破壊した。

リング間継ぎ手部における左側供試体と右側供試体の、鉛直方向相対変位とせん断力との関係を図－３に示す。

直線部用供試体は、約 20kN のせん断力で左右供試体の一体性がくずれて、継ぎ手ボルトとボルト孔の間隙である約 3mm のずれを生じた。その後、継ぎ手定着鉄筋が引き抜けに抵抗していたが、約 140kN のせん断力で継ぎ手金物が引き抜けて破壊した。



図－３ せん断力と変位との関係

曲線部用供試体は、上記の実験結果から、継ぎ手金物定着鉄筋の配置方向をせん断力による引き抜けに抵抗できるように見直した。また、プレート厚を厚くして剛性を増した結果、最初の滑り出しせん断力も約 50kN と直線部用供試体の２倍程度に増大した。その後の、継ぎ手定着鉄筋が引き抜けに抵抗する範囲では、直線部用供試体と比較してせん断力に対する変位が小さくなっており、定着鉄筋の効果が認められる。これは、定着鉄筋のない曲線部用供試体の実験結果からも明らかであり、定着鉄筋がない場合は、ボルトの締め付け力で抵抗できなくなると、直ちに継ぎ手金物が引き抜けて破壊した。

曲線部用供試体の終局耐力は、試験機の能力が不足したために判定できなかったが、図－３から、直線部用供試体と同程度の鉛直相対変位で破壊すると仮定すると、約 300kN のせん断抵抗力となり、直線部用供試体の約２倍の耐力となる。リング間継ぎ手のせん断耐力は、継ぎ手金物定着鉄筋の適切な配置とその鉄筋量の増減によって、設計できるものと考えられる。

４．ま と め

曲線部施工時にシールドセグメントに作用するせん断力に対して、充分な抵抗力を持つリング間継ぎ手を考案した。リング間継ぎ手を補強することにより、急曲線部でも RC セグメントが適用できるものと考えられる。