

内面平滑型高速施工用セグメント新継手

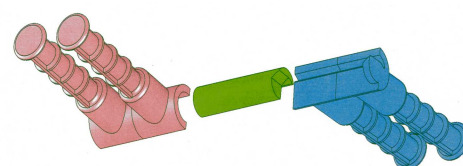
清水建設株式会社 正会員 ○井上 啓明
 清水建設株式会社 正会員 浜口 幸一
 清水建設株式会社 正会員 阿曽 利光

1. 目的

ここ数年のセグメントの開発のニーズは大きく2つに区別することができる。1つはセグメント組立の自動化・省力化を含めた高速施工を可能とするものであり、もう1つは二次覆工を省略できる内面平滑のものである。セグメントを組み立てるシールド機エレクターについては、完全無人化を目指す自動組立、粗位置決めまで自動化しその後の作業を手動に頼る組立、全てを作業員に任せる手動組立に分類されるが、内面平滑型で粗位置決めから短時間に簡単に接合、組み立てできるピース間継手を今回の開発目的とした。

2. 新継手構造

新継手の部材は回転部材とその部材を軸受け、収める雄金物と、その対になり回転部材を受け入れる雌部材からなる。接合手順はエレクターにてセグメントを把持し、所定の位置に旋回した後、雄金物から一部突出する回転部材が、対するセグメント



継手面の雌部材の凹部収まる精度程度の粗い作業の伸縮位置合わせを行う。（従来はこの粗位置からの継手が噛み合う位置までの微調



図-1 新継手接合イメージ

整に時間を所要している。)その後、その粗い位置でエレクターにてセグメントを継手面に近づけると、オス継手の回転部材が回転しながらメス部材に挿入される際、セグメント本体は自然と所定の位置に引き寄せられ、微調整され、接合される。（この微調整動作を促す回転構造が本新継手の特徴である。）最後にトンネル軸方向にセグメントを移動させるが、このセグメント間新継手は、その際にオス回転部材、メス部材のそれぞれにある凹凸が噛み合い引き抜き耐力を有すものとなる。（図-1）

継手は高強度、高剛性のダクタイル鋳鉄製金物とし、各3部材をそれぞれを鋳造による一体成型で製造する。RCセグメントには、取り付け治具を用いて精度良く型枠にセットし、コンクリート打設、製作する。

この新継手の開発はボルト M24(8.8) 相当を設計目標として作成し、試験を行った。

3. 性能（強度）確認試験

<スケルトン引張試験>

アムスラー試験機を用いて、新継手の耐力を測定し、M24(8.8)ボルトと同等もしくはそれ以上の耐力を有しているかどうか、また、継手のどの位置で破壊

表-1 スケルトン引張試験結果

	M24(8.8)	供試体 1	供試体 2
耐力(kN)	233	280	270
破壊形態・・オス金物（回転体）のツメの破断			

するのかを
 確認すること
 目的として、
 スケルトンの

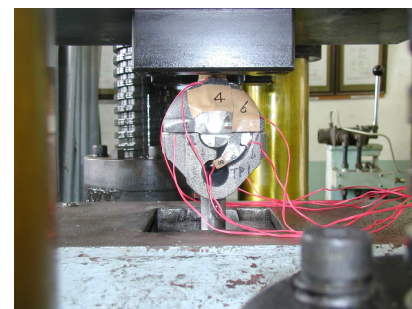


図-2 スケルトン引張試験要領

キーワード：セグメント継手、回転、内面平滑、自己微調整機能、高速施工

連絡先：〒105-8007 港区芝浦1-2-3 清水建設（株）土木技術本部技術開発部 TEL03-5441-0518

引張試験を実施した。試験結果を表-1に示す。目標耐力 233kN は満足でき、オス金物（回転体）のツメ部が破断し、破壊に至った。

< 継手曲げ試験 >

実物大のセグメントにおける新継手の耐力およびバネ定数を測定し、その特性を把握することを目的として継手曲げ試験を実施した。

試験はA型セグメント2ピースを締結し、荷重は水平方向で 5kN ピッチで破壊まで載荷した。試験結果を表-11に示す。その結果、理論値（78.69kN）を超え、82.10kN でオス金物（回転体）のツメ部が破断し、破壊に至った。新継手の設計荷重に対する安全率は $sf = 1.94$ であった。以上のことから、今回開発した新継手の耐力は従来のセグメント継手の設計法で設計できることが確認された。

図-4 に荷重 - 開口角の関係をグラフで示す。試験結果から、設計荷重時のバネ定数は 2964 $\text{kN} \cdot \text{m/rad}$ となった。この値は実績のある内面平滑ワンパス継手と同等の値 [D 2 5 タイプのバネ定数 $k = 2750 \text{ kN} \cdot \text{m/rad}$] であり、継手の特性として十分満足することを確認した。

4．性能（組立）確認試験

このセグメント継手の開発コンセプト「短時間で組み立て可能であること」を確認するため、工場組み立て完成時の実際のシールド機を用いて組立試験を実施した。試験の結果、組立時間約 2 分で目標を達成することができた。しかし、試験で使用したシールド機はセグメントを把持すると自由度がないため、本来の粗い位置から、継手が持つ自己微調整を十分に発揮することはできなかった。従って、この継手の自己微調整機能を発揮するには、自由度を持った力制御できるエレクターを用いる必要があることが判った。

5．終わりに

継手の性能は、ほぼ所定の性能を満足した。また、価格も他の内面平滑

ワンパス継手とほぼ同等である。今後は、強度上余裕のあるところを削り、さらなるコストダウンを目指しながら、エレクタの改良と併せて実トンネルでの採用を目論んでいる。また、大断面用継手として、M24 (8.8) より高強度の継手への展開を行う予定である。

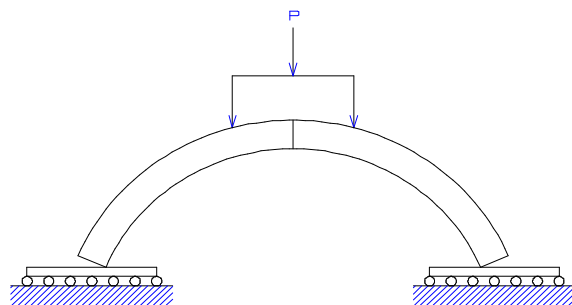


図-3 継手曲げ試験要領

表-2 継手曲げ試験結果

	荷重 kN		モーメント $\text{kN} \cdot \text{m}$	
	計算値	実測値	計算値	実測値
設計荷重	42.37	-	38.57	-
破壊荷重	78.69	82.10	71.63	74.73
破壊形態・・・オス金物（回転体）のツメの破断				

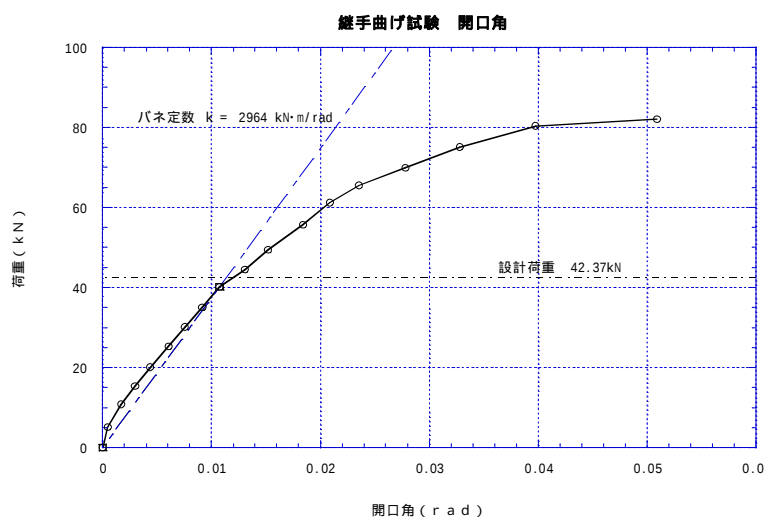


図-4 荷重 - 開口角グラフ



図-5 新継手試験体



図-6 セグメント継手状況