

III-B 132 内面平滑セグメントの構造性能（その4）

ーセグメント継手の曲げ剛性の評価方法についてー

佐藤工業 正会員 高塚 哲
 佐藤工業 正会員 吉成 寿男
 佐藤工業 正会員 原園 誠
 佐藤工業 正会員 木村 定雄

1. はじめに

従来多用されてきた直ボルト式の締結装置は人力により締付け作業を行うことが多く、その締付け力を高めることが困難であった。このためボルトの初期締結力による締付け効果は小さく、これを実験的に把握することができなかったようである¹⁾。直線くさび式締結装置(コッター)は、簡易な機械でH形コッターを挿入することのみでセグメント継手に締付け効果が与えられ、さらにシール材に十分な圧縮力を付与できる。この締結装置を用いたセグメント継手の基本的な構造性能は前報に述べたとおりである²⁾。本報告ではさらにコッターによる締付け効果を明確にするために行った検討結果について述べる。

2. 継手剛性の評価方法

セグメント継手の曲げ剛性は、曲げ作用時の見かけ上の回転ばね定数(k_θ)として評価される。 k_θ は継手面の突合せ方式、導入軸力、締結方法などの影響を受ける。ここでは作用する曲げモーメントの増加とともに、A：引張縁のひずみが零となる段階、B：H形コッターのウェブが位置する桁高で引張が発生しだす段階、C：H形コッターに生じているプレストレス以上に引張が発生しだす段階に着目して曲げ剛性の評価方法について考える。

AおよびBの段階における維ひずみ分布を図1に示す。図中のAおよびBの段階における曲げモーメント M_A および M_B は、応力とひずみの関係が線形とするとそれぞれ以下の式で与えられる。

$$M_A = N \cdot (h/6 + e_0)$$

$$M_B = \frac{2}{3} \cdot d \cdot N$$

ここで、 N ：導入軸力、 h ：突合せ高さ、

d ：有効高さ、 e_0 ：導入軸力の初期偏心量。

導入軸力が40tfの基で曲げ載荷を行った時のコッターウェブひずみを図2に示す。縦軸は鉛直荷重により生じる曲げモーメントであり、導入軸力の初期偏心による曲げモーメントは含まない。突合せ高さが大きく、コッター金物数が多いほどひずみが急増しだす曲げモーメントが大きいたことがわかる。図3はシングルコッターの場合で突合せ高さが154mmのケースのみ抽出したものである。図中のCはH形コッターのプレストレス効果が得られる限界³⁾を示している。以下にこの実験結果を例にとり、曲げと軸圧縮力を受ける継手の挙動について検討を加える。

図4は継手部に作用する曲げモーメントと開口角の関係であ

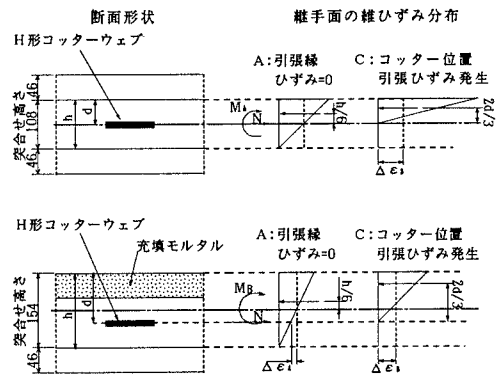


図1 継手面形状と維ひずみ分布

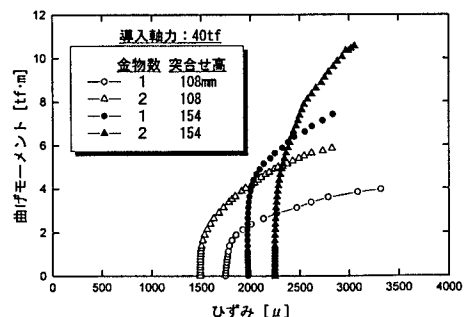


図2 曲げモーメントとH形コッターひずみの関係

り、曲線の傾きは継手の見かけ上の回転ばね定数を表わす。 $k_{\theta 1}$ は領域OA内の、 $k_{\theta 3}$ は領域CD内の値を最小二乗近似して得た直線の傾きである。図5は見かけ上の回転ばね定数と荷重偏心率の関係を示したものである。荷重偏心率は導入軸力や突合せ高さの異なる実験結果を比較する上で有用な指標となる。

領域OAでは継手が全断面圧縮状態にあり、中立軸の位置は変化しない。またコッターは中立軸の近傍に配置されているため、H形コッターウェブが位置する桁高では、曲げモーメントの増加に伴うコッターひずみの変化量($\Delta \epsilon_A$)は微小である(図1参照)。したがってこの領域ではコッター金物数やプレストレス効果が回転ばね定数に与える影響は小さく、突合せ高さや導入軸力の影響が顕著となる。領域ABでは有効高さが減少し始めるため、回転ばね定数は大きく低下する。コッターが位置する桁高ではひずみに変化が生じる($\Delta \epsilon_B$)、プレストレス効果を受けたコッターのひずみはほとんど変化しない。また回転ばね定数がほぼ一定となりだす荷重偏心率0.4の段階はBの段階とほぼ一致する。領域BCではコッターウェブが配置された桁高に引張ひずみが生じるが、コッターにはプレストレス効果が残存しひずみの変化は小さい。この領域の回転ばね定数は、次の領域CDと比較して若干高い値となる。領域CDではプレストレス効果がなくなりコッターのひずみは急増する。その際、回転ばね定数は小さな値となり、継手はヒンジ的挙動を示す。これらの領域ごとの挙動は導入軸力が異なる場合もほぼ同様であった。なお、領域OAおよびCDの見かけ上の回転ばね定数と各境界ごとの曲げモーメントは表1に示したとおりである。

以上の領域に継手の挙動を区分することにより、導入軸力の影響とコッターの締付け力による影響とを分離して、見かけ上の回転ばね定数を評価することが可能になると考えられる。

3. おわりに

今回は初期締付け力が一定の条件の基で実験を行い、曲げ剛性の評価方法について検討した。今後初期締付け力の異なる場合についても実験的検討を加え、曲げ剛性の評価方法についてさらに詳細な検討を行う予定である。

[参考文献] 1) たとえば、小山、松本、稲垣：シールドセグメント継手試験と継手ばね定数の検討、

トンネル工学研究発表会論文・報告集、Vol. 4, 1994. 11. 2) 原園、吉成、岡村、木村：内面平滑セグメントの構造性能（その3）、第51回年次学術講演会、III部門、1996. 9. 3) 村上、小泉：シールド工事用セグメントのセグメント継手の挙動について、土木学会論文報告集、No. 296, 1980. 4.

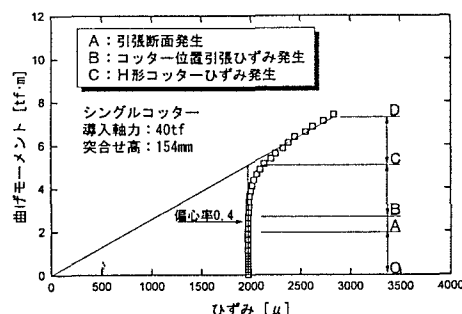


図3 曲げモーメントとH形コッターひずみの関係

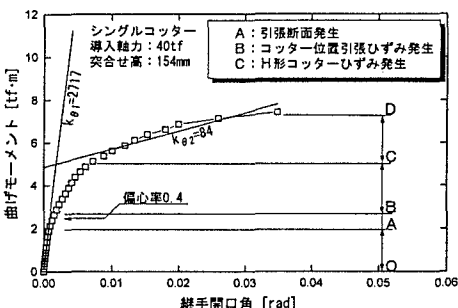


図4 曲げモーメントと継手開口角の関係

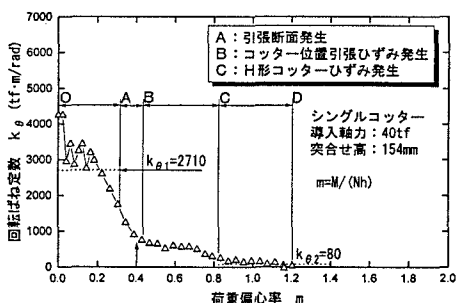


図5 回転ばね定数と荷重偏心率の関係

表1 境界ごとの曲げモーメントと見かけ上の回転ばね定数 (軸力40tf時)

金物数		1	2	1	2
突合せ高さ [mm]		108	108	154	154
各状態 での曲げ モーメント [tf·m]	A: 引張縁ひずみ=0	0.72	0.72	1.95	1.95
	偏心率0.4	1.73	1.73	2.46	2.46
	B: コッター位置	1.44	1.44	2.68	2.68
	C: プレストレス以上	2.17	3.19	5.07	7.54
回転ばね定数 [tf·m/rad]	$k_{\theta 1} \quad [\times 10^3]$	1.87	1.54	2.71	2.77
	$k_{\theta 3} \quad [\times 10^3]$	0.05	0.11	0.08	0.09
H形コッター初期締結ひずみ [μ]		1743	1491	1970	2243