

久保田鉄工㈱

正員

木川 富男

久保田鉄工㈱

森 もゆる

1. はじめに

近年、トンネルの深部化や軟弱地盤中のトンネル建設が多くなり、それらに使用されるセグメントの単体並びに継手の性能も大きなものが必要となってきた。したがって、その継手金物は従来よりも強度の高いものが要求され、重厚化してきている。他方、シールドトンネルの建設費の低減など合理化が進められるなかで、特にセグメントの合理化に対する要求が大きくなってきている。継手金物はセグメントを構成する主要な材料であり、セグメントの合理化には継手金物によって占められる部分も少なくないと思われる。継手金物の合理化は金物それ自体のコンパクト化、軽量化を目ざした合理的設計によって図られると考えられる。しかるに継手金物は構造が複雑で、適切な設計手法が確立されていないのが実情である。そこで継手金物の構造で重要なウェイトを占めると考えられる側板の高さを変えて、その影響を実験的に確かめるとともに、併せてFEMによる立体応力解析を行い、実験結果と比較検討し継手金物の合理的な構造について考えることとした。

2. 供試体の形状・寸法

供試体は継手金物の基本的な性能を調べ、合理的な構造について検討するためのものであるから、できるだけ単純で普遍的な構造のものが良いと考え、1本ボルト用のものを用いることとした。またその種類は継手板を囲む側板の高さを3通りにかえたもので継手板、アンカー鉄筋の寸法等は同一条件とした。これらの継手金物は実際のセグメントと同じような配筋をした直方体のコンクリートブロックに打設し、試験に供することとした。

3. 試験方法

継手金物の曲げ応力に対する性能については、試験を単純化するため継手曲げ試験にかえて継手ボルトの引張試験をすることとした。すなわち、コンクリートブロックに埋込まれた継手金物のボルト孔にボルトをセットしこれに引張荷重を与えて、継手板、アンカー鉄筋の応力度並びに継手板の変形を測定することとした。

また、継手金物のせん断応力に対する性能については継手金物を埋込んだコンクリートブロック2体をプレートで挟んでボルト接合し、このプレートを引抜くことにより継手ボルトにせん断力を与え、その時のアンカー鉄筋の応力度や継手金物の変位を測定することとした。



写真 継手金物A

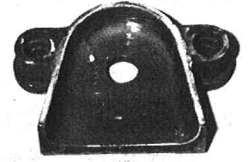


写真 継手金物B

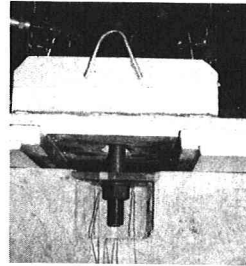


写真 引張試験

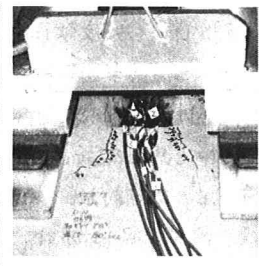
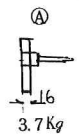
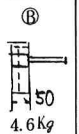
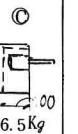
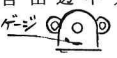
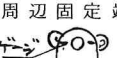
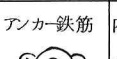


写真 せん断試験

表 1本ボルト継手金物の実験値FEM解析値比較

供試体の番号と形状		A	B	C
				
自由辺中央 	FEM	-1500	-1250	-625
	実験値	-1867	-1309	-996
周辺固定端 	FEM	750	1125	1500
	実験値	666	925	1629
アンカー鉄筋 	内	FEM	3750	3750
		実験値	2371	706
	外	FEM	-2250	-2000
		実験値	-888	-464
捻み (mm)	FEM	1.33	1.01	0.507
	実験値	1.36	1.10	1.10

4. FEMによる立体応力解析

応力解析するにあたり、継手の構造を解析し易いように仮定条件を設定して単純化を図った。すなわち、継手金物は実際にはコンクリート中に埋込まれているが、これを取り出しアンカー鉄筋を固定することとし、その他の部分はコンクリートによって何ら拘束や影響を受けないこととした。アンカー鉄筋の固定の位置はボルトポケット奥端としたが、これはアンカー鉄筋のボルトポケット内側への変形に対して殆んど拘束力がないと考えるためである。ボルト荷重はワッシャーの当り面に等分布に作用するとした。

5. 試験並びにFEM応力解析結果と考察

5-1 引張試験

(1) 供試体④、⑤、⑥の破壊試験における最終荷重は27^T、37^T、51^Tであり、継手金物側板の高さの増大につれて最終荷重も大きくなっている。破壊は継手金物やアンカー鉄筋そのもので起きるのではなくて、それらの曲げによる変形に伴い生ずる継手金物周辺のコンクリートの引張破壊による。

(2) 継手板の応力度は表に示す通りで、供試体④、⑤、⑥の順に、自由辺中央部の応力度は次第に小さくなり、逆に継手板周辺の応力度は大きくなる。

実験値とFEM応力解析値と比較して表に示す。

5-2 セン断試験

(1) 供試体④、⑤、⑥のせん断試験の最終荷重は図に示す通り、それぞれ58^T、61^T、64^Tで引張試験の場合と異なり側板の高さは直接影響を及ぼさない。破壊はコンクリートのせん断破壊で生じ、継手金物自体はボルトのせん断応力に対し十分な強度を有しているため、全く問題はなかった。

(2) 継手金物のコンクリート中におけるせん断抵抗は継手金物のアンカー鉄筋取付ボスとアンカー鉄筋の外縁とこれらのコンクリートのかぶりの部分で形成するせん断力を受ける面の大きさによってきまると考えられる。

6. 結 論

継手金物の側板の高さを大きくすることは継手板の強度の増大に効果的であることが確認され、通常の継手であればその高さは50~100mm程度で良いことがわかった。FEM応力解析では、モデル化の設定条件による影響はさけられないが、その割には実験値とほぼ近似する値を得ることができ、またボルト孔周辺、継手板の自由辺および隅のアール部等の補強が重要であることもわかった。今後、FEM応力解析も一つの設計手法として活用できると考える。

以 上

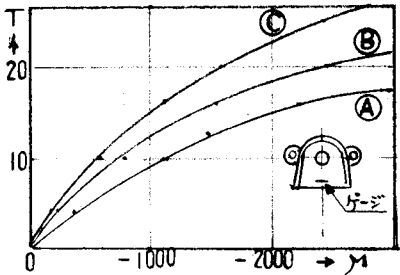


図 引張試験荷重-歪

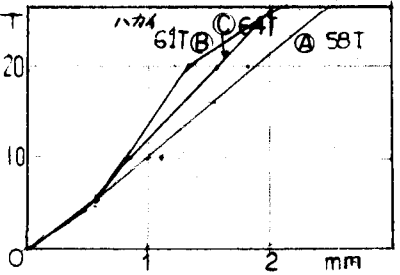


図 セン断試験荷重-撓み

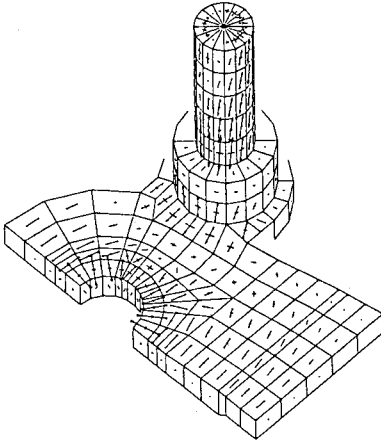


図 ベクトル図

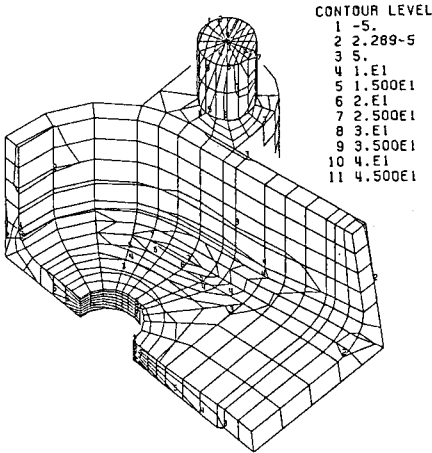


図 等応力度線図