

I-517

RCシールドセグメントの交番載荷実験——2次覆工の有る場合——

建設省土木研究所 正員 加納 尚史
 建設省土木研究所 正員 川島 一彦
 建設省関東地建 正員 大日方 尚巳
 大成建設株式会社 正員 志波 由紀夫

1. はじめに

2次覆工を施した場合のシールドトンネルの長手方向剛性および地震時破壊性状について検討することを目的として、模型を用いた載荷実験を行ったので、その結果を報告する。

2. 載荷実験の概要

載荷実験に用いた供試体は、外径4～5mの下水道用標準セグメント（コンクリート系）を参考として製作したものであり、図-1に示すように厚さ20cm、リング長90cmのRC平板型セグメントの1部分をトンネル長手方向に切り出した部材をリング継手により連結した後に、この上部に厚さ20cmの2次覆工を施したものである。2次覆工には、トンネル長手方向鉄筋として、2次覆工厚の中央にD13(SD30)を3本並列に配筋した。使用したコンクリートおよび鉄筋の強度を表-1に示す。

供試体への載荷は、供試体の一端を反力壁に固定し、他端を加振機に連結してトンネル長手方向に軸力を載荷した。実験では、2体の供試体を用いて、1体は単調引張（B-1供試体）、もう1体は正負交番繰返し（B-2供試体）により、リング継手部が破壊するまで載荷した。なお、実験は、継手位置の2次覆工コンクリートにクラックが入る前と後とで分けて行ったため、破壊実験では2次覆工コンクリートにクラックが入った状態から載荷を行っている。ただし、この状態では、2次覆工鉄筋は降伏していない。また、以下に示す結果には、約3ton分の載荷装置の摩擦による影響が含まれている点に注意していただきたい。

3. 実験結果

図-2に供試体の荷重～変位履歴曲線を示す。ここで、単調引張載荷を行ったB-1供試体は、加振機のスローク不足のため、2回載荷をやり直しており、図中の履歴は3回目の単調引張載荷時のものである。破壊に至る過程としては、載荷方法の違いにかかわらず、まず2次覆工鉄筋が降伏し、それにより軸剛性が低下した。その後2次覆工鉄筋が破断することにより載荷力が低下し、最終的にリング継手が破壊した。図-3にリング継手の破壊状況を示す。B-1供試体ではアンカー鉄筋が定着板端部で破断したが、ボルトボックスが2次覆工コンクリートで充填されていたため、定着板の変形が拘束され、面板が大きく円錐台状に変形している。一方、正負交番繰返し載荷を行ったB-2供試体では、面板が定着板との取付部で破壊した。これは正負交番載荷により、面板が繰返して曲げ変形を受け、疲労したためと考えられる。

表-2に供試体の耐力、変形性能およびセグメント接合面の引張剛性を示す。正負交番繰返し載荷の場合は単調引張載荷に比較して、終局耐力は93%に、また、リング継手破断前の終局変位は56%に、それぞれ、減少している。ここで、継手破断前の終局変位はいずれの載荷方法でも20mm以上であり、これと別途行った2次覆工の無い供試体での終局変位を比較すると、ほぼ2倍に増加している。セグメント接合面の引張剛性は、載荷方法の違いにかかわらず、2次覆工鉄筋が降伏する前は約30ton/mmであるのに対して、2次覆工鉄筋が降伏した後は、約1ton/mmと急激に減少する点が注目される。

4. まとめ

2次覆工を含んだシールドトンネルの覆工の部分モデルを対象として、トンネル長手方向に載荷実験を行った結果、破壊への過程としては、1) 2次覆工コンクリートのセグメント継手部でのクラック発

生、2) 2次覆工鉄筋の降伏、3) 2次覆工鉄筋の破断、4) リング継手部の破壊、と順次進展すること、また、2次覆工鉄筋の降伏は、セグメント接合面の引張剛性に大きな影響を与えることが、わかった。

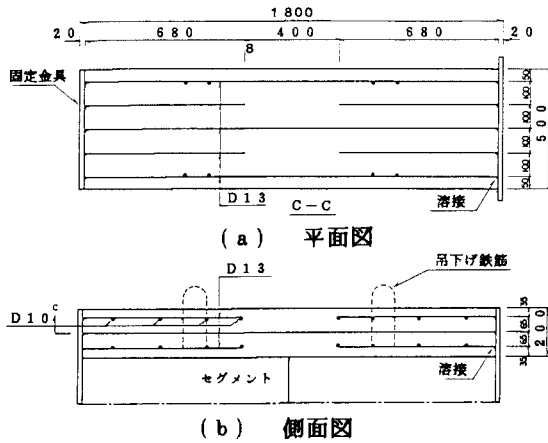


図-1 供試体の概要

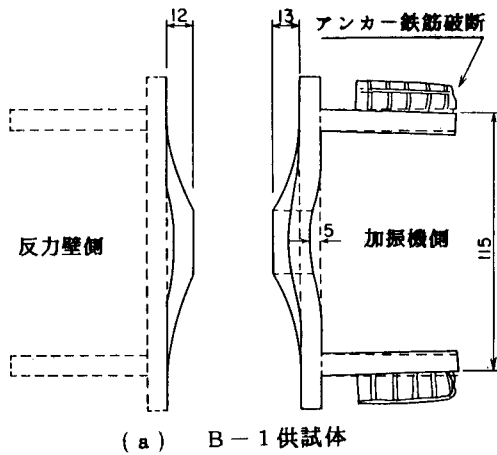


表-1 コンクリート及び鉄筋の強度

	材 料	強 度	B-1	B-2
セグメント	コンクリート	圧縮強度(Kgf/cm ²)	482	492
		引張強度(Kgf/cm ²)	38.4	38.2
	鉄筋 (SD30 D13)	降伏強度(Kgf/cm ²)	36.7	
		破断強度(Kgf/cm ²)	51.9	
2次覆工	コンクリート	圧縮強度(Kgf/cm ²)	256	310
		引張強度(Kgf/cm ²)	22	24.1
	鉄筋 (SD30 D13)	降伏強度(Kgf/cm ²)	36.7	
		破断強度(Kgf/cm ²)	51.9	

(a) B-1 供試体

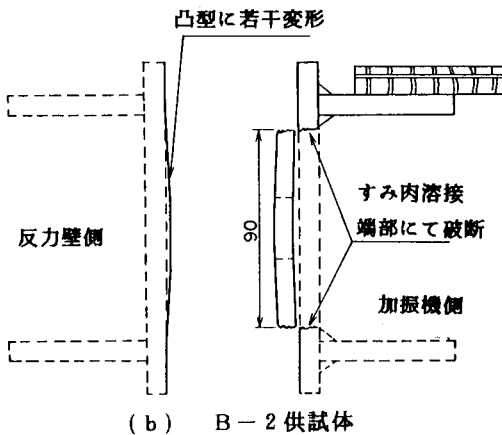


図-3 リング継手の破壊状況

表-2 供試体の耐力、変形性能及び軸剛性

	B-1 (単調引張)	B-2 (正負交番)
2次覆工クラック 発生荷重 (ton)	14.8	15.7
降伏耐力 (ton)	22.7	22.3
降伏変位 (mm)	0.8	0.7
終局耐力 (ton)	37.2	34.7
終局変位 (mm)	鉄筋破断前 22.5	鉄筋破断前 14.6
	継手破断前 41.9	継手破断前 23.5
セグメント接合面の鉄筋降伏前 引張剛性 (ton/mm)	30	30
	鉄筋降伏後 0.9	鉄筋降伏後 1.1