

八ニカムセグメント縦断方向の耐震性能 - 地下鉄構造物への適用 -

大阪市交通局	正 隅野洋治 正 佐野 満
大阪市交通事業振興公社	正 太田 拓 正 寺田幸紀
中央復建コンサルタンツ	正 山口直紀 正 畔取良典
奥村組	正 奥野三郎

1. まえがき

大阪市は地下鉄8号線、太子橋今市～清水間工区において八ニカムセグメントの適用を検討した。ここではレベル2地震動に対する縦断方向の耐震特性についてRC矩形セグメント(原設計)と比較した結果について述べる。

2. 解析条件

八ニカムセグメントとRC矩形セグメントの基本形状を表-1に示す。検討対象としたシールドトンネルは図-1に示すように路線延長1112m、土被り11.5～21.3mである。土質は沖積層と洪積層境界で極端な地層の変化があり、トンネルはこの部分を通る。地盤物性を表-2に示す。せん断弾性係数、減衰定数は一次元の等価線形化法により算定したものである。入力地震動は図-2に示す大阪市域想定地震動東大阪地域代表波形EW成分とした。工学的基盤面はGL-29.1m～-28.5mとした。図-3に表層地盤の地震応答解析モデル、トンネルの地震応答時刻歴解析モデルを示す。解析モデルは駅間を左右に400mずつ延長したモデルとし、両端は自由端とした。表層地盤モデルは地層構成に基づいて計算した固有周期を有する地盤質点をトンネル軸に沿って並べたものであり、地盤質点間は相互の地盤の弾性変形に基づいたバネで結合されている。このモデルによりトンネル軸線に沿った応答変位の時刻歴を算定し(動的解析)

表-1 セグメント基本形状

	八ニカムセグメント	RC矩形セグメント
構造図		
基本形状	外径 D0=5,300mm、内径 Di=4,740mm 幅 1,200mm	
分割	等大6分割	6分割、3種類
継手	斜辺間継手ボルト M27(10.9) 6本/Ring	リング間継手ボルト M30(10.9) 19本/Ring 継手板 厚み 20mm

図-3に表層地盤の地震応答解析モデル、トンネルの地震応答時刻歴解析モデルを示す。解析モデルは駅間を左右に400mずつ延長したモデルとし、両端は自由端とした。表層地盤モデルは地層構成に基づいて計算した固有周期を有する地盤質点をトンネル軸に沿って並べたものであり、地盤質点間は相互の地盤の弾性変形に基づいたバネで結合されている。このモデルによりトンネル軸線に沿った応答変位の時刻歴を算定し(動的解析)

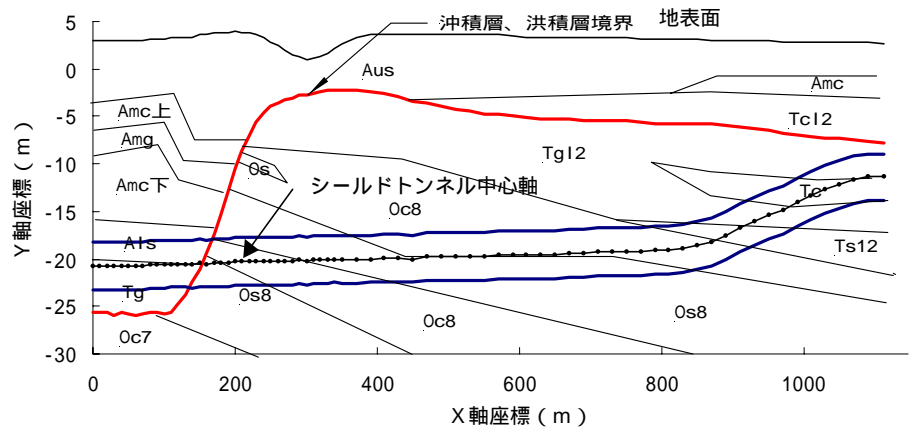


図-1 地質縦断図

この変位をトンネルモデル(梁要素)のバネ先に静的に入力する(応答変位法)。地盤とシールドトンネルを結ぶバネ定数は共同溝指針¹⁾に基づいて設定した。トンネル部材はトンネル部と継手部を考慮した表-3に示す等価剛性とした。八ニカムセグメントは1リング6個の長ボルトで構成されており、引張剛性、曲げ剛性がRC矩形セグメントのそれぞれ3%、4%と小さくなっていることが特徴である。ト

表-2 地盤物性

地層	単位体積重量 (kN/m ³)	せん断弾性係数 (kN/m ²)	減衰定数
Aus	17.00	6000～15000	0.27
Amc上	17.00	7600～15000	0.13
Tc12	17.00	15000	0.20
Amc中	19.00	45000	0.20
Amc下	17.00	22000	0.12
AIs	18.00	7800	0.27
Tg	20.00	79000	0.17

キーワード：八ニカムセグメント、シールドトンネル、耐震設計、レベル2地震動、地中構造物、地震応答解析

連絡先：〒545-8555 大阪府大阪市阿倍野区松崎町2-2-2 TEL 06-6625-3569 FAX 06-6623-7699

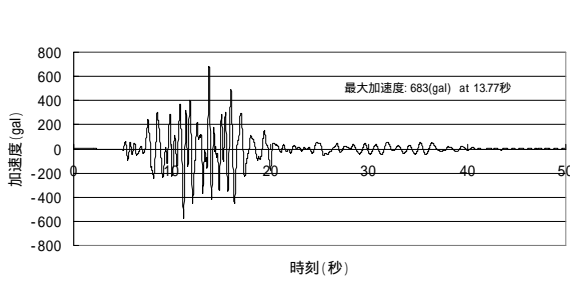


図 - 2 入力地震動

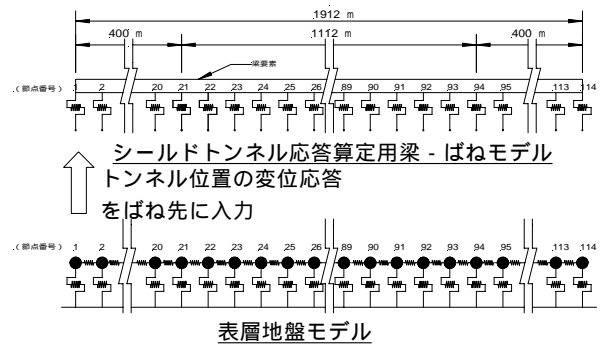


図 - 3 解析モデル

ンネルの剛性は線形とし、解析は圧縮、引張、面外曲げせん断の3ケースを実施した。地震波伝播における位相差は直下型地震を想定した入力地震動を用いることから、考慮していない。

3. 解析結果

図 - 4 に断面力のトンネル軸方向の分布を示す。等価圧縮剛性はハニカムセグメントとRC矩形セグメントで同値であるので圧縮軸力は同値である。引張力、曲げモーメント、せん断力を見ると、剛性急変点である断層部で断面力が大きくなる傾向は両者同じであるが、発生断面力はハニカムセグメントがRC矩形セグメントと比較しかなり小さくなっている。最大値で比較すると引張力が約4%、曲げモーメントが約10%、せん断力が約7%となっている。これはハニカムセグメントの等価引張剛性、等価曲げ剛性は矩形セグメントの3~4%であることによる。地中構造物は地盤の動きに追随するので、同一の入力地震動作用下において地中構造物に発生する断面力は構造物の剛性に依存する。目開き量は表 - 4 に示すように、ハニカムセグメントがRC矩形セグメントよりやや大きくなっているが、1mm以内となっている。

4. まとめ

ハニカムセグメントは同規模のRC矩形セグメントと比較すると、地震時発生断面力（引張軸力、曲げモーメント、せん断力）が大幅に小さくなる。これはハニカムセグメント継手部の等価引張剛性、曲げ剛性が小さいことによる。目開き量はRC矩形セグメントよりやや大きくなるが、構造物に影響を及ぼさない範囲である。したがって、ハニカムセグメントはトンネル縦断方向については耐震性能の優れたセグメントであるといえる。

[参考文献]

- 1) 日本道路協会：共同溝設計指針，pp.74 ~ 75, 1986

表 - 3 等価剛性

		ハニカム	RC
等価軸圧縮剛性	$(EA)_{eq}^C$	kN	1.72E+08
等価軸引張剛性	$(EA)_{eq}^T$	kN	1.78E+07
等価曲げ剛性	$(EI)_{eq}$	$kN \cdot m^2$	1.21E+08

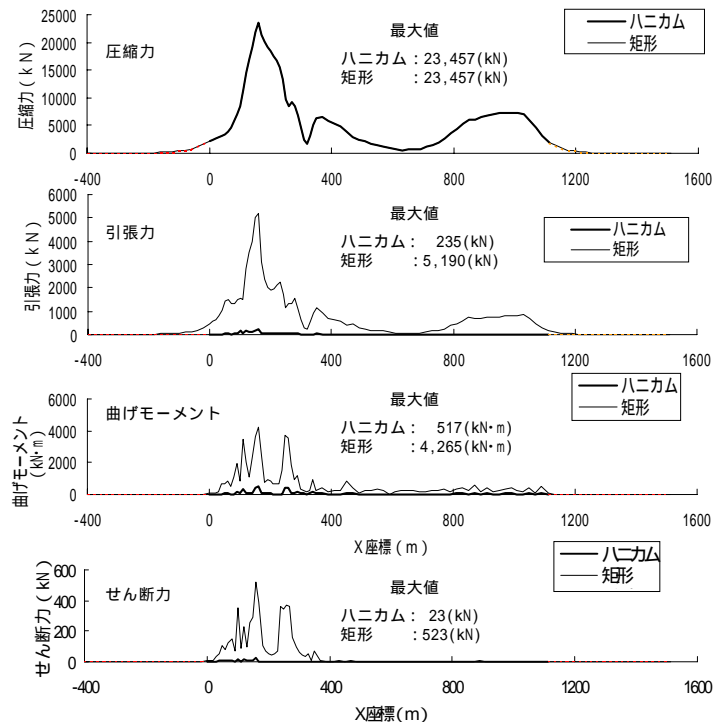


図 - 4 断面力分布

表 - 4 継手目開量 (mm)

	ハニカムセグメント	RC 矩形セグメント
軸引張	0.31	0.27
軸直角方向	0.66	0.14