

た収束せん断剛性を用いてモデル化している。

(b) 2次元非線形動的解析

解析対象をトンネル横断方向の2次元モデルとし、地盤を平面ひずみ2次元ソリッド要素、構造物を梁要素でモデル化した(図-3)。解析には非線形動的解析コード SLAP⁴⁾を用いた。梁要素については合成土留壁部の非対称履歴特性を考慮できるようにファイバーモデルを採用した。また、地盤の応力～ひずみの非線形特性については任意方向のせん断面に対して双曲線型の仮想的なバネを考慮したマルチスプリングモデル⁵⁾を採用した。底部境界にはダンパーを配置して粘性境界とし、側方境界については同深度における左右の側方境界節点を剛な水平バネ及び鉛直バネで結び、左右の側方境界部で同じ変位になるようにした。また、土留壁の有無による動的応答特性への影響を把握するためにトンネル本体より上側の土留壁がない場合についても解析を行った。

3. 解析結果および考察

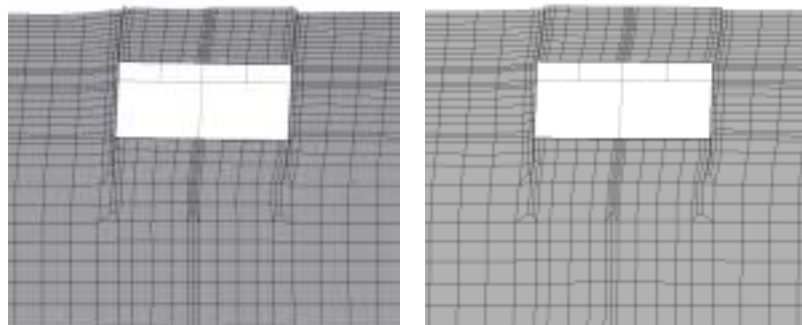
図-1 に示した主要な検討断面(1)～(10)について応答変位法及び非線形動的解析による最大応答値を表-2 に示す。断面(1)(2)の合成土留壁部においては非線形動的解析結果の方が若干小さい値となっているがほぼ同程度となった。ただし、断面(4)の頂版部や断面(7)の中壁部での最大応答曲率については、非線形動的解析結果は応答変位法による結果の1/13～1/5 とかなり小さな値となっている。これは、応答変位法においては躯体上面に作用させる周面せん断応力及び最大応答変位分布に自由地盤の地盤応答解析結果を用いていることによる影響が大きいと考えられる。

表-2 最大応答値(曲げモーメント、曲率)

	応答変位法			非線形動的解析					
				土留め壁有り			土留め壁無し		
	M (kN・m)	ϕ (1/m)	塑性率	M (kN・m)	ϕ (1/m)	塑性率	M (kN・m)	ϕ (1/m)	塑性率
(1)左側壁下	3404	1.784E-03	0.71	2941	1.631E-03	0.65	2881	1.589E-03	0.63
(2)右側壁上	2793	1.440E-03	0.58	2427	1.316E-03	0.53	2640	1.448E-03	0.58
(3)頂版中間左	3224	2.614E-02	13.31	2762	1.911E-03	0.97	2511	1.730E-03	0.88
(4)頂版右	3051	1.022E-02	5.20	2840	6.742E-03	3.43	2345	1.588E-03	0.81
(5)底版左	3834	4.184E-03	1.97	2765	1.801E-03	0.85	2706	1.731E-03	0.82
(6)底版中間右	2793	1.360E-03	0.64	2022	1.137E-03	0.54	1779	9.236E-04	0.44
(7)中壁下	2452	1.708E-02	5.59	2233	3.161E-03	1.03	2091	2.959E-03	0.97
(8)中壁上	1788	1.920E-03	0.63	1732	2.341E-03	0.77	1260	1.355E-03	0.44
(9)土留め壁左	995	3.616E-03	0.63	973	3.721E-03	0.65	-	-	-
(10)土留め壁右	1010	3.669E-03	0.64	1009	3.861E-03	0.68	-	-	-

トンネル躯体より上部の土留壁がある場合とない場合のそれぞれの頂版～底版間相対変位が最大となる時の変形形状を図-4 に示す。また、土留壁がない場合の最大応答値を表-2 に示す。

断面(4)の頂版では土留壁がある場合に比べ、土留壁がない場合は最大応答塑性率が1/4程度になっており、土留壁の有無が応答値に影響があることがわかる。



(a) 土留壁あり (b) 土留壁なし
図-4 頂版～底版間相対変位が最大時の変形形状

4. まとめ

土留壁を本体利用した開削トンネルの動的応答特性を把握するために応答変位法と非線形動的解析による応答値の比較を行った結果、側壁部ではほぼ同程度であったが、頂版部や中壁部では非線形動的解析の応答値の方が小さな値となった。また、土留壁の有無による動的応答特性の比較を行い、その影響があることを確認した。

[参考文献] 1) 西山誠治ほか：開削トンネルの各種耐震解析手法による比較解析，構造工学論文集，Vol.46A，2000年3月，2) 阪神高速道路公団：開削トンネル耐震設計指針(案)，1999年12月，3) 土木学会：コンクリート標準示方書設計編，1996年，4) 沖見芳秀ほか：複合非線形フレーム解析システムの開発，技術最前線，土木学会誌，1995年1月，5) Towhata, I. and Ishihara, K., 「Modeling soil behavior under principal stress axes rotation」, Proc. 5th International Conf. on Numerical Methods in Geomechanics, Vol.1, 1985.4