

I - B 385 地中構造物の設計手法に関する一考察

住友建設㈱ 正会員 岩崎 幸雄
 同上 正会員 飯野 健一
 同上 黒川 敏広
 同上 半田 剛也
 ㈱地震工学研究所 宇高 竹和

1. はじめに

地中構造物の耐震設計手法としては応答変位法が一般的であり、兵庫県南部地震以降もその傾向は変わっていない。しかし、設計における基本的な考え方は、従来の許容応力度設計法から限界状態設計法へ移行しつつあり、レベル2地震動への対応として、例えば「土木学会 コンクリート標準示方書耐震設計編」のように部材の非線形性を導入するなどの改良が加えられている基準もある。

本報告では、応答変位法により耐震設計を行った地下構造物に対して、動的二次元FEM解析により検証を行い、解析手法による結果の違いについて考察したものである。

2. 検討条件および解析手法

対象構造物は、道路開削トンネルの大型ボックスカルバートで、その躯体寸法を図1に示す。また、地盤条件は図2に示すとおりである。検討用地震動は、「道路橋示方書V耐震設計編（以下、示方書）」に記載されているタイプII地震動のI種地盤適合波である一神戸海洋気象台 N-S波を用いた。ただし、本検討では鉛直動は考慮していない。

応答変位法による検討では、設計荷重として①地震時土圧、②地震時周面せん断力、③躯体慣性力を考慮している。

構造物は非線形ビーム要素を用いたフレーム構造でモデル化し、その復元力特性は示方書に準じたトリリニアモデルとしている。

動的二次元FEM解析（以下、動的解析）では、地盤のひずみ依存性および構造物の部材状態（ひび割れ、降伏、終局）による剛性の低減を考慮して検討を行った。構造物は、隅角部に剛域を考慮した線形ビーム要素によるフレーム構造としてモデル化した。

剛性の低減は、断面力と着目時刻の軸力から算出した $M-\phi$ 関係からひび割れ時、降伏時、終局時の判定を行い、ビーム要素のせん断弾性係数を低減することで考慮した（図3参照）。

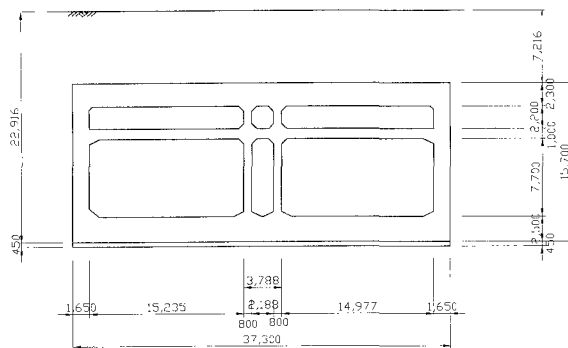


図1 構造物寸法

土層	層厚 (m)	N値	単位体積重量 γ (tf/m^3)	ポアソン比 ν	S波速度 V_s (m/s)	慣性力係数 G_0 (tf/m^2)
ローム層	9.7	2	1.4	0.49	111	1760
礫層	3.7	50	2.0	0.49	441	39690
砂層	4.5	50	1.9	0.49	403	31488
粘土層	2.1	4	1.7	0.49	183	5809
礫層	2.2	50	1.9	0.49	468	42464
砂層	3.2	50	1.9	0.49	415	33391
基盤	11.6	50	1.8	0.30	540	53559

カルバート位置

図2 地盤条件

キーワード：地中構造物、耐震設計、動的解析

〒160-8577 東京都新宿区荒木町13番地の4 住友建設㈱ TEL 03-3225-5133 FAX 03-3353-6656

解析は、図4に示す検討フローに従って行う。その流れは5つのステップに分かれており、それぞれ①上床版～下床版の相対変位が極大となる時刻でのM～ ϕ 関係の算定、②M～ ϕ 関係による部材状態の判定、③剛性変化時刻での入力地震動の分割、④剛性変化前後それぞれの動的解析、⑤動的解析・静的解析結果の重ね合わせ、となっている。以上を部材状態の変化する部材が無くなるまで繰り返し行う。

部材剛性は、前述のレベル2地震動対応の応答変位法による設計で算出した鉄筋量を用いた。

3. 検討結果

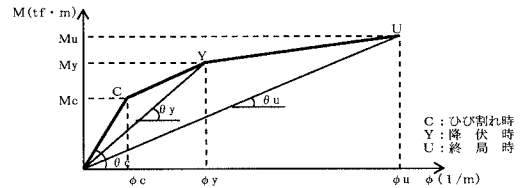
解析結果は、①上床版と下床版の相対変位は、応答変位法による結果が5.53cm、動的解析による結果が8.14cmと動的解析の結果が1.47倍大きくなっている。②部材の最終状態を図5に示す。動的解析においては中床版の一部を除いて終局状態となっている③部材が降伏あるいは終局となる順序は図5の図中に示した番号順となった。その順序は下床版～中壁下端～中壁上端と、応答変位法・動的解析ではほぼ一致している。

4. 考察

検討結果に見られる両解析の相違は、次のような要因によるものと考えられた。

①動的解析では、構造物が地盤の地震応答の影響を受けるため、上床版～下床版の相対変位が増加する傾向が見られる。②応答変位法においては、部材剛性がトリリニアモデルであり、剛性はその線上を連続的に変化するため、応力の再配分もスムーズに行われる。しかし、動的解析においては、ひび割れ・降伏・終局の各点を通過する割線剛性を採用しているため剛性変化が段階的になり、剛域端部に応力が集中しやすくなる。作用力による違いとして、応答変位法では一次元応答解析結果より得られた荷重の最大値を静的に一方向載荷としているのに対して、動的解析においては、地震波の入力による繰り返し荷重が作用している事が挙げられる。

以上から、採用する設計手法によって解析結果が大幅に異なる可能性があることが検証できた。今後は、動的解析における部材の非線形性の考慮、地盤と地中構造物間のすべり・はく離の考慮等を行い、応答変位法による地中構造物の耐震設計手法の適用性について検証を行っていきたいと考える。



○ R C 部材（ビーム要素）のM～ ϕ 関係
 弾性域： $G = G_c$ （初期せん断弾性係数）
 ひび割れ状態： $G = G_c \times \frac{\tan \theta_y}{\tan \theta_c}$
 降伏状態： $G = G_c \times \frac{\tan \theta_u}{\tan \theta_c}$
 終局状態： $G = G_c / 1000$

図3 ビーム要素のM～ ϕ 関係

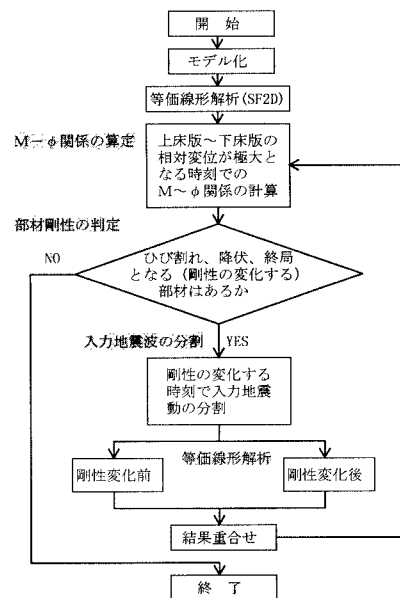


図4 検討フロー

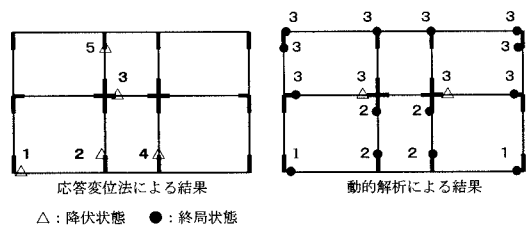


図5 部材の最終状態