

部材の非線形性を考慮した地中構造物の耐震設計

鹿島 土木設計本部 正会員 ○三田 一成
 同 上 正会員 多田 幸夫

1. はじめに

コンクリート構造物のレベル2地震に対する耐震設計については、材料の非線形性を考慮する必要があることが、各指針において示されている。材料の非線形性を評価するモデルは各種提案されているが、本報告では検討の対象を地中構造物にしぼり、非線形モデルにファイバーモデルおよびM-φモデルを用いて解析を行ない、両者の比較検討を行なった。ファイバーモデルは、材料の応力-ひずみ関係から直接部材の材料非線形性を評価するため、軸力の変動を考慮しないM-φモデルと比較して、特に軸力変動を伴う解析に有効とされている。

2. 解析方法

解析の対象とした構造物は、図-1に示すような、一様な表層地盤中の一連のボックスカルバートである。解析方法は、応答変位法によるものとし、地震時荷重は、入力地震動を基盤面入力最大加速度430galとした地震波において、地盤の地震時応答解析を行って得られた結果から、地盤変位、地盤せん断力、地盤加速度として取り出し算出した。また、地盤ばね値については、地震の影響による地盤の剛性低下を考慮して設定し、地盤ばねの配置はカルバート全周とした。

3. 解析モデル

解析ケースは図-2に示すとおりで、ボックスカルバートの深さの違いをパラメータとして、ケース分けを行なった。それぞれのケースで深さにより、部材厚さが表-1に示すように異なっているものの、部材軸芯の長さはすべて同じとし、部材節点数を36節点とした。カルバートに作用させた荷重を図-3に示す。また、M-φモデル解析で使用したM-φの関係は、各部材ごとの常時の軸力状態での関係とした。

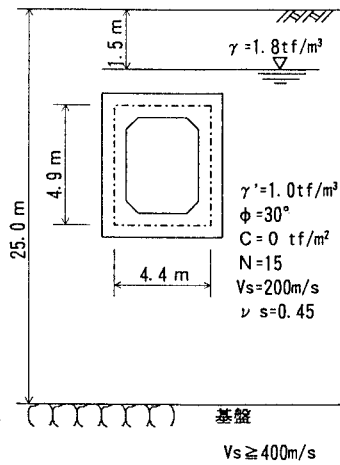


図-1 検討断面図

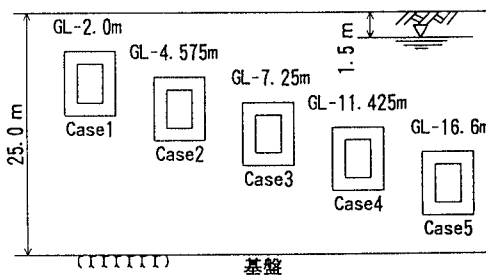


図-2 解析ケース

表-1 部材厚さ

		単位 (m)			
	天端深さ	頂版厚	底板厚	側壁厚	
case. 1	GL-2.0	0.35	0.45	0.40	
case. 2	GL-4.575	0.40	0.50	0.45	
case. 3	GL-7.25	0.45	0.55	0.50	
case. 4	GL-11.425	0.50	0.60	0.55	
case. 5	GL-16.60	0.55	0.65	0.60	

キーワード：地中構造物、耐震設計、応答変位法、非線形解析モデル（ファイバーモデル、M-φモデル）
 連絡先：〒107-8502 東京都港区赤坂6-5-30 TEL 03-5561-2184 FAX 03-5561-2155

4. 解析結果および考察

各部材の軸力変動状況と、M-φ、ファイバー両モデルによる解析曲げモーメントの差違に着目し、解析結果に関する考察を行う。発生曲げモーメントが最も大きくなる頂版右側、底版左側、左側壁下、右側壁上における、ファイバーモデルとM-φモデルによる解析曲げモーメントの差分の、ファイバーモデルによる解析曲げモーメントに対する割合を図-4に示す。図より土被りが深い場合には両モデルの差は10%以下であり、解析結果はほぼ一致するが、土被りが浅い場合には頂版や右側壁において最大40%の差が生じている。

一方、M-φモデルに使用した常時の軸力と、ファイバーモデルによる地震時の解析軸力の関係を、土被りが浅いcase.1と土被りが深いcase.5について図-5~7に示す。最も解析曲げモーメントの差が大きくなった頂版右側に着目すると、土被り深さによる相違点は、土被りの浅い場合には地震時<常時であるのに対し、土被りが深い場合には地震時>常時となっていることである。今回のケースでは、土被りが深く地震荷重によって常時より軸力が増加する部材については、非線形モデルの違いによる曲げモーメントの差は小さいが、土被りが浅く常時より軸力が減少する部材については、曲げモーメントの差が大きくなることわかった。

5. まとめ

今回の検討により、ボックスカルバートのような地中構造物に関して部材の非線形性を考慮した耐震設計を行う場合には、地震力による部材の軸力の変動により地震時軸力が常時軸力より小さくなる場合に、従来より用いられているM-φモデルでは発生曲げモーメントを過大に評価する可能性があるため、地中構造物の耐震設計にファイバーモデルは有効な解析手法のひとつであるといえる。

今後も、部材の軸力変動が生じる様々なケースについて、M-φモデルとファイバーモデルの比較を行う予定である。

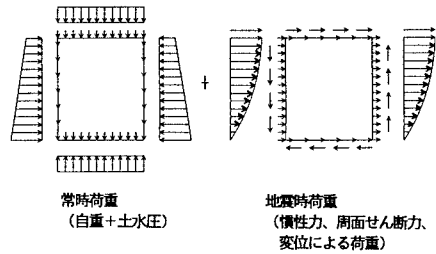


図-3 荷重図

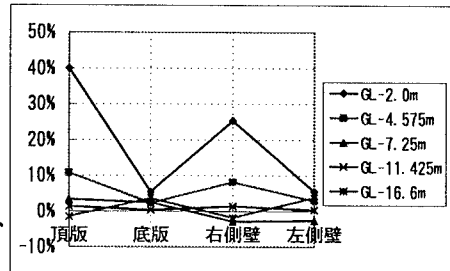


図-4 曲げモーメントの差の割合

$$\frac{(M-\phi) - (Fiber)}{(Fiber)}$$

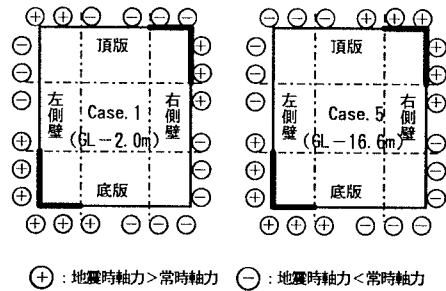


図-5 地震時軸力と常時軸力の関係

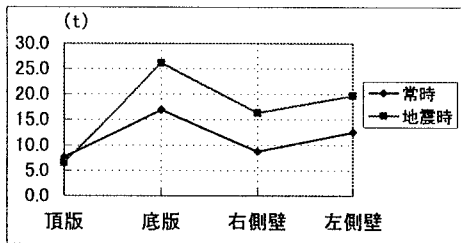


図-6 軸力変動図 (GL-2.0m)

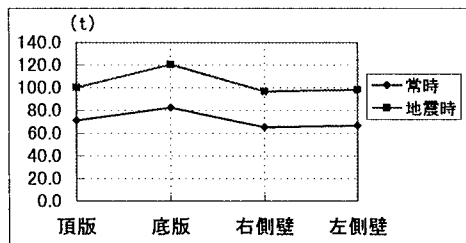


図-7 軸力変動図 (GL-16.6m)