

I-B 415

地下構造物の非線形剛性が耐震解析結果に及ぼす影響の検討

大成建設 正会員 坂下克之 同志波由紀夫 同 渡辺和明

1. はじめに

最近では地上構造物のみならず地下構造物の耐震解析においても、構造物躯体の剛性の非線形特性を考慮した解析が行われるようになってきている。本報告では、地下構造物の耐震解析において、構造物躯体の剛性の与え方が解析結果に及ぼす影響について検討を行った。

2. 検討条件および解析手法

検討の対象としたのは、地下鉄駅舎を想定した地下構造物で、図1に躯体寸法、地盤条件および解析モデルを示す。水平動・上下動同時入力による地盤・構造物一体の動的2次元FEM解析を実施した。地盤と構造物躯体との接触面全周にわたってジョイント要素を配置し、両者間の剥離やすべりを考慮した。

構造物躯体は、非線形梁要素を用いたフレームモデルでモデル化し、RC造側壁、柱、床版の曲げ剛性の非線形特性を考慮した。その復元力特性はDegrading-Tri Linearモデルとした。各部材のひび割れ時、鉄筋降伏時、終局時の曲げモーメント～曲率関係は、常時に生じている軸力状態について、ファイバーモデルによって求めた。本検討では、構造物躯体の剛性の与え方が解析結果に及ぼす影響を調べるため、図2に示すように、

- ①上記により定式化される非線形剛性
- ②鉄筋降伏時の割線剛性（以後、等価線形剛性と称す）
- ③初期剛性（以後、線形剛性と称す）

の3種類のフレームモデルの曲げ剛性を設定した。

入力地震動は、図3に示す神戸海洋気象台において観測された加速度波形のNS成分と鉛直成分を同時入力した。振幅は、地表における最大加速度が、水平600Gal、鉛直300Galとなるように正規化した。

3. 検討結果

表1に各ケースの主要な最大応答値を示す。同表より、地表の加速度は3ケースとも大きな差はみられない。上下床版間相対変位は、非線形剛性と等価線形剛性のケースがほぼ同じ値を示し、線形剛性のケースはそれらの70%程度の値となっている。これは、線形剛性のケースでは構造物の曲げ剛性の低下を考慮しないため、地盤のせん断変形が抑えられるためである。中柱下端の断面力は、軸力については各ケースで有意な差はないが、せん断力と曲げモーメントについては、非線形剛性と等価線形剛性のケースがほぼ同じ値を示し、線形剛性のケースはそれらの130～140%の値となっている。線形剛性のケースでは、構造物が地盤のせん断変形を抑えようとする分だけ大きな断面力が発生するものと考えられる。

図4に、上下床版間最大相対変位発生時の側壁および中柱の断面力分布を示す。同図より、非線形剛性と等価線形剛性の結果を比較すると、両側壁の曲げモーメントにおいて若干差を生ずるものの、全般的に分布モード・値ともよく一致している。線形剛性の結果を他のケースと比較すると、分布のモードは概ね同じであるが、値は他のケースと比較して最大3倍程度と大きくなっている。

今回等価線形剛性のケースで設定した鉄筋降伏時の割線剛性は、設定した地震力に対して、地盤の変形が大きい時刻では、非線形剛性のケースの構造物躯体の剛性とほぼ一致し、地盤のせん断変形に対して両ケースで同程度の剛性で抵抗したため、等価線形剛性のケースの上下床版間最大相対変位が非線形剛性のケースとほぼ一致したと考えられる。またその結果、部材に生じる断面力も両ケースで近い値となったと考えられる。

4. まとめ

地下構造物を対象として、構造物躯体の非線形剛性が耐震解析結果に与える影響について検討した。検

討の結果、線形剛性を用いた解析は、非線形剛性を用いた解析と異なった結果を与えるが、鉄筋降伏時の等価線形剛性を用いた解析は、本検討において設定した地震力に対しては、非線形剛性を用いた解析とほぼ同じ構造物の変形を生じ、その結果、構造物に生じる断面力も非線形剛性を用いたケースとよく一致した結果が得られた。

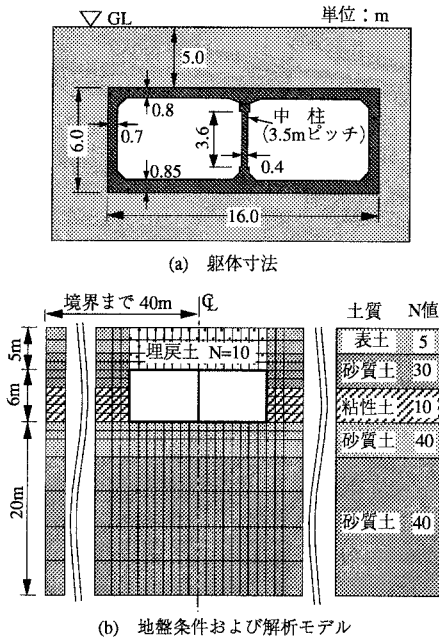


図1 対象とした地下構造物

表1 最大応答値

	フレームの 曲げ剛性	非線形 剛性	等価線形 剛性	線形剛性
地表(B)の 加速度 (Gal)	水平成分	557	572	565
	鉛直成分	301	336	294
上下床版間 相対変位 (cm)		1.46	1.44	1.02
中柱下端(A) の断面力 (1本当り)	軸力 (t)	452	461	445
	せん断力 (t)	54	51	70
	曲げモーメント (tm)	96	91	125

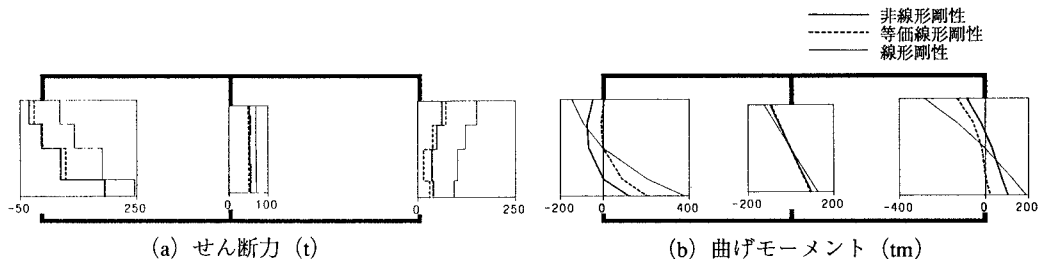


図4 上下床版間最大相対変位発生時の断面力分布（奥行き3.5m（中柱ピッチ）当り）

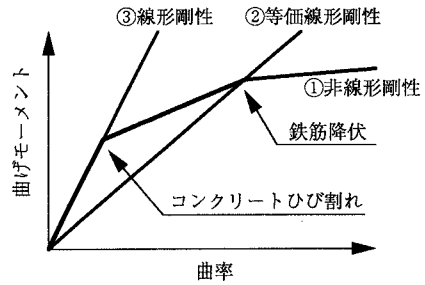


図2 フレームモデルの曲げ剛性の与え方

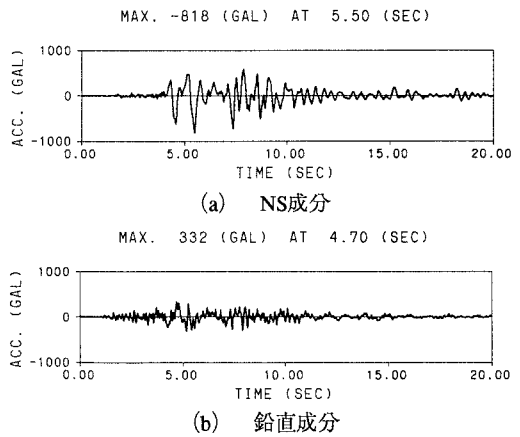


図3 神戸海洋気象台の加速度波形

