

修正ジョイント要素を用いた地盤-構造物系の地震応答解析

山口大学大学院 学生員 ○玉野浩司
山口大学工学部 正会員 三浦房紀

1. まえがき

近年、土木構造物が巨大化、複雑化するにつれ、構造物の動的安定性すなわち構造物と地盤との間の滑動や剝離に対する安全性が要求されるようになっており、実際の現象に近い応答解析を行う必要が高まっている。このような観点から、ジョイント要素を用いて滑動や剝離現象を表現した動的応答解析法¹⁾、さらにそれを修正したジョイント要素を用いた解析法が提案されている²⁾。本研究はまず新旧両ジョイント要素の差を明らかにし、次に修正したものをを用いて応答解析を行い、構造物の地震時における動的な滑動に対する安全率を求め、静的震動法によるものと比較、検討を行ったものである。

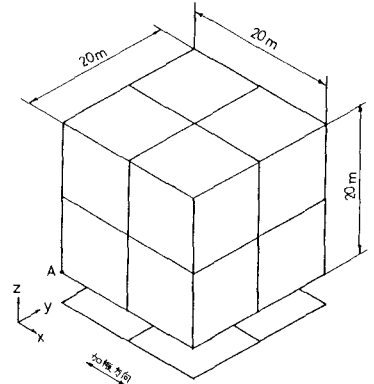


図1 モデル1

2. 初期応力分布状態の比較

滑動や剝離を考慮に入れた解析を行うには、接触面における自重に起因するところの初期応力も考慮に入れて、動的応力状態を評価しなければならない。従って、動的解析に先立って構造物-地盤間の不連続面における初期応力分布の解析が必要となる。そこで図1に示すモデル1を剛な盤の上においた時の新旧2つのジョイント要素による初期応力分布状態の相違を図2に示す。上側が従来のもので、下側が修正後のもので、それぞれX方向の応力を表しているが、Y方向についても同様である。図より、従来のものである構造物の中心線で初期応力分布が不連続となっているが、修正後のものは0となり連続的に分布している。また構造物端部において得られた従来のものである値は修正後のものと比べて小さめの値となっている。この理由については次のように説明できる。まず、従来のものである4つの節点のペアが1つの平面内に拘束されており、このため1つの節点のペアの挙動は残りの節点のペアの影響を受けたものとなる。すなわち、1つの節点のペアが表す初期応力は図3のA点のようにジョイント要素平面内を4等分した面の代表値であるといえる。これに対し修正後のものは各節点のペアだけの変形から決まるので、得られる値はB点におけるものとなる。この模式図を図3に示した。なお、動的な応力に関しても、これと同様の傾向がみられた。

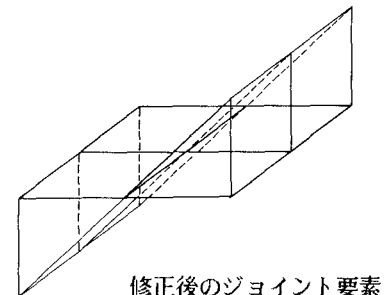
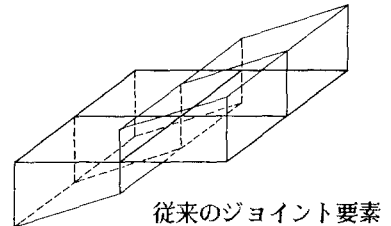


図2 X方向の初期応力分布

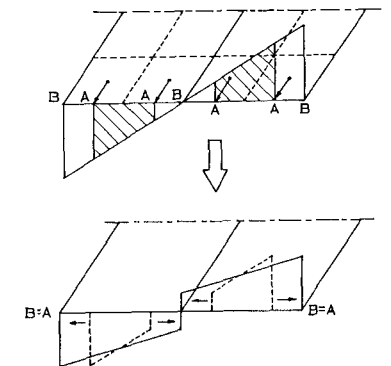


図3 新旧ジョイント要素の相違

3. 動的安全性の検討

図4に示すモデル2に地震波を入力、構造物の滑動に対する安全性の検討を行う。入力波としてはEl Centro波とJPL波を用いて

それぞれについて解析した。

図5は構造物の底面を表しており、実線は要素網を、また破線はそれぞれの要素面を4等分したものである。図中のA、E点のEl Centro波入力時の安全率の時刻歴を図6に示す。図には安全率=1の線を破線で表しており、これに曲線が接した時滑動が生じていることを意味する。また安全率が10を越えるときはこれを10としてある。これによると初期の段階ではE点の安全率がA点のそれより高いが、約1.7秒で滑動が生じた後はE点もかなり滑動しやすい応力状態になることがわかる。これは滑動により応力の再配分が行われたためであると考えられる。

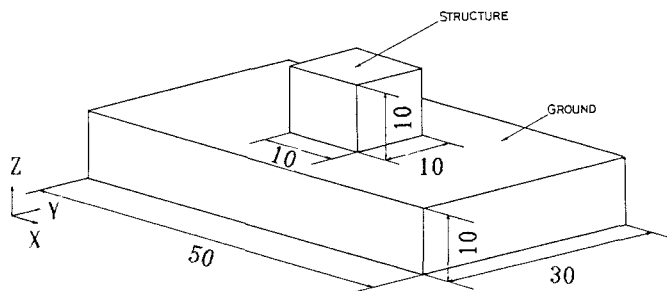


図4 モデル2

次に線形モデルに2つの地震波を入力、最大応答加速度 α を求めて、これを構造物重心に作用させることによって静的に求めた、構造物全体の滑動に対する安全率 (SSF) を求める。SSF は式 (1) で定義される。

$$SSF = \frac{CA \cdot W \tan \phi}{W \cdot a/g} \quad \text{---(1)}$$

ここにCは粘着力、 ϕ はマサツ角で分子は構造物のせん断降伏力、分母は地震外力によるせん断力を表す。

またジョイント要素の動的な応力状態から定まる構造物全体の滑動に対する安全率 (TSF) を求め SSFと比較を行う。TSF は式 (2) で定義される。

$$TSF = \left| \frac{\sum \tau_{ij} A_i}{\sum \tau_i A_i} \right|_{\min} \quad \text{---(2)}$$

2つの結果を表1に示す。これによると El Centro, JPL両者とも TSFは SSFの1.5倍近い値になり、静的安全性を確保するように設計された構造物は地震荷重を受けてもなお高い安全性を有するといえる。

今回の解析では地盤をすべて線形弾性体と仮定しているが地盤が非線形挙動を起こすことも考えられる。そこで滑動に対してより合理的な解を得るためには地盤の非線形性を導入することが必要である。

4. 参考文献

1) 土岐, 三浦, 大竹; 3次元ジョイント要素による地盤-構造物系の非線形震動解析, 土木学会論文報告集, 第322号, PP 51-61, 1982.

2) 三浦, 岡重, 沖中; 3次元ジョイント要素を用いた破壊伝播の解析, 山口大学工学部研究報告, 第36巻, 第1号, PP 81-87, 1985.

C	F	I	L	O	R
B	E	H	K	N	Q
A	D	G	J	M	P

図5 構造物底面

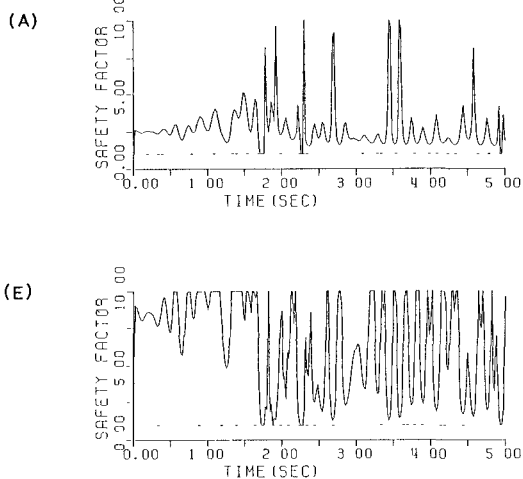


図6 安全率の時刻歴

表1 SSFとTSF

	El Centro	JPL
SSF	1.12	2.36
TSF	1.75	3.15
倍率	1.56	1.33