

1. まえがき

INSEM 工法によって砂防堰堤を構築する場合、土砂抑制・調節の目的からして、厳密な水密性が要求されないため、施工合理化の観点から水平打継目処理が割愛される実情にある。しかし、水平打継目処理を省略することによって、INSEM 堤体として一体化が図れず積層体、つまり「重ね梁状態」になって、堤体内部応力、特に引張応力が設計強度を上回り、堤体内にひびわれが生じる可能性がある。

そこで本研究では、水平打継目処理割愛によって内部応力状態にどのような影響が生じるか、また、それによって分割された堤体の安定性について FEM 解析により検討を行った。

2. 基礎地盤の沈下による水平引張応力の発生

水平打継目処理の有無が堤体自重による基礎地盤の沈下で発生する堤体内の応力状態、特に引張応力分布に与える影響を FEM 解析のパラメータスタディによって行った。堤体モデルは、水平打継目処理ありの一体化モデル、水平打継目処理なしの積層化モデルである。地盤は

バネモデルとして取り込んだ。堤体の変形性については INSEM 強度を 0.5 と 3.0 N/mm² とした場合に対応する変形係数で、地盤については N 値を 10、20、30、50 とした場合の変形係数で与えた。

それらのパラメータスタディによって求まる堤体内の引張応力度分布を図-1、また、堤体と地盤の変形係数比に対する堤底中央部に生じる最大引張応力度の関係を図-2 に示す。その解析結果から以下のことが言える。

- ① 堤体内の引張応力度分布は、一体化モデルでは堤体下部に限定して生じるが、一方、積層化モデルでは全高にわたるすべての積層版の下部に生じることになる。
- ② 堤底中央部に生じる最大引張応力度は、堤体と地盤の変形係数比にかかわらず、積層化モデルのほうが一体化モデルよりも 2.5 倍程度大きくなる。
- ③ INSEM の許容引張応力度をコンクリートと同様に圧縮強度の 1/80 として 0.0063~0.038 N/mm² とすれば、6m 高と低い堤体でも積層化モデルの場合には全高にわたる貫通ひび割れを起こす可能性がある。

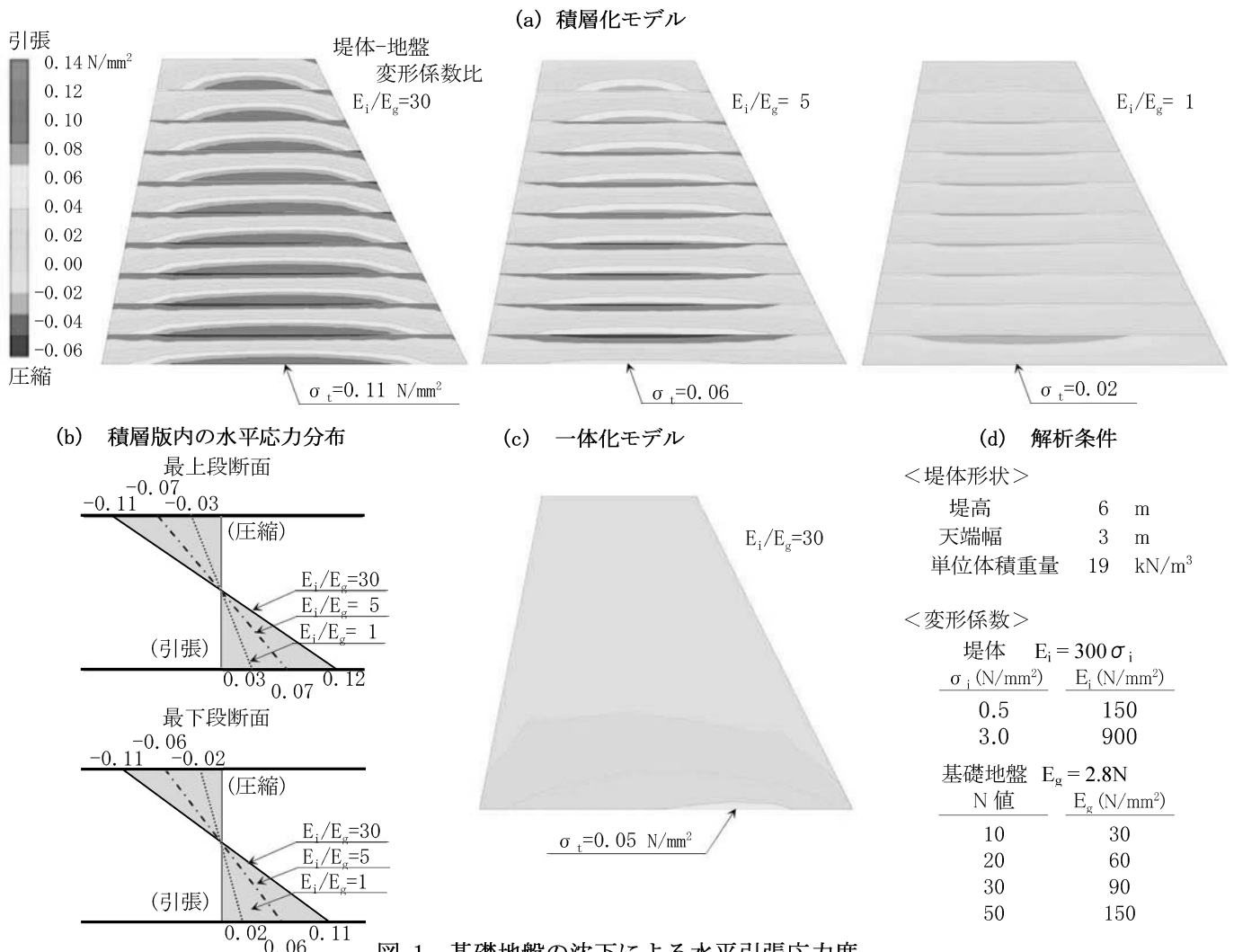


図-1 基礎地盤の沈下による水平引張応力度

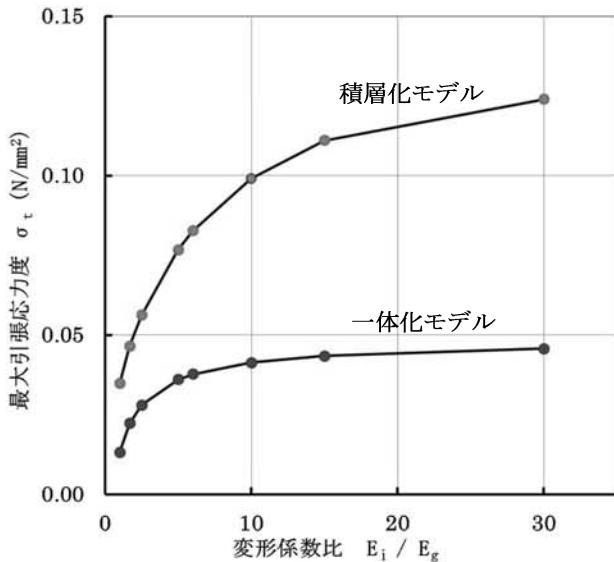


図-2 変形係数比-最大引張応力度関係

3. 分割された堤体の安全性

仮に、全高に発生した貫通ひび割れで分割された堤体に静水圧などの水平荷重が作用した場合の堤体の安定性について FEM 解析による検討を行った。図-3 には鉛直方向分割モデルと一体化モデルについて堤体内部応力度分布と地盤反力度分布を示す。それらの結果から以下のようにいえる。

- ① 一体化モデルでは堤体内、地盤反力ともに引張応力が作用することはない一方、分割モデルでは上下流側躯体ともに上流側下部域に、また地盤反力度も上流側に引張応力が生じることになる。
- ② 分割モデルの地盤反力度が上流側で引張になるといことは、堤体の安定上からしてもミドルサードの条件を満足しておらず、鉛直方向に分割された堤体は分割していない堤体と比べて極端に安定性が低下する。

4. 対応策

堤体自重による地盤の沈下に起因する鉛直方向のひび割れを防止するための対策としては表-1 に示すように、①水平打継目処理併用、②ダブルウォール化、③地盤改良、④強制堆砂の4つの方法が考えられる。この表では、対策案について、ひび割れ防止や堤体の安定化を図る原理、すなわち、一体化、沈下抑制、外力免除、を対応させて示している。

- ① 水平打継目処理併用は、セメント散布などで打継目処理を行い堤体を一体化して、引張応力の低減をはかる。
- ② ダブルウォール化は、打継目処理なしで堤体が積層化していても積層版の引張応力度を、壁面材と多段タイ材の外部拘束補強によって消失させ堤体の一体化をはかるものであり、万が一、鉛直ひび割れが生じても拘束補強されていれば、水平外力に対する堤体の安定性は確保できる。
- ③ 地盤改良は、堤体が積層化していても地盤の変形性をおさえることで沈下抑制して引張応力の低減をはかる。
- ④ 強制堆砂は、鉛直ひび割れによって分割された堤体でも、土石流などの水平外力を堤体に作用させないように外力免除を図るものである。

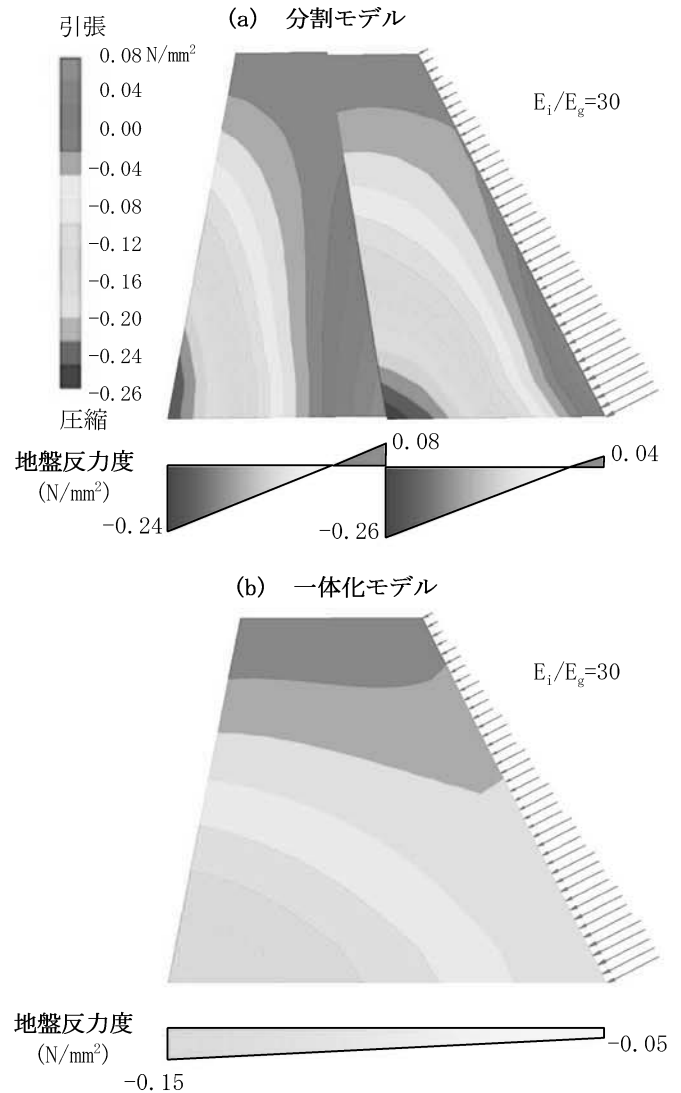


図-3 分割された堤体内の応力度分布と地盤反力度分布

表-1 堤体分割対応策

	一体化	沈下抑制	外力免除
① 水平打継目処理併用	○		
② ダブルウォール化	○		
③ 地盤改良		○	
④ 強制堆砂			○

5. あとがき

基礎地盤の沈下がある程度生じるような所に INSEM 堰堤を構築するような場合には、現実的に施工面やコスト面を考慮すると、その対応策としては、堤体の水平打継目処理を併用するか、あるいは堤体をダブルウォール化するかに絞られる。深い堆積地盤の複雑性、あるいは施工合理化、特に寒冷地などでの急速盛立に対する施工時の安定性などを考えると、堤体の一体化もさることながら、万が一堤体が鉛直ひび割れで分割されたとしても重力堤体としての一体化が図れる、すなわち、リダンダンシーの高い堤体のダブルウォール化は有効であると考えられる。

INSEM という名称にふさわしく現地発生土砂の 100%有効利用を現実化していける INSEM 堤体のダブルウォール化について、今後も各面からの検討を行い、さらなる堰堤構造の合理化を図っていくことを考えている。