

FCB 材料強度試験と大型載荷試験の FEM 解析結果

日本道路公団 正会員 松田 哲夫
 日本道路公団 佐藤 征行
 (株)地盤解析研究所 正会員 ○大森 晃治
 (株)クエストエンジニア 正会員 北川 勝明

1. はじめに

近年軟弱地盤上の橋台の背後に沈下・側方移動対策および土圧軽減を目的として気泡混合軽量盛土を用いた軽量盛土（以下「FCB 盛土」）工法を用いることが多くなってきている。しかし FCB 盛土施工後に図-1 に示すような箇所で FCB の破損や空洞の発生が認められる事例も発生している。これらの FCB 盛土の今後の維持・

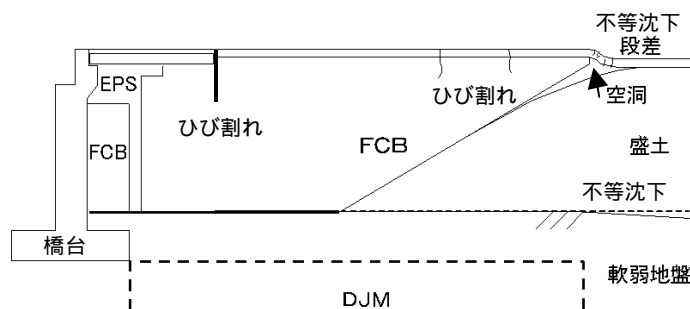


図-1 FCB 盛土に発生する変状事例

補修を考えると、どの程度のひび割れ・不均等沈下および空洞の発生で FCB 自体の破壊が生じるのかが、大きな検討のポイントとなる。そのためには FCB 盛土の破壊の基準をあらかじめ検討しておくことが必要となる。しかも FCB の形状は逆台形状であり、発生する変状も場所により異なっている。今後、FEM 解析で図-1 に示す FCB 盛土の健全性を評価することを目的として、今回 FCB に対して行われた材料試験・載荷試験結果を FEM 解析によりモデル化出来るかについて検討した結果を報告する。

2. 解析方法と FCB のモデル化

FEM 解析プログラムには DACSAR (Deformation Analysis Considering Stress Anisotropy and Reorientation)を用いた。FCB 材料のモデル化については鉄や土で一般的に用いられている構成則を試したが、結果として解析と実験がよく一致したのは図-2 に示す双曲線モデルであった。以下では双曲線モデルの結果を示す。

計算ではひずみ増分計算を行い、毎回用いる材料の弾性係数をその時までに発生した偏差ひずみ γ の量に応じて(1)式で低減している。

$$E = \frac{E_0}{(1 + (E_0 / A) \times \gamma)^2} \quad (1)$$

引張側の弾性係数は A を B に変えて計算する。

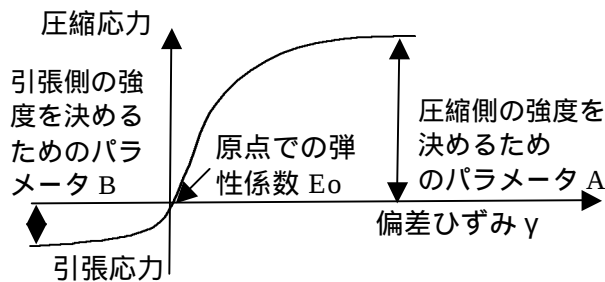


図-2 双曲線によるモデル化

3. 解析結果

a) 解析に用いたパラメータ

逆算により試験結果を説明できるパラメータとして以下の値を用いると一軸圧縮試験、圧裂試験、曲げ試験、大型載荷試験での載荷荷重 - 変位関係が FEM 解析により再現できることが判った。

FCB の単位体積重量 : 0.6 g/cm³ E₀ : 4.91 × 10⁶ kPa
 A : 1.18 × 10⁵ kPa B : 1.96 kPa
 ポアソン比 : 0.167 静止土圧係数 : 0.200

以下に各材料試験の実験値と FEM 解析による計算値について述べる。

キーワード : 軽量盛土、不均等沈下、大型載荷試験、FEM 解析、FCB

連絡先 : 〒920-0365 石川県金沢市神野町東 170 日本道路公団金沢技術事務所 TEL076-249-8142

b) 一軸圧縮試験 実験は K3-10 と K0-10 で行われている。供試体形状とメッシュ図を図-3に示す。図-4 に試験結果と解析結果を示す。図中の黒横点線が K3-10 での 17 供試体での平均強度である。色付の細線が K0-10 での変位量 - 一軸圧縮応力関係である。解析値を赤太線で示す。解析は軸対称条件で行い、上端に強制変位量を順次与えたときの要素内の鉛直応力を求めた。解析で実験値に近い応力 - 変位関係を表現出来た。

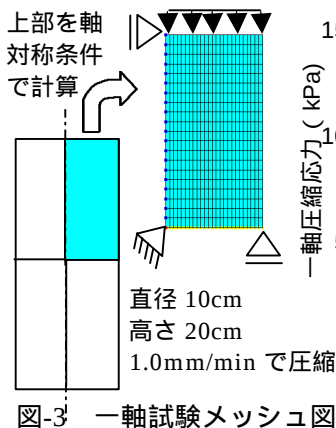


図-3 一軸試験メッシュ図

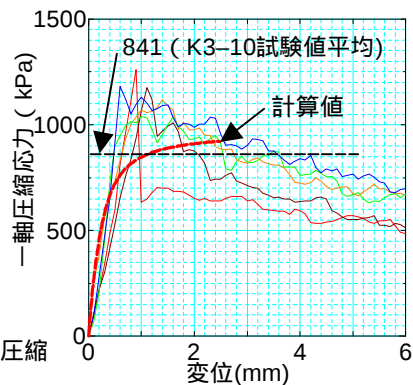


図-4 一軸試験結果の比較

c) 圧裂試験 図-6 に実験値を示す。K3-10 の圧裂強度は 196kPa である。図では FEM との比較のため奥行き 1cm あたりの圧縮力 P で示す。図中の黒点線で示す位置が圧裂強度 196kPa に対応する荷重である。K0-10 の試験結果を図-6 の色付細線に示す。解析は平面ひずみ条件で行い、図-5 に示す圧縮力 P の位置に強制変位量を順次与えた時の節点反力を求めている。解析結果を図-6 の赤太線に示す。試験値のばらつきはあるものの解析値がほぼ試験値の中央付近にある結果となった。

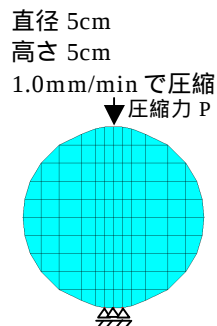


図-5 圧裂試験メッシュ図

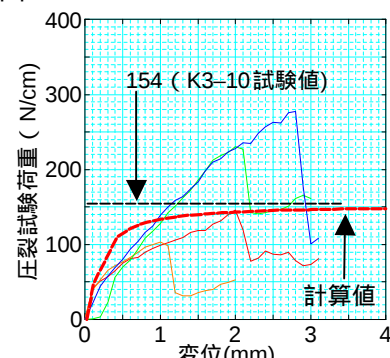


図-6 圧裂試験結果の比較

d) 曲げ試験 図-8 に実験値を示す。K3-10 の曲げ強度は 392kPa である。図では FEM との比較のために図-7 に示す試験供試体形状の奥行き 1cm あたりの圧縮力 P で示す。図-8 中の黒点線が曲げ強度 392kPa に対応する荷重である。K0-10 の曲げ試験結果を図中の色付細線で示す。解析は平面ひずみ条件で行い図-7 に示す圧縮力 P の位置に強制変位量を与えたときの節点反力を算出している。解析値が K0-10 の試験値にほぼ等しい結果となった。

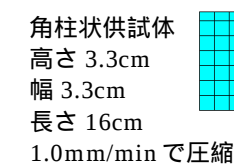


図-7 曲げ試験メッシュ図

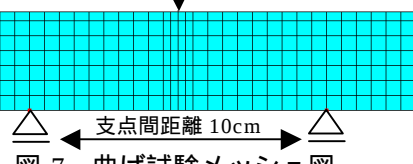


図-8 曲げ試験結果の比較

e) 大型載荷試験 図-9 に示す形状で K3-10 を用いて実施された大型載荷試験結果を図-10 に示す。ほぼ 1000kPa 付近で載荷応力が緩やかな増加に変化する。また載荷試験後の供試体の変形状況を図-9 の上に示す。載荷板付近のみが大きく変形している。解析は平面ひずみ条件で行い、載荷板下の節点に強制変位量を与えたときの節点反力の合計値を載荷板幅で割り、載荷応力としている。解析での変位 - 応力関係は図-10 に示す様に試験値と良い対応となった。

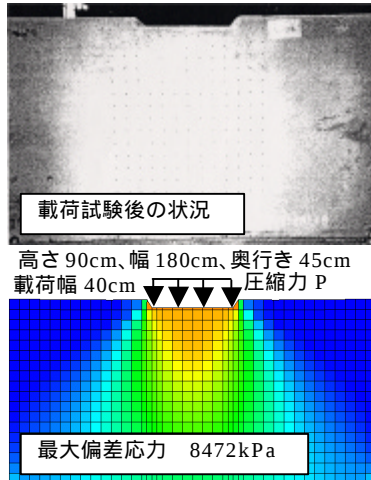


図-9 大型載荷試験の変形図と

偏差応力分布図 (1.0mm/min で圧縮)

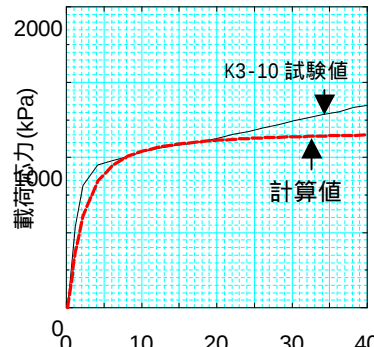


図-10 大型載荷試験の比較

4. おわりに 今後 これらの材料試験での

解析結果をふまえて、現場の FCB 盛土の健全性について数値解析を用いて検討を進める予定である。

参考文献：1)Iizuka and Ohta(1987: A determination procedure of input parameters in elasto-viscoplastic finite element analysis, Soils and Foundations, Vol.27, No.3, pp.71-87).