

Ⅲ-A148 改良地盤の繰返し載荷試験結果を用いたシミュレーション解析

東海旅客鉄道（株） 正会員 青山公彦、岩田 眞、○長谷川昌明
（財）鉄道総合技術研究所 正会員 館山 勝、（株）大林組技研 菊地敏男

1. まえがき

鉄道路床改良として機械式攪拌混合杭により改良した地盤において、繰返し載荷による路盤沈下量の把握を目的として起振機による上下方向の動的載荷試験を実施した¹⁾。ここでは、設計における沈下量算定の手法を考慮して試験結果を静的 FEM による 1) シミュレーション解析し、改良地盤の沈下特性を検討するとともに、列車走行時の設計荷重を載荷した場合の路盤・路床沈下量を算定したので、その結果を報告する。

2. 解析方法と内容

解析は、プログラム「TDAP-Ⅲ」を使用し、2 次元および 3 次元静的 FEM 線形解析を行った。図-1 に試験時の概要を、表-1 に解析内容と目的を、図-2 から図-4 に解析モデルと結果の一部を示す。なお、2 次元解析は半断面モデル、3 次元解析は 1/4 断面モデルとした。

表-1 解析内容と目的

ケース	対象モデル	解析方法	全載荷重*1	試験時の路床上面沈下量	目的
1	無処理地盤試験のシミュレーション	2 次元 FEM	9.915tf 試験時の静的+動的荷重	静的+動的沈下量 0.373cm	・試験時の沈下量を説明できる表層地盤 E 値の設定。
2	改良地盤試験のシミュレーション（改良杭と周辺地盤を別々にモデル化）	3 次元 FEM	14.14tf 試験時の静的+動的荷重	静的*2+動的沈下量 0.0493cm	・試験時沈下量を説明できる改良杭 E 値の設定。改良部の沈下特性検討。
3	実軌道モデル・列車走行時のシミュレーション	2 次元 FEM （実軌道状況と同一条件）	路盤上設計荷重度 5.38tf/m ²	—	・ケース 1,2 で設定された E 値より改良部を複合地盤としてモデル化し、列車走行時の沈下量、その特性を検討。

*1 全載荷を解析モデルに応じて、各載荷位置節点に分配して載荷。*2 単杭試験データを基に設定。

3. 解析結果

- ・ケース 1；無処理地盤での試験結果を満足する地盤の変形係数（E 値）を図-2 に示した。なお、図中に示す表層下部層および Y1-2 層は発生する地盤のひずみが大きくならないと考えられたので、N 値から推定した S 波速度(Vs)によって E 値を設定した。

ケース 2；改良部を複合地盤とした地盤の 2 次元解析では、改良部と周辺地盤間の摩擦抵抗および改良部下の地盤への分布載荷応力が正しく評価されず、沈下量に大きく影響することが試算で明らかになった。このため 3 次元で解析した結果、改良杭の E 値は 2600kgf/cm² である。表-2 に今回の解析で設定した値、試験時の荷重と変位の関係から設計標準²⁾によって簡易的に算出した値、および設計時の値を示す。解析により設定した E 値は、試験結果から簡易的に得られたものとほぼ等しいが、設計時より大きな値となっている。また、図-3 のように全沈下量に対して、改良部下の Y1-2 層の沈下量が 50%以上を示している。なお、解析より改良杭と杭間地盤のひずみは、ほぼ等しいことにより、改良部を複合地盤としても妥当である。

- ・ケース 3；ケース 1、ケース 2 で設定した E 値に基づき、実軌道を対象に 2 次元 FEM で列車走行時の沈下量を算定した。改良部は複合地盤として E=1000kgf/cm² とした。結果を図-5 に示す。路盤上面の沈下量は 0.184cm であり、許容沈下量 0.25cm より小さい。また、文献 3) によって計算された設計時の沈下量は 0.199cm である。図より、路盤上面沈下量のうち改良部下の地盤の沈下量が 50%以上を示していることがわかる。

4. まとめ

これらをまとめると、(1) 試験結果は、静的 FEM 線形解析で既ね説明できる。(2) 改良地盤の沈下は、改良部下に分布する地盤の影響が大きい(3) 列車走行時の実軌道を 2 次元解析した結果、路盤上面沈下量は 0.184cm であり、一般的な設計法で算定した沈下量 0.199cm よりやや小さいが概ね整合すること、等が明らかになった。

改良地盤 繰返し載荷試験 起振機 沈下量 シミュレーション解析

住所：東京都港区高輪 3-25-22 カネオビル 2F Tel：03-5420-2573 Fax：03-5420-2576

<参考文献>

- 1) 青山、岩田、長谷川、他：機械式攪拌混合杭工法による改良地盤の繰返し載荷試験、第34回地盤工学研究発表会、1999.7
- 2) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物など設計標準・同解説 基礎構造物・杭土圧構造物、平成9年3月
- 3) 鉄道総合技術研究所：JR土構造設計標準、平成4年11月

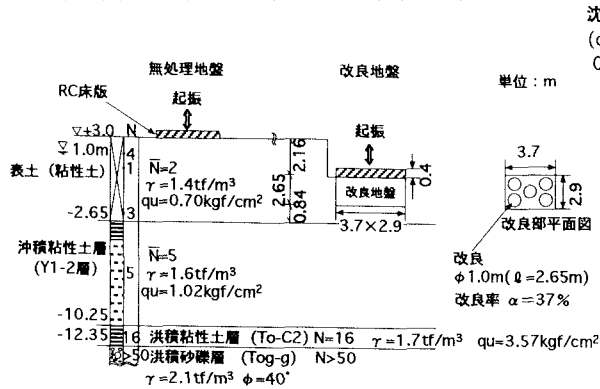


図-1 試験の概要と地盤状況

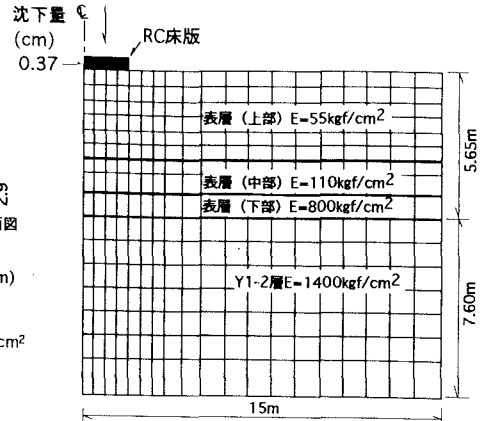


図-2 ケース1の解析モデルと解析によって設定したE値

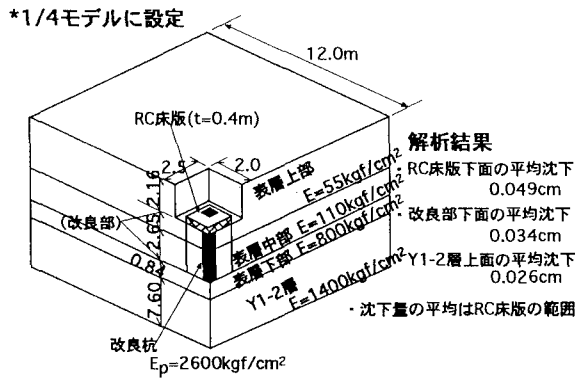


図-3 ケース2の解析モデル・解析によって設定したE値

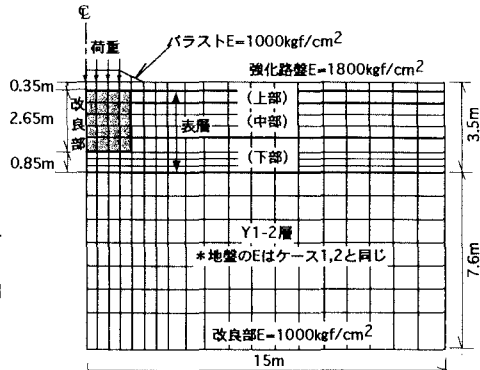


図-4 ケース3の解析モデル

表-2 変形係数法 (E値) の比較 (kgf/cm²)

地盤	E値	解析による 設定E値	簡易法*1 E値	設計で用いられた E値
表層	上部	55	60.7	130
	中部	110		
	下部	800		
Y1-2層		1400		150
改良杭		2600	2629*3	1220
複合地盤		1031*2	1011	536

*1:試験時の載荷応力と沈下量 [文献2] による]

*2: $E = \alpha \cdot E_p + (1-\alpha) E_o$
 $E_p = 2600 \text{ kgf/cm}^2$, $E_o = 110 \text{ kgf/cm}^2$
 $\alpha = 0.37$

*3: $E = \alpha \cdot E_p + (1-\alpha) E_o$
 $E = 1011 \text{ kgf/cm}^2$, $E_o = 60.7 \text{ kgf/cm}^2$
 $\alpha = 0.37$

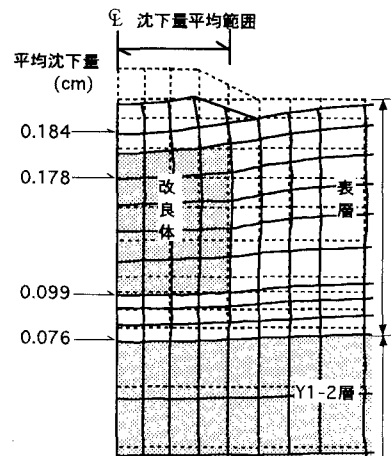


図-5 ケース3の沈下量