

関東ロームを利用した埋戻し路盤の沈下量予測

早稲田大学 正会員 赤木 寛一
 早稲田大学 学生会員 ○土田 真嗣 伊藤 奈菜
 東京ガス(株) 正会員 横山 知章 南形 英孝

1. まえがき

建設工事で地盤を掘削した際に発生する建設発生土は硬さや粒度が埋戻しに適さない場合がある。このとき、発生土は埋立て処分または土質改良プラントで処理される。このため、建設発生土の処分地の不足と遠距離化が処分費などのコスト増につながり、不法投棄などの問題が生じている。建設発生土は本来ならば、そのまま現位置に埋戻すことが望ましい。しかし、行政機関によって埋戻し土に対して厳しい基準が設けられている。

本研究では、関東地方の浅深度に広く分布する関東ロームを含む土を試料とし繰返し中空ねじりせん断試験を行い、繰返し荷重下における変形特性を調査した。その結果をもとに埋戻し路盤の沈下量予測を試みた。

2. 実験試料と供試体作成方法

首都圏における比較的浅深度での地下埋設管設置のための掘削埋戻しを想定し、神奈川県横浜市戸塚区から採取された関東ロームを試料として用いた。表1に使用した関東ロームの物性値を示す。供試体は10 cmモールド、2.5 kgランマを用い1層当り25回3層突固めを基本とする。これを直径7 cm、内径3 cm、高さ7 cmに成形した。

表1 物性値

関東ローム	
土粒子密度 (g/cm^3)	2.83
細粒分含有率 (%)	79.6
最適含水比 (%)	66.0

表2 実験条件 (kPa)

深さ (m)		4t	1t
0.45	鉛直応力	32.7	15.0
	せん断応力	10.5	1.4
	拘束圧	9.1	9.1
0.65	鉛直応力	22.8	14.5
	せん断応力	5.1	1.3
	拘束圧	11.8	11.8
0.95	鉛直応力	20.3	16.9
	せん断応力	2.4	0.6
	拘束圧	15.8	15.8

3. 沈下量予測方法

埋戻し路盤上を乗用車(1t)および4 tトラックが通過することを想定した実験条件を採用した。実験時の応力状態は Boussinesq の解によって求める。実験条件を表2に示す。埋戻し路盤は層厚 0.65m とし図1に示す様に一般的な舗装構造であるアスコン35型とする。深さ0.45, 0.65, 0.95(m)の3点に着目し、輪荷重の通過に対応した応力状態で繰返しねじりせん断試験を行い、鉛直ひずみを測定する。測定した3つの値から表層と路盤の境界面からの鉛直方向の距離と沈下比(鉛直ひずみ/100)の関数 $\varepsilon(z)$ (式1)を推定する。これを厚さ65cmの路盤について式(2)のように積分することで沈下量を算出した。

$$\varepsilon(z) = A \exp(Bz) \cdots (式1), \quad \delta = \int_{0.35}^{1.0} \varepsilon(z) dz \cdots (式2)$$

ここに、A、B：実験より定まる定数、z：深さ(m)である。

上記の方法で載荷回数毎に沈下量を算出し図2の様にプロットする。それを対数近似することで載荷回数と沈下量の関数(式3)を求める。

$$\delta(x) = C \ln(x) + D \cdots (式3)$$

ここに、C、D：実験より定まる定数、x：載荷回数である。

4. 沈下量予測

供試体はコーン指数 $800(kN/m^2)$ となるように締固めたものを成形した。実験は乗用車および、4 tトラックについて輪荷重が1万回繰返し載荷された場合を想定する。それぞれ、表2に示す実験条件について合計6ケースの実験を行った。実験結果を図3に示す。ここでは、載荷回数100, 300, 500, 800, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 8000, 10000回について沈下量を算出した。図4に載荷回数毎の深さと沈下比(鉛直ひずみ/100)の関係の一部を示す。求めた指数関数を $z=0.35 \sim 1.0$ で積分することで載荷回数に対する沈下量を算出した。乗用車についても同様に算出した。

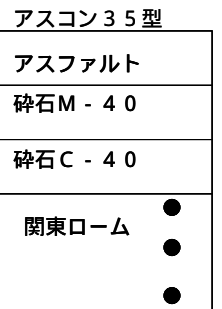


図1 舗装構造の概要

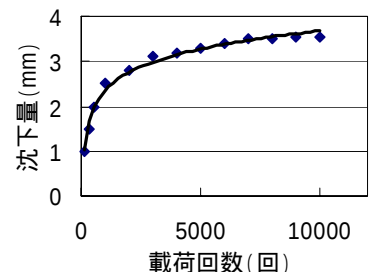


図2 載荷回数と沈下量の関係

キーワード 埋戻し、締固め、関東ローム、中空ねじりせん断試験

連絡先 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 58号館-205

T E L 03-5286-3405

図5に載荷回数と沈下量の関係を示す．これらに対数近似すると，次の沈下量予測式が得られる．

$$4 \text{ tトラック想定時: } \delta_{4t} = 0.6285 \ln(X) - 2.1846 \cdots \text{(式4)}$$

$$\text{乗用車想定時: } \delta_{1t} = 0.2841 \ln(X) - 0.7871 \cdots \text{(式5)}$$

ここに， X は載荷回数（通過台数）である．

この式より路盤上の車両通過輪数に対する沈下量を予測することができる．ここで，4tトラックと乗用車の実験結果を比較すると，4tトラックによって生じる沈下量の方が大きいことがわかる．したがって，埋戻し路盤は輪荷重載荷による鉛直応力とせん断応力増分が大きいときの方が沈下量も大きくなる．また，図5からわかるように4tトラック，乗用車共に載荷回数が約5000回あたりから沈下量は一定となることがわかる．

5. 現場試験のシミュレーション

東京ガス㈱のパイプライン技術センターで行われた実規模埋戻し試験の結果をもとに，繰返し中空ねじりせん断試験から得られた沈下量予測手法の妥当性を検証する．現場試験は埋戻し路盤上に輪荷重が作用するようにし，乗用車×600(輪)，その後続けて4tトラック×600(輪)を通過させて直接沈下量の測定を行った．室内試験結果をもとに，同じ載荷条件に対応する沈下量を算出した．

図6に示すように現場試験では，関東ロームおよび山砂による埋戻しをそれぞれ2ケース行った．それぞれ関東ロームのコーン指数は，521，747(kN/m²)であった．また，同様に山砂による埋戻し実験も行った．そこで，室内試験では東京都が定める基準値であるコーン指数800(kN/m²)に調整したものと，現場試験の平均である約600(kN/m²)に調整した2種類の試験(A，B)を行った．室内試験結果に基づく沈下量は3．で示した方法に従って，載荷回数100回毎に1200回まで算出した結果を図7に示す．また，現場試験結果の関東ロームおよび山砂の実測値の平均もあわせて示す．図7において，試験AとBを比較するとコーン指数が低いBの方が沈下量は大きくなることがわかる．ここで，試験Bと現場試験結果を比較すると室内試験結果と現場試験結果はほぼ対応していると言える．したがって，繰返し中空ねじりせん断試験結果を用いることによって，路盤を埋戻した場合の沈下量を予測することは可能である．また，試験結果Aと山砂埋戻し実験結果を比較するとほぼ一致しており，コーン指数800(kN/m²)で関東ロームの埋戻しを行うと山砂と同程度の沈下量におさまると推定される．このことより，現場で発生した関東ロームの適用性を判定した上で，適切な締固めによりコーン指数を800(kN/m²)に管理することで関東ロームを埋戻し路盤に適用可能といえる．

6. まとめ

繰返し中空ねじりせん断試験を用いることで，関東ロームを含む土の埋戻し路盤における載荷条件に対応した沈下量を予測することが可能である．

現場で発生した関東ロームの適用性を判定した上で，適切な締固めによりコーン指数を800(kN/m²)に管理することによって関東ロームを埋戻し路盤に適用可能といえる．

参考文献：1)関東ローム研究グループ；関東ローム—その起源と性状，2)独立行政法人土木研究所；建設発生土利用技術マニュアル，第3版，3)東京都；東京都占用工事要綱，4)第41回地盤工学研究発表会；建設発生土を利用した都市ガス導管埋戻し技術について，土田他

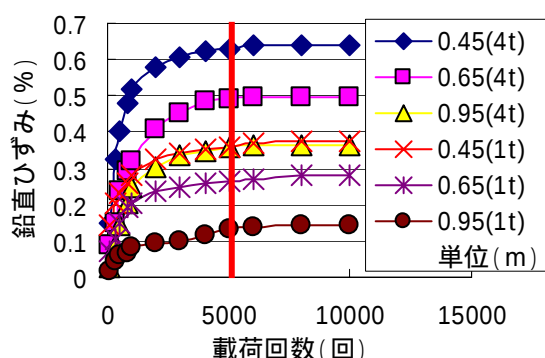


図3 実験結果

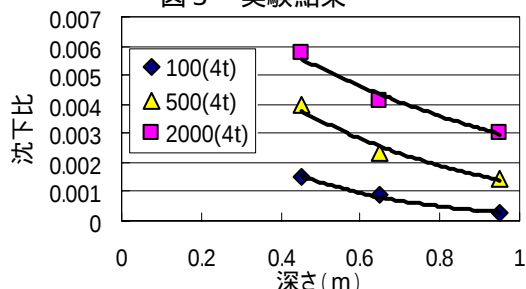


図4 深さと沈下比の関係

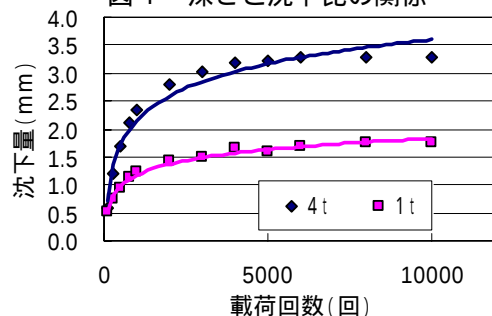


図5 載荷回数と沈下量の関係

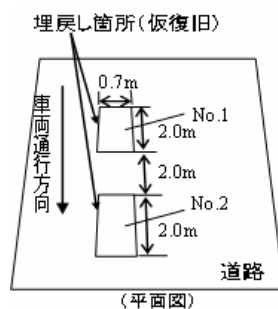


図6 埋戻し概要図

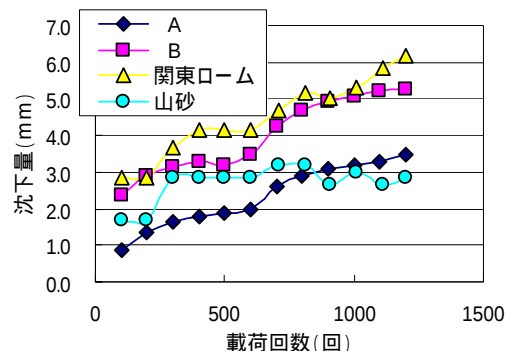


図7 載荷回数と沈下量の関係