

道路舗装下におけるコラム-スラブ系基礎の応力分担比について

佐賀大学 学O金縄祐典 佐賀大学 正 沈 水龍
 ㈱親和テクノ 正 古賀浩史 佐賀大学 正 三浦哲彦

1. まえがき 低平地における軟弱地盤上の低盛土道路は、交通荷重の影響を受けやすく交通解放後に沈下が長期間続くことになる。杭で支持されたボックスカルバートなどの横断構造物と道路との接合部において段差を発生することが多い。この段差は車両の走行性を著しく阻害し、交通振動や騒音の発生源となる。これらの沈下や段差を緩和するために、コラムアプローチ工法¹⁾、コラムシステム工法²⁾を提案した。これらの工法ではソイルセメントコラムを柱状に施工しており、構成した複合地盤の支持力および沈下計算では、コラムと周辺粘土の応力分担比が必要である。本研究では道路舗装下においてフローティング形式でソイルセメントコラムを打設した軟弱地盤の挙動を解析するために、圧密時におけるコラムと周辺粘土地盤の応力分担機構について検討する。

2. 解析方法 2.1 ユニットセルモデルおよび交通荷重 道路の表面舗装はアスファルト、粒度調整砕石、クラッシャーランの三層で構成するものとし、合計厚さは路床 CBR および交通量によって決定する。軟弱地盤中にコラムを打設して不均一な複合地盤を造成するので、交通荷重による舗装のたわみは均一地盤より大きくなる。これを防ぐために舗装とコラムの間にスラブを設置する。図-1 に舗装-コラム-スラブ系を示している。この系の挙動は、FEM で軸対称のユニットセルモデルを用いて解析する(図-2)。

ユニットセルにかかる荷重(スラブ表面に作用する荷重 σ)は、舗装自重および交通荷重である。ここで交通荷重の大きさの評価は、三浦ら³⁾が実測値に基づいて提案した式(1)により計算できる。以下の計算では、式(1)で与えられる換算交通荷重強度 P_T を用いてコラム間隔とスラブ厚さの設計を行う。

$$P_T = \exp(4.62 - 0.47T_{em}) \quad (1)$$

2.2 有限要素解析 軸対称の応力条件で深さ 20m、幅 0.5~2m の有限要素モデルを用いた。地盤モデルとして粘土層は修正カムクレイモデル、舗装、スラブ、改良コラムは Mohr-Coulomb の破壊基準による弾性モデルを用いた。粘土層は 0~10m の上層と 10~20m の下層の 2 層に分かれており、上層の解析パラメータは単位重量 $\gamma_f=14\text{kN/m}^3$ 、ポアソン比 $\nu=0.35$ 、 $\lambda=0.65$ 、 $\kappa=0.066$ 、初期間隙比 $e_0=3.5$ 、限界応力比 $M=1.2$ 、水平、垂直透水係数 $k_h, k_v=2.3 \times 10^{-7}\text{cm/s}$ 。また下層は、単位重量 $\gamma_f=14.5\text{kN/m}^3$ 、 $\lambda=0.52$ 、 $\kappa=0.055$ 、初期間隙比 $e_0=2.5$ 、他のパラメーターは上層と同じ。次に改良粘土は $\gamma_f=14\text{kN/m}^3$ 、 $\nu=0.3$ 、ヤング弾性係数 $E=180\text{MPa}$ であり、スラブは $\gamma_f=15.0\text{kN/m}^3$ 、 $\nu=0.25$ 、 $E=200\text{MPa}$ の値を用いた。解析における地盤の初期応力状態は軟弱地盤を正規圧密粘土とした。軟弱地盤強度は深さによって増加し、解析に用いた圧密降伏圧力 $P_c=20\sim 85\text{kPa}$ 、スラブ厚さは $t_s=1\text{m}$ とした。

3. 解析結果および考察 コラム-周辺粘土の応力分担比にはいくつかの要因が関与している。Li らの弾性解析⁴⁾によると、荷重の大きさ、改良率、細長比、スラブの厚さなどが最も重要である。本解析ではコラムアプローチ工法¹⁾、コラムシステム工法²⁾の設計において用いている荷重段階、改良率、細長比、圧密過程をベースとして検討を行った。図-3 には、荷重一経過時間、応力分担比一経過時間関係を示している。図によると、フローティング形式のコラムの応力比は、荷重の大きさと密接な関係がある。コラムにおける応力は、コラム周辺のせん断抵

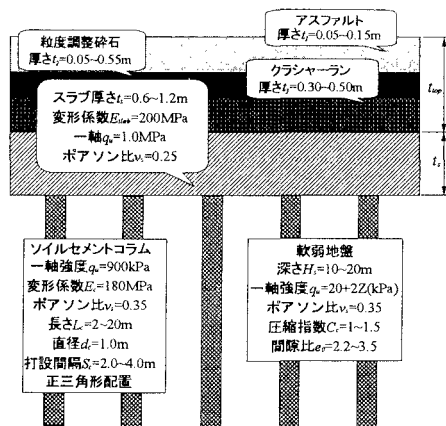


図-1 舗装およびコラム-スラブ系

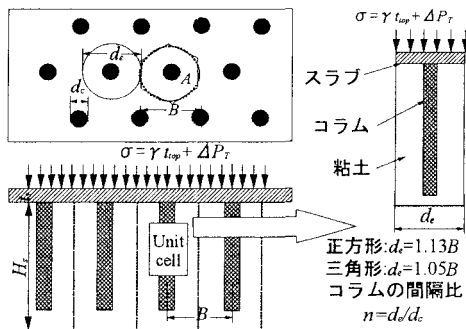


図-2 解析モデル化

抗と先端支持力の和で表すことがき、その値を超える荷重はコラムだけでは支持することができない。また、荷重の増加により応力分担比は一旦急激に減少した後、ゆるやかな増加を示した。これはコラムの先端下の粘土が圧密され間隙水圧の消散が起こったため(図-4 参照)、粘土強度が増加しそれに伴ってコラムが分担する応力が増加するためであると考えられる。

図-5 は、応力分担比と改良率の関係を示している。改良率が高くなるほど応力分担比が小さくなる。フローティング形式のコラムにおいて、コラムの細長比が大きくなるほど応力分担比が増加することが図-6 よりわかる。解析した地盤条件および荷重条件では、細長比が 12 以上になると応力分担比はほとんど変わらないことが分かった。細長比 20 は着底コラムを意味し、応力分担比から見るとフローティング形式の方が経済的であるといえる。また、コラムの改良率が 50% 以上では、応力分担比は細長比とは無関係となる。

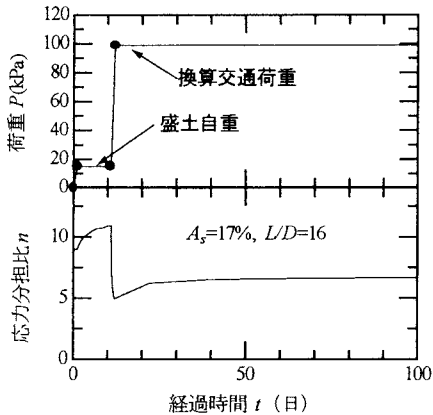


図-3 荷重，応力分担比—経過時間の関係

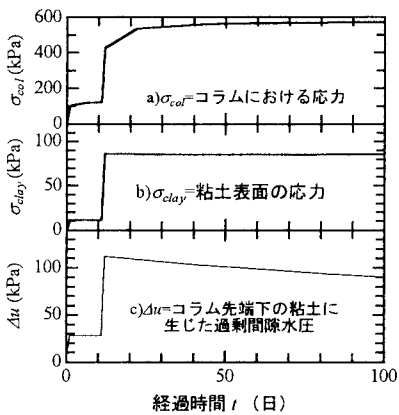


図-4 コラム，粘土表面の平均応力，コラム下過剰間隙水圧—経過時間関係

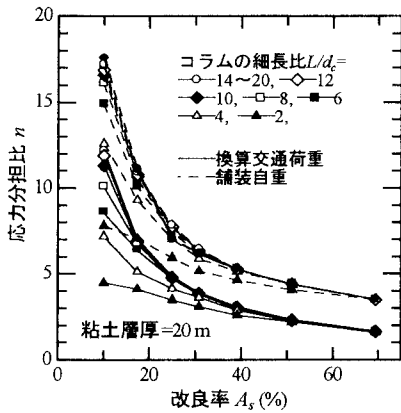


図-5 応力分担比—改良率の関係

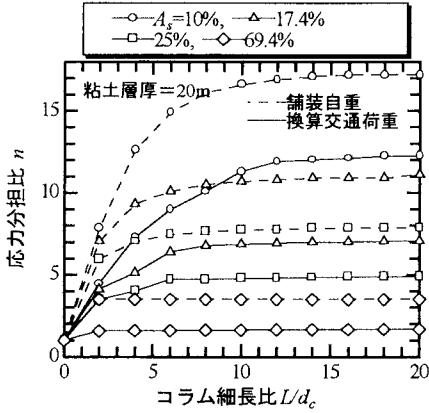


図-6 応力分担比—コラム細長比の関係

5. まとめ 1) 応力分担比は荷重の増加に大きく影響され、荷重が小さい範囲では応力の大部分をコラムが支持する。コラムシステム設計において、交通荷重による沈下計算を行う場合には舗装自重のみの場合よりも小さな応力分担比を用いることができる。2) コラム-スラブ系設計基礎に関しては、フローティング形式のコラムの方が有利で、着底コラムを用いる必要性は小さい。

参考文献：1) 三浦ら：軟弱地盤上道路における段差緩和工法に関する研究，土木学会論文報告集に投稿中，2000。2) 三浦ら：段差緩和システム導入による軟弱地盤上道路のトータルコスト縮減，道路建設 3) 三浦ら：現場性能試験に基づく軟弱地盤上道路の建設費に関する考察，土木学会論文報告集，土木学会論文報告集，No. 598/III-43，pp. 209-221，2000。4) Li, G.X. et al.： Interaction between column inclusion and surrounding soil in composite ground, Lowland Technology International, 2(1), pp. 23-34, 2000。