

移動ローラー載荷装置の試作と 移動載荷試験による模型地盤の応力分散

秋元 洋胤¹・早野 公敏²

¹正会員 港湾空港技術研究所 地盤・構造部 地盤改良研究室（〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1）

²正会員 博士（工学） 港湾空港技術研究所 地盤・構造部（〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1）

新しい舗装材料や構造を導入する場合、一般に試験施工を実施し、載荷試験や動態観測結果などから、舗装地盤の供用性や安定性を判断することが多いが、時間や費用の制約から、試験施工の対象とする舗装地盤は限られる。そこで理論的な設計方法が望まれるが、その適用性は実験などから得られたデータによって検証されなければならない。しかしながら、舗装地盤の挙動を精度よく捉えた実験的研究が不十分と思われる。そこで本研究では、小型の移動ローラー載荷装置の試作を行い、粗粒材料を用いた模型地盤を作製して、移動荷重を受ける模型地盤内の鉛直応力とせん断応力の測定を試みた。また得られた応力から、模型地盤の密度、層厚およびアスファルト混合物層などが応力分散に及ぼす影響について基礎的な検討を行なった。

Key Words : Roller loading, Stress distribution, Granular material, Asphalt pavement

1. はじめに

近年、経済性や環境への配慮の観点から、港湾や空港舗装において、スラグなどのリサイクル材料¹⁾、²⁾、直径 300mm を超える大粒径の砕石を含む山砂や大粒径アスファルト混合物など、新しい材料³⁾、⁴⁾を導入する機会が増加している。これらの新しい材料を用いるに際しては、施工性ととも交通荷重に対する変形挙動や疲労・耐久性を検討することが重要である。

一方、実績のあまりない新しい舗装材料や構造形式に対しては、CBR- T_A 法を基本とした従来の経験的な設計では、適切に舗装地盤の挙動をうまく評価できない恐れが生じることがある。このような場合には、一般に試験施工を実施し、載荷試験や動態観測結果などから舗装地盤の供用性や安定性を判断することが多い⁵⁾。ただし、時間や費用の制約から試験施工の対象とする舗装地盤は限られる。

このような背景から、より経済的で高性能な舗装地盤材料や構造を広く検討するためには、比較的簡便な室内試験結果に基づいて、舗装地盤の供用性を精度よく予測できることが期待される。そこで多層弾性理論⁶⁾や有限要素法などを用いたより理論的な設計方法が望まれるが、得られる応力やひずみに関

する精度は実験や観測から得られたデータによって検証されなければならない。しかしながら、移動荷重を受ける舗装地盤の挙動を精度よく捉えた実験的研究が十分になされていないように思われる。特に移動荷重を受ける舗装地盤内で生じる鉛直応力とせん断応力の両方を測定して、応力分散に関する評価を行った研究は少ないようである。

そこで本研究では、まず小型の移動ローラー載荷装置の試作を行った。そして粗粒材料を用いた模型地盤を作製して、ローラーによる移動荷重を受ける模型地盤内の鉛直応力とせん断応力の測定を試みた。また得られた応力分散に対して、模型地盤の密度、層厚およびアスファルト混合物層などが及ぼす影響について検討を行なった。

2. 移動ローラー載荷装置と実験土槽

図-1と写真-1に、本研究で開発した移動ローラー載荷装置の概要を示す。実際に、移動荷重が地盤に作用する状態は3次元であり、本実験も3次元状態で行うことが望まれる。しかし3次元の応力やひずみ成分を精度良く測定するためには、実験装置が比較的大規模になり、計測装置の配置など、検討しな

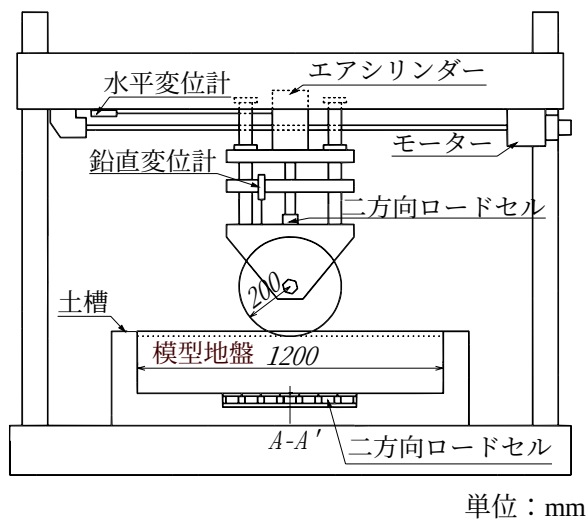


図-1 移動ローラー載荷装置

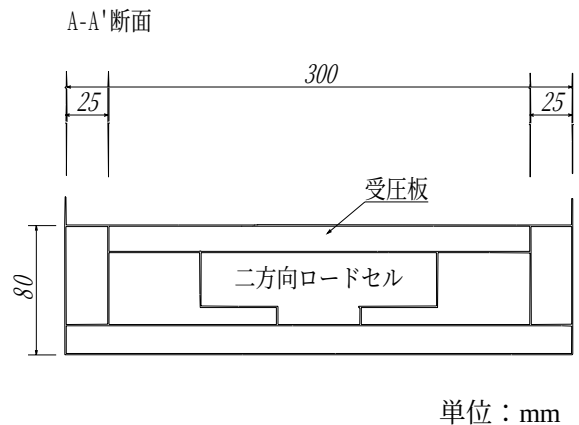


図-2 二方向ロードセル



写真-1 移動ローラー載荷装置

ければならない課題が多い。そこで、現時点で比較的測定が容易な2次元の応力成分に着目して実験装置を製作した。載荷装置は、直径400mmの鉄輪ローラー、モーターによる水平移動装置、エアシリンダーによる鉛直載荷装置から構成される。ローラーの幅は294mmで表面は滑らかな状態である。鉛直載荷装置によって、最大約27kNの鉛直荷重を模型地盤に与えることができる。またローラーは水平方向に、あらかじめ設定した回数の自動往復が9999回まで可能である。ローラーの水平・鉛直変位はそれぞれ独立した変位計によって、ローラーに生じる鉛直・水平荷重は、ローラー上部に設置した二方向ロードセルで検出される。ローラーが傾くのを防ぐため、4本のリニアスライドがガイドレールの役割をするが、各リニアスライドは水平荷重が加わらないようなジョイントで支持されている。二方向ロードセルの最大容量は、鉛直荷重が50kNで、水平荷重が25kNである。

模型地盤用の土槽は、内寸で幅1200×奥行き300×高さ250mmであり、剛な鉄製である。土槽の前面は鉄製のリブで補強した厚さ50mmの亚克力製で、模型地盤の観察が出来るようになっている。土槽の底板の中央部分は、図-1と図-2に示すように合計7個の幅75×奥行き250mmの受圧板で構成される。隣り合う受圧板は、1mm程度の隙間で分割されている。各受圧板は二方向ロードセルで支えられており、受圧板に作用する鉛直荷重とせん断荷重が測定できる。受圧板に取り付けた二方向ロードセルの最大容量は、鉛直荷重が10kNで、せん断荷重が5kNである。二方向ロードセルについては、鉛直荷重と水平荷重の検定を行い、両者の干渉が少ないことを確認した。また、土槽側面の摩擦の影響をなるべく受けないように、受圧板は側面から25mmずつ離れた中央部分に図-2のように設置し、土槽側面にはグリースを塗布した。受圧板の表面には、文献⁷⁾にならいサンドペーパー(#150)を貼り付けて粗な状態とした。移動ローラー載荷装置と模型地盤用土槽に取り付けた各変位計と各ロードセルの出力は、すべて静ひずみ計によって自動的に計測することができる。

3. 模型地盤の使用材料

(1) 使用材料

移動載荷試験の模型地盤には、図-3に示した粒度分布をもつ粗粒材を用いた。おもに砂岩で構成されており、最大粒径が20mmで、均等係数は33.6である。後述する方法でこの材料を自然乾燥した状態で締固めて用いた。

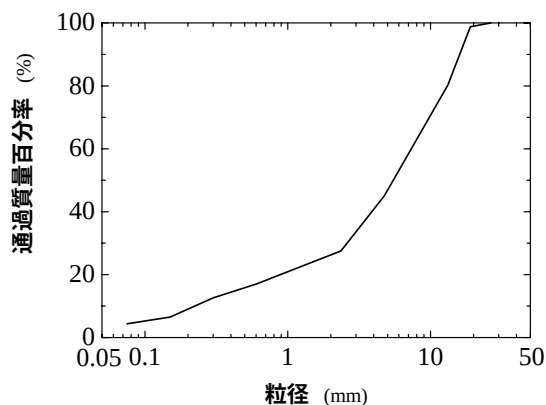


図-3 模型地盤に用いた粗粒材の粒度分布



写真-3 蓋付きバイブレータ



写真-2 モールド

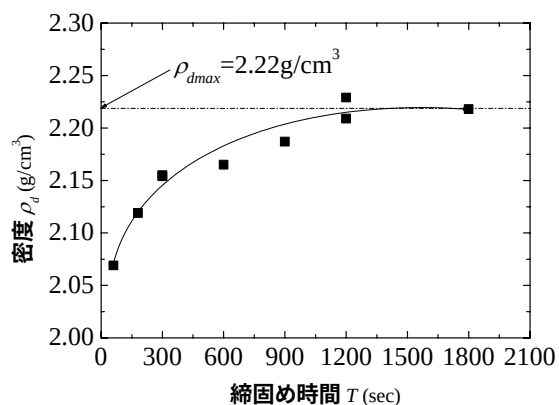


図-4 各層の締固め時間と得られた密度の関係

(2)用いた粗粒材料の物理特性

移動載荷試験に先だって、模型地盤に用いた粗粒材料の相対密度を規定するために、下記に示す最小・最大密度試験⁸⁾を実施した。

a)最小密度試験

試験には、写真-2に示すモールドを用いた。このモールドの内寸は直径300mm、深さ350mmである。まず、モールドの質量を量り、次に、ハンドスコップで試料を山盛りにならない程度にすくい、落下高さが極力ゼロに近づくように、モールド中に試料を投入した。試料を投入する際は、材料の分級を避けるため、一カ所への山積み状態になることなく、モールド内部に行き渡るようにして、モールドの上端部から5cm下がりのところを目標に、なるべく平らになるように試料を投入した。次に、スケールを用いて、モールドの上端部から試料の表面までの距離を測定し、モールド内の試料の体積を算出した。試料とモールドの質量を量ることにより、モールド内の試料の密度を算出した。最小密度試験は5回行い、

変動係数が1%を越えないことを確認し、最小密度 ρ_{dmin} は5回の試験結果の平均値 1.71g/cm^3 とした。

b)最大密度試験

試験には、最小密度試験で使用したモールドを用いた。まず、試料を5等分し、5層に分けて試料を投入した。各層ごとに写真-3に示す直径280mmの蓋付きバイブレータで所定の時間の締固めを行い、最小密度試験と同様、体積、質量を計測して密度を算出した。バイブレータの起振力はおおよそ2000Nで、締固め時間をいくつか変えて試験を行なった。

図-4に、各層の締固め時間と得られた密度の関係を示す。1層あたりの締固め時間が1200秒以上になると、締固め時間の増加による密度の増加傾向が見られなかった。締固め時間が長くなると粒子破碎の影響が懸念されたため、ふるい分け試験を行い、締固め時間の違いによる粒度分布の確認を行った。

図-5にふるい分け試験によって得られた粒度分布を示す。その結果、締固め時間が1200秒程度でもその粒度分布は、締固めを行なう前の粒度分布とほぼ

表-1 模型地盤の条件

試験名	粗粒材		密粒度アスファルト混合物		合計層厚 (mm)
	厚さ (mm)	初期相対密度, D_r (%)	密度 (g/cm ³)	厚さ (mm)	
Case1	145	82.5	---	0	145
Case2	145	32.9	---	0	145
Case3	240	74.0	---	0	240
Case4	190	72.2	2.38	50	240

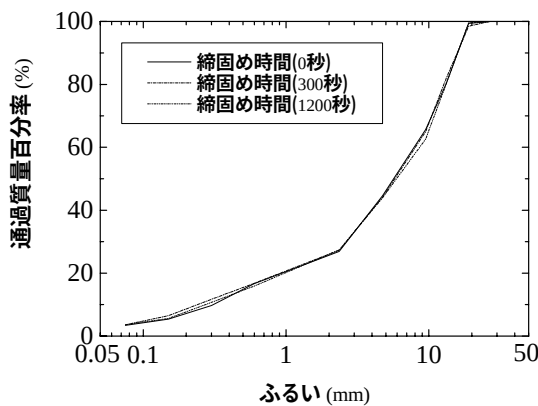


図-5 ふるい分け試験結果

同じで粒子の破碎量が少ないことが確認できた．そこで最大密度 ρ_{dmax} は，図-4 に示すように 2.22g/cm³とした．

4. 模型地盤の作製方法と移動載荷試験方法

(1) 模型地盤の作製

模型地盤の作製は，次の手順で行った．まず前章で述べた粗粒材料を，なるべく均一になるよう土槽に投入して，一層の敷き均し厚さ約 50mm ごとに振動バイブレータで締固めた．この作業を地盤高さが 150～250mm の所定の高さになるまで数回繰返し，地表面が平坦になるように丁寧に仕上げた．

作製した模型地盤の条件を表-1 に示す．Case2 を除く各模型地盤の初期相対密度 D_r は 72.2～82.5%であり，Case2 の初期相対密度 D_r は 32.9%である．また Case4 では，予め作製しておいた層厚 50mm の密粒度アスファルト混合物を，模型地盤表面に設置した．

(2) 移動載荷試験方法

作製した模型地盤に対し，まず土槽の一方の側壁内側から約 235mm の部分に約 0.2kN の小さい鉛直荷重 F_v でローラーを接地した後，1 往復の水平移動を行なった．ローラーの片道の水平移動距離は，約 730mm とした．次に，鉛直荷重 F_v を約 1,3,5kN と段階的に増加させて，それぞれについて 3 往復の移動載荷試験を行なった．ここで，データの収録は静ひずみ計測装置を用いて行っており，短時間に多数のデータがサンプリングできない．そこで，なるべく連続的な応力分布の測定が可能な移動速度 80mm/min とした．

各移動載荷試験時には，ローラーの鉛直・水平変位，ローラーに生じる鉛直・水平荷重および土槽底板の受圧板下の各二方向ロードセルに生じる鉛直・水平荷重を連続的に記録した．サンプリング間隔は 15 秒とした．なお，試験は室温 20±1℃の環境で行った．

5. 試験結果と考察

(1) ローラーの変位量とローラーに生じる荷重条件

図-6 に，各模型地盤の沈下量 S とローラーの累積通過回数 N の関係を示す．ここで N は，鉛直荷重 $F_v=0.2kN$ の予備載荷 1 往復を除く，ローラーの累積通過回数である．沈下量 S は，次のように求めた．まず各移動載荷片道ごとのローラーの鉛直変位の平均値を算出し，その平均値から 0.2kN で水平移動を行った時のローラー鉛直変位の平均値を差し引いて沈下量 S とした．沈下量 S は，ローラーが通過する瞬間の沈下量の平均値である．したがって厳密には，ローラーが通り過ぎれば，模型地盤の弾性的なりバウンドが予想されるが，塑性的な変形量が支配的と

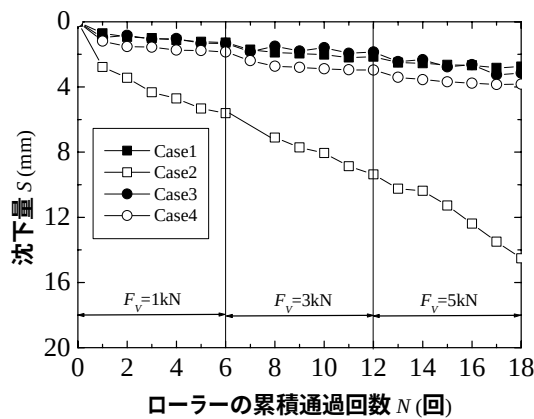


図-6 沈下量 S とローラーの累積通過回数 N の関係

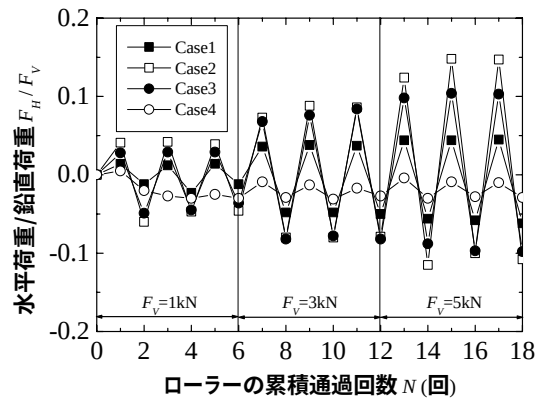


図-7 水平荷重と鉛直荷重の比 F_H/F_v とローラーの累積通過回数 N の関係



写真-4 ローラー近傍の局所的な破壊による粒子移動の状況

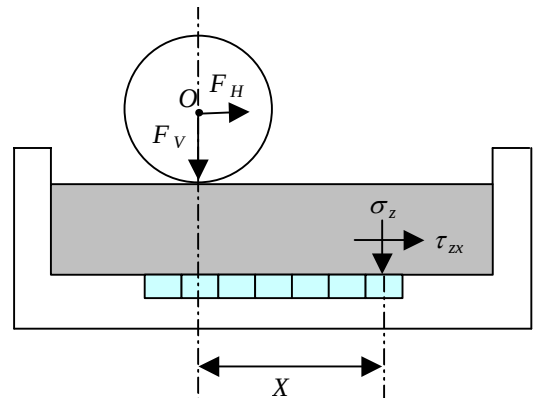


図-8 模型地盤に生じる荷重と応力

考えられる。Case2 のローラーの累積通過回数 7 回目のデータが抜けているのは、電気的トラブルでデータのサンプリングが行なえなかったためである。図-6 より、Case2 は他の模型地盤より沈下が大きい。これは初期相対密度 D_r が小さいので、移動载荷に伴い模型地盤が締め固められたこと、また鉛直荷重 F_v が大きくなるとローラー近傍に局所的なせん断破壊が生じ、写真-4 に示すように粒子移動が生じるためである。

図-7 にローラーに生じた水平荷重と鉛直荷重の比 F_H/F_v とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。ここで水平荷重 F_H は、移動荷重によって生じる、舗装表面に働くせん断力に相当する力と考えられる。なお、水平荷重 F_H の正の向きは、図-8 に示す向きを正とした。Case4 はローラーの累積通過回数 N や鉛直荷重 F_v が増加しても、ほぼ一定の値を示している。Case1, 2, 3 では鉛直荷重 F_v が増加すると、水平

荷重と鉛直荷重の比 F_H/F_v も増加した。また模型地盤の初期相対密度 D_r が小さいほど、この比が大きい。これは初期相対密度 D_r が小さいほど模型地盤の支持力が小さいので、ローラー近傍に局所的なせん断破壊が著しく起き、移動ローラーに生じる抵抗が大きくなって、水平荷重 F_H が増えたためと思われる。

(2) 模型地盤の応力分散

新しく試作した移動ローラー载荷装置を用いて、土槽底面の二方向ロードセルで測定した鉛直荷重とせん断荷重を、受圧板の面積で除して模型地盤底面に生じている鉛直応力 σ_z とせん断応力 τ_{zx} を求めた。ここで、鉛直応力 σ_z とせん断応力 τ_{zx} の添字 z , x は、図-8 に示すように前者が模型地盤の深度方向、後者がローラーの移動方向を示す。

図-9, 10 に、Case2 のローラーの累積通過回数 N が 15 回目における鉛直応力 σ_z , せん断応力 τ_{zx} の測定

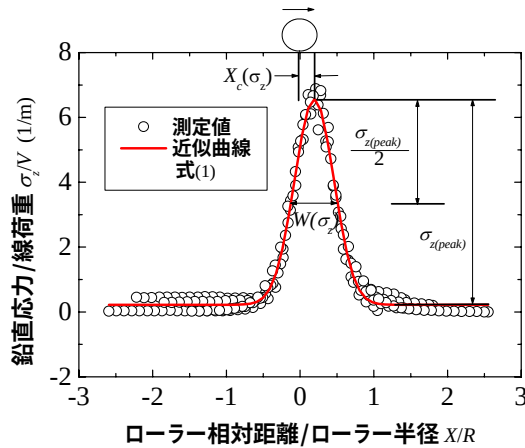


図-9 鉛直応力 σ_z/V の測定結果

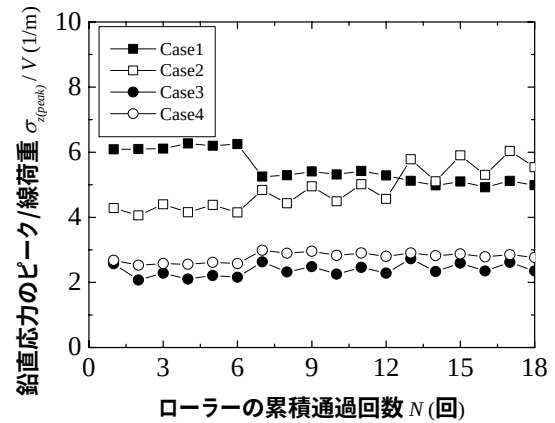


図-11 鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ と
ローラーの累積通過回数 N の関係

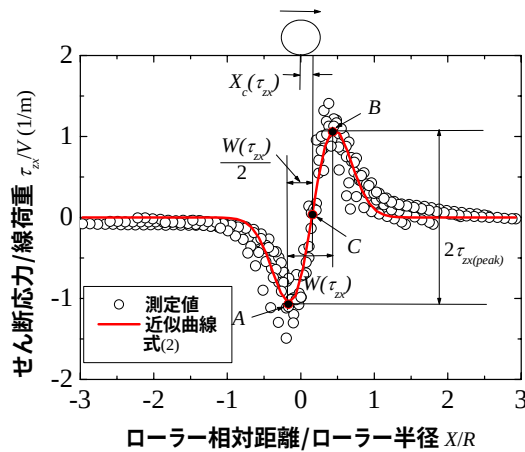


図-10 せん断応力 τ_{zx}/V の測定結果

結果を示す。これらの図は、7個のロードセルで測定した鉛直応力 σ_z 、せん断応力 τ_{zx} とローラー相対距離 X の関係を重ね合わせたものであり、各応力の分布を示すものである。ローラー相対距離 X は、図-8に示すようにローラーの中心 O を通る垂直線から、各二方向ロードセルの中心までの距離である。鉛直応力 σ_z 、せん断応力 τ_{zx} は線荷重 V で、ローラー相対距離 X はローラー半径 R で除している。線荷重 V は、ローラーで測定した鉛直荷重 F_v をローラー幅 B で除したものである。模型地盤の鉛直応力 σ_z 、せん断応力 τ_{zx} の応力分布を、多少のばらつきがあるものの、連続的に測定できたことがわかる。

測定した鉛直応力 σ_z/V の分布を、次式を用いて最小二乗法により近似した。

$$y = P_1 + Q_1 e^{R_1(x+S_1)^2} \quad \dots\dots(1)$$

ここで、 y は σ_z/V を、 x は X/R を示し、 $P_1 \sim S_1$ は近似によって得られる定数である。この近似曲線から図

-9に示すように鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ 、鉛直応力のピークの1/2における近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ 、 $X/R=0$ から鉛直応力のピークまでの距離 $X_c(\sigma_z)$ を求めた。

同様に測定したせん断応力 τ_{zx}/V の分布についても、次式を用いて近似した。

$$y = P_2 e^{Q_2(x+R_2)^2} + S_2 e^{Q_2(x+T_2)^2} \quad \dots\dots(2)$$

ここで、 y は τ_{zx}/V を、 x は X/R を示し、 $P_2 \sim T_2$ は近似によって得られる定数である。この近似曲線から図-10に示す点A、BのY軸方向の距離 $2\tau_{zx(peak)}/V$ 、点A、BのX軸方向の距離 $W(\tau_{zx})$ 、 $X/R=0$ から点A、Bの中間点Cまでの距離 $X_c(\tau_{zx})$ を求めた。上に述べたパラメータ $W(\sigma_z)$ 、 $W(\tau_{zx})$ は、それぞれ応力分散の程度を示し、応力分散しているほど幅が大きくなると考えられる。またパラメータ $X_c(\sigma_z)$ 、 $X_c(\tau_{zx})$ は、それぞれ模型地盤に作用する水平荷重によって生じる応力分布のズレを示し、水平荷重が大きいほど応力分布のズレが大きくなると考えられる。これらのパラメータ $\sigma_{z(peak)}/V$ 、 $W(\sigma_z)$ 、 $X_c(\sigma_z)$ 、 $\tau_{zx(peak)}/V$ 、 $W(\tau_{zx})$ 、 $X_c(\tau_{zx})$ については、ローラーの累積通過回数 N ごとに整理を行った。

a) 鉛直応力

図-11に、鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。Case1の鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ は、ローラーの累積通過回数 N が6回目までは少し大きめの値を示したが、ローラーの累積通過回数 N が7回目以降は、ほぼ一定の値を示していた。同様にCase3とCase4についても鉛直荷重 F_v が増加しても、鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ はあまり増加していない。また同じ鉛直荷重 F_v で、ローラーの累積通過回数 N が増加しても、ほぼ同じ値を

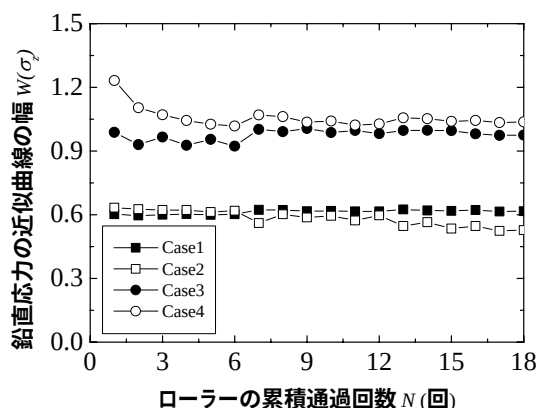


図-12 鉛直応力の近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ とローラーの累積通過回数 N の関係

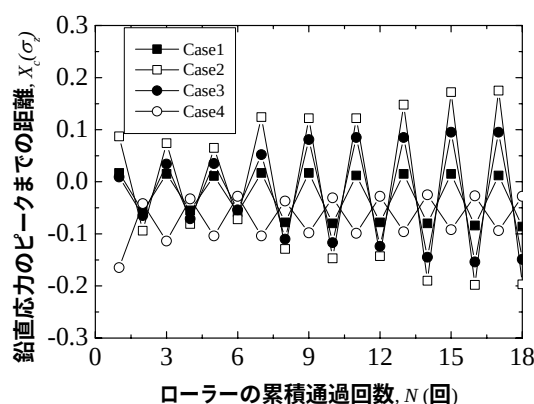


図-13 鉛直応力のピークまでの距離 $X_c(\sigma_z)$ とローラーの累積通過回数 N の関係

示した。一方, Case2 の鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ は, 鉛直荷重 F_v が増加すると増加した。さらに同じ鉛直荷重 F_v でもローラーの累積通過回数 N が増えれば全体的には, 鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ が増加した。これは鉛直荷重 F_v やローラーの累積通過回数 N が増加するにつれて, 地盤が締められることと, かつローラー近傍で局所的な地盤のせん断破壊が生じて粒子移動が生じ, 模型地盤の層厚が減少したことが影響していると思われる。2 層地盤である Case4 の鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ は, 単層地盤である Case3 の鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ とほぼ同程度の値を示し, ほとんど変わらなかった。一方で層厚の影響は大きく, Case1, 2 の鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ は Case3, 4 の鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ と比較すると, 約 2 倍の値を示した。

図-12 に, 鉛直応力の近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。同図より, 近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ も, 鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ と同様に, 層厚の影響が大きいことがわかる。Case4 の

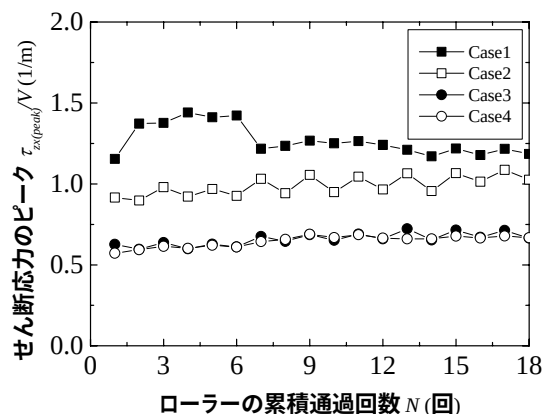


図-14 せん断応力のピーク $\tau_{zx(peak)}/V$ とローラーの累積通過回数 N の関係

近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ は, ロールーの累積通過回数 N が 1, 2 回目を除いてほぼ一定の値を示した。同様に Case1 と Case3 の近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ も, 鉛直荷重 F_v やローラーの累積通過回数 N によらず, ほぼ一定の値を示しているが, Case2 は鉛直荷重 F_v の増加とともに, 近似曲線の幅 $W(\sigma_z)$ が若干低下した。鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ の傾向とあわせると, 応力分散の程度が集中したと考えられる。

図-13 に, X 軸の O 点から鉛直応力のピークまでの距離 $X_c(\sigma_z)$ とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。Case1, 2, 3 において, 鉛直応力のピークまでの距離 $X_c(\sigma_z)$ は, 模型地盤の初期相対密度 D_r が小さいほど, 鉛直応力のピークまでの距離 $X_c(\sigma_z)$ の絶対値が大きくなった。すなわち, 鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ の位置が初期相対密度 D_r が小さいほど, ロールーの中心からローラーの移動する向きに遠かった。これは初期相対密度 D_r が小さいほど模型地盤の支持力が小さいので, ロールー近傍で局所的なせん断破壊が著しくなり, 移動ローラーに生じる抵抗が大きくなって, 水平荷重 F_H が増えるためと思われる。Case4 では, 常に鉛直応力のピークまでの距離 $X_c(\sigma_z)$ が負であり, ロールーが移動する向きと反対の向きに鉛直応力のピーク $\sigma_{z(peak)}/V$ が移動していた。この原因は不明であるが, アスファルト混合物と粗粒材の間に滑りが生じて, 模型地盤に作用する水平荷重の影響が地盤底部まで十分に伝達しなかったことが理由の 1 つと考えられる。また層厚の異なる Case1 と Case3 を比較すると, 層厚の大きい Case3 の方が大きい値を示していた。

b)せん断応力

図-14 に, せん断応力のピーク $\tau_{zx(peak)}/V$ とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。Case1 のローラーの累積通過回数 N が 2~6 回目までは少し大きな値

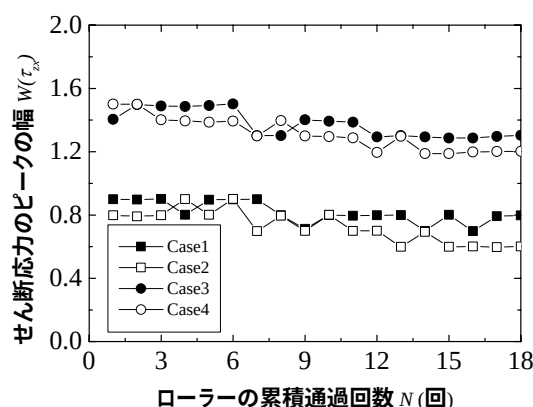


図-15 セン断応力のピークの幅 $W(\tau_{zx})$ とローラーの累積通過回数 N の関係

を示していたが、それ以外の部分では安定した値を示した。層厚が同じ Case1 と Case2 では少し違いが認められ、Case1 は Case2 に比べて、せん断応力の集中の程度が大きかったといえる。これは、Case2 の初期相対密度 D_r が低く、模型地盤に作用する水平荷重が大きいため、せん断応力の応力分布が影響を受けたためと考えられる。Case4 のせん断応力のピーク $\tau_{zx(peak)} / V$ は、Case3 のせん断応力のピーク $\tau_{zx(peak)} / V$ と同程度の値を示し、今回の実験では 2 層構成とすることによる違いはあまり見られなかった。Case1, 2 は Case3, 4 に比べ、2 倍程度の値を示した。これは層厚の影響と思われる。

図-15 に、せん断応力のピークの幅 $W(\tau_{zx})$ とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。全模型地盤において、鉛直荷重 F_v が増加すると、せん断応力のピークの幅 $W(\tau_{zx})$ は減少した。これは、鉛直応力の幅 $W(\sigma_z)$ には見られなかった傾向であり、せん断応力のピークの幅 $W(\tau_{zx})$ は、鉛直応力の幅 $W(\sigma_z)$ より鉛直荷重 F_v の増加による影響を受けやすいようである。また層厚が同じ場合には、せん断応力のピークの幅 $W(\tau_{zx})$ は同程度の値を示しており、初期相対密度 D_r 、2 層地盤の影響は少ないようである。

図-16 に、せん断応力のピークの中点までの距離 $X_c(\tau_{zx})$ とローラーの累積通過回数 N の関係を示す。全ての模型地盤において、せん断応力のピークの中点までの距離 $X_c(\tau_{zx})$ は、鉛直応力までの距離 $X_c(\sigma_z)$ と同じような形状を示した。Case1, 2, 3 において、せん断応力のピークの中点までの距離 $X_c(\tau_{zx})$ は、模型地盤の初期相対密度 D_r が小さいほど、せん断応力のピークの中点までの距離 $X_c(\tau_{zx})$ の絶対値が大きくなった。Case4 では、常にせん断応力のピークの中点までの距離 $X_c(\tau_{zx})$ が負であり、ローラーが移動する向きと反対の向きにせん断応力のピークの

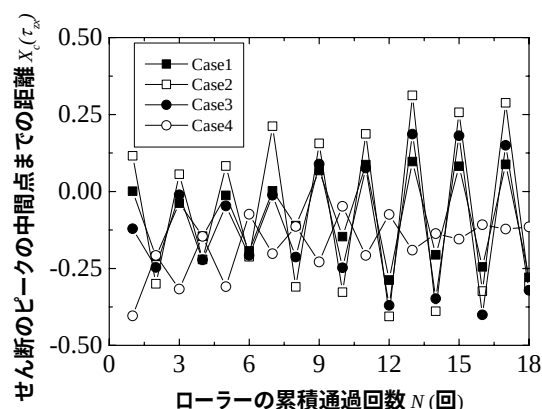


図-16 セン断応力のピークの中点までの距離 $X_c(\tau_{zx})$ とローラーの累積通過回数 N の関係

中間点が移動していた。これらのことは、鉛直応力までの距離 $X_c(\sigma_z)$ 同様、模型地盤の初期相対密度 D_r が小さいと、ローラーに生じる水平荷重 F_H が大きくなるためと考えられること、移動载荷中にアスファルト混合物と粗粒材の間に滑りが生じて影響していたことが一因と思われる。また層厚の異なる Case1 と Case3 を比較すると、層厚の大きい Case3 の方が大きい値を示していた。

6. まとめ

鉄輪ローラーを用いた小型の移動ローラー载荷装置の試作を行い、移動荷重を受ける粗粒模型地盤の応力分散の測定を行った。具体的には二方向ロードセルを用いて、地盤底部の鉛直応力とせん断応力の測定を行い、模型地盤の密度、層厚およびアスファルト混合物層などが応力分散に及ぼす影響について基礎的な検討を行なった。その結果、以下の知見が得られた。

(1) 新しく試作した移動ローラー载荷装置を用いて、2 次元状態で模型地盤が移動荷重を受ける際の鉛直応力とせん断応力の応力分布を連続的に測定できた。

(2) 模型地盤の層厚が応力分散の形状に大きな影響を及ぼす一方で、密度の影響は小さかった。

(3) 模型地盤の密度による応力分散の程度の違いは、鉛直応力のピーク値よりもせん断応力のピーク値のほうが明確に表れた。

(4) また密度が小さいほど、写真-4 に示したように粒子移動が著しく生じるようになり、ローラーに生じる水平荷重が大きくなった。その結果、応力の

集中する位置に影響を与えた。

(5) しかし、表層にアスファルト混合物を敷設した場合は、支持力の増加により地表面の局所的なせん断破壊が抑制された。一方で応力分散の形状は、層厚が同じになるようによく締固めた粗粒材料地盤のみの応力分布とあまり変わらなかった。

参考文献

- 1) 小菊史男, 松永久宏, 高木正人, 櫻谷敏和, 濱田秀則: 鉄鋼スラグを用いた固化体の開発(その1)-海洋構造物としての基本特性-, 土木学会第56回年次学術講演会講演概要集, pp.408-409, 2001, 10.
- 2) 松崎和博, 八谷好高: コンクリート廃材の再生利用, 第31回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集(CD版), 第V部門, 2004, 3.
- 3) 鈴木勝, 江村剛: 関西国際空港の舗装構造について,

ASPHALT, Vol.36, No.179, pp.71-77, 1994, 4.

- 4) 八谷好高, 高橋修: 大粒径アスファルトコンクリートの空港舗装表層への適用性, 土木学会論文集, No.976 V-59, pp.241-246, 2000, 12.
- 5) 佐藤勝久, 八谷好高: 空港アスファルト舗装構造における荷重伝達機構, 土質工学会接地圧の評価と設計への適用に関するシンポジウム, pp.103-110, 1982, 11.
- 6) 松井邦人, 董勤喜, 小澤良明, 飯塚浩二: 表面に複数のせん断力が作用する線形多層弾性構造の解析, 土木学会論文集, No.697 V-54, pp.109-116, 2002, 2.
- 7) 谷和夫, 龍岡文夫, 山口順: 砂地盤上の帯基礎の模型支持力実験(第2報), 土質工学研究発表会講演集, pp.1165-1168, 1986, 6.
- 8) (社)地盤工学会 砂礫の最小・最大密度試験方法検討委員会: 砂礫の最小・最大密度試験方法検討委員会報告書(1~5), 2003, 4.

DEVELOPMENT OF THE ROLLER LOADING APPARATUS AND THE STRESS DISTRIBUTION IN THE MODEL GROUND INDUCED BY THE ROLLER LOADING

Hirotsugu AKIMOTO and Kimitoshi HAYANO

Stress distributions in ground are quite important for the development of analytical pavement designs to introduce new pavement materials. Therefore a roller loading apparatus was newly developed to measure stress distributions in model ground subjected to roller loads. Vertical and shear stresses at the bottom of the ground are able to be monitored. Using the apparatus, a series of laboratory model test was conducted. The test results showed that the thickness of the model ground significantly affected the stress distributions, while the density of the ground had little effect. It was also found that the ratio of shear to vertical load acting to the roller had relatively large effect on the location of the peak stress.