

車輪の繰り返し走行に伴う土の変形プロセス

琉球大学農学部 上野正実・○深見公一郎・鹿内健志
九州大学農学部 橋口公一・岡安崇史

[キーワード] 土壌踏圧, 繰り返し走行, すべり率, 変位軌跡, ひずみ分布

【はじめに】

圃場機械による土壌踏圧は、作物の生育面だけでなく土壌流亡など環境面においても悪影響を及ぼす。このため、踏圧現象に関しては従来より、数多くの研究がなされてきた。圃場機械による土壌踏圧は、主として応力の作用による土壌変形によるものである。さらには土壌の乾燥に伴う収縮も大きな要因であるが、これも機械的な踏圧によってより一層促進される。しかしながら、これらの研究の大半が一回の走行に限定されたもので、実際の圃場機械作業にみられる繰り返し走行における踏圧現象については十分な解明はなされていない。本研究では、室内土槽において、同一路面を複数回走行する繰り返し走行実験を行い、それに伴って土壌が変形し固結するプロセスを解析した。

【方法】

実験には、多様な走行状態の設定が可能な精密車輪実験装置を用いた。室内土槽（幅 414mm, 長さ 1,888mm, 深さ 617mm）に気乾状態の豊浦標準砂を空中落下させ、厚さ 600mm, 間隙比 0.73 の土層を調整した。土層側面と透明アクリル壁との間に配置したマーカを高解像度ラインシフトカメラで撮影することによって車輪の走行に伴う土壌の変形を測定する。供試車輪は直径 300mm, 幅 410mm のゴム皮膜された剛性車輪である。走行条件は、車輪周速度 0.0833mm/s, 車輪重量 217N に設定して、車輪のスタート地点と終了地点を定めて、一方向に繰り返し走行させた。繰り返し走行回数は 1 実験あたり 4~10 回とした。

土の変位は、土層側面と透明アクリル側壁との間に配置した直径 5mm のマーカの位置を高解像度ラインシフトカメラで経時的に撮影することによって測定する。なお、1 列目のマーカと土層表面までの距離および、マーカの縦横の間隔は、いずれも 10mm に設定してある。土のひずみ分布は、3 個のマーカを節点とする三角形要素でメッシュ化した後に、計測した各マーカの変位量より有限要素法と同様な手法によって算出した。

【結果と考察】

(1) 土粒子の変位軌跡

車輪近傍の土粒子は車輪の接近、通過に伴って円を描くように変位する。これは深い位置においてもみられる傾向であるが、軌跡円のサイズは深さに伴って指数関数的に減少する。また、低すべり率では鉛直下向きの変位が相対的に大きくなり、すべり率が高くなると、接線応力が大きくなるため、表層近傍(1 列目)の土粒子は後方への変位が大きくなる。

2 列目以降の土粒子の水平変位が 1 列目に比べると相対的に小さくなり、せん断作用は深さに対して急速に小さくなる(図-1 参照).

(2) 繰り返し走行に伴う変位軌跡の推移

図-2 にすべり率 3.9%における繰り返し走行に伴う土粒子の変位軌跡を示す. 1 列目の変位軌跡は, 走行回数の増加に伴って相似的な形状を描きながら斜め後方へと移動する. 一方, 3 列目の変位軌跡は, 鉛直下向きに移動している. また, いずれの深さにおいても, 走行回数の増加に伴って, 変位軌跡のサイズは指数関数的に小さくなった. 一方, すべり率 21.9%においては, 1 列目の変位軌跡はすべり率 3.9%と異なり軌跡はほぼ水平に移動している. 一方, 3 列目の変位軌跡は, 1 列目に比べると非常に小さいが, すべり率 3.9%と同様に, 走行回数に伴って, 鉛直下向きに軌跡が移動する傾向がみられた.

(3) 繰り返し走行に伴う間隙比の変化

体積ひずみの分布から, 間隙比を算出し深さ方向に対する比較を行った結果, すべり率 3.9%においては, 表層に近いほど走行回数の増加に伴って間隙比は小さくなり, 深さ 60mm までは直線的な分布を示す. 一方, すべり率 21.9%においては, すべり率 3.9%に比べると間隙比はほとんど小さくならず, 表層域において両者の差は顕著になる.

【むすび】

繰り返し走行に伴う土壌変形の進行過程を明らかにするために, 土粒子の変位軌跡を中心に解析を行った結果, 低すべり率では, 走行回数の増加に伴って土粒子の変位軌跡は指数関数的に小さくなり, 間隙比も減少した. 一方, 高すべり率では, せん断により表層域の土粒子は大きく後方に変位した. さらに, 下層域の変位は相対的に小さく, 繰り返しによる締め固め作用は小さいことなどが明らかになった.

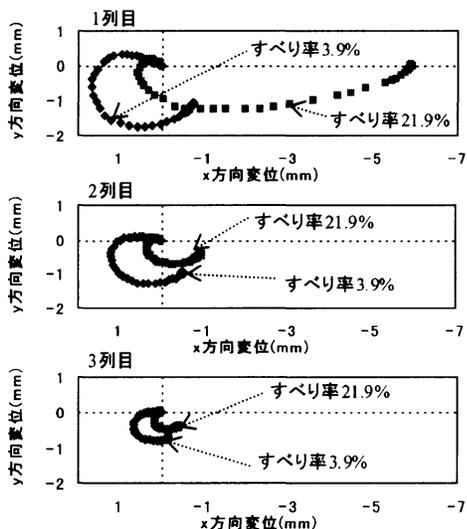


図-1 すべり率による変位軌跡の比較

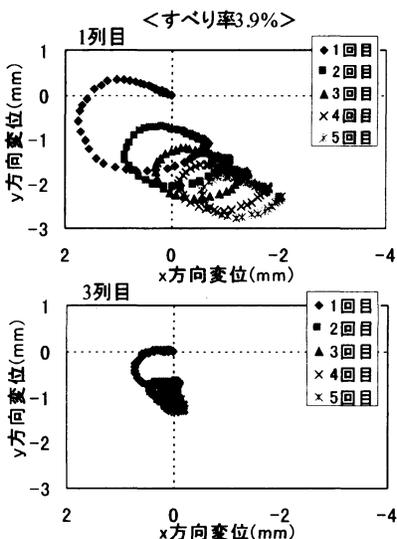


図-2 繰り返し走行に伴う変位軌跡の推移