

走行車輪下の不均一な土壌変形とけん引力の変動

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] 剛性車輪, けん引力変動, 波形解析, FFT, 土の変形

【はじめに】

軟弱地盤を走行する車輪のけん引力は非常に低速な走行状態であっても変動する。このような変動は、車輪と土の相互作用によって発生するものと考えられる。したがって、そのメカニズムを解析することは、オフロード車両の走行性を明らかにする上で重要である。この観点から、これまで、剛性車輪を対象に、けん引力の変動の特徴を接地反力の歩行運動ならびにトルクの釣り合い式から力学的に解明し、さらに測定波形のパワースペクトルより変動の周期および振幅について分析を行ってきた。現象面の解明はほぼ終わったので、変動の原因を解明することが重要な課題となった。これまでの解析より、けん引力の変動は車輪近傍の土の変形に関連することが予想される。土壌変形との関連は何回となく示唆したが、計測精度などの問題があつて十分に解明するには至っていなかった。

本研究では、土壌変形とけん引力の変化の関係を明らかにしてけん引力の発生メカニズムを解明するために、車輪走行後の残留ひずみの分布パターンおよび、車輪走行時における土の変形パターンに着目し解析を行った。

【方法】

実験には、一様な走行条件の設定が可能な精密車輪実験装置を用いた。実験土層は気乾状態の豊浦標準砂を空中落下させ、間隙比約 0.61、深さ 600mm の比較的密な状態に調整した。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。走行条件は回転周速度 0.0833mm/s、車輪重量 217N、一連のすべり率(3.9%~71.2%)に設定した。

土の変形状態は、土層側壁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して、画像処理技術を用いることによって計測した。車輪走行に伴う土粒子の変位およびその増分の分布、ひずみ分布および間隙比の分布を求め、さらにけん引力の変動との関係を解明するためにそれらの経時変化を解析した。なお、撮影は、回転角度 1° (約 30 秒)毎に行つた。

けん引力などの変動の特徴を把握するために波形解析を行った。波形解析には FFT を用い、データベースより定常状態と思われる範囲から 512 点サンプリングして解析を行った。前処理として、サンプリング値から回帰直線を求めて直流成分およびトレンドを除去した。また、基本周期成分については、サンプリング区間に大きく左右されるので除いて解析を行った。

【結果と考察】

(1) けん引力の発生と土の変形の関係

初期最大けん引力発生時までのけん引力発生メカニズムを詳しく解析するために、せん断ひずみ増分の正の領域と負の領域のひずみをそれぞれ積分して、回転角 1° 毎の総ひずみ増分値を求め、最大けん引力発生時までのけん引力増分との比較を行った。その結果、正の総ひずみ増分値については、けん引力増分との間に高い負の相関 ($R^2=0.9134$) がみられた。すなわち、車輪下において正の総せん断ひずみが増加する場合には、けん引力増分が小さくなる。一方、負の総ひずみ増分値とけん引力増分との間には、明瞭な関係はみられなかった。これより、正の総せん断ひずみの増減は、けん引力の変動と密接に関わっていることが予想できる。

(2) 総せん断ひずみ増分値の波形解析

けん引力と同様に FFT を用いて、総ひずみ増分値のパワースペクトルを求めた。図-1 にけん引力のパワースペクトルと重ねて表示して両者の比較を行った。同図より、両者の主要周波数成分の周期がほぼ一致していることがわかる。これは、けん引力が変動する周期と、正の総せん断ひずみが増減する周期とがほぼ一致していることを意味する。そこで、けん引力の経時変化と正の総ひずみ増分値の経時変化を重ねて表示すると、図-2 に示すようにけん引力が低下する時には、正の総ひずみ増分値は上昇する傾向を示している。逆に、けん引力が増加する時には、正の総せん断ひずみ増分値は小さくなっている。これより、定常状態におけるけん引力の減少は主に正のせん断ひずみが増加することによって発生するといえる。

【むすび】

以上、けん引力の変動の要因を、土中ひずみの分布を中心に分析し、次の結果を得た。

- 1) 回転開始時にけん引力がピークに達するまでの接地面近傍の土の変位増分は、けん引力増分と負の相関関係にあることを示した。
- 2) せん断ひずみ増分値（正）の変動周期とけん引力波形の変動周期がほぼ一致したことより、けん引力の変動は主として土のせん断変形の増減によることが明らかになった。

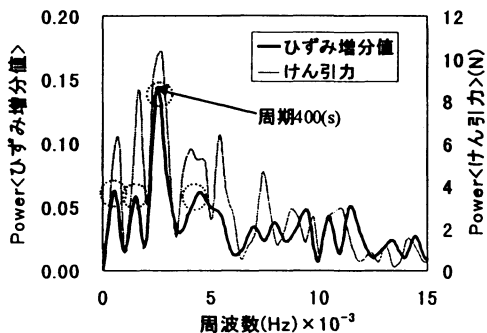


図-1 総せん断ひずみ増分値とけん引力のパワースペクトルの表示 (すべり率 21.9%)

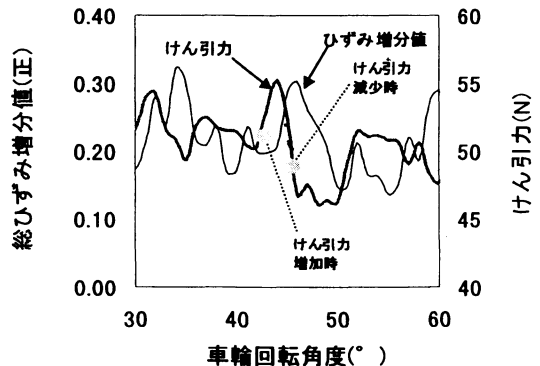


図-2 けん引力と総せん断ひずみ増分値との関係