

氏名	フナ 胡 楠
本籍（国籍）	中国
学位の種類	博士（農学）
学位記番号	連研第 663 号
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 23 日
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当課程博士
研究科及び専攻	連合農学研究科 生物環境科学
学位論文題目	スラリーインジェクタの動力学的解析（Dynamic analysis of slurry injector）
学位審査委員	主査 帯広畜産大学 教授 岸本 正 副査 佐藤 禎稔(帯広 教授)、武田 純一(岩手 教授)、張 樹槐(弘前 教授)

論文の内容の要旨

北海道に適したインジェクタの開発および導入のために、インジェクタに作用するけん引抵抗の低減を目的として、草地用ディスク型スラリーインジェクタユニットを試作し、ディスクに作用するけん引抵抗の発生要因、分布状況および低減方法についての動力学的解析を行った。

ディスクの形状の違いと切削深さの変化によりディスクけん引抵抗に及ぼす影響を解析するために、厚さ 6, 9, 12 mm, 直径 200, 250, 300 mm の計 9 種類の平板ディスクを用いて、切削深さを 20 mm, 40 mm, 60 mm と 3 段階に設定し、ローム土壌で実験を行った。けん引抵抗は軸用ロードセルをディスクとフレーム間に装着し、測定した。その結果、ディスクのけん引抵抗は切削深さが深くなると増加することが明らかとなった。また、ディスクの厚さが薄いほどけん引抵抗が小さくなり、切削深さ 60 mm のとき、直径 250 mm, 厚さ 6 mm のディスクのけん引抵抗は厚さ 12 mm のものに対して 29% 小さくなった。また、ディスクの直径は大きいほど抵抗が小さくなり、切削深さ 60 mm のとき、厚さ 12 mm, 直径 300 mm のディスクのけん引抵抗は直径 200 mm のものより 34 % 減少した。

ディスクに作用するけん引抵抗は側面部で発生する摩擦抵抗と刃縁部で発生する切削抵抗と考え、ディスク側面部の摩擦抵抗の発生状況を明らかにするために、3 方向力測定器をディスク側面に装着して切削深さを変えて実験を行った。その結果、ディスク側面部の一点に作用する摩擦力は切削深さが

増加しても、最大値は 124 kPa 程度で変化は小さいため、切削深さが大きくなり、側面部の接触面積が増加するとそれに伴って大きくなると推察された。さらに、切削抵抗と摩擦抵抗の発生状況を詳細に解析するために、直径 250 mm、厚さ 12 mm のディスク円周の 30° 分の刃縁部抵抗を測定し、ディスク刃縁部のみの切削抵抗を計測可能である刃縁部測定装置を開発した。この装置より切削抵抗と摩擦抵抗を分離して計測可能となり、切削深さ 20 mm、40 mm の場合には、平板ディスクのけん引抵抗は、刃縁部の切削抵抗がディスク全体の約 80%、側面部の摩擦抵抗が約 20%となることを明らかにした。ディスク刃縁部は作溝やインジェクタ重量を支持するため不可欠な部分なので、刃縁部の切削抵抗低減よりも側面部の摩擦抵抗 20%を低減可能であることを示した。

ディスク側面部の摩擦抵抗低減によってインジェクタのけん引抵抗低減に有効であるので、ディスク側面が土と接触しない側面溝付ディスクを試作し、平板ディスクとのけん引抵抗の比較を行った。その結果、供試した側面溝付ディスクは平板ディスクより、けん引抵抗を約 10%低減できることが明らかになった。刃縁部測定装置の実験結果により側面部が土と接触しにくい構造であれば、ディスクけん引抵抗が約 20%を低減できると考えたが、10%の低減となった。この原因は、側面溝付ディスクが側面部に溝を付いたため、摩擦力が低減することで、垂直方向の支持力が減少し、設定切削深さ以上に沈下しやすくなり、刃縁部に作用する切削抵抗が増加したと考えられる。側面溝付ディスクは設定切削深さ以上に沈下しない構造に改良できれば、けん引抵抗が 20%減少することが期待できる。以上の結果より、ディスクの側面部に溝を付けることにより、けん引抵抗の低減に有効であることを明らかにした。

以上、北海道に最適なインジェクタを開発および導入するために、ディスク型スラリーインジェクタの動学的解析を行い、けん引抵抗に関して、ディスクの形状については厚さを薄くし、直径を大きくすると抵抗が低減できることを明らかにした。さらに、ディスクの抵抗は刃縁部による切削抵抗と側面部による摩擦抵抗から構成されており、その割合がおよそ 4:1 となることを解明した。また摩擦抵抗の発生を低減するためには、ディスク側面を溝付にすることで全抵抗の 10%を低減することが可能であることを示し、インジェクタディスクの設計指針と基礎データを提供した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、北海道に適したスラリーインジェクタの開発および導入のために、インジェ

クタに作用するけん引抵抗の低減を目的として、草地用ディスク型スラリーインジェクタユニットを試作し、ディスクに作用するけん引抵抗の発生要因、分布状況および低減方法についての動力的解析を行い、ディスク設計の基盤を示したものである。

ディスク形状の違いがけん引抵抗に及ぼす影響を解析するために、厚さ 6, 9, 12 mm, 直径 200, 250, 300 mm の計 9 種類の平板ディスクを供試し、切削深さ 20 mm, 40 mm, 60 mm に設定した場合、けん引抵抗は供試ローム土壌では切削深さが深くなると増加するが、ディスクの厚さが薄いほどけん引抵抗が減少し、切削深さ 60 mm のとき、直径 250 mm, 厚さ 6 mm のディスクでは厚さ 12 mm のものより 29% 低減できることを明らかにした。さらに、ディスクの直径が大きいほど抵抗が減少し、切削深さ 60 mm のとき、厚さ 12 mm, 直径 300 mm のディスクのけん引抵抗は直径 200 mm のものより 34 % 低減できることを明らかにした。

次に、ディスクに作用するけん引抵抗は側面部で発生する摩擦抵抗と刃縁部で発生する切削抵抗と考え、3 方向力測定器を供試して側面部の摩擦抵抗による圧力をディスク側面の一点で測定した結果、切削深さが増加しても最大値は 124 kPa 程度で変化は少なく、切削深さが大きくなると側面部の接触面積が増加することで抵抗が大きくなること示唆した。

さらに、切削抵抗と摩擦抵抗の発生機構を明らかにするために、直径 250 mm, 厚さ 12 mm 用のディスク円周 30° 分の刃縁部切削抵抗を計測できる刃縁部測定装置を開発した。この装置により切削抵抗と摩擦抵抗とを分離して計測が可能となり、平板ディスクでは、刃縁部の切削抵抗がディスク全体の約 80%, 側面部の摩擦抵抗が約 20% になることを明らかにした。

得られた解析結果より、ディスクの側面が土と接触しない形状にすることで側面部の摩擦抵抗を 20% 低減可能であると仮定し、側面溝付ディスクを試作して平板ディスクのけん引抵抗との比較を行った。側面部での摩擦力が低減することで垂直方向の支持力が減少し、設定切削深さ以上に沈下することで刃縁部に作用する切削抵抗の増加が懸念されたが、供試した側面溝付ディスクは平板ディスクよりけん引抵抗を約 10% 低減できた。これより、ディスク側面を溝付きにすることは、けん引抵抗の低減に有効であることを明らかにした。

以上のように、本研究はディスク型スラリーインジェクタのけん引抵抗発生機構を解明するとともに、抵抗低減のためのディスク設計の基盤を提示したものであり、得られた知見は新しい機械の設計開発に有用である。よって、本審査委員会は「岩手大学大学院連合農学研究科博士学位論文審査基準」に則り審査した結果、本論文を博士(農学)の学位論文として十分価値のあるものと認めた。

学位論文の基礎となる学術論文

1. 胡 楠, 岸本 正, 佐藤禎稔, 武田純一(2016), ディスク型液肥注入機の牽引抵抗低減に関する基礎研究 —ディスク形状が牽引抵抗に及ぼす影響—, 農業食料工学会誌: 78 巻 2 号, 147-153

