

付着土の剝離に関する研究

世良田和寛* 山澤新吾* 青山友雄** 宮本眞吾*
 藍 房和*** Tineke MANDANG*** 渡辺兼五*** 東城清秀***

Study on the Exfoliation of Adhering Soil

Kazuhiro SERATA*, Shingo YAMAZAWA*, Tomoo Aoyama**, Shingo MIYAMOTO*
 Fusakazu AI***, Tineke MANDANG***, Kengo WATANABE*** and Seisyu TOJO***

* College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University.

** Department of Agriculture, Nihon University Junior college.

*** Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology.

I 緒 言

火山灰畑土壌の多く分布する我が国では、昭和初期から農業機械に対する土壌付着に関する問題が取り上げられ研究が進められている。今日、一部の作業機については付着防止を目的とした高分子材料が開発され、一応の解決がなされている。しかし、まだ未解決の問題が多い。

圃場で機械耕うん作業を実施するとブラウ、すき、ロータリ等の作業機装置に土壌の付着が生じ、作業に支障を与え、効率が低下する。

この土壌付着には次の三様相が考えられる。

① 土壌が叩き付け押しつけられて付着する場合

ロータリづめの回転で土壌が切削、投てきされロータリカバーへ叩き付けられロータリ耕うん装置へ付着する¹⁾。

② 土壌が滑り付着する場合

ブラウ、すきで耕起を行なうと、土壌がり体面を滑る過程で付着する^{2), 3)}。

③ ①と②の様相の複合による場合

走行部(車輪や履体)が車両の自重により路面を押しつけ、それに回転力が作用して走行する時などこの両様相が複合して走行装置に土壌付着が生ずる。

現在②の場合については特殊合成樹脂板等の新材料の利用により、土壌付着防止の効果が顕著でほぼ問題は解決しているが、①の場合は未解決といってよい。例えば、ロータリカバー内側の付着土壌の厚さが増すと、ロータリづめが付着土に接触し回転するので、づめの損傷は著

しくなる。また、動力損失も生ずる。著者らはこのように作業的損失、機械的損失が増加することから①に関する土壌付着の防止方法について数年来研究¹⁾を実施してきた。

著者らのこれまでの研究成果では、土壌水分や土性の影響が大きくて土壌付着のない材料を見出すことはできなかった。室内の実験で各種材料(ポリエチレン、テフロン、含油材、鉄など)³⁾へ土壌を叩き付け角度を0~45度に変え、付着量の測定を実施した結果、付着力の小さい材料を用いると付着土量の重さによって剝離が行なわれ完全に土壌の付着防止にはならないが、付着土量を減ずる効果があることが分かった。

また一方、土壌が付着しても作業性能に支障をきたさない程度に付着土を作業中に除去できれば、それも有効である。今日、土壌付着防護用ロータリゴムカバーが市販されている。この付着防止機構はロータリづめが張られているゴムへ衝撃を与え、振動あるいは伸縮を生じさせて土壌の剝離を行なわせるものである。

この土壌をカバー材料面より剝離させる方法は、土壌と付着面との間になんらかの物理的な力を与えることである。そのためには付着面の面積を変化させるか、あるいは波動を生じさせて、この力を土壌と材料との間に与える方法などが考えられる。

今回行った実験は、土壌が付着したゴムカバーを湾曲させることで付着した土壌を剝離除去しようとするもので、その実験結果について以下に報告する。

* 日本大学農獣医学部 ** 日本大学短期大学部
 *** 東京農工大学農学部

II 供試土壌

日本大学農獣医学部農場畑土壌を供試した。この供試土は比重計法による土性試験結果はTable 1の通りであった。

有機物含有量は、電気マッフル法による強熱減量で測定した結果、12.8%であった。

また、供試土壌のコンシステンシは、液性限界は66.75%、塑性限界は55.90%、塑性指数10.85であった。

III 実験方法

圃場からサンプリングした土壌をゴムへ附着させた。供試土壌の成形には、テフロン材を貼付けた内側寸法幅11mm×長さ70mm×高さ20mmの容器を用いた。この容器に幅10.5mm×長さ68mm×厚さ3mmのゴムを入れ土壌を満た

し、これをテフロン板の上にゴムを加圧側にして置き、T型の金具を用いてFig.1の中型万能試験機により加圧を行ない、強制的にゴムへ土壌を附着させた。この際に加圧着力は5, 10, 15, 20, 25, 30 kgfのいずれか、加圧速度は10, 20, 30, 40, 50, 80, 100 mm/minのいずれかとし、附着力の異なった各種の供試体を作った。ただし、供試土壌は供試体に叩きつける激突試験による結果⁴⁾から土壌附着の多い含水比62%前後とした。

次に、同図に示すようにゴム板に土壌を附着させた供試体をロードセルの上へ垂直に置き、万能試験機により垂直に力を加えることでゴムと附着土を内側または外側に湾曲させ、この時の土壌の剝離状況をCCDカメラで撮影し、ビデオレコーダに記録して画像処理装置にて解析を行なった。湾曲時の土壌状況をパターン化して分類を行った。

ゴム板を湾曲させるための垂直方向の力（以下湾曲力

Table 1 Textural composition (%) of soil sample

Coarse sand	Fine sand	Silt	Clay
2.0-0.42mm	0.42-0.074mm	0.074-0.005mm	<0.005mm
63	30	6	1

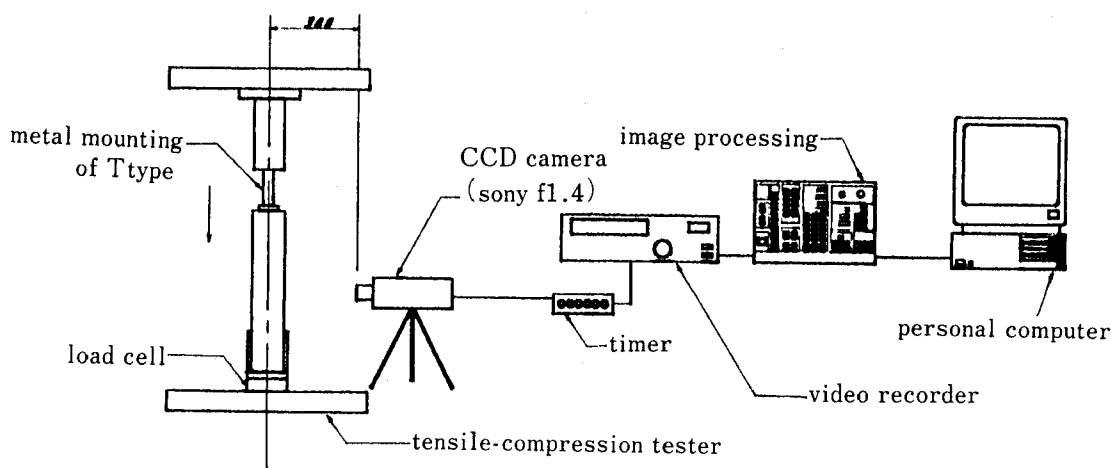


Fig. 1 Outline of testing device.

とする)はロードセル上に供試体を乗せ、この試験機より加えた力より供試体の重さを差し引いたものとした。供試体のゴムの重さは11-12gf程度である。また、ゴムのみを湾げたときの力は52gfであったため、この数値を差し引いた値40-41gfがゴム板の湾曲力であった。

IV 結果および考案

1) 剝離パターンの種類

Fig. 2は湾曲と土壤剝離状況を示したものである。これらは押し金具が垂直方向に5mm移動した場合の湾曲率を基準としてパターン別に区別すると、Fig. 3のように分類できる。ただし、ここでは上記の湾曲率に満たないで剝離したものはパターンの分類から除外した。

Fig. 3の外側湾曲の場合、①はほぼ中央部1ヶ所に亀裂が生じるタイプ、②は2ヶ所以上に亀裂が生ずるタイプで、ほとんどがこのタイプに属した。③は亀裂後剝離するタイプである。これは①のタイプに属するものでも湾曲率の度合いが大きくなると、この③のタイプになるものがみられた。④は上部または下部の部分から剝離されるものである。④、⑤のタイプは土壤の凝集力が大きい場合に多く見られる傾向があり、土壤の凝集力と付着力の大小に関係があるものと考えられる。

内側湾曲の場合(Fig. 3)は、①は付着土がゴム面で滑りを起こすもの、②、③は剪断し亀裂ふくらみを示すもの、④の様に中央部より剝離する4種に分類される。

2) 加圧付着力と湾曲力との関係

Fig. 4には加圧付着力と湾曲力との関係を示した。これらの数値にはばらつきが見られるが、内・外側湾曲ともに加圧付着力20Kgfで湾曲力が低い値を示す傾向が見られた。これは、供試土壤の平均含水比が60.72±1.30% (内側湾曲)、60.66±2.19% (外側湾曲)と他の加圧付着力(平均含水比62%)に比べ土壤水分が少ないことから付着力が減少したために低下しているものと思われる。内側湾曲では外側湾曲に比べ、湾曲力が加圧付着力と共に増加する傾向が明らかであった。

3) 加圧付着力と剝離パターンとの関係

Fig. 5は外側湾曲、内側湾曲の場合の加圧付着力と剝離パターンのタイプ別の割合の関係を示したものである。各加圧付着力におけるデータ数は4~11であるが、それぞれの傾向は以下のように明らかである。

外側湾曲の場合：亀裂が1、2ヶ所のパターン①、②がほとんどで、加圧付着力15kgfでは全供試体がこれに属する。土壤水分が少ない時(含水比60~62% Fig. 5中の(I))には加圧付着力が小さいとパターン②、③、

④が、加圧付着力が大きくなると種々のパターンが現れる。含水比の高い時(Fig. 5中の(II))には、剝離がしにくいパターン①、②に集中する。

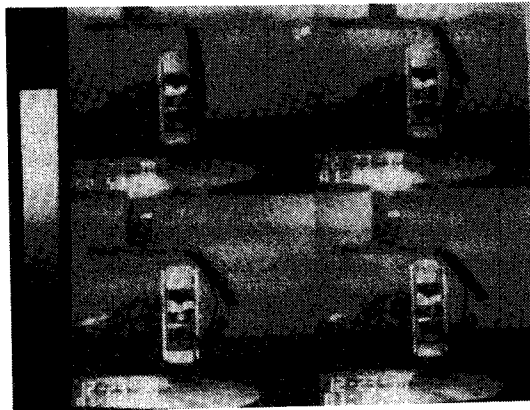


Fig. 2 Picture with video recorder.

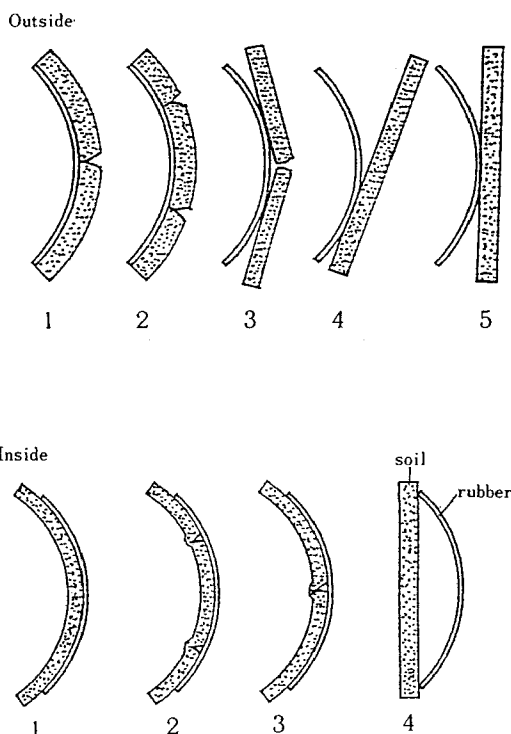


Fig. 3 Patten type.

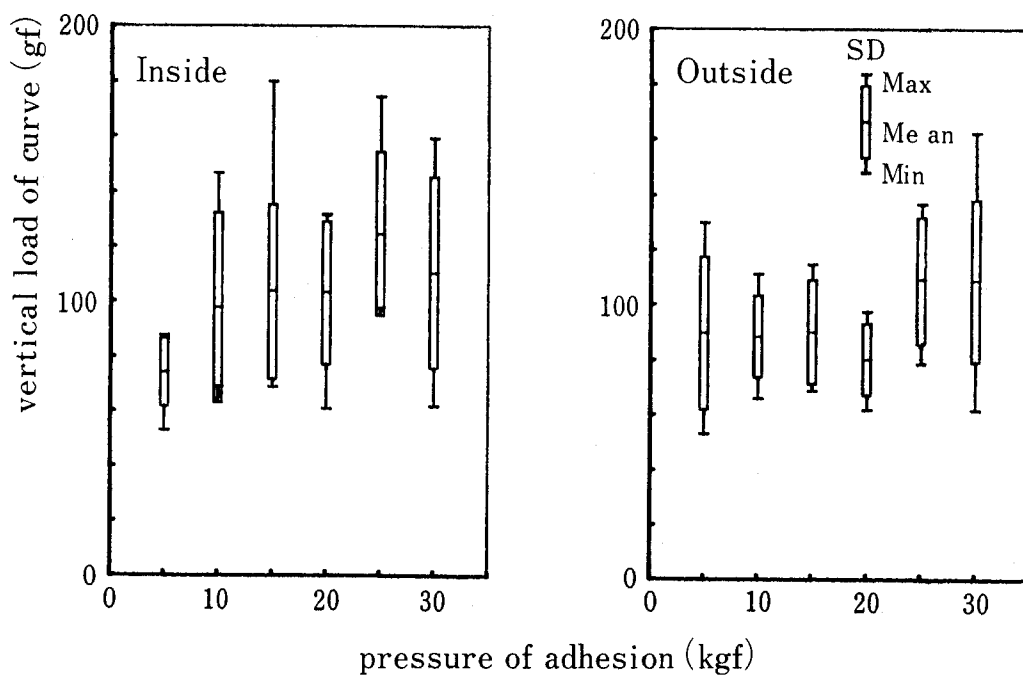
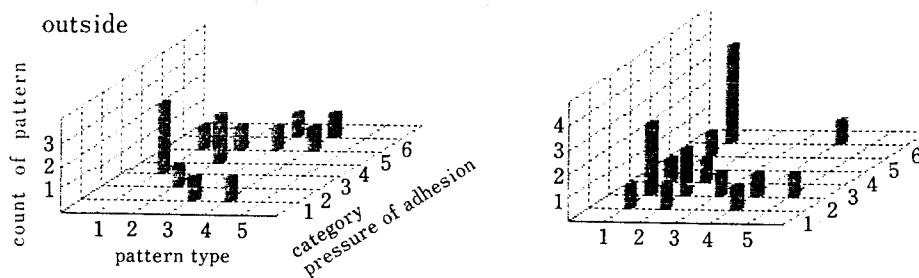


Fig. 4 Relation between pressure of adhesion and forces of curve.



(I) water content by weight (60-62%) (II) water content by weight (62-64%)

(III) water content by weight (58-60%) (IV) water content by weight (60-62%)

Fig. 5 Relation between exfoliation and pressure of adhesion.

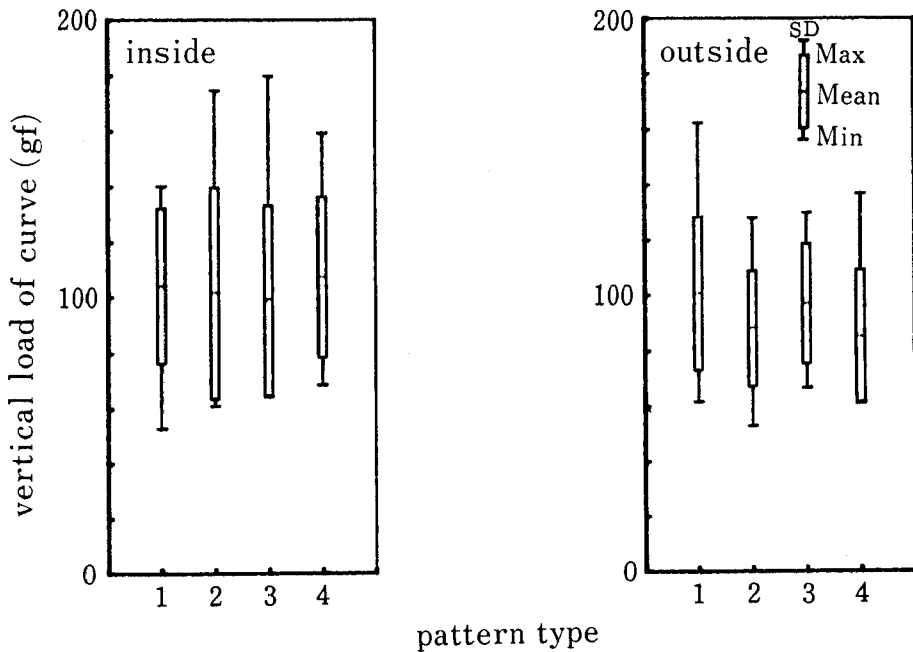


Fig. 6 Relation between exfoliation pattern and force of curve.

内側湾曲の場合：亀裂や部分的にふくらみが生じない①のパターンは少なく、②、③のパターンがほとんどであるが、加圧付着力25kgfの大きい供試体では土壤を剥離し易い④のパターンが多い。土壤含水比(58~60%)が小さい時には(Fig.5中の(Ⅲ))加圧付着力に関係なく剥離現象が行なわれやすいパターン②、③、④に集中する。土壤含水比が大きくなると(60~62%, Fig.5中の(Ⅳ))パターン①が現われる。

加圧付着力が大きくなることは、ゴム材との付着力が大きくなると共に土壤の凝集力が高まることになる。すなわち、付着力と凝集力の関係が問題となる。外側湾曲の場合、付着力が高く凝集力が低い供試体では土壤に亀裂が生じるため①、②のパターンとなり、凝集力が大きく付着力が小さい場合には⑤になる。内側湾曲についても同様なことが考えられる。

4) 湾曲力と剥離パターンとの関係

Fig.6に示した各剥離パターンと湾曲力との関係を見ると、内側湾曲ではパターンと湾曲の関係はあまり明瞭ではない。

これらに対し外側湾曲では関係がより明らかである。試料数の少ない⑤のパターンを除いて4種類のパターンで比較検討すると、付着力が凝集力よりも大きい場合にはパターン①、②のようになり、湾曲力は凝集力の値に

関連があると考えられる。また逆に、凝集力が付着力より大きい場合にはパターン④のようになり、湾曲力は付着力の値に関連があると考えられる。

湾曲力と各パターンの数の関係を表したものがFig.7である。湾曲力はTable 2に示す通り20gfの幅で7分類した数量で示したが、この力は付着力>凝集力の場合は凝集力を表すことになる。すなわち、付着力<凝集力かのどちらか数値の低い値の方で示される。

外側の曲げの場合、含水比60~62%(Fig.7(I))では全パターンとも湾曲力(60~100gf)が3、4に集中し、湾曲の強さは剥離パターンには関係がない傾向がある。含水比62~64%(Fig.7(II))ではパターン①、②の亀裂が生じる場合が多く、湾曲力が40~140gfではパターン①が多い傾向であった。

内側の曲げの場合、Fig.7(III)の含水比58~60%では、パターンが③、④に集中する。Fig.7(IV)含水比60~62%においても若干パターン②が存在するが、ほぼ、含水比58~60%の場合と同様に湾曲力が広範囲に変動すると考えられる。

5) 各パターンの割合

各パターンの割合を曲げ方向内・外側に分け、全データを基にまとめてFig.8に示す。供試体を内側に曲げた全パターン数51体に対し、パターン③が19体で37.3%と

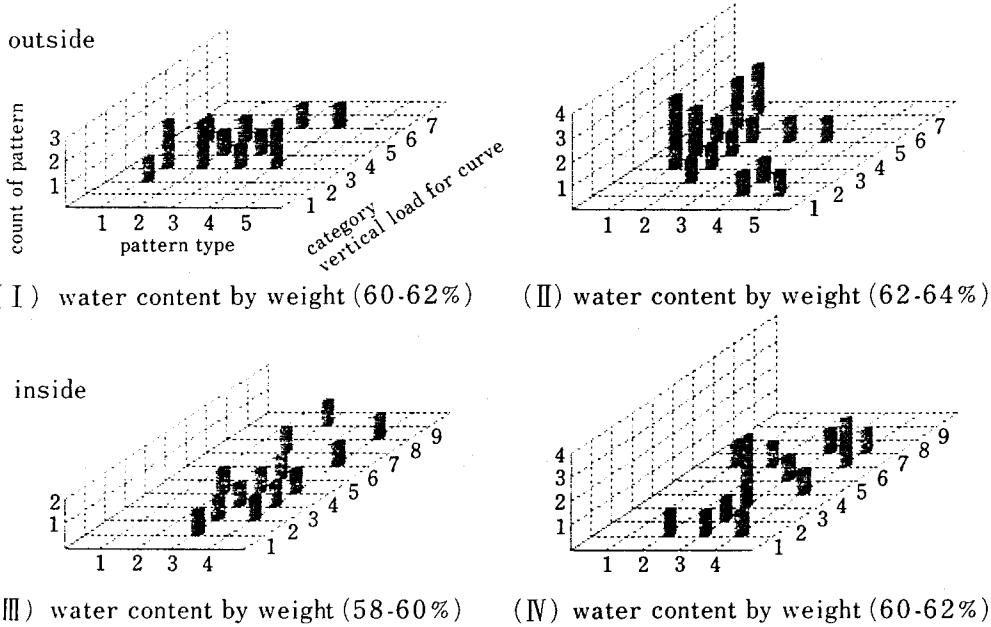


Fig. 7 Relation between count of pattens and force of curve.

最も多く、ゴム板と付着面で滑るパターン①は7供試体で少ない。このように内側に湾曲を行うとゴム板へ付着土壌を圧縮する方向に働くので、①のパターンの形状が示される。この圧縮力を逃がすために②、③のパターンのように、部分的に土壌がふくらむ場合がある。パターン①では剝離が困難であるが、②、③、④のパターンでは剝離が良い。特にパターン④では、土壌が棒状の状態

ゴムが湾曲するためゴム板と材料との間に間隙が生じ、最も剝離が良い状態となる。④のパターンの占める割合は全パターンの27.5%であり、内側湾曲でも剝離の可能性は高い。外側湾曲ではパターンが5種類であるが、パターン⑤は2例であり、非常に少ない。それに対し剝離の少ない傾向があるパターン①は44.7%と多い。しかし、このパターン①においても、さらに曲率を大きくするとパターン②～④の状態となり、一部が剝離するのがほとんどである。

6) 数量化Ⅱ類から見た剝離パターン

外的基準を剝離パターンとして含水比、湾曲力、加圧付着力、加圧速度の4項目 (item) に分け、それぞれの類目 (category) をTable 2, 3の通りに決め数量化を行ない数量化Ⅱ類にて統計分析を実施し、次の結果が得られた。

外側に曲げた場合、Table 2は湾曲力による影響が最も大きいことを示している。含水比の影響は一般に大きいと考えられるのに小さい結果を示した。これは、最も付着しやすい含水比62%前後を標準とした土壌を供試したことによるものと思われる。また、パターン⑤についてはカテゴリー数量が高いが例数が2個と少ないことから、問題であるが、パターン④で剝離しやすい傾向が大きいことが明らかである。

内側に曲げた場合、Table 3に示す通り加圧付着力、

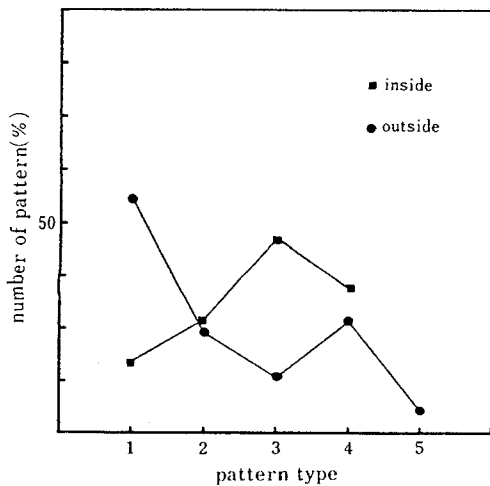


Fig. 8 Ratio of respective patterns.

Table 2 Statistical analysis (outside)

item	category	number of category	category score	range (partial correlation coefficient)
water content by weight	-60%	8	0.605	1.145 (0.49547)
	60-62%	14	-0.540	
	62-64%	19	0.219	
	64-66%	4	-0.178	
	66%-	2	-0.369	
vertical load for curve	-40gf	2	3.994	5.030 (0.74929)
	40-60gf	3	-0.533	
	60-80gf	15	0.345	
	80-100gf	10	-0.213	
	100-120gf	8	-0.401	
	120-140gf	7	-0.594	
	140gf-	2	-1.036	
pressure of adhesion	5kgf	10	0.072	1.327 (0.52234)
	10kgf	10	-0.867	
	15kgf	6	-0.065	
	20kgf	6	0.459	
	25kgf	5	0.258	
	30kgf	10	0.429	
velocity of pressure	10mm/min	12	0.014	2.452 (0.62994)
	20mm/min	8	0.092	
	30mm/min	7	-0.366	
	40mm/min	5	0.569	
	50mm/min	4	-1.121	
	80mm/min	5	1.332	
	100mm/min	6	-0.561	
analysis (pallern type)	1	21	-0.21	correlation ratio 0.64869
	2	9	-0.578	
	3	5	0.888	
	4	10	0.851	
	5	2	2.772	

Table 3 Statistical analysis (inside)

item	category	number of category	category score	range (partial correlation coefficient)
water content by weight	-58%	4	-0.920	4.006 (0.80440)
	58-60%	13	-0.155	
	60-62%	15	-0.621	
	62-64%	7	0.158	
	64-66%	9	1.499	
	66-68%	1	2.807	
vertical load for curve	68%-	2	-1.199	3.637 (0.74182)
	-20gf	4	1.433	
	20-40gf	4	-0.227	
	40-60gf	10	0.300	
	60-80gf	9	-0.459	
	80-100gf	7	0.591	
	100-120gf	7	-0.327	
	120-140gf	5	-0.321	
pressure of adhesion	140-160gf	3	-2.204	2.370 (0.79277)
	160gf-	2	1.334	
	5kgf	8	-0.984	
	10kgf	4	1.187	
	15kgf	10	-0.024	
	20kgf	8	1.377	
velocity of pressure	25kgf	11	-0.993	1.529 (0.61705)
	30kgf	10	0.327	
	10mm/min	6	0.038	
	20mm/min	8	-0.729	
	30mm/min	6	-0.289	
	40mm/min	9	0.800	
	50mm/min	7	0.004	
80mm/min	8	-0.130		
analysis (pallern type)	100mm/min	7	0.163	0.759 correlation ratio
	1	7	0.829	
	2	11	0.089	
	3	19	0.645	
	4	14	-1.360	

湾曲力、含水比等のいずれの要因とも、この剥離パターンに与える影響が多く、特に含水比の要因の影響が大きい。また、パターン①は土壤が滑るかあるいは中央部がふくらむことが多いが、剥離は少ない。

V 結 論

土壤付着防護用ロータリゴムカバーを外側湾曲、内側湾曲させ、付着している土壤を剥離除去し、作業性能向上をはかるため、ゴム板に対する土壤付着機構の要因として土壤の加圧付着力、湾曲力、加圧速度および含水比の影響につき検討した。前述の剥離パターンは垂直方向の押し金具の移動が5mmの段階で分類したものである。

この押し金具の移動距離を10~25mm程度にして湾曲率を大きくしてゆくと、外側湾曲のとき部分剥離57.9%、完全剥離23.7%に対し全く剥離のないものは18.4%と少なかった。また、内側湾曲の場合には部分剥離36.7%、完全剥離32.7%であり、外側よりも内側に曲げた場合には完全剥離が多い。一方、部分剥離に完全剥離したもの

を含めても、剥離しないものが30.6%と外側湾曲に比べ多い。しかし、内側に曲げた供試体をもとの状態までもどすと、部分剥離が増加して部分と完全剥離をあわせると83.7%となり、剥離しないものは16.3%と減少した。以上の結果をもとにして、今後土壤付着の防止のための実用的なロータリカバーの取り付け法等に検討を進めたい。

VI 引用文献

- 1) 世良田和寛他 (1986): 農業機械学会誌, ロータリ耕うん装置への土壤付着に関する研究 (第1報), 47-4, 493-498
- 2) 田原虎次 (1951): 東京農工大学農学部学術報告, 犁耕上からみた軽鬆土の特性とその墾体付着機構に関する研究, 3, 1-61
- 3) 藍 房和 (1973): 東京農工大学農学部学術報告, 火山灰土畑用犁の土壤付着防止に関する研究, 17, 1-51
- 4) 世良田和寛他 (1987): 農業機械学会年次大会講演要旨, ロータリ耕うん装置への土壤付着に関する基礎研究 (第5報), 46, 31

Summary

Using a tensile-compression tester, a vertical load was applied to a rubber sheet of which one side was pasted with soil. The load was applied continuously until a certain level of deflection was obtained. The experiment was repeated several times.

In the first experiment, the soil was pasted on the outer side of the rubber sheet. When the vertical load was applied, the rubber sheet bent outward and the behavior of the soil was examined. The results were as follows: (1) in 57.9% of the test replications the same amount of soil still remained on the rubber sheet, (2) in 23.7% of the replications the soil was totally removed from the rubber sheet, and (3) in 18.7% of the replications all the soil remained stuck on the sheet.

In the second experiment, the vertical load was applied to the rubber sheet until it bent inward. The soil behavior was then examined. The test procedure was the same as in the previous experiment and the results were as follows; (1) in 36.7% of the test replications some amount of soil still remained stuck on the rubber sheet, (2) in 32.7% of the replications the soil was completely removed from the sheet, and (3) in 30.6% of the replications all the soil remained stuck on the rubber sheet. In this experiment the percentage of replication in which all the soil remained stuck on the sheet was higher than that in the first experiment.

In the third experiment, the vertical load was applied to the rubber sheet until the sheet bent normally. The load was then removed and the soil behavior examined. The results of the test showed that the percentage of replications in which some soil was removed from the sheet increased, while the percentage of replications in which the soil was totally removed from the sheet reached 83.7% and the percentage of replications in which all the soil remained stuck decreased to 16.3%.