

39. 章動ローラ(N3型)の開発

酒井重工業(株)：岩隈 秀樹

1 まえがき

締め固め機械の発展の経緯を大雑把に述べると、無振動の鉄輪ローラがその原型であることは一般的に異論のないところであり、ついでタイヤローラ・タンピングローラなど様々なタイプのローラが開発され、土木・道路建設現場で広く使われるようになった。そして最近になり振動ローラが普及して以降は、その効果的かつ経済的な転圧特性により、締め固め分野での主役を演じるようになってきたといえる。しかし既存の振動ローラに関して言えば、その採算上の優位性にもかかわらず種々の問題点をもっているといわざるをえない。具体的には

- (1) ローラの振動がフレームを共振させることによる運転環境の悪化。
- (2) 地盤振動の伝播による周辺地域への振動・騒音公害の発生。
- (3) 急激な振動インパクトを地盤に与えることによる骨材の破壊や間隙水圧の上昇。

などである。加えて(1)～(3)の事項の意味するところは、本来締め固め作業に消費されるべきエネルギーを不必要な運動に浪費していることにほかならず、この点を第4の問題点としてあげることが出来る。もちろんローラメーカーとしてもこれらの点の改善努力を怠ってきたわけではないが、しかし上述の問題点は、既存の振動ローラのもっている本質的な欠点ということができ、それらを完全に克服することは不可能に近いといえる。また実際にこうした欠点をもつがゆえに、せっかく振動ローラを使用しているのにその振動機能を利用せず無振動で作業せざるをえないという現場をしばしば見うける。

このような状況を勘案すれば、上述の諸欠陥を除去し、かつ実用的な振動ローラを開発することは急務であり、またそれは必然的に既存の振動ローラとは振動形態を異にする新しい概念に基礎を置くものでなくてはならなくなる。

2 水平振動の概念

いわゆる「土」というものは、土の粒子・水分・間隙で構成されている。これにある種の外力を加えることによって、粒子間の摩擦抵抗に打ち勝って空気や水分を追い出すことにより粒子同志を接近させ、結果として土壌の強度・安定度を向上させることを「締め固め」と称する。力の加え方には基本的に二通りの様式があり、一つは重力を利用した静的方法であり、もう一つは運動を利用した動的方法である。このような基本的なモードに従うと締め固め機械を以下のように二つのグループに分けることができる。

- (1) 静的重量を利用する機械群・・・鉄輪ローラ・タイヤローラ・タンピングローラ等
- (2) 動的重量を利用する機械群・・・振動ローラ・タンバ・プレートコンパクタ等

我々ローラメーカーとして長年土壌の機械的締め固めにかかわっている過程で、しばしば注目すべき現象に遭遇することがある。それは、締め固めようとする地盤に単純に上から圧縮応力を加えるだけ

でなく、水平方向の剪断力をくわえることによって締め固めは行われるということである。身近な例としては、鉢植えの鉢に土を盛ってならず時、鉢を水平に揺すったり横からポンポンとたたく現象がそれである。

これについては英国の S.F. Brown ならびに P. A. nsel によっても実験室で定量的に研究されているので、彼らの論文を引用させていただきたい。それによると、彼らは図1のように単粒度の石灰石の試験片に、ある一定の垂直応力のもとに上下逆方向の剪断応力を繰り返し載荷して、試験片の体積変化を測定したのである。図2はその試験結果であるが、この試験片には繰り返し回数に応じた永久体積歪みが生じていることがわかる。パラメータ $R = 0.78$ のラインに注目すれば、繰り返し回数 10^4 回において永久体積歪みは12%にも達している。既存の締め固め機械は振動ローラも含めて静的・動的にかかわらず上からの圧縮応力を利用しているわけだが、彼らの実験は水平方向に振動するローラを用いても充分効率的な締め固めが達成できる可能性を示唆している。

以上のような考え方のもとに開発されたのが、N3型章動ローラ（酒井重工業製）である

3 N3型章動ローラの原理

路面に水平方向剪断力を与える方法としては、幾通りもの方法が考えられる。例えばロールを前後方向に振動させる。あるいは左右方向に振動させる。または振動輪にトルク変動を与える。さらにはそれらを組み合わせるなどである。これらのなかで、当N3型章動ローラはトルク変動による方法を採用している。

図3-1に示すように、当ローラの振動輪には、両端に偏心質量を持つ一對の回転軸が鏡板に平行に装着されている。2本の回転軸はギヤを介して互いに逆向きに回転するようになっている。上下の偏心質量はそれぞれ向き合う方向（aとb）、あるいは反対向きの方向（cとd）に配置され、これらが回転することによって生じる遠心力は、ロールの左右方向（x軸方向）が常に相殺され、前後方向（z軸方向）のみが残るようになっている。しかもその前後方向の遠心力も図3-2に示すように、上下で相殺する方向に発生するため、結局ロールの軸回りに周期的トルクを与えることになり、こ

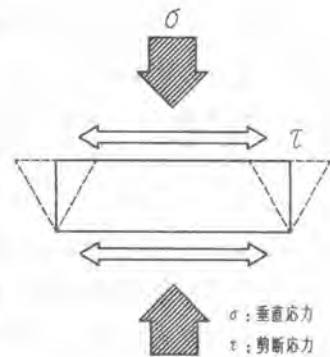


図1 繰り返しせん断応力テスト

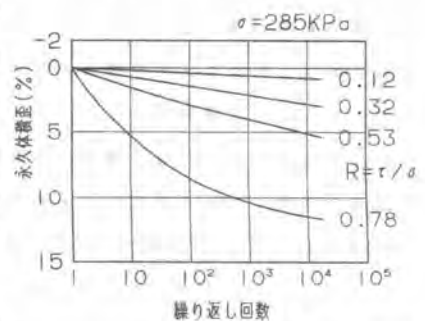


図2 繰り返しせん断応力テスト結果

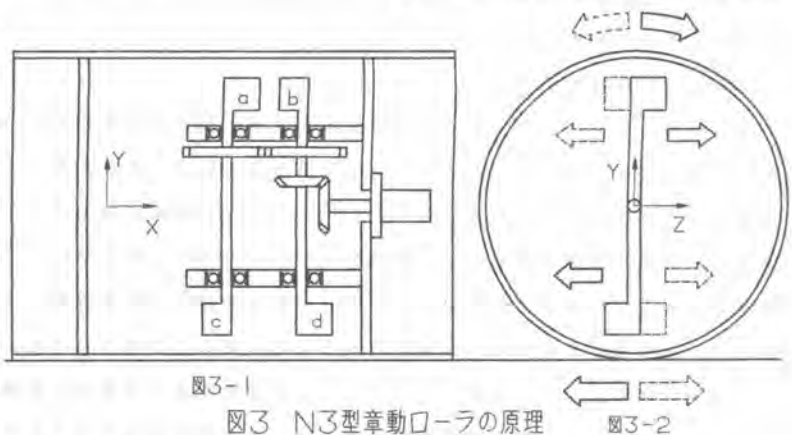


図3-1

図3 N3型章動ローラの原理

図3-2

のトルク変動がロール接地部に周期的な接線力を発生させ、路面に水平剪断力を与えるのである。

4 実用機における試験結果

章動ローラの実機テストは、章動の効果従来型の鉛直振動と比較することに重点を置いて行った。比較を容易にするためには、同サイズ・同ウェイト・同ロール径をもつ章動ローラと振動ローラを使用するのが好ましく、この目的で当試験においては、従来型振動ローラとそのローラの振動輪のみを章動タイプに組み換えたものの平行テストという形をとった。これらのテスト機の主な諸元を表1に示す。この表で章動ローラにおける起振力というのは4箇の偏心質量が発生する起振力の単純合計で、実際上の意味はあまりもない。これに対して起振トルクというのがロールを軸回りに回転させる力であり、章動ローラ的能力を表す実質的な値といえる。

4-1 路面伝播振動

図4に示したグラフは、機械停止状態で振動させた時の周辺地盤の振動加速度レベルを測定したものである。側方1mの地点で従来型の振動ローラが約95dBであるのに対し、章動ローラでは約65dBとなっており30dBもの差がある。側方7mの地点においてすら15dB近い差が確認された。章動ローラの側方1mにおける65dBという値は地震の際の震度1に相当し、静止している人や特に地震に敏感な人だけに感じる程度になっている。

4-2 消費動力

図5に示したグラフは、両ローラのフル作業時における消費動力の分布状況を示したものである。エンジン馬力は74PSで、このうち駆動のために消費される動力はともに14PSであるが、振動に消費される動力は従来型が26PSの対して章動型は約半分の14PSと遙かに少ない値になっている。このことは4-1でふれた周囲に伝播する振動やローラの機体自身に与える機械的振動など、無駄に浪費される動力が少なく、本来の目的である締め固めに動力が有効に消費されていることを意味する。結果的に余裕動力が多くなりその分燃費向上が計られるわけで、昨今建設機械に限らず消エネ化が進められている中で、注目すべき特性だといえる。

4-3 締め固め試験

締め固め能力に関しては、締め固める材料・粒径・まき出し厚・含水比など様々な要素がからんでくるため、ある特定の締め固め試験のみでそのローラ能力を断定し他のローラと比較することは危険である。従ってある程度客観的な結論を得るためには数多くの比較転圧試験をおこなってみる必要がある。その意味で当試験においても、土・アスファルトともに幾度かの試験を繰り返して行った。その中から典型的とおもわれるデータを図6（アスファルト）・図7（土）に示す。両グラフとも横軸は

	従来型振動ローラ	章動ローラ
総重量	7100 kg	←
前輪重	3400 kg	←
後輪重	3700 kg	←
ロール幅	1450 mm	←
ロール径	1050 mm	←
振動数	3100 rpm	←
起振力	5500 kg	6300 kg
起振トルク		2200 kgm

表1 試験機仕様

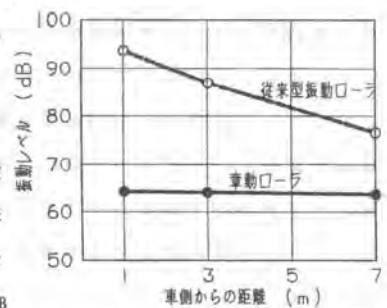


図4 路面振動伝播の比較



図5 消費動力の比較

転圧回数、縦軸は締め固め度を表す。これらが示す通り章動ローラと振動ローラとでは締め固め能力にほとんど差は無く、ほぼ同等といえることができる。さらに注目すべき点は、アスファルト転圧においても土の転圧においても、章動ローラのほうが密度増加の立ち上がり早いという点である。例えばアスファルト転圧において最終のP8では章動ローラ・振動ローラ共に97%程度の締め固め度になっているが、途中P4においては振動ローラが95%であるのに対し、章動ローラでは早くも96%に達している。この事は章動ローラを使用した場合、ある所定の密度を得るための転圧回数を以前より少なくできることを意味し、工事によっては施工時間を短縮できる可能性をもっている。

4-4 RCCP工法

このところ注目を集めているRCCP工法(Roller Compacted Concrete Pavement)においても章動ローラはその特性を充分発揮している。従来型振動ローラによる施工の場合しばしば見られることであるが、コンクリート表面付近の骨材が振動により剥離を起こし、仕上げ面はクラックや凹凸の多いものとなる。これに対し章動ローラによる施工では、路面をこすりながら転圧していくため、ある種のカレンダーリング効果をもち、骨材の剥離もなく、他のローラでは得られない平坦できめの細かい表面仕上げが可能になることが確認された。N3型章動ローラのロール表面にラバーコーティングを施したものがN3R型であるが、これは上記章動ローラの特徴にさらにニーディング効果を付加し、表面仕上げ性を向上させる目的で開発されたものである。

5 おわりに

きわめて簡単に章動ローラの開発経緯および試験結果を述べたが、開発当初のねらいである従来型振動ローラの欠点をカバーするという点、即ち

- (1) フレーム振動などを無くし運転環境を向上する。
- (2) 周辺地域への振動公害を無くす。
- (3) 骨材の破壊や、間隙水圧の上昇を防ぐ。
- (4) エネルギー効率を向上させる。

についてはほぼその目的を達成した。さらに低騒音化への配慮がなされれば、病院・学校付近や郊外住宅地など周辺環境への影響を考慮しなくてはならない場所での工事には非常に適したローラであるといえる。章動ローラの振動特性については、現段階では、現象的な面からの把握にウェイトが置かれ、理論的な面からのアプローチはまだまだこれからであるが、今後、最適設計条件の把握のためにもこの点での研究を進めていく必要がある。

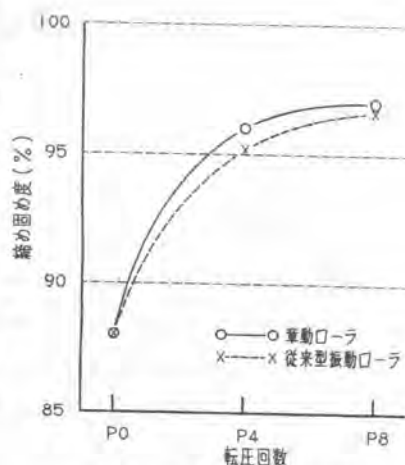


図6 アスファルト転圧試験

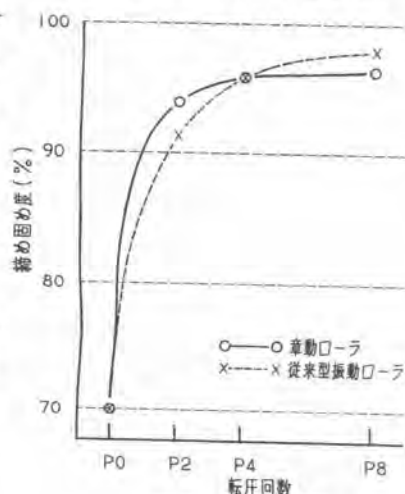


図7 土転圧試験