

褥瘡予防療養マットの試作

製品科学課 石割伸一 中橋美幸
生産システム課 水野 渡

1. 緒言

日本では高齢化にともない、近年、自宅で介護を受ける人が増えている。脳梗塞や、脳溢血などの影響により、寝たきりや寝たきりに近い状態になった人向けの褥瘡予防のためのマットが求められている。

2. 開発するマットの除圧原理

褥瘡を予防するためには、仙骨や大転子などの褥瘡の起きやすい部分の除圧を行う必要がある。この部分は、骨と皮膚との間が薄く、身体の重量が集中してしまう部分であるため、褥瘡ができやすい。

従来のマットでは、褥瘡の起きやすい部分がマットに触れる部分を柔らかい素材で作り、これが変形することにより身体の重みを広い面積で支える構造とするか、あるいは、エアマットのエアセルへのエアの出し入れによって圧力の掛かる身体の部位を変化させる方法が取られている。いずれの場合も、ある程度褥瘡を起こしにくくできるが、被介護者が自由に身体を動かすことが困難であるため、身体を動かそうという意欲を奪い、意識レベルの低下や痴呆の進行など生活の質の低下を招きがちである。

このことを解決するには、マットに身体を横たえた直後など圧力が特定の部位に集中している時にマットの硬さが低下して、褥瘡の起き易い骨周辺部が沈み込むことで除圧を行い、その後マットの硬さが復活して身体を支えるような性質を持つ必要があると考えた。このような性質を持つマットを、地震が起きたときに水を含む砂地が液状化することをヒントに考案した。

地震時の液状化現象とは、水を含んだ砂地の地盤などのように、通常は地盤が建築物を支えているが、地震がおきたときに地盤が流動化する現象である。このとき建築物が沈み込み、揺れが収まったあとも、沈みこんだままの状態となっている。

3. 試作マットの構造とその除圧効果

試作マットは、偏心させたモータを振動板に取り付けた加振装置の上に水に濡らした粉体を袋詰めしたマットを載せた構造をしている。(図1参照) マット内の粉体は通常固まっており、身体の重みを支えている。

しかし、これに加振機により振動を加えると、粉体は流動化して相対的に圧力が高い部分に変形し圧力は

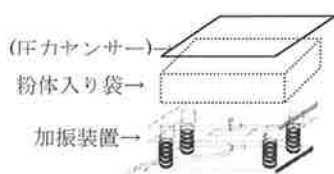


図1. 圧力センサーと試作マット

条件
袋サイズ：350×350×20mm、袋内容物 1.9kg、
粉体：ポリエステル(粒径 0.48mm)、水分量 30%、加振機：電源直流 12V、出力：4wh

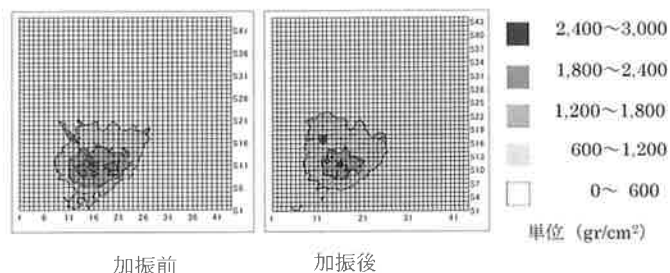


図2 加振による圧力分布の変化(シートセンサー)

減少する。このときの除圧効果を確認するため、シート状の圧力センサーを使って、横向きに横たわり、このときの腰部の圧力の変化を観測した。

加振装置により、約30秒間加振すると大転子周辺の圧力の高い部分の面積が減少していることがわかる。(図2参照)

4. 粉体と水との混合物の振動特性を研究する装置

シートセンサーによる測定から、試作マットの除圧効果は定性的には確認された。しかし、この除圧効果が十分なものであるか、あるいはもっと適当な粉体と加振機構の組み合わせを採用すべきかなど、応用上重要な問題については、定量的に調べる必要がある。

この研究のために準備した測定装置は、信号発生器とアンプと加速度計を取り付けた振動試験機から、構成されている。(図3参照) また、試料は、プラスチック製の容器に入れて、加速度・速度計にねじ止めし、加速度・速度計も振動試験機にねじ止めしてある。

信号発生器は、振動信号を発生させ、これをアンプに送って増幅させる。アンプから増幅された振動電流を振動試験機に送り振動させる。この振動試験機は、可動部に巻きつけられたコイルに振動電流を流して加振力を発生させるものである。また、振動試験機は、可動部重量を鉛直下からばねで支える構造をしている。

この装置を使った実験は、すべて定常状態での状態を対象にしている。このため、測定装置本体、試料容器、試料そのものに働く力は、時間的に平均をとると一定値で、全体として釣り合っている。



図3 測定装置

5. 実験結果

(1) 水と樹脂粉体との混合物の振動時の流動性を調べる実験

図3で示した測定装置を用いて、試作マットで使用した樹脂粉体と水との混合物についてその流動性を調べた。信号発生器からの周波数を変えて電流値を調整することにより、試料の振動速度（平均二乗速度）を一定にすることができる。この条件で、プラスチック容器に1/2インチと1/4インチとのそれぞれ黄銅製の金属球を樹脂と水との混合物の入った試料に入れ、加振周波数を変えて試験球が完全に沈み込むまでの時間を計測した。振動の平均速度を一定にした条件では、1/4インチの試験球、1/2インチの試験球ともに370ヘルツあたりで最も沈み込むスピードが速くなっている。（図4参照）

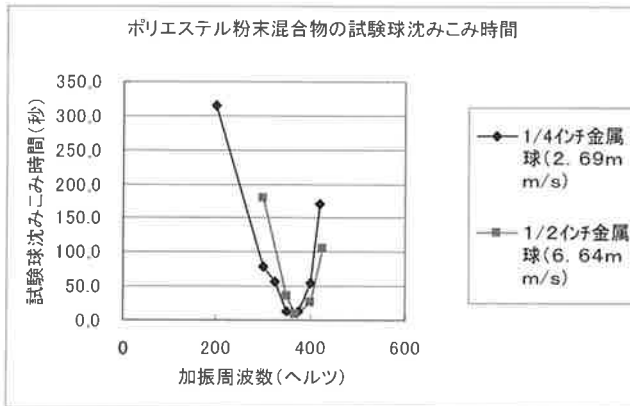


図4. 流動性試験

(2) 水と樹脂粉体との混合物の振動特性

振動試験機は、機種ごとに周波数毎に単位電流あたりの試料に加えることができる加振力が決まっている。図5に電流0.5~2.0Aまでの範囲で、単位電流あたりの加振力がどの程度異なるかを示す。これによると、単位電流あたりの加振力の誤差は、最大±2%程度と見積もることが出来る。（図5参照）

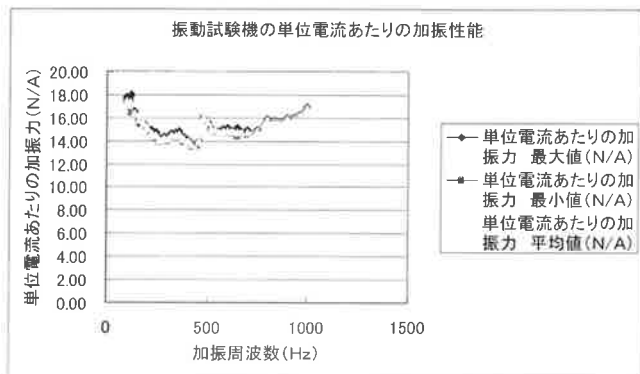


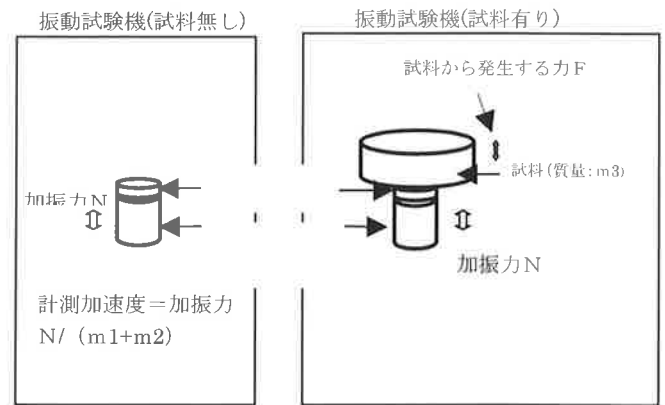
図5. 振動試験機の加振性能

このときの加振力は、振動試験機の可動部分の質量と加速度センサーとの合計質量に測定した加速度を掛けた値に等しい。

試料を取り付けた場合には、これに試料の質量による影響と試料の振動が原因となって発生する力の影響が加わる。もし、試料の内部で摩擦力が発生したり、試料が共振したりすることで、新たな力が発生しなければ、観測される加速度は、単に振動試験機の可動部分の質量を単に試料の質量分を増加させたと考えて計

算することができる。

このことを利用して、試作マットで使用した樹脂粉体と水との混合物を詰めた容器を取り付けて加振させると、計測される加速度の変化から、この試料から発生する力を計算することができる。（図6参照）



ポリエステル粉体と水との混合物を容器に詰めて、試料から新しく発生する力Fを算出した。（ $m_1=0.35\text{kg}$, $m_2=0.047\text{kg}$, $m_3=0.357\text{kg}$ ）

単位電流あたりの試料から新たに現れた力のうち380ヘルツあたりでマイナスの値が出ているが、このことは、試料の中では振動を妨げようとする力が優勢となっていることをしめしている。（摩擦力が優勢となっている）

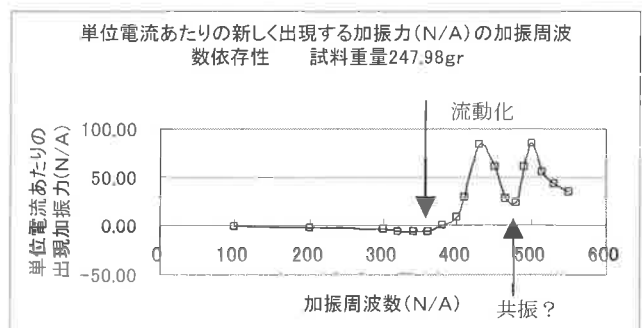


図7. 試料が放出する力

また、430ヘルツ、500ヘルツのあたりでそれぞれピークが現れている。このように2つの共振する周波数が近接して存在する現象は、粉体と混合する水の量が適切なきには、いつでも起こる。

また、共振していると思われる2つのピークとその中央部分の谷の部分の周波数は、粉体の種類、粒径と水の割合のみに決まり、容器の形状、混合物の量には依らないことが、これまでのこのポリエステル樹脂に関する実験結果、その他の各種粉体についての同様の実験結果から得られている。（容器自身の持つ共振現象が現れる周波数帯は計測する範囲から外してある。）

6. 議論
＜実験結果の解釈＞

3. で示したように、試作マットを作製し、シートセンサーにより除圧効果を確認した。

この効果をもたらしたと思われる振動時の流動性を調べるために、振動速度を一定とした条件で、金属製試験球の沈み込み実験を行った。この結果、特定の周波数(380ヘルツ)で流動化現象が起きることを確認した。

次に、振動現象のメカニズムを調べるため、加振装置の出力する加振力と、試料内部から発生する力のバランスを計測する実験をおこなった。

この結果、共振に関連していると思われる2つのピークを観測した。この2つピークは、もともと1つの共振現象が原因であると考えられる。加振機の加振周波数を増加させて、粉体等の共振周波数に近づけたときに、加振機の位相と試料の振動の位相が同じ方向に働く時間が多くなっていく、この様に同位相のときには、試料を持ち上げる力が働いている。さらに加振周波数を増加させると、この持ち上げる力が増加するが、しだいに逆位相の方がより安定となってくる。このため、共振周波数に近いところでは、両者の位相が逆位相となり、加振力の低下が起きる。(図8参照) 以上のことが1つ目のピークが形成される理由である。

さらに、加振周波数を増加させると、再び振動の位相が同じ方向働く時間が多くなってきて、2つめのピークが現れるのである。

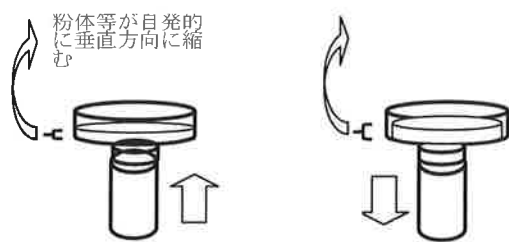


図8. 粉体等が共振している状態

このように考えると、グラフの谷の部分の周波数で、混合物は共振しており、しかも各部分で同じ位相を持っていると考えられる。

このように考えると、谷の部分の周波数は、粉体の種類、粒径と水の割合のみに決まり、容器の形状、混合物の量には依らないことも説明できる。

<流動化の原因について>

キーワード：褥瘡 除圧 マット 振動 粉体 流動化

実験結果によると、流動化の起きる加振周波数は共振周波数よりもずっと小さい。この流動化の起きる周波数帯域は、音響振動領域と呼ばれる周波数領域である。音響振動は試料内の振動の位相が異なっており、試料内で局所的に大きな力が集中する性質がある。この力が、粒子間の結合を破壊するように働いていると予想され、これが流動化の原因と考えられる。この効果は摩擦力として観測される。

流動化は、共振周波数付近では起きない。共振が起こっているときの粉体の状態は、隣あう粒子どうしは、同一方向に対して伸びたり縮んだりしているが、このとき混合物には力の集中は見られず、破壊が起こらないためと考えられる。また、共振周波数以上の周波数帯でも、局所的な力の集中がおきにくく、流動化が起きにくい。

<マットの設計への応用>

マットを設計する場合には、マットの内部の水と粉体との混合物を流動化させるためには、どのような周波数を持つ振動を与える必要があるかを調べる必要がある。

このとき、予め、振動特性を調べる実験を行い、図7で示すような測定結果から、摩擦力が最大となる周波数を探し出し、この周波数に近い振動を与える加振性能を与えるように設計する。

7. 結論

- 1). 樹脂製粉体に水を混合したものを中綿としたマットを作り、下部に加振装置を備えたものを試作した。これに身体を横たえて、加振してみたところ、シート状の圧力センサーによる計測によって、流動化による除圧効果が確認できた。
- 2). マットに変形をもたらす、水と樹脂等の粉体との混合物の流動化を定量的に評価する手法を開発した。これにより、特定の周波数で流動化が起きることを確認した。
- 3). 水と樹脂等の粉体との混合物の振動特性を調べる手法を開発した。
- 4). 3)の研究手法により得られた結果から、樹脂の種類や粒径のみで決まる共振周波数が1つ存在すること、そのとき、試料の各部分の変位は、同じ方向(同位相)であるらしいことがわかった。

A trail manufacture of mattress designed for the prevention against Pressure induced ischemic wound.
Shinichi ISHIWARI, Miyuki NAKAHASHI, Wataru MIZUNO

Our mattress is constructed with a mass of plastics powder mixed with water and a system which vibrate it. This mass of plastics powder is expected to help movements of a body by its rigidity and also to help reduce harmful pressures by its fluidity when being vibrated. In our experiment, our mattress shows a cancellation of a concentrated pressure near the bone after being vibrated. A way of investigation on this fluidity which is designed newly shows that the mass of plastics powder mixed with water fluidize under the vibration in a specific frequency. A way of investigation on this vibration which is contrived newly shows that it has a unique resonance frequency which depend on a kind of powder, its size and a mixture rate of water, not on its shape and its quantity.