疲労限度以下のくり返し引張り応力による 粉体層の力学的挙動

内 藤 牧 男^{**}, 椿 淳 一 郎^{*}
Makio NAITO Junichiro TUBAKI

はじめに

粉体層に疲労破断現象が存在する事は、準静的くり返し引張り応力を負荷した研究¹⁾から、既に確認されている。更にその後の定量的な解析から、 10^6 回を限度とする有限回数のくり返し負荷において、破断を起こす下限値、即ち疲労限度の存在が確認された²⁾。また、疲労限度以上の応力に関しては、疲労破断寿命の統計的解析³⁾や、疲労破断過程の変位置に着目した解析³⁾が引き続き行われ、研究が進んでいる。

一方疲労限度以下の応力に関しては、現在のところ手がつけられていない。しかし、準静的なくり返し引張り応力を負荷した研究¹⁾から、31回負荷して破断しない粉体層の引張り強さが、わずかではあるがもとの粉体層の引張り強さに比べ増大する事が確認されている事から、疲労限度以下の応力でも、粉体層の力学的挙動に影響を及ぼす事がうかがえる。

そこで筆者らは、この点を更に検討するため、疲労限度以下の引張り応力を 10^4 回までくり返し作用させた粉体層の力学的挙動を、引張り強さと変位置に着目して検討を行った。まだ予備実験の段階ではあるが、興味深いデータが得られたので、報告する。

1. 実 験

実験装置は、既に引張り疲労試験に用いられた装置^{2,3)}(コヒテスター：細川粉体工学研究所)を使用した。その概略を、図1に示す。可動セル側に振動台を連結しており、この振動により粉体層に引張り応力を繰返し作用させる事ができる。

実験は、まず粉体試料を $1000\mu\text{m}$ フルイを通してセルに充填し、予圧密を10分間行う(予圧密応力 6.37 kPa)。その後、粉体層に繰返し応力 σ_s を作用させて、同時に粉体層の変位置を記録する。応力のくり返し回数が、 10^4 回に達したら、適当な回数で止める。そして粉体層の引張り強さを求め、これを σ_z とする。

粉体試料には、平均径 $2.0\mu\text{m}$ の関東ローム粉(JIS 11)と、 $1.3\mu\text{m}$ の熔融アルミナ粉(ホワイトアランダム#8000)の二種類を用いた。また σ_s は、JIS 11の場合、既報²⁾により確認された疲労限度以下の範囲を選んだが、熔融アルミナ粉の場合、疲労限度の確認までには至っていないので、 10^4 回で破断しないような小さな応力範囲を選んだ。 σ_s の振動周波数は、既報^{2,3)}と同じく $5\sim 20\text{ Hz}$ とした。

2. 実験結果及び考察

疲労限度以下の応力による粉体層の力学的挙動を、引張り強さと変位置の観点から検討した結果を、以下に示す。

2.1 粉体層の引張り強さに及ぼす影響

疲労限度以下の応力による繰返し引張りを受けた後の粉体層の引張り強さ σ_z と、粉体層の静的引張り強さ σ_z に対する繰返し応力 σ_s の比である σ_z/σ_s との関係を、図2,3に示す。ここで図2はJIS 11、図3は熔融アルミナ粉(W.A.#8000)についての結果である。更に図2には、既に報告²⁾された結果から、応力の負荷回数 5×10^4 回以上で破断しなかった粉体層のデータ数に対する非破断確率Pを計算し、応力比 σ_z/σ_s との関係を示した。図2より、 $P\approx 1$ と推定される応力比では、 10^6 回の負荷回数で粉体層が破断していないので²⁾、この応力比以下を、疲労限度以下と考える事ができる。そこで、この範囲の応力比での σ_z を見てみると、 $\sigma_z > \sigma_s$ となり、引張り強さは、応力を負荷する前に比べて増大する事がわかる。更に図3の熔融アル

昭和59年7月17日受付

* 名古屋大学工学部化学工学科(〒464 名古屋市千種区不老町)
TEL 052-781-5111 内線 6772

** (株)細川粉体工学研究所(〒573 枚方市招提田近1-9)
TEL 0720-57-3721

図1 繰返し引張り試験装置

図2 繰返し引張り後の粉体層の引張り強さにおよぼす影響 (関東ローム粉)

図3 繰返し引張り後の粉体層の引張り強さにおよぼす影響 (熔融アルミナ粉)

ミナ粉の結果からも、データ数が少ないためPの値が得られていないものの、図2と同様の傾向にあると思われる。

以上の結果から、疲労限度以下の引張り応力を繰返し負荷する事によって、粉体層の引張り強さは増大すると言える。一方、疲労限度以上の引張り応力を繰返し負荷した場合、粉体層の引張り強さは、繰返し応力より弱くなるため破断する事になる。このように疲労限度を境にして、繰返し応力の引張り強さに及ぼす影響は、明らかに異っている。

2.2 粉体層の変位量に及ぼす影響

図4に、JIS 11を用いた場合の疲労限度以下の引張り応力による粉体層の変位量 l_s と、応力比 σ_s/σ_z との関係を示す。更に比較のために、既報³⁾で得られた疲労限度以上の応力による、破断一回前までの変位量 l_{N-1} も示した。図より、疲労限度以下の応力比においても、粉体層は引張り方向に変位する事がわかる。しかもこの変位量は、疲労限度に近づくにつれて大きくなるが、疲労限度以上の応力による場合よりは、小さい事がわかる。なお熔融アルミナ粉の場合、データ数

図4 粉体層の変位量におよぼす影響
(関東ローム粉)

が少ないためここでは示さなかったが、JIS 11 と同様の傾向が得られている。

おわりに

以上、まだデータ数が少なく断定的な事は言えない

使用記号

l_s : 疲労限度以下の繰り返し引張り応力による粉体層の変位量	[μm]	ε : 粉体層の空隙率	[-]
l_{N-1} : 疲労限度以上の繰り返し引張り応力による粉体層の破断一回前までの変位量	[μm]	σ_E : 繰り返し引張り後の粉体層の静的引張り強さ	[kPa]
P : 粉体層の非破断確率	[-]	σ_s : 繰り返し引張り応力	[kPa]
		σ_z : 粉体層の静的引張り強さ	[kPa]

引用文献

- 1) 椿・加藤・竹山・神保；化学工学論文集，10，402（1984）
- 2) 神谷・椿・神保；同上掲載予定
- 3) 神谷・椿・神保；同上掲載予定

が、疲労限度以下の応力と、それ以上の応力とでは、繰り返し引張り後の引張り強さと変位量に、明らかな差が見られる事がわかる。特に、疲労限度以下の応力による場合の引張り強さの上昇は、興味深い。この事は、本実験で行なった 10^4 回の負荷回数を更に増しても、粉体層は破断しない事を意味していると思われ、実験された繰り返し引張り応力が、疲労限度以下の応力である事を、改めて確認しているものと考えられる。

さてそれでは、どうして疲労限度以下の応力では、引張り強さの増大が生じるのだろうか？この点は、疲労限度の存在を解明する上で、重要な示唆を与えているものと思われ、今後更に定量的なデータの積み重ねと考察が必要であると考えている。

謝辞：本実験に関して、貴重な示唆を与えてくれた神谷秀博君（名大・博士課程）に感謝します。更に、発表の機会を与えて下さった（株）細川粉体工学研究所、全般的にご助言、ご協力を賜った神保元二教授（名大）に深謝致します。