312 粉粒体の充填長さを変えた薄肉構造部材の塑性曲げ解析*

山崎 省二, 三井 敦, 飯村 健次, 鈴木 道隆, 廣田 満昭

Analysis on Plastic Bending of Powder Filled Structure with Various Filling Length

Shouzi, YAMAZAKI, Honda R&D Co.,LTD Atsushi, MITSUI, Honda R&D Co.,LTD
Kenji, IIMURA, University of Hyogo Michitaka, Suzuki, University of Hyogo
Mitsuaki, HIROTA, University of Hyogo

Key Words: Powder, Thinwall Structure, Plastic, Bending

1. まえがき

中空の薄肉鋼管は曲げ変形で荷重が低下する。我々は既報で鋼管内部に種々の粉粒体を充填し粉粒体の機械的特性と鋼管の曲げ荷重との関係を解析するとともに、曲げ変形中に内圧を作用させることで荷重の低下を抑制できることを示した⁽¹⁾。しかし実際の構造部材ではより少ない粉粒体の充填で荷重の低下を抑制することが求められるため、充填長さや曲げ荷重の関係を把握する必要がある。

本報では粉粒体を種々の長さに充填した鋼管の静的曲げ試験をおこない、充填長さや曲げ荷重との関係を実験的に把握する。

さらに流体を充填した鋼管と比較し、粉粒体と流体が曲げ変形中に発生する内圧について考察する。

2. 試料

試験片は内寸 60×60mm, 板厚 1.2mm, 材質 SPOC の中空 4 角形鋼管を使用した。充填試料には粒径 0.3mm のガラスビーズ(以下、ガラスビーズと略す)と、比較のため非圧縮性流体である水を使用した。

3. 荷重-変位の関係

ガラスビーズ又は水をそれぞれ鋼管中央に 100mm, 200mm, 300mm の長さに充填した合計 6 本の鋼管を製作し、静的 3 点曲げ試験をおこなった。ガラスビーズを充填した鋼管の荷重-変位の関係を図 1 に、水を充填した鋼管の荷重-変位の関係を図 2 に示す。

ガラスビーズを充填した鋼管は、変位約 30mm 以降では、変位の増加に対してほぼ一定の荷重を発生した。しかし水を充填した鋼管では充填長さの増加に伴い荷重が大きく変化した。

Fig.1 3-Point Bending Test Result (With Glass)

Fig.2 3-Point Bending Test Result (Water)

4. 変形形状

ガラスビーズを充填した鋼管と水を充填した鋼管の変形後の形状を比較する。

図 3 に充填長さ 300mm, 曲げ変位 100mm での側面視を示す。ガラスビーズを充填した鋼管は、鋼管中央部以外に大きな変形が見られない。しかし水を充填した鋼管では中央部以外にも内圧による膨張が見られた。

これら変形形状の違いから、二種類の充填材が発生する内圧の違いがあると考えられる。

Fig.3 Test Piece Side View

5. 圧力の計測

鋼管とガラスビーズの間に感圧紙を配置し、鋼管内面に生じる圧力を測定した。曲げ変位100mmでの上面の圧力濃淡図を図4に示し、下面の圧力濃淡図を図5に示す。

水の圧力分布は均一であったが、ガラスビーズを充填した鋼管では充填長さにかかわらず上面では鋼管の中央部約20mm、下面では約90mmの範囲に高い圧力を発生した。

Fig. 4 Pressure distribution of Upper Face

Fig. 5 Pressure distribution of Lower Face

7. 圧力の大きさと曲げ荷重の関係

ガラスビーズ又は水を充填した鋼管の中央部90mmの範囲に作用する圧力の大きさと、曲げ荷重の関係を解析した。

曲げ変位100mmでの圧力-荷重の関係を図6に示す。

曲げ荷重と鋼管中央部に作用する圧力の大きさは、正の相関を示した。

Fig. 6 Relationship of Pressure and Bending Load

8. 考察

(1) 粉粒体の内圧分布

ガラスビーズを充填した鋼管の内圧が、充填長さの増加にかかわらず鋼管中央部に発生する局所的な変形部分に集中する理由として、粉粒体層の内圧が層内部の摩擦のため圧縮荷重が働いた近傍に集中する⁽²⁾ためと考えられる。

(2) 粉粒体の圧力集中

容器内部に充填された粉粒体の一部に下向きの圧縮荷重が作用すると、荷重は作用点から一定の角度で広がりながら下方に伝達される。この角度は主に粒子種により定まることが知られている。

したがって図4に示した下面の圧力集中の範囲は、充填した粉粒体の種類と鋼管の断面高さ(粉粒体層の厚み)により変化すると考えられる。

(3) 鋼管中央部の内圧と曲げ荷重

ガラスビーズを充填した鋼管は、水と比較して充填長さの増加に伴う鋼管中央部に作用する圧力の低下が少ないため、曲げ荷重の低下も少ないと考えられる。

(4) 構造部材への充填

構造部材への充填において充填長さの変化にかかわらず荷重-変位線図の形が変わらず、さらに荷重変動も少ない粉粒体は、流体と比較して、薄肉構造部材の充填材として非常に有効であると考えられる。

9. まとめ

種々の長さにガラスビーズ又は水を充填した鋼管を用いての静的3点曲げ試験を行い、下記のことがわかった。

(1) ガラスビーズを充填した鋼管の荷重-変位線図は、水を充填した鋼管と異なり充填長さの変化にかかわらず、ほぼ同じ形を示す。

(2) ガラスビーズを充填した鋼管の圧力分布の形は、充填長さの変化にかかわらず、鋼管中央部に高い圧力が集中する。

(3) ガラスビーズ又は水を充填した鋼管の曲げ荷重は、鋼管中央部に作用する圧力の大きさと相関する。

8. 参考文献

(1) 山崎, 飯村, 廣田, 粉粒体を充填した薄肉構造部材の塑性曲げ特性, 日本機械学会M&M2004講演論文集

(2) 三輪茂雄, 粉体工学通論, 日刊工業新聞社, P.145