

材料検査機 (Tensilon UTM- 4 L) による鶏卵卵殻の加圧変形量の測定

国松 豊

YUTAKA KUNIMATSU

Measuring deformation of egg shell by Testing machine (Tensilon UTM- 4 L)

要旨：材料検査機 (Tensilon UTM- 4 L 型) を用いて鶏卵の卵殻加圧変形値 (Deformation 以下 D 値と略す) の測定を試み加圧速度, 加圧量, 鶏齢に及ぼす影響について検討を行った。

供試鶏卵は 6 か月齢, 11 か月齢および 15 か月齢の産卵鶏よりえたそれぞれ 160 個, 合計 480 個の鶏卵を用いた。

加圧速度は 0.4, 1, 2, 5, 10, 20, 50 および 100 mm/min で D 値を測定した。

D 値は $a/b \times d$ [a = クロスヘッドの速度 (加圧速度), b = チャート紙の送りの速度, d = 指定加圧量に達するまでのチャート紙の移動距離] より求めた。

加圧速度 5 mm/min 以上では d の距離が短く測定が不能であり, 本機では加圧速度 0.4 ~ 2 mm/min で D 値の測定が可能であった。

2 kg 加圧時の D 値は 1 kg 加圧時の D 値のほぼ 2 倍の値を示した。

鶏齢の増加にともない卵殻破壊強度は有意に減少し, 逆に, D 値は有意に増加した。

卵殻破壊強度と D 値の間には有意な負の相関が認められた。

D 値の測定は 2 kg 加圧時より 1 kg 加圧時の D 値を求める方が望ましいと考える。

緒 言

1955年 Brooks と Hale¹⁾ は鶏卵の卵殻強度の測定の一つの方法として卵殻の加圧変形値 (Deformation) の測定を提案した。この測定方法は鶏卵に一定圧力 (重力) を加えて卵殻の加圧変形量を求めるものである。この方法は卵殻を破壊しないで卵殻強度を推定出来る利点がある。その後 Schoorl と Boersma²⁾ や Voisey ら³⁾ により改良された D 値の測定方法が報告されている。しかしながらわが国においてはこれらに関する報告は少く加藤ら⁴⁾ の報告があるのみである。

筆者らは従来より卵殻強度の測定に使用して来た材料検査機を使用して Deformation の測定を試み, 適正な加圧重量および加圧速度, 鶏齢と D

値の関係について検討を加えた。

実験材料および方法

加圧変形量 [Deformation] 以下 D 値と略す) の測定は本学農学部林産工学研究室の材料検査機 (Tensilon UTM-4L 型) を用いた。材料検査機に鶏卵を横向けにセットし, 赤道面に短径方向より加圧して D 値を測定した。

D 値の算出方法は Fig 1 に示す通りである。クロスヘッドを駆動させて鶏卵と接触した時点が A 点である。鶏卵に荷重がかかっている間記録用紙にペンで荷重直線が記録される。1 kg 加圧点が B 点, 2 kg 加圧点が C 点であり, D 点が卵殻破壊点である。また, クロスヘッドの速度 (加圧速度) を a mm/min, 記録用紙の送りの速度を b

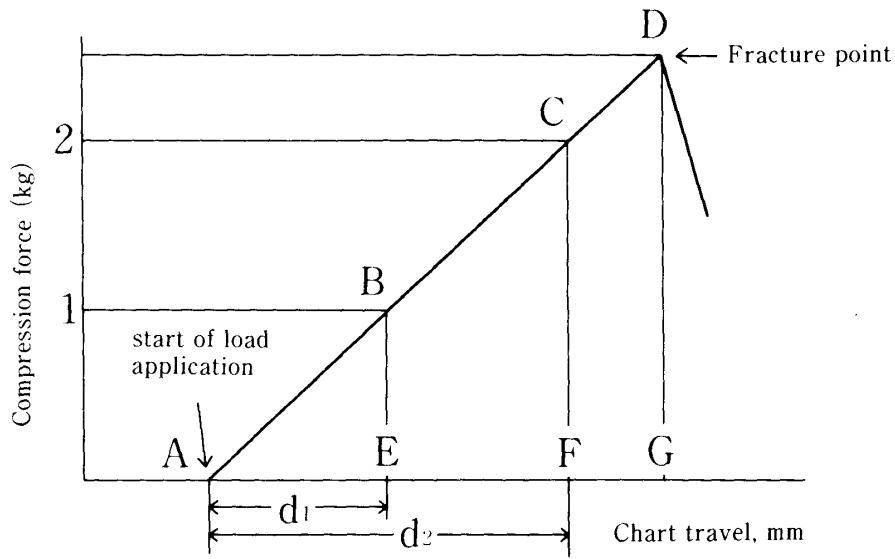


Fig. 1. Stress strain curve recorded on Tensilon testing machine.

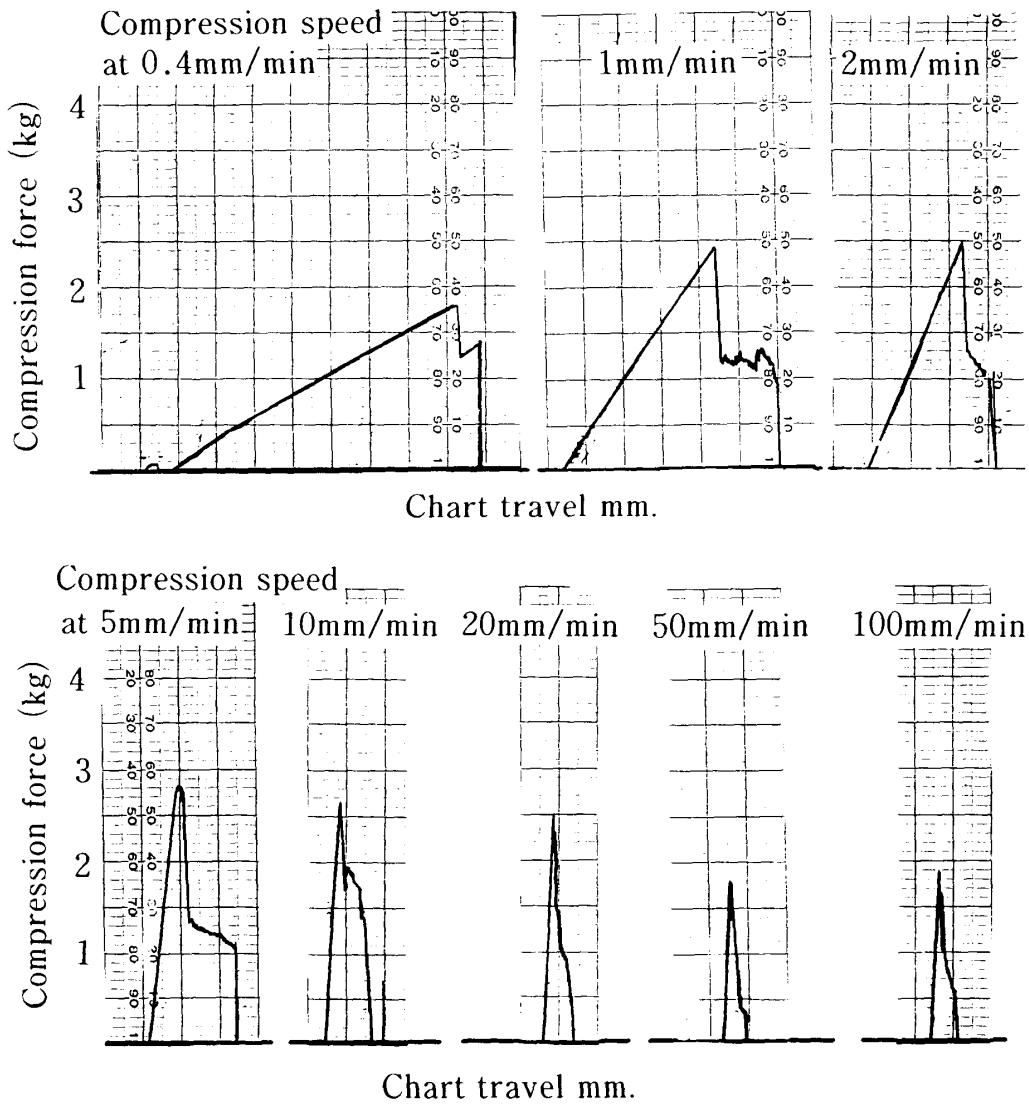


Fig. 2. Stress strain curve recorded at compression speeds of 0.4mm/min~100mm/min on Tensilon testing machine.

mm/min とすれば, 1 kg 加圧時の D_1 値は $a/b \times d_1$, (AE の距離 mm) で求められる。なお, 本機の記録用紙の送りの速度は200mm/min であった。

クロスヘッドの速度は0.4, 1, 2, 5, 10, 20, 50および100mm/min で測定した。D 値の測定と同時に卵殻破壊強度も同時に測定した。そして, D 値と卵殻破壊強度の両者の間の相関係数を算出し比較した。

供試鶏卵は京都府立大学農学部附属農場内の畜産学研究室鶏舎で飼育されている6か月齢, 11か月齢および15か月齢の産卵鶏よりえた鶏卵480個を用いた。

実験結果

本実験で使用した材料検査機のクロスヘッドの速度は実験方法で述べたように0.4mm/min から100mm/min で D 値を測定した。Fig 2 は0.4mm/min から100mm/min のそれぞれのクロスヘッドの速度で D 値を測定した時の記録用紙に記録された測定直線を示したものである。加圧速度が0.4mm/min, 1 mm/min および2 mm/min の場合 AE (d_1) の値は測定出来たが, 加圧速度が5 mm/min 以上の場合 AE (d_1) の距離はあまりにも短かすぎて測定が出来なかった。

加圧速度が0.4mm/min, 1 mm/min および2

Table 1. Influence of age of hen, compression speed and compression force on the deformation and breaking force of egg shell

| | Months of age | | |
|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | 6 | 11 | 15 |
| Compression speed at 0.4 mm/min | | | |
| Deformation at 1 kg force (μ m) | 63 ± 7.6 ^a (12.1) | 74 ± 9.7 ^b (13.1) | 78 ± 14.2 ^b (18.2) |
| Deformation at 2 kg force (μ m) | 130 ± 13.0 ^a (10.0) | 146 ± 12.0 ^b (8.2) | 149 ± 22.0 ^b (14.8) |
| Deformation at breaking (μ m) | 193 ± 17.8 ^a (9.2) | 189 ± 30.0 ^a (15.9) | 170 ± 25.6 ^b (15.1) |
| Breaking force (kg) | 3.0 ± 0.40 ^a (13.3) | 2.6 ± 0.58 ^b (22.3) | 2.2 ± 0.55 ^c (25.0) |
| Compression speed at 1 mm/min | | | |
| Deformation at 1 kg force (μ m) | 66 ± 8.0 ^a (12.1) | 78 ± 6.9 ^b (8.8) | 73 ± 9.6 ^b (13.2) |
| Deformation at 2 kg force (μ m) | 137 ± 17.0 ^a (12.4) | 156 ± 12.0 ^b (7.7) | 145 ± 20.0 ^a (13.8) |
| Deformation at breaking (μ m) | 217 ± 19.5 ^a (9.0) | 205 ± 22.5 ^a (11.0) | 183 ± 19.2 ^b (10.5) |
| Breaking force (kg) | 3.2 ± 0.55 ^a (17.2) | 2.6 ± 0.46 ^b (17.7) | 2.5 ± 0.31 ^b (12.4) |
| Compression speed at 2 mm/min | | | |
| Deformation at 1 kg force (μ m) | 59 ± 6.3 ^a (10.7) | 75 ± 8.4 ^b (11.2) | 76 ± 15.5 ^b (20.4) |
| Deformation at 2 kg force (μ m) | 121 ± 13.0 ^a (10.7) | 153 ± 17.0 ^b (11.1) | 153 ± 29.0 ^b (18.9) |
| Deformation at breaking (μ m) | 206 ± 18.7 (9.1) | 207 ± 22.7 (11.0) | 195 ± 20.3 (10.4) |
| Breaking force (kg) | 3.3 ± 0.53 ^a (16.1) | 2.7 ± 0.42 ^b (15.4) | 2.6 ± 0.49 ^b (18.8) |

Figures show Mean ± standard error. (20 eggs)

() = Coefficient of variation

Mean with different superscript differ significantly (P < 0.05)

Table 2. Correlation between the deformation and the breaking force.

| Compression speed | Months of age | | |
|-------------------|---------------|-----------|-----------|
| | 6 | 11 | 15 |
| 0.4mm/min | -0.612*** | -0.855*** | -0.784*** |
| 1.0mm/min | -0.705*** | -0.841*** | -0.634*** |
| 2.0mm/min | -0.715*** | -0.778*** | -0.807*** |

Deformation = Compression force at 1 kg

*** P<0.001

mm/min で 1 kg 加圧時と 2 kg 加圧時の D 値, 卵殻破壊時の D 値と卵殻破壊強度を示すと, Table. 1 のようである。

各鶏齢の鶏卵とも加圧速度 0.4mm/min から 2 mm/min の間において測定された D 値の間に有意な差は認められなかった。しかしながら, 卵殻破壊時の D 値は鶏齢の増加とともに有意に低下し, 加圧速度が増加するに従って D 値は大きくなる傾向がみられた。

1 kg 加圧時の D 値と 2 kg 加圧時の D 値を比較すると 2 kg 加圧時の D 値は 1 kg 加圧時の D 値のほぼ 2 倍の値を示し, クロスヘッドが卵殻に接触してから卵殻破壊時までの加圧変形量はほぼ直線的に変化した。

また, 加圧速度を 0.4mm/min から 2 mm/min で加圧し, 1 kg 加圧時の D 値と卵殻破壊強度の間の相関係数を示すと Table. 2 に示すようである。

各加圧速度とも 1 kg 加圧時の D 値と卵殻破壊強度の間の相関係数は -0.612~-0.855 であり, いずれの鶏齢においても有意な負の相関関係を認めた。

考 察

本実験の結果 Tensilon 型材料検査機を用いて求めた D 値は, 卵殻破壊強度と高い負の相関のあることが認められた。このことは鶏卵の卵殻を破壊することなく, Tensilon 型材料検査機によって鶏卵を加圧してその D 値を測定することによって卵殻強度を推定しうることを示唆している。

卵殻破壊強度と D 値の間の関係について, Voisey ら⁵⁾は Schoorl and Boersma の測定機で $r = -0.51$, また, 改良型卵殻設計では, $r = -0.48$ の相関があるとしている。また, Hunton⁶⁾は $r = -0.71$ の相関が認められたと報告している。

これらの値に比較して本実験の結果より高い相

関係数が両者の間にえられたということが出来る。

また, 本実験で用いた加圧速度 0.4mm/min から 2 mm/min の範囲においては加圧速度は D 値にとくに顕著な影響を及ぼさないようであった。この点に関しては Voisey ら³⁾の報告とも一致している。すなわち, 本実験で採用した 0.4mm/min から 2 mm/min の加圧速度の範囲ならば D 値の測定にあたって加圧速度にあまり考慮をばらう必要はないものと考えられた。

また, D 値の変動係数の全体平均は, 6 か月齢で 11.7%, 15 か月齢で 17.6% であり, 鶏齢が進むにつれてやや大きくなる傾向がみられた。また, 破壊強度の変動係数も同様の傾向がみられこの結果は筆者⁷⁾の報告とも一致している。

加圧速度を 0.4mm/min から 2 mm/min に変化させても D 値の変動係数は特に顕著な変化は認められなかった。

D 値測定時に用いる加圧量については研究者によって必ずしも一定しない。すなわち, Potts ら⁸⁾ Hunton⁶⁾, Wells⁹⁾ は 500g 加圧時, Voisey ら¹⁰⁾ Hamilton ら¹¹⁾ Carter¹²⁾ は 1 kg 加圧時の D 値を測定している。

鶏卵を破壊せずに卵殻強度を推定しようとするならば加圧量は低い方がよい。なぜならば, 加圧量を 2 kg あるいはそれ以上にすれば鶏齢, 季節あるいは鶏種によって鶏卵が破壊される恐れがあるからである。一方, 0.5kg 以下の加圧量で D 値を測定すれば記録用紙の d の距離が短かすぎるため D 値の測定が不可能となったり, 誤差が大きくなる可能性が多い。これらの点より加圧量は 1 kg とするのが望ましいと考える。

本実験遂行にあたり材料検査機の使用を許可され, 多大の便宜を与えていただいた本学農学部林産工学研究室福山萬治郎名誉教授, 浦上弘幸教授ならびに飯田生穂助手に深く謝意を表すものである。

引用文献

- 1) Brooks, J. and H.P. Hale (1955) Nature. **175**. 848.
- 2) Schoorl, P. and H.Y. Boersma. (1962) Proc. 12th World Poultry Congress (Sydney), 432.
- 3) Voisey, P. W., (1975) Poultry Sci., **54**. 190-194.
- 4) 加藤貞雄・鈴木一郎・北田徳蔵・小宮山鐵郎・森北敏樹 (1981) 家禽会誌**18**, 4.
- 5) Voisey, P.W. and J.R. Hunt (1967) Br. Poultry Sci., **8**, 263-271.
- 6) Hunton, P. (1969) Br. Poultry Sci., **10**. 281-289.
- 7) 国松 豊 (1987) 京府大農場報告**13** 1-5.
- 8) Potts. P. L, K.W. Washburn and K.K.Hale. (1974) Poultry Sci., **53**. 2167-2174.
- 9) Wells, R. G. (1966) Br. Poultry Sci., **8**. 193-199.
- 10) Voisey, P.W., R.M.G. Hamilton and B.K.Thompson (1979) Poultry Sci., **58** 288-294.
- 11) Hamilton R.M.G., B.K.Thompson and P.W. Voisey (1979) Poultry Sci., **58**.1125-1132
- 12) Carter T.C. (1970) Br. Poultry Sci., **11**. 15-38.

Summary

An experiment was conducted to determine the influence of compression speed, compression force and age of hen on the deformation of egg shell which was measured by Tensilon testing machine.

A total of 480 eggs collected at the age of six months hen (180 eggs), eleven months hen (180 eggs) and fifteen months (180 eggs) were used. Non-destructive deformation and breaking force were measured by placing 1kg and 2kg compression force on the equator of the eggs. Deformation of egg shell can be calculate using following equation : $D_1 = a \times b/d_1$ were D_1 = Deformation at compression 1kg force. d_1 = Distance measured along chart's direction of travel from the point of load application to the point of 1kg desired (mm/min). a = Compression speed (mm/min). b = Chart speed (mm/min).

Deformation of egg shell were measured by

eight different compression speed from 0.4 mm/min to 100 mm/min. It was possible to measured the deformation at compression speed from 0.4 mm/min to 2 mm/min by this machine, but not more than at 5 mm/min.

Deformation of egg shell measured at 2kg compression force were approximately two time as much as that measured at 1kg compression force. Deformation of egg shell were significantly ($P < 0.05$) increased but breaking force were significantly ($P < 0.05$) decreased with increasing ages of hen. Highly significant ($P < 0.001$) negative correlation coefficient were observed between the deformation and breaking force of egg shell.

Those results indicate that it is possible to measure the deformation of egg shell at compression speed of 0.4 ~ 2 mm/min with 1kg compression force by using this machine.