塗料による歪測定における負荷速度の影響について*

西原利夫** 平修二** 前田春興***

On the Effect of the Velocity of Loading on the Machine
Parts Coated by Brittle Coatings

Toshio NISHIHARA, Shūji TAIRA and Haruoki MAEDA

At the experiment of strain determination by brittle coatings, the authors found that the crack patterns of the coating on a specimen vary with the velocity of loading the specimen, even if the specimen is subjected to constant strain and the drying condition of coating on its specimen is constant. Then we investigated the experimental results at a standpoint of the view that the compositions of coating are chiefly synthetic resin.

1. 緒 言

機械部分に変形を与えて歪を生ぜしめる場合に、衝撃あるいは振動などのように、負荷速度の早い場合や、あるいは静的負荷とみなしうるような負荷速度のおそい場合など種々ある。塗料によつて、機械部分の歪を測定する場合に、その試片の歪は一定であつても、塗膜に生ずる亀裂の発生状況は、その試片への負荷速度の大小によつて異なることが、以下の実験により明らかになつたので、この実験結果について、塗膜の組成が主として合成樹脂であるという観点より考察した。

2. 塗膜の歪

一般の合成樹脂に歪を与えた場合、その歪は弾性歪と粘性歪とに分けることができる。したがつて、歪測定用塗膜においても合成樹脂を主成分とする関係上、同様のことがいえるのであつて、歪塗料を試片の表面に塗布し、乾燥後、試片に歪を与えると、この歪を塗膜に伝える。Fig. 1 に示すように、 ϵ を試片に与えた歪、

Fig. 1. Relation between elastic strain ϵ_e and viscous strain ϵ_v of brittle coating under the load.

すなわち、塗膜に生ずるすべての歪とすると、これは弾性歪 ϵ_e と粘性歪 ϵ_v とに分けられる。すなわち、 $\epsilon = \epsilon_e + \epsilon_v$ となる。なお、この場合に塗膜の亀裂は ϵ_e によつて発生するものとする。

ところで、負荷速度が早ければ、塗膜に一定歪を急激に加えることになるので、 ϵ_v は小さいが、これに比して ϵ_e は大きい。負荷速度が比較的におそければ、塗膜に一定歪をゆるやかに加えることになるので、 ϵ_v は比較的大きくなり、これに比して ϵ_e は小さくなる。Fig. 1 は負荷する時間と ϵ_e および ϵ_v の関係を示すもので、既に報告したように、塗膜に荷重を連続して数 10 分間加えて放置しておく、完全に応力緩和をするので、このような場合には $\epsilon_e = 0$ 、 $\epsilon_v = \epsilon$ になると考えられる。従来報告は負荷速度の比較のおそい場合、すなわち Fig. 1 の A の範囲で測定した結果であるので、 ϵ が一定であれば、 ϵ_e もまたは ϵ_v も一定と見なすことができる。

3. 負荷速度の亀裂密度におよぼす影響

種々の負荷速度の亀裂密度におよぼす影響をしらべるために、一定の厚さ(0.10 mm)に塗料を塗布した片持梁および引張試片に種々の速度の荷重を加えて、亀裂密度および critical strain を求めた。

実験方法としては、Fig. 2 に示すように、ウォーム・ギヤーおよびベルト装置の比を変えることによつて、巻胴の回転数を種々に変え、この巻胴に糸を巻きつけて、片持梁に撓みを生ぜしめた。

塗膜に一定の歪を与え、しかも同じ負荷速度の下においても、塗膜の乾燥条件のいかんにより、 ϵ_e と ϵ_v との割合は当然変わってくるので、塗膜の乾燥条件には

* 原稿受付 昭和30年10月21日 材料試験協会第4期総会講演会(昭30. 5. 19)にて講演

** 正員 京都大学工学部

*** 正員 立命館大学理工学部

Fig. 2. Apparatus used for loading gradually a cantilever.

Fig. 3. Relation between crack density and time required for the load to reach from strain 0% to 0.20%.

注意する必要がある。今、60°C で 8 時間乾燥せしめた塗膜に、種々の時間を要して 0.20% の引張歪を加えたときの塗膜の亀裂密度を Fig. 3 に示す。この図によつて、0.20% の引張歪に達するのに約 7 秒以下の時間では、 ϵ_e は ϵ_v に比していちじるしく大きくなり、そのために塗膜には比較的大きな弾性歪を生じて亀裂密度は大となるが、7 秒以上の時では、 ϵ_e と ϵ_v との割合は、ほとんど一定となるため、曲線はほぼ水平に近くなる。さらに、種々の負荷速度における種々の引張歪を受けた塗膜の亀裂密度を検討するために、Fig. 2 に示す装置で、片持梁の自由端において、いろいろの速度で一定撓みを生ぜしめた。Fig. 4 は片持梁の自由端が一定撓みに達するまでの時間を 2, 4, 7.4, および 13.2 秒としたときの片持梁の軸方向の歪と亀裂密度との関係を示す。この図において、歪の大きさと亀裂密度との関係がほぼ直線的になることは前にものべた

Fig. 4. Relation between crack density and strain under the various velocities of loading.

が、この関係は自由端が一定撓みに達するまでの時間のいかににより、ほぼ平行移動をする。

以上は片持梁を用いて実験を行つたが、一般には一様引張りとして取扱う場合が多いので、負荷速度を $\epsilon(\%)/\text{sec}$ の単位であらわすと、Fig. 5 のようになる。上にのべたように、一定の引張歪を加えた塗膜であつても、乾燥状態のいかににより塗膜の亀裂発生に必要な弾性歪 ϵ_e の大きさは異なるので、Fig. 6 に示すよ

Fig. 5. Effect of velocity of loading on the crack density under the constant drying condition.

Fig. 6. Effect of velocity of loading on the crack density under the various drying conditions (temperature at test : 11°C).

うに, 試験時の温度 11°C の下で, 乾燥時間 8, 24, および 48 時間の 3 種類の塗膜に 0.20% の引張歪を与えたとき, 亀裂密度におよぼす影響を検討した. その結果, 乾燥状態が良好であれば, 負荷速度の影響の少なくなることがわかった. したがって, 乾燥状態がよければ, 塗膜に一定歪を与えたとき, その歪の大部分は弾性歪であるといえることができる. さらに, 試験時の温度 27°C のときに, Fig. 6 の場合と同じ塗膜について試験を行い, Fig. 7 に示す. この結果, やはり乾燥状態がよければ負荷速度の影響が少なくなり, Fig. 6 と比較して, $11^{\circ}\text{C} \sim 27^{\circ}\text{C}$ の範囲では, 塗膜に加えた歪の大部分は弾性歪であると考えられる.

Fig. 7. Effect of velocity of loading on the crack density under the various drying conditions (temperature at test: 27°C).

4. 負荷速度の critical strain におよぼす影響

従来報告したように, 歪塗料の塗膜の乾燥状態をあらわす値として critical strain が用いられるが, 同じ乾燥状態の塗膜であつても, 負荷速度のいかんによつては, critical strain の値が変化するので, 負荷速度の影響を実験により検討した. 温度 60°C で 8 時間乾燥せしめた塗膜に, 種々の時間を要して一定歪を与えたときの critical strain の値を求め, これを Fig. 8 に示す.

Fig. 8. Relation between critical strain and time required for the load to reach from strain 0% to 0.20% .

以上の実験は片持梁を用いたが, 一般に一樣引張として取扱う場合が多いので, 負荷速度を $\dot{\epsilon}$ (%/sec) の単位であらわすと, Fig. 9 のようになる. この図にお

いては, 試験時の温度 11°C および乾燥温度 60°C の下に, 乾燥時間 8, 24, および 48 時間の 3 種類について実験を行つた. その結果, 乾燥状態がよければ, 負荷速度のいかんに関せず, critical strain の変化の少ないことがわかった. さらに, 試験時の温度を 27°C としたとき, 上と同じ乾燥状態の塗膜について, 負荷速度と critical strain との関係を求めると, Fig. 10 に示す通りである. この場合においても, 乾燥状態がよければ, critical strain の値は負荷速度には余り影響されない.

Fig. 9. Effect of velocity of loading on critical strain under the various drying conditions (temperature at test: 11°C).

Fig. 10. Effect of velocity of loading on critical strain under the various drying conditions (temperature at test: 27°C).

以上の Fig. 9 および Fig. 10 の実験により, 負荷速度の影響は主として乾燥状態, すなわち塗膜に含まれる溶剤の量によるものであつて, 試験時の温度には余り左右されないことが明らかになった.

5. 結 論

以上により, 負荷速度の亀裂密度および critical strain におよぼす影響を検討したが, 塗膜の乾燥状態が不十分な場合には, 以上に示した線図により補正を行う必要があるが, 塗膜の乾燥状態が充分であれば, 負荷速度の影響の少ないことがわかった.

注: 一

- 1) 西原, 平, 前田, 塗料による圧縮応力の測定, 材料試験 (昭和 28. 3)
- 2) 西原, 平, 前田, 塗料による歪測定, 日本機械学会誌 (昭和 25. 9)