ノート

X線応力測定における応力値のばらつきについて（測定時間との関係）

斎藤　雄治*

On the Deviation of Stress Values in X-Ray Stress Measurement (Relationship with Measurement Time)

SAITO Yuji*

1. 緒　　言

X線応力測定において，応力値などの測定値はばらつきを生じる。このばらつきの最も大きな要因はX線強度固有の統計変動であることが知られている。この統計変動による応力値のばらつきを表す標準偏差の大きさについては，一回の測定から統計学の理論を用いて解析的に求める方法が提案されている[1)]。この理論によれば，応力値の標準偏差は測定時間（プリセットタイム）の平方根に反比例することが明らかにされている。例えば，プリセットタイムを4倍にすると標準偏差は理論上1/2となる。

本研究では，同一試料を種々のプリセットタイム（5〜30s）で50回ずつ測定して応力値の標準偏差とプリセットタイムの関係を調べた。

2. 実験条件

用いた材料は，機械構造用炭素鋼 S45C である。この材料を大きさ40×40×120mmに切り出し，860℃に 60 分保持して水冷した。さらに，40×120mm の面を紙やすりで研磨後，電解研磨で約 70μm 表面層を除去して試験片とした。

X 線による残留応力測定は，試験片の長手方向に表 1 の測定条件で行った。応力値は，ψ_0一定法を用いて同一条件で50回繰り返し測定した。回折線強度はバックグラウンドと LPA 因子によって補正し，回折線ピーク位置は補正した回折線強度の 80%以上のデータを用いて，ガウス曲線法[1)]により決定した。

表1　X線応力値の統計変動の測定条件

管球	Cr
Kβフィルタ	V
回折面	(211)
管電圧，kV	30
管電流，mA	10
コリメータ，mm	2×2
$\sin^2\psi$	0, 0.2, 0.4, 0.6
2θ角，deg	142〜170
ステップ角，deg	0.2
ピーク位置決定法	ガウス曲線法
バックグラウンド補正	あり
LPA因子補正	あり
応力定数，MPa/deg	-318
信頼区間，%	95

一回ごとの測定から求めた応力値とその標準偏差と，50 回の応力値の平均値と標準偏差を比較した。なお，すべての測定（300 回＝6 種類×50 回）は連続で行い，約 12 時間を要した。

3. 実験結果

図 1〜図 3 に，プリセットタイムを 5，15，および 30s で 50 回ずつ応力測定した結果を示す。図には，50 回の応力値の平均値と 95%信頼区間を示した。また，一回ごとの測定から求まる応力値の 95%信頼区間[1)]をエラーバーで示した。これらの図より，プリセットタイムを大きくするほど，信頼区間の幅が小さくなっていることが分かる。また，エラーバーの中に50回測定し

*　県央技術支援センター

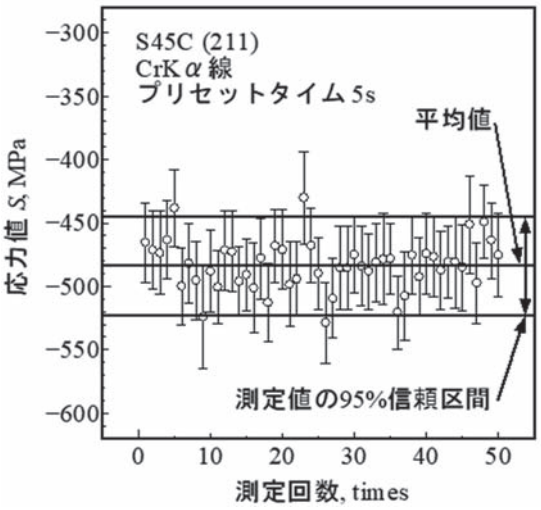

図 1　プリセットタイム 5s の応力測定結果

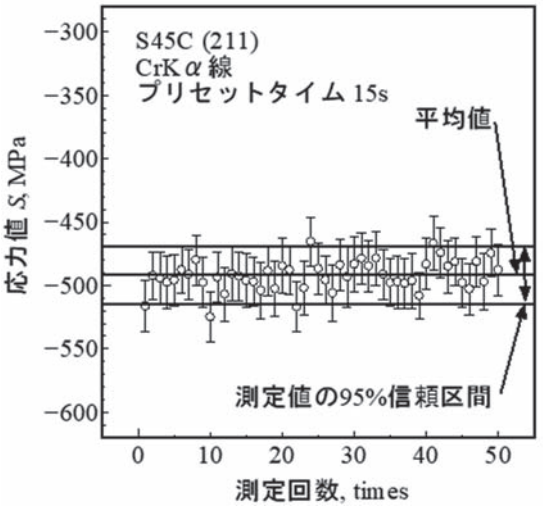

図 2　プリセットタイム 15s の応力測定結果

た平均値がほぼ含まれていることが分かる。なお，プリセットタイムが 8，10，20s の場合についても同様な結果が得られている。

表 2 に，各プリセットタイムに対して
①応力値の 50 回の平均値とその 95%信頼限界
②25 回目の測定の応力値の 95%信頼限界
を示した。理論上，信頼区間の大きさはプリセットタイムの平方根に反比例するが，実測した信頼区間の大きさはそこまで小さくはならなかった。これは，電源電圧の変動等の統計変動以外の要因が測定値のばらつきに影響を及ぼしたことが考えられる。

なお，本報告書の実験結果については当研究所のホームページに掲載している[2)]。

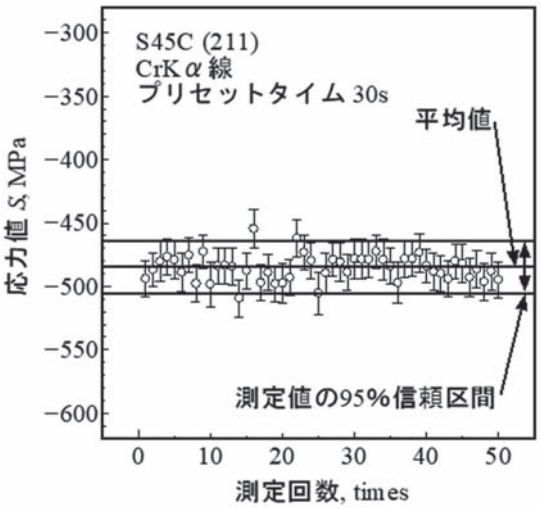

図 3　プリセットタイム 30s の応力測定結果

表 2　X 線による応力値とその 95%信頼区間

プリセットタイム, s	①応力値の 50 回の平均値とその 95%信頼限界, %	②25 回目の応力値とその 95%信頼限界, %
5	-483±39	-490±28
8	-485±30	-489±26
10	-492±25	-492±25
15	-493±23	-487±20
20	-489±22	-493±17
30	-485±20	-505±17

4.　結　　言

プリセットタイムを大きく取ると応力値の信頼区間の大きさが小さくなることを確認した。

参考文献

1）Kurita，M.，“A Statistical Analysis of X-ray Stress Measurement by the Gaussian Curve-Fitting Method”，Journal of Testing and Evaluation，Vol.9，No.5，1983，pp.285-291.

2）http://www.iri.pref.niigata.jp/topics/H29/29kin8.html，X線応力測定における応力値のばらつきについて（測定時間との関係），「新潟県工業技術総合研究所ホームページ」，2018 年 1 月 19 日.