

アクリル天板付き真空チェンバの真空排気試験

2007年3月15日

概要

アクリル天板付き真空チェンバの真空排気試験を行なった。ビニールシートで破損時の安全を確保した上で真空排気を行ない、アクリル板に破損がないことを確認した。アクリル天板の変形量を測定した結果、真空力による変形量は4 mm程度であった。これは計算値より1 mm程大きい値であるがこの変形量を最大応力に追加しても許容応力以下であった。

1 真空排気試験セットアップ

チェンバの配置図及び真空排気系を図1及び図2に示す。入射器チェンバと検出器チェンバを直結し、入射器側ダクトに取り付けた排気ポートから真空排気を行なう。真空排気はターボ分子ポンプと後段のロータリーポンプで行なう。

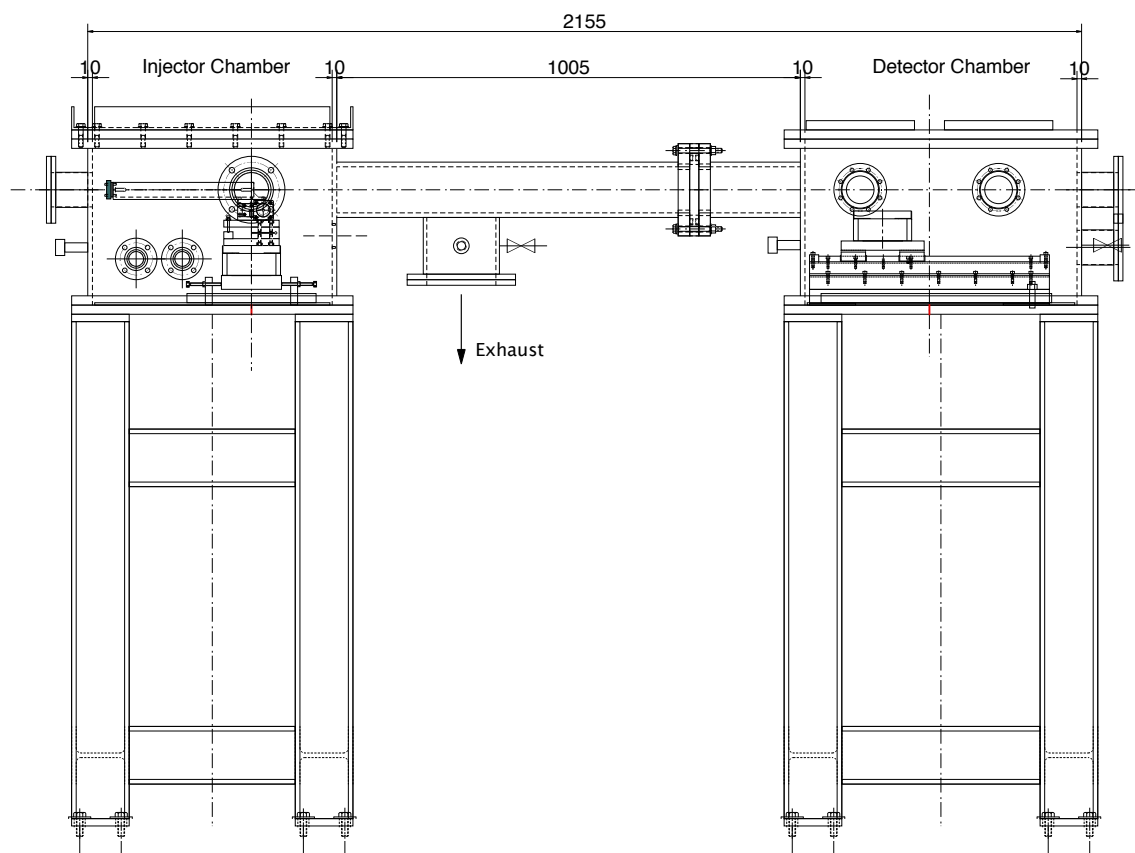


図1: 真空チェンバ配置図。左側がアクリル板付き入射器用チェンバ、右側が検出器用チェンバ。

2 真空排気試験

真空排気試験は以下の手順で行なった。

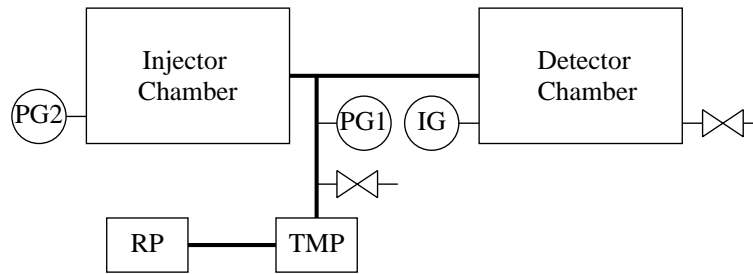


図2: 真空排気系統図。PG、IG、RP、TMP、はそれぞれピラニーゲージ、イオンゲージ、ロータリーポンプ、ターボ分子ポンプを表している。バルブの記号はリークバルブを表している。

1. 安全のため、真空排気前にアクリル天板を使った入射器チェンバは上面をビニールシートで覆い、粘着テープでビニールシートを固定した。
2. ビニールシートの上からアクリル板上部に 50 mm 厚の発泡スチロール板を乗せた。
3. ロータリーポンプを始動。
4. 1 時間程排気したが真空度は 4 kPa (PG1 の読み) 程度以上は良くならなかった。
5. 排気中、アクリル板からの破壊音等は聞こえなかった。
6. アクリル板上部に設置した発泡スチロール板とビニールシートを少し開け、目視にてアクリル板を確認。異常はなかった。
7. 現在検出器のテストに使用している (使用実績のある) ロータリーポンプへ交換した。
8. 交換前よりは真空度は向上したが、kPa のオーダーで真空度は停滞した。
9. フィードスルーのフランジからリーク音がしたのでロータリーポンプを停止し、リークバルブにてパージを行い、フィードスルーをはずすした。フィードスルーのフランジがリード線をかんでいたことが判明した。これを直してフランジを締め直した。
10. ロータリーポンプを再度始動。
11. 30 分程度で 100 Pa 以下まで到達。ターボ分子ポンプを始動した。
12. 真空度は 5×10^{-2} Pa まで到達 (イオンゲージによる測定)。
13. アクリル板からは特に破壊音等は聞こえなかった。
14. 目視にてアクリル板を確認。真空力による変形は見られたが、亀裂などの異常はなかった。

真空度が 5×10^{-2} Pa まで到達したこと、破壊音が聞かれなかったこと、目視による確認で亀裂等がなかったことから真空排気試験において、アクリル板は破損していないと考えられる。

3 アクリル天板の変形量

次にアクリル天板の変形量を測定した。図3に示したX印の点で図の様に、長い方の辺の 50x50 のアングルにアルミの金尺を渡し、金尺の下面とアクリル上面の高さをスケールで測定した。真空排気した状態と大気圧の状態で測定し、それらの差を変位量 δy とした。真空度は 100 Pa 以下で行なった。ポンプはターボ分子ポンプまで駆動した状態であった。測定結果を表1に示す。

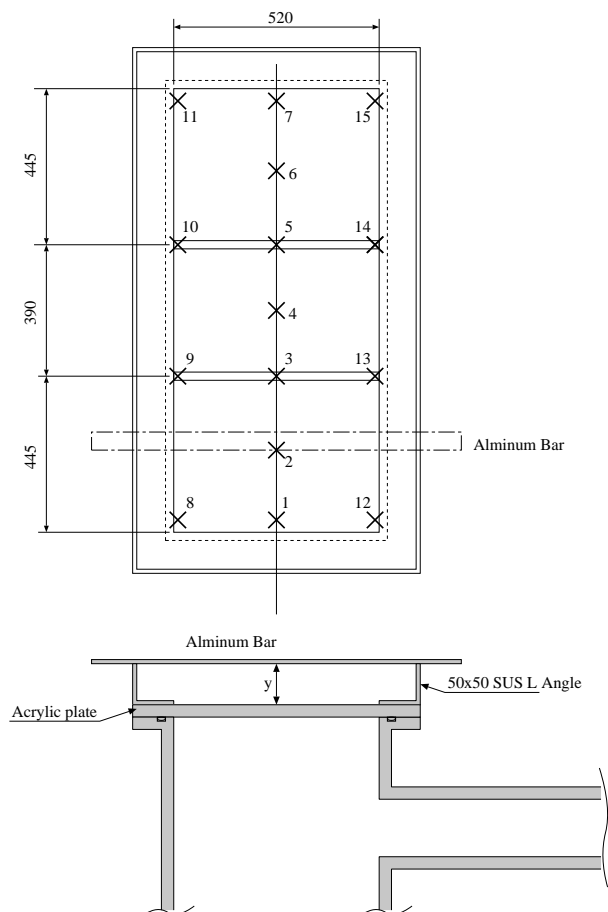


図 3: ひずみ測定点

SUS 梁の位置は前回の報告書の位置と若干異なっていたので、変形量と最大応力を再計算する。 $b = 520$ mm、 $a = 445$ mm として計算する。

$$b/a = 520/445 = 1.17 \quad (1)$$

$$\alpha = 0.02 \quad (2)$$

$$\beta = 0.38 \quad (3)$$

$$\sigma_{\max} = 19.0 \text{ MPa} \quad (4)$$

$$\delta y_{\max} = 3.10 \text{ mm} \quad (5)$$

最大応力が最大変位量に比例することを利用すると、最大変位が 4 mm の場合、最大応力は

$$\sigma'_{\max} = 19.0 \times 4/3.10 = 24.5 \text{ MPa} \quad (6)$$

となる。これは設計段階で設定した許容応力 25.3 MPa 以下なので、問題はないと考えられる。変位量の誤差の原因としてはアクリルのヤング率の誤差、真空チェンバ本体の変形、SUS 梁の変形、SUS 梁の取り付け位置のずれ等が考えられる。

位置	1	2	3	4	5	6	7	
y [mm] (真空 < 100Pa)	50	54	51	52.5	51	54	50.5	
y [mm] (大気圧)	50	50	49.7	50	50	50	50.25	
δy [mm]	0	4	1.3	2.5	1	4	0.25	
位置	8	9	10	11	12	13	14	15
y [mm] (真空)	50.5	50.5	50.4	50.5	50	50	50	50
y [mm] (大気圧)	50.2	50.5	50.5	50.5	50.0	50.0	50.0	50.5
δy [mm]	0.3	0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.5

表 1: アクリル板の変形量