

高温曝露環境における防潮堤用窓の変形特性

宮崎大学 (学) ○汐川 晶 鹿児島工業高等専門学校 (正) 安井 賢太郎
宮崎大学 (正) 森田 千尋 日新興業株式会社 渡邊 祐児

1. はじめに

防潮堤の開口部に設置する防潮堤用窓は、ステンレス製の窓枠と厚さ 40 mm のアクリル板から構成され、アクリル板は窓枠内全周に取り付けられたクロロプレン (CR) ゴムで保持される。また、平常時にはこのアクリル板が窓となることで採光及び海の眺望を可能にし、高潮や津波発生時には防潮堤に作用する水圧に耐える構造であることを特徴としている (図-1)。この防潮堤用窓は、主に東北地方の海岸沿いに施工される堤防壁の一定区間毎に採用されており、日射によりアクリル板が高温環境に曝されることが考えられる。ここで、温度変化がアクリル板に及ぼす影響については線膨張係数を用いて検討される (例えば 1) 程度であり、厚さ 40 mm を有するアクリル板の変形について実験的に検討した例は見当たらない。今後アクリル材を構造部材として利用するために、これらのデータを蓄積することは非常に重要である。

本研究は、高温曝露環境における防潮堤用窓の変形特性を把握することを目的とし、簡易恒温室内に設置したアクリル窓のひずみ量及び変位量を測定した。

2. 実験方法

実験供試体には、幅 1,160 mm、高さ 2,160 mm、厚さ 80 mm の実物大の防潮堤用窓を使用した。簡易恒温室 (内寸: 幅 2,400 mm×奥行 2,400 mm×高さ 2,700 mm) は断熱材と遮熱シートを使用して作製し、この中に供試体を設置した。室内の温度調整はジェットヒーターを使用し、恒温室に設けた開口部に外部から送風した。

本実験では、2018 年 7 月 23 日に熊谷市で記録した国内観測史上最高気温 41.1℃であり、この日 9 時間かけて温度が上昇した記録を参考に次の条件で昇温した。

- ・昇温条件 1 : 20℃/h (2.5 時間で 50℃上昇)
- ・昇温条件 2 : 5℃/h (10 時間で 50℃上昇)

ここで、恒温室内の温度上昇に伴い、アクリル窓が膨張することが予想されたため、恒温槽内温度、アクリル窓表面温度、及びアクリル窓の変位を同時に測定することで、温度とアクリル窓変形量の関係を求めた。また、



図-1 防潮堤用窓の使用例

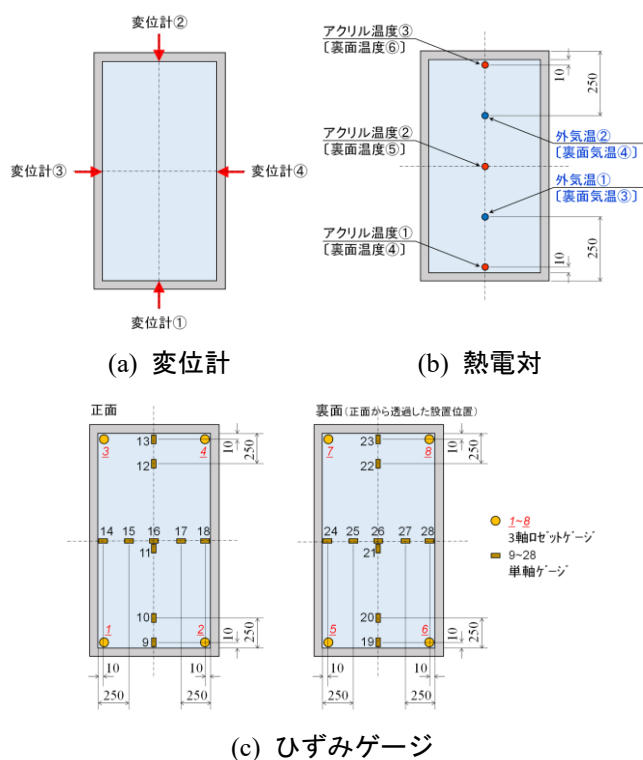


図-2 計測機器設置図

アクリル窓に貼り付けたひずみゲージにてアクリル窓に作用するひずみ量を測定した。図-2 に変位計、ひずみゲージ、及び熱電対設置位置を示す。

3. 結果と考察

図-3, 4 に昇温条件 1 及び昇温条件 2 における外気温、アクリル表面温度、及び変位量の測定結果を示す。これらの図を比較すると、外気温が 60℃を超え、アクリル表面温度も 50℃を超えた状況におけるアクリル窓の面外方向の合計変位は、条件 1 では、縦方向 3.65 mm、横方向 2.03 mm となり、条件 2 では、縦方向 5.09 mm、横

方向 3.01 mm であった。また、条件 1 では、外気温が 60℃に達した後の降温時において、アクリル表面温度が低下しているにもかかわらず変位量が僅かに増加して最大値を示した。一方の条件 2 では、外気温が 60℃に達した時に変位量が最大値を示し、アクリル表面温度の降温に伴って低下した。ここで条件 1、2 における外気温とアクリル表面の温度差に着目すると、外気温が急激に上昇するとこの差が大きくなることから、条件 1 は外気温の変化にアクリル窓の温度が追従せず変位量が相対的に小さくなったものと考えられる。

図-5 に昇温条件 2 における (a)アクリル窓長手方向のひずみ、(b)アクリル窓短手方向のひずみ、及び (c)アクリル窓隅角部ひずみの変化をそれぞれ示す。図-5 (a)より、アクリル表面温度の上昇に伴い圧縮ひずみが上昇した。これは、板厚が 40 mm あるため、内部まで熱が伝わりにくく (熱伝導率: 0.21 W/m・K)、アクリル表面で起こる膨張 (収縮) に対して、アクリル内部が変化しないことにより圧縮 (引張) ひずみが生じるものと考えられる。表面温度が 50℃に達した際の圧縮ひずみは 150 ~ 350 μ であり、図-5 (b)も同様に、アクリル表面温度の上昇によって最大で 150 ~ 550 μ の圧縮ひずみが生じた。また、双方ともに窓枠に近い位置において圧縮ひずみが高い傾向であった。これは、アクリル表面と内部の温度差に加え、窓枠とアクリル窓の間に取り付けられた CR ゴムの拘束によるものと考えられる。

図-5 (c)に、アクリル窓隅角部における主ひずみを示す。アクリル表面温度の上昇に伴い主ひずみは上昇し、最大で 250 ~ 300 μ の圧縮ひずみを示した。ここで、図内にはアクリル窓長手方向軸と主ひずみのなす角度を示している。温度上昇時の主ひずみの角度は、1 及び 5 の平均角度が 42.0°、2 及び 6 の平均角度が 42.5°、3 及び 7 の平均角度が 42.3°、4 及び 8 の平均角度が 44.0°であり、窓枠 (CR ゴムから) から均等に拘束されていることが推察される。

4. 結論

高温曝露環境下における防潮堤用窓の変形を実験的に検討した結果を以下にまとめる。

- 1) アクリル窓の面外方向の最大変位は 5.09 mm であり、窓枠とのクリアランス (10 mm) 以内に十分収まる。
- 2) アクリル窓の温度上昇に伴い、アクリル表面と内部の温度差、窓枠の拘束による圧縮ひずみが発生する。

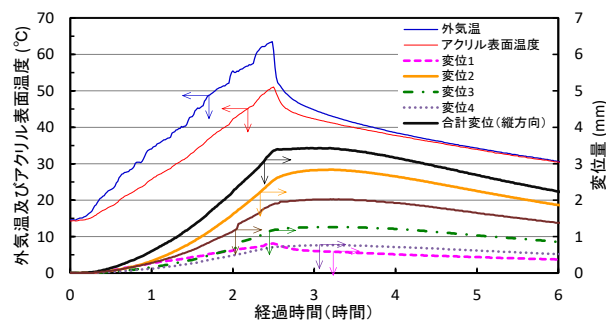


図-3 温度と変位量の関係 (昇温条件 1 : 20°C/h)

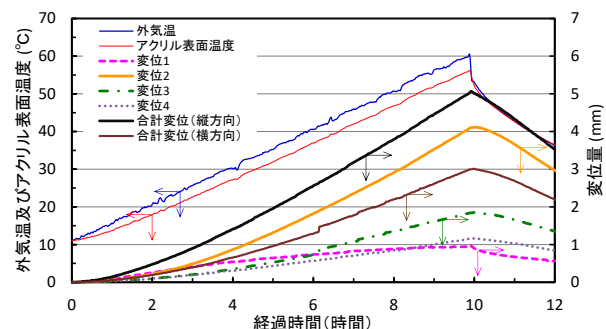
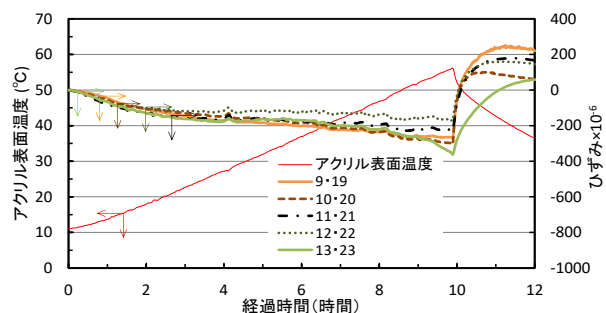
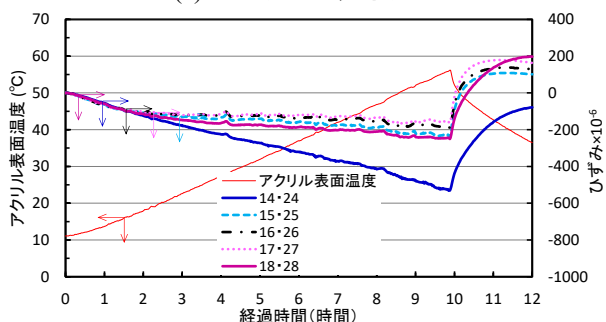


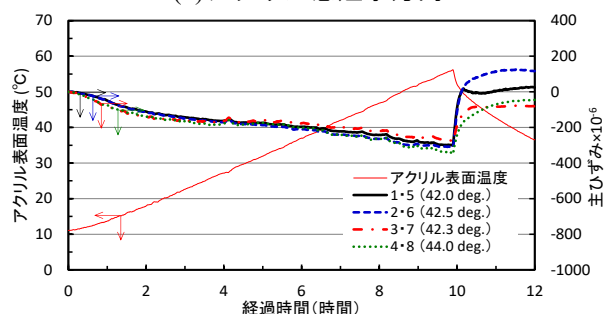
図-4 温度と変位量の関係 (昇温条件 2 : 5°C/h)



(a)アクリル窓長手方向



(b)アクリル窓短手方向



(c)アクリル窓隅角部における主ひずみ

図-5 温度とひずみの関係 (昇温条件 2 : 5°C/h)

参考文献

- 1) 石油化学工業協会メタクリル政策部会技術ワーキンググループ: アクリル板を用いた設計の手引き, 2009