

超音波測定による FRP 防水材の劣化状況観察 その4

超音波検査 FRP防水材
劣化 屋外暴露 促進暴露

正会員 ○西墻弘美* 正会員 辻 修也* 正会員 長谷川清勝*
同 神崎満幸* 同 川口圭太* 同 吉田信貴*
同 梅田佳裕*

1.はじめに

FRP防水材工業会 (FBK) では、昨年度超音波測定によるFRP防水材の屋外暴露試験体における劣化状態観察結果について報告した^{1),2),3)}。本年は更に促進暴露試験体の評価結果及び屋外暴露試験体との状態観察結果比較について、超音波測定から得られる音速と、試験体の引張弾性率との相関性に着目し報告する。

2.試験

2.1 試験体内容、暴露条件および試験条件

本報告に使用した試験体の内容を表1に、屋外および促進暴露条件を表2および表3に、引張試験および超音波測定条件を表4および表5にそれぞれ示す。

表1 試験体の内容

	M-1	M-2	M-3
トップコート層	なし	アクリル ウレタン	ポリエステル樹脂
FRP 層	スチレン系不飽和ポリエステル樹脂		
防水層 仕様	380g/m ² ガラスマット 2 層、 ガラス含有率 25wt%		
設計厚さ	2.0~2.6mm		
初期厚さ	2.41mm	2.32mm	2.58mm
設計密度	1.50g/cm ³ (計算値)		

表2 屋外暴露試験地

旭川(北海道)	銚子(千葉県)	宮古島(沖縄県)
---------	---------	----------

表3 促進暴露試験条件

光源	試験規格	試験時間
キセノン	JIS A1415 6.1 WX-A	10,000 時間

表4 引張試験条件^{*1}

試験規格	試験片	試験速度
JISK7113(当時)	5号試験片	5mm/min

*1・・・暴露試験の基材(コンクリート、鉄)から外して試験

表5 超音波測定条件^{*2}

サンプリングレート	パルス電圧	感度設定値
2GHz	100V	6dB

*2・・・暴露試験の基材(コンクリート、鉄)から外して試験

2.2 超音波の音速測定

超音波によるFRP防水材の音速は、図1に示した装置および解析方法によって算出される。図1において、発信パルスの高さが-0.1V以下になった点から第一底面エコーのゼロクロス(図1右図の赤丸部から青丸部)までの時間を TOF (Time

Of Flight=超音波伝播時間)とし、(1)式を用いて音速を算出した。また(1)式から、固体物質中を伝播する音速は材料の密度および弾性率と相関性がある事が分かる。

$$v = \frac{2t}{TOF} = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad \dots\dots(1)$$

v : 音速(m/s) TOF: 超音波伝播時間(sec)

t: 超音波波形を採取した箇所の板厚(m)

E: 弾性率(N/mm²) ρ: 密度(g/cm³)

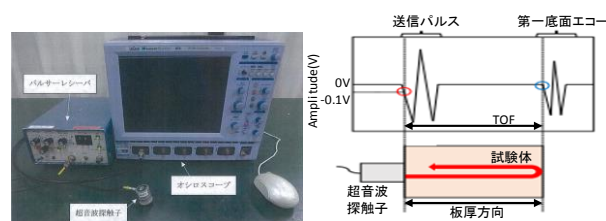


図1 超音波測定装置概要および音速解析方法概略

3.試験結果

3.1 屋外暴露試験体(7年後)の評価結果

図2から図4に屋外暴露試験体の引張弾性率および音速の経年変化を示す。弾性率について、M-1、M-2、M-3ともに精度の高い一定の傾向を示してはいるが、それぞれ特異に大幅な増減はなく、実用面から見ても暴露7年後で物性低下はないと考えられる。音速についても弾性率と同様にある程度の振幅が見られるが、この範囲では特異に大幅な増減はないと考えている。しかし M-3 のみ経年で低下傾向が見られた。これは後述する密度のばらつきの影響と考えられる。

3.2 促進暴露試験体(10,000 時間後)の評価結果

図5に促進暴露試験体の引張試験片の概要を示す。M-3のみ中央に大きくクラックが入っていた。図6にM-1の超音波測定波形を示す。左図のブランクよりも右図の促進暴露試験体の波形の方が振幅が大きくなっており、これは音速が速くなる事を示す。図7に引張弾性率および音速の経時変化を示す。音速は図6の結果を反映し、経時で速くなる傾向が確認された。弾性率において M-3 のみ経時で低下傾向が見られた。これは図5に示したクラックの影響と考えられる。

4.考察

4.1 屋外暴露試験体における考察

音速と弾性率の相関性を示した表6を見ると、相関性を示す R² は概ね低く、この表からは相関性が非常に低いと判断される。複合材料である FRP 防水材は複合材料の為ある程度密度のばらつきを持っている。超音波測定による音速は、式(1)に示したように密度とも相関性がある事から、この密度のばら

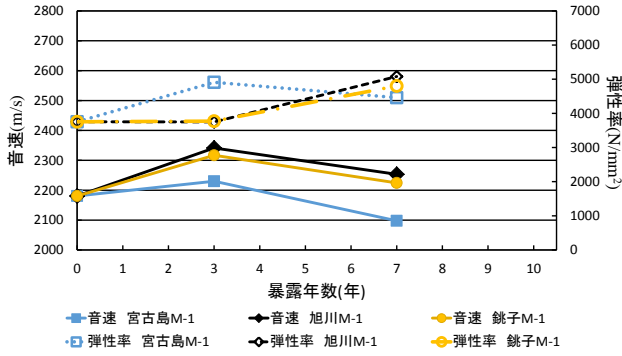


図2 M-1 屋外暴露年数と音速及び弾性率の関係

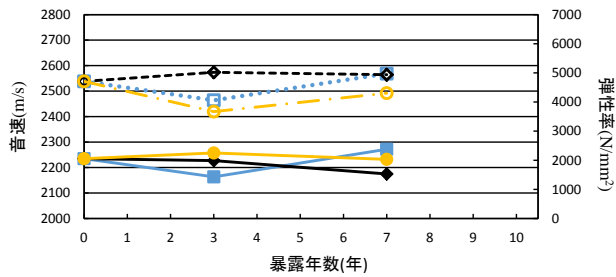


図3 M-2 屋外暴露年数と音速及び弾性率の関係

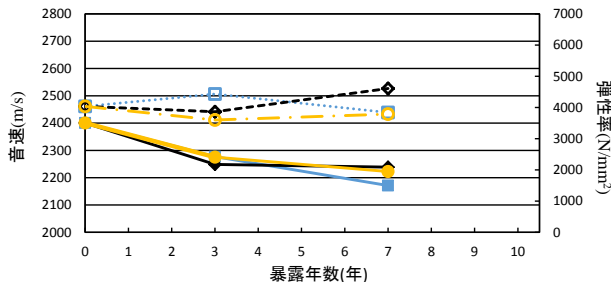


図4 M-3 屋外暴露年数と音速及び弾性率の関係

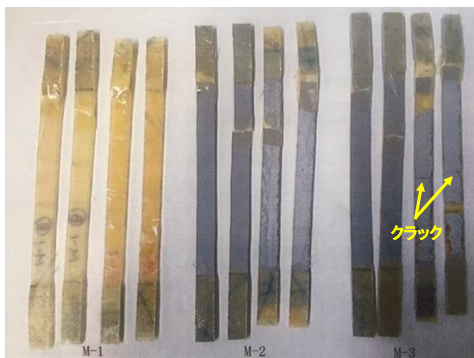


図5 促進暴露試験体の引張試験片(左から M-1,M-2,M-3) (それぞれ左側 2 本:blank、右側 2 本:促進暴露試験体)

つきを計測に高精度で反映しているため、弾性率との相関性を低くしていると考えられる。今後この弾性率と音速の測定精度の差を検証していく必要があると考えられる。

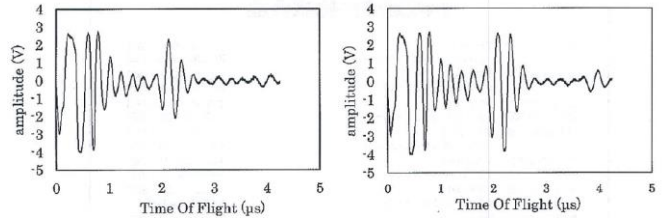


図6 促進暴露試験体の超音波波形(左:blank、右:促進)

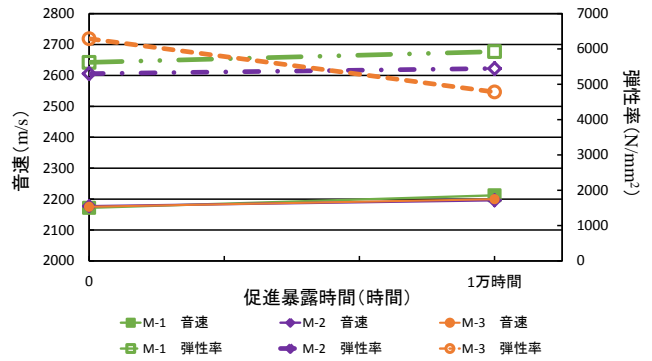


図7 促進暴露時間と音速及び弾性率の関係

表6 音速と弾性率の相関性 R² 係数

	宮古島	旭川	銚子
M-1	0.06	0.00	0.04
M-2	1.00	0.14	0.77
M-3	0.08	0.12	0.51

4.2 促進暴露試験体における結果と考察

図7においてキセノン 10,000 時間後の音速は、全ての試験体で速くなっており、M-1、M-2 の弾性率と相関性が見られた。ただしクラックの影響により弾性率が低下したと考えられる M-3 の結果を反映しない場合があるため、超音波測定と関連づけるためには、n 数を増やして、密度のばらつきの影響をできるだけ排除する事が必要と考えられる。

5.まとめ

屋外暴露および促進暴露試験において、FRP防水材の引張弾性率と超音波測定による音速との相関性について検証した。まだ測定精度の摺合せや n 数増しによる検証が必要と考えられるが、今後引き続きこれらの相関性を検証したい。

参考文献

- 1) 藤井善通 超音波測定による FRP 防水材の劣化状況観察その1
 - 2) 西墻弘美 超音波測定による FRP 防水材の劣化状況観察その2
 - 3) 神崎満幸 超音波測定による FRP 防水材の劣化状況観察その3
- 1)~3) 日本建築学会大会学術講演梗概集 2016 年 8 月