(46) GFRP引抜き成形材の大気暴露試験による劣化特性

小林 憲治1・日野 伸一2・貝沼 重信3・山口 浩平4・大本 透5

¹学生会員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744) E-mail:kenji@doc.kyushu-u.ac.jp

²正会員 九州大学大学院教授 工学研究院建設デザイン部門(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744) E-mail:hino@doc.kyushu-u.ac.jp

³正会員 九州大学大学院准教授 工学研究院建設デザイン部門(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744) E-mail:kai@doc.kyushu-u.ac.jp

⁴正会員 九州大学大学院助教 工学研究院建設デザイン部門(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744) E-mail:kohei@doc.kyushu-u.ac.jp

⁵学生会員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻(〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744) E-mail:toru@doc.kyushu-u.ac.jp

GFRP(ガラス繊維強化ポリマー)は、軽量・耐食性等の特徴により、新たな土木構造材料として期待されている.著者らは、これまでに土木構造部材への適用に向け、GFRPの材料力学特性や部材レベルでの耐荷挙動について研究してきた.一般にGFRP自身は、水、光、熱により劣化するが、その多くはGFRPの機械的特性に与える影響が小さく実用上問題となることは少ない.しかしながら、著者らの知る限り土木構造部材としてのGFRP接合に関する研究知見は少なく、長期耐久性に関する研究はほとんど行われていない.そこで本研究では、引抜き成形されたGFRPおよびGFRP・鋼接合部の試験体について大気暴露試験を行い、GFRPおよびGFRP・鋼接合部の接合耐力の劣化特性について検討した.

Key Words : GFRP, pultrusion, exposure test, deterioration characteristics, joint

1. はじめに

GFRP(ガラス繊維強化ポリマー)は、軽量で耐食性 に優れるため、死荷重の増加を抑え、工期の短縮やライ フサイクルコストの低減が可能であることから、新たな 土木構造材料として期待されている.著者らはこれまで、 大量生産性に優れた引抜き成形法で製作されたGFRPに 着目し、土木構造部材としての適用性についてその材料 力学特性や、はり部材の耐荷挙動および部材接合法につ いて検討してきた^{1),2)}.

GFRPは水や光,熱による劣化が報告^{3),4)}されているが, これらの劣化は、一般的な土木構造物としての使用状況 下では機械的特性に大きく影響しないため、GFRPは耐 久性に優れた材料と言われている.

現在、国内ではGFRPのみで土木構造物が建設された 事例はなく、必ず他の材料と併用して用いられている⁵. 特に、GFRPの接合部は鋼材やステンレス材と併用して 形成されており、この部位の長期耐久性についてはほと んど研究されておらず未解明な点が多い.また、GFRP の接合は接着接合と機械接合を併用して用いられること が多いが、その接合方法についても確立されているとは 言えず、より多くの基礎実験データの集積が望まれてい るところである.

そこで本研究では、引抜き成形されたGFRPを対象として、大気暴露環境下および恒温恒湿環境下でGFRP自身の劣化特性を検討した.また、GFRPと鋼材の部材接合を想定し、接合方法をパラメータとしたGFRP・鋼接合部についても大気暴露試験を行い、接合方法が接合耐力に及ぼす影響について検討した.さらに、接合部試験体については接合に用いた高力ボルトのボルト軸力を計測し、大気暴露環境下および恒温恒湿環境下に置けるボルト軸力の変化についても検討した.

2. GFRPおよび大気暴露試験の概要

(1) GFRP引抜き成形材

GFRPは、強化繊維であるガラス繊維を不飽和ポリエ ステルやビニルエステル等の熱硬化性の樹脂マトリック スに含浸させて製造される複合材料である.図-1に示す 引抜き成形法は、ガラス繊維を束状に結ったロービング や繊維を編み込みシート状に加工したものを任意の配向 角で熱硬化性樹脂を含浸させながら連続的に供給し、加 熱ダイを通過させて任意の断面形状で硬化させ引抜いて 成形加工する方法で、GFRPの他の成形法に比べ大量生 産性に優れ、製作コストを低減でき、大型な部材を大量 に使用する土木構造材としては利点の多い成形法と言え る.

本研究で用いたGFRP引抜き成形材は、I型断面はり部 材のウェブ部である.その積層構成は、図-2に示すよう に、中心からロービング(Rov)と、ニットファブリッ ク(KF)、ダブルバイアス(DB)、コンティニュアス ストランドマット(CSM)により構成されている.中心部 のロービング層は、0方向(引抜き方向)にガラス繊維 を引き揃えた.ファブリック層は0/90方向にガラス繊 維を配向し編み、ダブルバイアス層はせん断耐力向上の ため+45^{-/-45⁻/+45⁻/-45⁻に編みこんだ層を2枚積層した. 表層部のCSM層はガラス繊維をランダムに配向させた ストランドマットで構成されている.使用した熱硬化性 樹脂は、不飽和ポリエステル樹脂であり、製作時のガラ ス繊維の質量含有率は59%である.}

(2) GFRPの一般的な劣化特性

GFRPは,水や光,熱による劣化が報告^{3),4)}されている.

水による劣化には、GFRPが水分に長時間浸漬することによって生じる加水分解で樹脂マトリックスが溶出すること⁶や、ガラス繊維と樹脂マトリックス間の界面剥離が生じること等がある.

光による劣化には、紫外線によって樹脂マトリックス が酸化劣化して黄変し表面の繊維が剥き出しになる樹脂 痩せ⁷⁾がある.劣化の当初は表面の光沢が顕著に低下し、 その後樹脂が黄変する.この光による劣化については表 層のみの劣化であり、機械的特性にはほとんど影響しな い.また、表層にゲルコート等の塗装を施すことによっ て表層の劣化を防ぐことができる.

熱による劣化は、通常の使用状態下においては問題とならないが、樹脂マトリックスの熱変形温度を超えるような高温下で長時間使用されることにより劣化する.外観的には黄色を経て黒色に変化し、機械的特性はビニルエステル系GFRPでは140℃、2年間で引張強度が30%程度低下すると報告されている⁴.





図-3 接合部試験体の暴露状況

また、GFRPの積層構成によっても劣化特性が異なり、 単層構成の場合には、大気暴露試験において強度が低下 する場合があるが、複数の層で構成された場合はほとん ど強度が低下しないと報告されている⁹.

これらのGFRPの代表的な劣化は、土木構造物としての使用環境下においては単独でなく複合的に進行するが、 その多くがGFRP自体の機械的特性の低下には影響が小 さい.

(3) 大気暴露試験

GFRP引抜き成形材が土木構造部材として適用される 環境での劣化特性を把握するため、JISK7219⁸⁾に準じ沖 縄県にて大気暴露試験を実施した.暴露した試験体は、 GFRP板材の試験片が3体、GFRP・鋼接合部試験体が27 体である.図-3に接合部試験体の暴露状況を示す.南向 きで、暴露角度30度で試験体を設置した.

暴露試験場所は,沖縄県中頚城郡(Lat.26°15'N, Long.127°46'E)であり,試験期間は2006年5月から2009 年5月までの3年間である.実施環境は,試験期間の平均 最高気温は26.2℃,平均最低気温は21.2℃であった.平均

湿度は72.7%, 平均日照率は39.3%である. 飛来塩分量は 0.3mmd, 年間平均降水量は約2169mmで, 同位置は表-1⁹ に示すように他の地域と比較しても、土木構造物がおか れる環境としては大変厳しい場所であることがわかる. また,沖縄県の月平均紫外線量 (UV-B) は20.7kJ/m²と国 内で最大であり、GFRPの主要劣化の一つである紫外線 劣化が懸念される.

3. GFRP引抜き材の材料劣化特性

(1) 試験概要

試験片寸法および板厚計測位置を図-4に示す. 試験片 は、長さ400mm、幅60mm、板厚12mmの短冊状のもので ある. また, 恒温恒湿室 (室温20℃, 湿度60%) にも保 管し,暴露試験片との比較を行った.試験片数は暴露, 恒温室それぞれ3体の計6体である.

計測および観察項目は、試験片の外観性状、質量およ び板厚である. なお, 質量は電子天秤で計測した. 板厚 はマイクロメータで図-4に示す位置の板厚を計測した. 計測および観察間隔は,試験開始から6ヶ月経過毎である. 3年間の試験終了後、JISK7052⁸⁾に準じガラス繊維の質量

| $\overline{}$ | 最高気温 | 最低気温 | 湿度 | 日照率 | 降水量 | 紫外線量 |
|---------------|------|------|------|------|------|--------------------|
| | °C | °C | % | % | mm | kJ/mm ² |
| 沖縄 | 26.2 | 21.2 | 72.7 | 39.3 | 2169 | 20.7 |
| つくば | 19.4 | 9.5 | 75.3 | 42.7 | 1376 | 13.9 |
| 札幌 | 13.3 | 5.8 | 68.0 | 39.7 | 1006 | 11.8 |

表-1 試験期間の平均気象データ

含有率を測定するとともに、JISK7054、JISK7018⁸⁾に準 じて引張, 圧縮強度試験を行った.

(2) 試験結果

a) 外観性状

試験前および3年経過後の暴露試験片の外観を図-5に、 恒温室試験片の外観を図-6に示す.図-6の恒温室試験片 は、試験前と3年経過後で変化がないことが確認できる. しかし、図-5の暴露試験片は、3年経過後にはGFRPの代 表的な劣化現象である樹脂の黄変が生じて、表層のガラ ス繊維が剥き出しになっている.600倍の顕微鏡にて撮影 した暴露試験片と恒温室試験片の表面を図-7に示す.(a) の暴露試験片の表面は、表層であるCSMのガラス繊維直 径が計測できるほど顕著に繊維が露出し、樹脂が黄変し ているのが確認できる. それに対し(b)の恒温室試験 片の表面は、樹脂で完全に被覆されており繊維の露出な どは一切確認されない.

また、図-8に示すように、この表面劣化は暴露試験片 の対空面(暴露時の上面)で顕著であったのに対し、対 地面(暴露時の下面)では若干の黄変が確認されたもの の、ガラス繊維はほとんど露出していなかった.これは、 試験片の対空面が対地面に比べて、より紫外線や雨水に



よる影響を受けたためで、部材の設置箇所および角度に よって、材料の劣化特性が異なることが明らかである.

b) 質量

質量低減率-経過期間関係を図-9に示す.なお図の縦軸 は、試験開始前に対しての変化率を示している.3年経過 時点で恒温室試験片は質量が変化しないのに対し、暴露 試験片では0.5%程度低減している.これは、水分、熱お よび紫外線による樹脂劣化(樹脂痩せ)により、表層の 樹脂が分解、溶解して流れたためと考えられる.

c) 板厚

板厚低減率-経過期間関係を図-10に示す. 試験片全体の板厚を評価するため,図-4に示す6箇所の計測位置における平均値を用いている.3年経過時点で暴露試験片と恒温室試験片での板厚の相違は確認されない. 質量低減率と相関がないのは、樹脂痩せした表層が薄く板厚計測では顕著な変化が確認できなかったためと考えられる.

d) 繊維含有率および材料強度

JISK7052に準じて、暴露試験片および恒温室試験片の 繊維質量含有率を測定した.材料強度試験はJISK7054、 JISK7018に準じて、暴露試験片および恒温室試験片の引 張、圧縮強度試験を行った.引張試験では引張弾性係数 も測定した.表-2に繊維含有率の測定結果および材料強 度試験結果を示す.材料強度試験は3体の平均値を示して いる.繊維含有率は、暴露試験片と恒温室試験片でほと んど差異が確認されなかった.これは、試験片の表層が 薄いためと考えられる.

材料強度試験結果も繊維含有率と同様に,暴露試験片 と恒温室試験片での差異は確認されなかった.また,試 験片の破壊性状は引張試験および圧縮試験ともに暴露試



験片と恒温室試験片で同様であった.既往研究ⁿでは2~ 15年間の暴露試験において,5年程度の期間では引張,圧 縮,曲げ強度の低下率が0.95~1.0とほとんど低下しない が,15年の試験期間では,引張,圧縮強度は低下せず, 曲げ強度のみが0.87~0.94と若干低下すると報告されて いる.さらに引抜き方向や積層構成によって強度低下率 が変化するとも報告されている.3年間の本試験において も,恒温室試験片と暴露試験片での引張,圧縮強度およ び引張弾性係数の差はなく,3年程度の暴露期間では厳し い環境条件下でも材料強度特性に変化のないことが確認 された.

GFRPは表面を塗装することにより樹脂痩せを防止でき、塗装した場合は強度が低下しないため、GFRP単体としては土木構造材料として実用上十分な耐久性を有していると言える.

4. GFRP・鋼接合部の強度劣化特性

(1) 試験概要

a) 試験体

接合部試験体の概略図を図-11 に示す. 試験体に用いた GFRP 板は,前章と同様のものである. 接合する添接 鋼板は SS400 とし,ダブルラップ形式で接合した. GFRP 板および樹脂接着剤の材料特性を表-3 に示す. GFRP 板の接合面は,サンドペーパー(#60)で目荒らしし,添 接鋼板の接合面はディスクグラインダーでのケレン加工 のみとした.

試験体の種類および数量を表-4に示す. 接合方法を試

表-2 繊維含有率測定および材料強度試験結果



験パラメータとし, 接着接合, 高力ボルト摩擦接合, 接 着と高力ボルト摩擦の併用接合の3種類とした. Ad タ イプは樹脂接着剤(主剤と硬化剤を質量比1:1で混合) を添接鋼板に塗布後, GFRP 板と添接鋼板を接着させ, 万力で固定して養生した. Bo, CoタイプはGFRP 板に e/d=3.8⁴, w/d=4.7⁴ (e:縁孔距離, w:部材幅, d:孔径) となるボルト孔を開け, Bo タイプは高力ボルトのみで 摩擦接合し, Co タイプは樹脂接着剤と高力ボルトを併 用して接合した. Bo, Co タイプの試験体に導入したボ ルト軸力は,高力ボルト M16 の設計トルク 250Nm で, プリセット型のトルクレンチを用いて導入した.試験体 作成後,防錆処置として塗装を施した.

Bo タイプについてのみ、暴露試験体との比較のため、 室温 20℃、湿度 60%の恒温恒湿室にも保管し、暴露試 験体3体と恒温室試験体3体について GFRP 板の中心に 軸力計測用のひずみゲージが位置するようにゲージを 埋め込んだ高力ボルトを用いて試験体を製作し、軸力導 入後からのボルト軸力の経時変化を計測した。

b) 計測および試験方法

ボルト軸力は,暴露試験体および恒温室試験体ともに 試験開始後から約6ヶ月経過毎に試験終了まで計測した.

図-12に試験機への試験体の設置状況を示す. 試験体 両端部の添接鋼板間に, 試験機固定用の鋼板 (SM490) を差込み, ボルトを用いて引張力を伝達させるものとし た. その鋼板を試験機の上下チャックで挟み, 荷重制御 し載荷速度を1kN/secとして漸増引張試験を行った.

(2) 試験結果

a) Adタイプ

AdタイプはGFRP板と添接鋼板間の樹脂接着剤の付着切れにより脆性的に破壊に至った. 図-13にAdタイプの最大荷重を示す. 0.5年経過時点で最大荷重の向上が確認されるが、2年、3年経過後には最大荷重が低下していることがわかる. なお、3年経過時点の試験においては、3体中1体が腐食しており、引張試験以前に添接鋼板がGFRP板から剥がれていた.

0.5年経過時点で最大荷重が向上しているのは、樹脂 接着剤のポストキュアやアニーリングの影響とも考え られるが、ばらつきも大きく要因を特定するには至らな かった.これについては、温度や湿度等、樹脂接着剤の 養生環境を考慮した接着強度試験による検討が必要で ある.図-14に2年経過時点および3年経過時点の引張試 験後の接合面を示す.0.5年経過時点では接合面に発錆が 確認されなかったが、2年経過時点では接合面に発錆が 確認されなかったが、2年経過時点では一部に、3年経過 時点では全ての試験体の接合面に発錆が確認された.試 験体は防錆処置として塗装していたが、3年経過時点では 全ての試験体で発錆し、添接鋼板に生じた錆は、接合面

表-3 GFRP 板および樹脂接着剤の材料特性

| | 引張強度 | 335 | |
|-----------|-----------|----------------------|--|
| GERP标 | 引張弾性係数 | 23.5×10^{3} | |
| UI KI 1 | 圧縮強度 | 283 | |
| | せん断強度 | 56.9 | |
| | | 17.5 | |
| 樹脂控差刘 |] 進升/ 新時度 | (鋼材同士) | |
| 烟加3女 但 月1 | 力成已ん阿强度 | 3.9 | |
| | | (FRP同士) | |
| | | 2 | |

単位:N/mm²

表-4 試験体種類および数量

| | 暴露前 | 0.5年経過 | 2年経過 | 3年経過 |
|-----------------------|-----|--------------------|------|--------------------|
| Ad (接着接合) | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Bo (高力ボルト) 摩擦接合 | 2 | 6 (恒温室) 3体含む | 3 | 6 (恒温室) 3体含む |
| Co (併用接合) | 2 | 3 | 3 | 3 |





の全面に広がっていた.よって,暴露期間経過とともに 添接鋼板が発錆する可能性が高くなり,樹脂接着剤の接 着強度が低下して,接合耐力の保持が困難になると考え られる.

b) Boタイプ

BoタイプはGFRP板と添接鋼板の接合面の摩擦が切れ

大きな音とともにすべりが発生した. すべり発生時点で 高力ボルトがGFRP板の孔壁に接し支圧状態となったた め、この時点で摩擦接合としての耐荷機能を失ったもの として試験を終了した. すべりが発生した時点の荷重を すべり荷重とし、比較したものを図-15に示す. すべり荷 重の増減があるものの概ね一定の接合耐力を有し、暴露 期間による影響は小さいと言える.

ボルト軸力の残存率と経過期間の関係を図-16に示す. 図には、参考文献¹⁰⁾の計測結果を合わせて示している。 なお、暴露試験体のうち1体はひずみゲージの断線により 計測ができなかった.軸力残存率は3年経過時点で暴露試



験体では約70~80%,恒温室試験体で76~86%程度であ った.暴露試験体、恒温室試験体ともに概ね70%以上の 軸力残存率で停留していると推察できる.

軸力導入時および引張試験時のボルト軸力より算出し たすべり係数および摩擦係数と経過期間の関係を図-17 に示す. 0.5年経過時点の恒温室試験体の摩擦係数が一部 高い値を示しているが、暴露前の結果からは増加し3年経 過時点までで概ね一定のすべり,摩擦係数となっている.

図-18に2年および3年経過時点の引張試験後の接合面 を示す. Adタイプと同様に, 0.5年経過時点では接合面に 錆が確認されなかったが、2年経過時点では全ての試験体



(b) 3 年経過時点





(a) 2 年経過時点



(b) 3 年経過時点



(c) 3 年経過時点(恒温室)図-18 Bo タイプ接合面

の接合面に錆が確認された.しかし、3年経過時点では3 体中1体にのみ錆が確認された.また、恒温室試験体では 錆がほとんど発生していなかった.よってBoタイプにつ いては暴露期間と添接鋼板の発錆との関係は低い可能性 がある.なお、添接鋼板に生じた錆は、接合面の全面が 錆びていたAdタイプと異なり、ボルト孔を中心に同心円 状に外側から発錆していた.これは、高力ボルト周辺の 軸力の影響範囲内では、GFRP板と添接鋼板がより密着 し、発錆の要因となる水分や空気の進入を抑制したため





(a) 2 年経過時点



(b) 3 年経過時点図-20 Co タイプ接合面

と考えられる.

c) Coタイプ

Coタイプは、載荷中に樹脂接着剤の剥離音が発生しな がら荷重が増加し、Boタイプと同様にGFRP板と添接鋼 板の接合面がずれて、大きな音とともにすべりが発生し た.すべり荷重を比較したものを図-19に示す. Coタイ プも、すべり荷重の増減があるものの概ね一定の接合耐 力を有し、暴露期間による影響は小さいと言える.

図-20に2年および3年経過時点の引張試験後の接合面

を示す. Ad, Boタイプと同様に, 0.5年経過時点では接 合面に錆が確認されなかったが, 2年および3年経過時点 では一部に錆が確認された. よって, 暴露期間の経過と ともに発錆する可能性は高くなると言える.

d) 接合方法による結果の比較

最大荷重を比較すると、Adタイプが最も小さくばらつ きが大きい. CoタイプがBoタイプに比べ若干大きい.

接合面の発錆状況は、全てのタイプで0.5年経過時点ま では錆びが確認されなかったが、2年経過以降は発錆して いた. Adタイプは接合面の発錆が最大荷重を支配し、発 錆した場合は樹脂接着剤の接着強度が低下することで接 合耐力は著しく低下する. BoタイプとCoタイプは接合面 の発錆は最大荷重には影響せず接合耐力が保持できる.

これらより、本試験の範囲ではBo, Coタイプが大気暴 露環境下で接合耐力を保持することができると言える.

5. まとめ

本研究では、GFRPおよびGFRP・鋼接合部の大気暴露 試験を行い、材料劣化特性や接合部の強度劣化特性について検討した.本研究で得られた知見を以下に示す.

- (1) 大気暴露試験から、GFRPの表層が雨水や紫外線に より劣化し、樹脂痩せによる繊維の露出等が確認さ れた.また、部材の設置箇所および角度によって材 料の劣化特性が異なることが明らかになった.
- (2) 樹脂痩せにより外観性状は変化するが、繊維含有率 や材料強度に影響しないことが明らかになった.
- (3) GFRP・鋼接合部の引張試験より,接着接合のAdタ イプは大気暴露によって接合耐力が低下するが,Bo タイプの高力ボルト摩擦接合とCoタイプの併用接 合では接合耐力が低下しないことが確認された.
- (4) ボルト軸力を計測したBoタイプでは、暴露試験体、 恒温室試験体ともに概ね70%の軸力残存率で停留

し、3年経過時点までで概ね一定のすべり係数およ び摩擦係数となっていることが確認された.

以上より,3年間の大気暴露試験を行った本試験の範囲 では、高力ボルト摩擦接合および接着剤と高力ボルトを 併用した接合が、接合耐力保持の観点からは優位である と考えられる.しかし、試験結果のばらつきも大きく、3 年間の範囲であるため、更なる試験データの集積が必要 である.

今後は、ボルト軸力の低減が接合耐力に及ぼす影響と 維持管理手法を含めた部材接合の開発に向けた研究を進 めていく.

謝辞:本研究は,平成19~21年度科学研究補助金基盤研究(B)(代表 日野伸一)の補助を受けている.また㈱AGC マテックスより試験体を提供頂いた.ここに記して謝意を表する.

参考文献

- 1) 小林憲治, 日野伸一他:GFRP 引抜き成形 I 形断面はりの材 料力学特性および曲げせん断挙動に関する実験的研究, 構造 工学論文集, Vol.54A, pp.850-859, 2008.
- 小林憲治,日野伸一他:接着剤および高力ボルトを用いた GFRP・鋼接合部の強度特性に関する実験的研究,構造工学論 文集, Vol.55A, pp.1140-1149, 2009.
- 西崎到: FRP の土木構造用途における劣化と耐久性,非破壊 検査,第54巻1号, pp.20-25, 2005.
- 4) 強化プラスチック協会: FRP 構造設計便覧, 1994.
- 5) 張惟敦 他: FRP 製歩道橋の機械的接合部に関する実験的評価, 石川島播磨技報 橋梁特集号, pp.69-72, 2001.
- 6) 土木学会: FRP 橋梁, 構造工学シリーズ 14, 2004.
- 7) 日本複合材料学会:日本複合材料学会誌, Vol.34, No.5, 2008.
- 8) 日本規格協会: JIS ハンドブック 26 プラスチック I, 2007.
- 9) 気象庁: 気象統計情報 (http://www.jma.go.jp/jma/index.html)
- 木嶋健,勝野壽男他: FRP ボルト接合における軸力の経時 変化に関する実験的検討,土木学会第61回年次学術講演会 講演概要集,CS10-004, pp.449-450, 2006.

DETERIORATION CHARACTETISTICS OF PULTRUDED GFRP BY EXPOSURE TEST

Kenji KOBAYASHI, Shinichi HINO, Shigenobu KAINUMA, Kohei YAMAGUCHI and Toru OHMOTO

Glass fiber reinforced polymer is expected as a new structural material due to the lightness and corrosion resistance. There are some research cases about the GFRP pultruded beams and material properties. The connection with the GFRP member or another member is necessary and indispensable. However, the research of long term durability on the connections between GFRP material and other materials has been hardly done. In this research, it was carried out the exposure test of the GFRP plate and connections between GFRP and steel plates. It was clarified that deterioration characteristics of GFRP plate and connections.