解説シリーズ

こんなところに複合材料：歴史編—VI.

FRP ガードレールの開発史

高橋 儀徳*

1. はじめに

昭和 37 (1962) 年に開発され、翌 38 年 2 月からの 3 年間に全国で約 130,000 m 分が施工された FRP ガードレールは、昭和 40 年 4 月に公布された建設省 (現国土交通省) の道路構造令に基づく防護柵等設置基準で「防護柵 (ガードレール) の材料は鋼製またはこれと同等の強度を有する材料」と規定された結果、FRP ガードレールメーカーがこの分野から撤退し、それ以後わが国では全く顧みられることなく今日に至り、FRP 開発の歴史のはるか彼方に忘れ去られてしまっている。

FRP ガードレールは、FRP 波板メーカーによって開発されたものである。FRP 波板の需要は、後発で廉価 (3×6 板 1 枚の当時の設計価格は、FRP の 2,100 円に対し塩ビは 800 円) な塩ビ波板の攻勢にさらされ、前年の月需 150,000 枚だったものが 120,000 枚にまで減少していた。この局面を打開する目的で、新たな設備投資の必要もなく既存の波板製造装置を流用して開発されたのが FRP ガードレールである。

以下に、わが国における FRP ガードレールの短命に終わった歴史を、記者 (当時は合成樹脂新聞編集長) の当時の取材メモとその後に行った追跡調査に基づいて紹介する (注：社名、人物名と肩書きは当時のまま)。

2. 開発の経緯

FRP ガードレール開発の発端は、昭和 37 年春ごろの新聞に、建設省関東地方建設局東京国道工事事務所長の藤原武氏の「横断歩道以外の場所で横断する人が交通事故にあうのを未然に防ぐため、市街地の歩車道には分離帯を設けて欲しい」という警視庁の申し入れもあり、現在の鋼製に代わる都市美観を損なわないガードレールの開発を開始した」という談話が掲載されたのを見た陸運

工業 (株) の新井毎仁氏が藤原氏を訪ね、同氏の指導を受けて本格的な開発に乗り出したものといわれる。

藤原氏は、新しいガードレールの材料として「歩車道に壁を作らぬ」ため、当初透明で耐衝撃性に優れるポリカーボネートでの実用化を考えていたが、既存の鋼製ガードレールの 1 m 当り 1,400 円の予算枠では出来ないことが分かり、他の材料を探していた。

道路工事用の標識灯のメーカーとして国道事務所とも関係のあった陸運工業では、これより先に、社内でガードレールを FRP 化すれば金属製ガードレールより良い結果が得られるのではないかと考えて、研究が始められていた。そこへ前記の藤原氏の談話が紹介されたわけでこの記事を見た新井氏は、FRP 波板メーカーの大日本硝子工業 (株) (現旭硝子マテックス (株)) で試作してもらった製品を持って藤原氏を訪ね、実用化の可能性を打診すると共に助言を仰いだ。

藤原氏の専門的な助言と指導を受けた陸運工業では、ガードレールに要求される各種の機能と性能のテストを重ねた結果、弾性限界点、美観、経済性等において金属製よりはるかに優れているとの結論に達し、昭和 38 年早々に実用化する方針を決定した。

ところが、いざ量産という段階になって FRP ガードレールの生産を依頼した大日本硝子工業から「陸運は道路関係が弱いから当社関連で道路に強い秩父産業 (株) の下について欲しい」と要請された。これを聞いた陸運工業の岩崎和作社長が怒って大日本硝子工業との関係を打ち切り、急遽日東紡績 (株) とタイアップすることになり、同年 2 月に国道 4 号線の上野広小路付近約 100 m に施工された FRP ガードレールの、歴史的な実用化第 1 号は日東紡績の<ファイロン波板>が採用されている。

陸運工業では、同年 4 月には国道 20 号線新宿～四ッ谷間の約 2,000 m 分に FRP ガードレールを施工したが、この 2 箇所に施工された透明なブルーとグリーンの FRP ガードレールは、特に夜間走行中の車のヘッドライトに照らし出された時の美観が素晴らしい、と大変な

* Yoshinori TAKAHASHI: 産業資材新聞社代表取締役 (101-0033 東京都千代田区神田岩本町 15-2 北原ビル)

図1 わが国で最初のFRP ガードレール施工の記事が掲載された昭和38年1月28日づけ合成樹脂新聞の紙面

図2 FRP ガードレール施工の記事が掲載された昭和38年1～8月の合成樹脂新聞のコピー

好評を博した。同社ではその後のほぼ2年半の間に全国で約100,000m分のFRPガードレールを施工したと言われる。

この時陸運工業が発売したFRPガードレールの商品名は、岩崎和作氏の頭文字をとって「WI式FRPガードレール」と命名されたが、しばらく後に「ファイロンガードレール」と改称されている。

一方、陸運工業との関係が切れた大日本硝子工業は、日立製作所との関係で北関東一体に強い影響力を持つ秩父産業と協力して独自のFRPガードレールを開発し、自社のFRP波板の商品名をとって「アーマンガードレール」として上市している。同社は、昭和38年中に高崎、宇都宮、水戸、沼田の各都市周辺でそれぞれ200～300m分を施工したほか、最終的には関東地区を中心に延べ約30,000m分のFRPガードレールを施工したようであ

図3 大日本硝子工業（現旭硝子マテックス）のFRPガードレールのカタログの表紙

図4 同上カタログの中で紹介されているFRPガードレールの施工例写真

る。

また、昭和38年8月には同じFRP波板メーカーの日本ポリエステル(株)も日本道路設備(株)と組んでFRPガードレールを商品化し、同年中に横浜市青木通りと立町での工事を受注している。これで当時4社あった連続式FRP波板メーカーのうち万邦ポリエステル(株)(現バンパー工業(株))を除く3社がFRPガードレールの分野に進出して新需要開拓に挑んだわけである。

3. FRP ガードレールの種類と特徴

以上の3社の製品は、いずれも特にガードレール用に

作られたものではなく、既存の一般にスレート大波と呼ばれていた 130 mm ピッチ（波と波の頂点の間隔）で波の高さが 35 mm の建材用の FRP 波板が流用されていた。製品の種類としては一級国道向けの高速用と市街地での歩車道分離帯向けの低速用の 2 種類がある。当時施工された FRP ガードレールのほぼ 70% が市街地の分離帯用（低速用）で、残りの 30% が瀬戸内海沿岸等の国道に使われた高速用であった。海岸沿いに施工された鋼製ガードレールは、潮風のためレールを取り付けたボルトが錆びて赤錆のヨダレが流れ出て見苦しくなる。その対策に頭を悩ませていた道路関係者は、FRP ガードレールの出現を大歓迎した、と伝えられている。

FRP ガードレールの寸法は各社によって多少の違いはあるが、手元に資料が残っている＜アーマンガードレール＞の場合は、

高速用＝長さ 3,200 mm、幅 384 mm（3 波）、厚さ 4 mm、重量 9.1 kg

低速用＝長さ 3,200 mm、幅 254 mm（2 波）、厚さ 4 mm、重量 6.1 kg

となっている。なお、陸運工業と日本ポリエステルの両社は共に長さ 6,200 mm の長尺製品も出していた。

また、大日本硝子工業の場合、色はコーラル、イエロー、グリーン、ジェード、ナイルグリーン、エメラルド、ブルー、パープルブルー、ターキーズ、スノー、ダスティピーチ及びクリアーの 12 色が標準色として用意されていた。

FRP ガードレールの特長は次のように紹介されている。

軽量・強度＝比重は鉄の 1/5 で、アルミよりも軽く弾性に富み、機械的強度は厚みにより鋼よりも勝っている。耐衝撃性＝衝撃を受けた時、破壊直前までに吸収し得る「衝撃吸収ひずみエネルギー」が金属より優れているので、原形に復元し変形しない。

耐腐食性＝FRP ガードレールは絶対に錆びないので、金属のようにメッキや塗装を必要とせず、海岸線の潮風や山間部での霧雨等に対しても腐食の心配がない。

耐薬品性＝FRP ガードレールは薬品に侵されることがない。例えば、車両の事故によって飛散するガソリンや積載する薬品の流失等があっても侵食されることがない。

耐候性＝耐候性に優れた顔料を使用しているので、塗料やメッキで着色したものと違い、変色したり脱色することがない。

外観＝光沢があり表面が滑らかなため塵や汚れがつか

い。外観が優美なのであらゆる風致に適する。

経済性＝経済性に富み施工や維持管理の面で有利（①塗り替えの必要がない、②運搬費が軽減できる、③施工が容易で工期が短縮できる、④補修剤を使って簡単に破損箇所を補修できる）。

4. FRP ガードレールの問題点

FRP ガードレールは、前記のような特長が評価されて短時間に急速に需要を伸ばし、一時は鋼製ガードレールメーカーに危機感を抱かせる事態にもなったようである。

しかし、需要拡大のスピードが余りにも速すぎたため製品供給面で問題が生じた。FRP ガードレールの本体は波板の連続製造装置で簡単に製造できたが、端末に付ける袖レールは数が少ないため FRP での加工が難しく、当初は鋼板で間に合わせていた。後に日東紡績がバッグ法による量産に成功してからは、袖レールだけは他社からも同社から供給されるようになった。

さらに、ガードレールには取り付けのための支柱を始め座金、大小のボルト、カラー、ワッシャー、大小のナット等の金属部品が多数必要になる。それまではこのような金属加工業界との関係が薄かった FRP ガードレールメーカー各社は、いずれもその調達に苦労した。

同時に、施工面でも道路のカーブの R が小さい箇所の取り付けが難しいといったことが問題になった。さらに FRP ガードレールは、部品を道路工事業者に売り、その工事業者が施工することになっていたが、余程注意して施工しないとトップが波を打ったようになる。高速用の 3 波板はそれほどでもないが、低速用の 2 波板は支柱に取り付ける際、余り強くボルトを締め付けるとゆがみができる。これらの施工はそれぞれの工区の道路管理者の指名工事業者を使わねばならないため、毎回 FRP の素人に指導をする形になっていた。このため、たとえ 100 分（当時の金額で約 20 万円）の現場にでも人を派遣せざるを得なかったケースもあったようである。

施工現場では、FRP ガードレールメーカーが予想もしなかった事故も発生した。冬場の工事現場で、作業員が暖をとるために燃やした焚き火の火が FRP ガードレールに燃え移って焼失するというものである。

設置後の問題点も指摘された。鋼板やワイヤーロープのガードレールは、車が衝突するとグンニャリ曲がるか倒れるかのどちらかだが、FRP ガードレールは曲がってくれないし、煎餅みたいに割れたり切れたりする。この時の切り口がまるで槍をそろえたような凄惨な状態にな

る。これでは却って危険だという批判が道路関係者から持ち上がった。

5. 防護柵等設置基準の制定

FRP ガードレールに関する以上のような問題点が表面化したのを受けて、建設省と道路公団の関係者で組織される建設大臣の諮問機関・交通工学委員会交通安全施設小委員会に問題が諮問され、同委員会の審議を経て建設省は昭和40年4月に道路構造令に基づく「防護柵等設置基準」を公布した。

同基準では「防護柵（ガードレール）の材料は鋼製またはこれと同等の材料」と規定されたうえ、鋼製ガードレールの厚さを道路部で3.2 mm、橋梁部で4.0 mmと規定した。FRP ガードレールで「鋼製と同等」と定められた基準に適合するには肉厚を鋼製の3倍にする必要が生じる。そのうえ、当時の波板連続成形装置では4 mm厚の製品を作るのが精一杯で、それ以上の肉厚製品を連続生産する技術は完成されていなかった。仮に生産できたとしても、鋼製ガードレールに比べてはるかに高額になるため、経済性の面からも到底太刀打ちできなくなった。

防護柵等設置基準によって「鋼製ガードレールが材料指定」された形になった結果、FRP ガードレールが使えなくなったことについて、当時のFRP関係者は「鉄屋の政治力に負けた」と悔しがったものである。

そして、あれから45年が過ぎた今日でさえ「鉄屋の政治力」話を真実と思い込んでいるFRP関係者がいた。え、記者が昨年中国を訪問した際、中国玻璃鋼工業協会の陳博副会長から「日本では鉄鋼業界の政治力でFRPガードレールがつぶされた」と聞いているが本当か」と聞かれて驚いたものである。

6. FRP ガードレール敗退の真相

「鉄屋の政治力」話というのは、FRP ガードレールの急激な進出に伴って鋼製ガードレールのシェアが蚕食されるのを恐れた八幡製鉄、富士製鉄、日本鋼管の鉄鋼3社が、FRP ガードレールを使えなくするため、基準の中に鋼製を材質指定するように建設省に働きかけてFRP ガードレールを締め出した、というものである。

当時は、記者もこの「鉄屋の政治力」話を信じていた者の一人であるが、その後昭和54年になって、当時(社)日本道路建設業協会副会長だった前出の藤原武氏に会い、同氏も携わった防護柵等設置基準制定の経過を尋ねたことがある。その時の藤原氏の話は次のとおりである。

防護柵等設置基準は、建設省が交通安全施設として必要な機能、構造、強度を慎重に検討して独自に制定したもので、民間企業の意見に左右される余地は皆無だった。そんなことより、FRP ガードレールの欠陥が意外に早く表面化してしまい、これが建設省を含めた道路関係者に材質面での不安を感じさせる結果となり、ああいう基準が制定されたものである。基準の中に「鋼製と同等の材料」という表現を盛り込んだのは、欠陥はあるものの優れた特長も持っているFRP ガードレールにも機会を与えようとの含みがあったことは事実である。

ところで、防護柵等設置基準が制定されると八幡、富士、鋼管の鋼製ガードレールメーカー各社の技術系幹部社員は、それぞれ毎日のように入れ替わり立ち代り私共（当時の東京国道工事事務所）のところへ来て基準に適合するガードレールを作るため、熱心に意見を聴いたり議論を交わしたりしたもののだが、FRP関係者は設置基準が公布された途端に諦めたのか、急にそれまでの熱意をなくしてしまったようだった。もしあの時、FRP関係者が鉄鋼3社と同じ程度の熱意をもって問題解決に取り組んでいれば、FRP ガードレールの方向も少し違っていたのではなからうか。

FRP業界と私共（建設省）との接触は、当時実際にFRP ガードレールを販売していた陸運工業のような中小企業の営業関係者だけで、材料そのものについて少し突っ込んだ話をしようにも、肝心の材料メーカーが来ないから埒があかない。あれだけの問題を解決しようと思えば、やはり大企業の責任者が先頭に立たなければとても無理だと思った。だから、FRP ガードレールがダメになったのは、FRP業界自身の責任だと思う。

以上が藤原武氏の証言であり、これが「鉄屋の政治力」話の真相である。藤原氏の話聞く限り、FRP業界は巨大な政治力を持つ鉄鋼業界の影に怯え、相手は何もしなかったのに、自ら勝負を諦めた一人相撲だったことが分かったと同時に新製品開発に際しては「負の思い込み」の代償がいかに大きいかを示す貴重なエピソードといえることができる。

7. おわりに

以上の経過をたどった後FRP ガードレールの販売は自然に中止されたが、FRP 波板メーカー各社がFRP ガードレール販売を通じて得た道路関係のノウハウを生かして開発されたものに横断歩道橋の目隠し板がある。

この目隠し板も昭和40年末ごろまではFRP 波平板メーカーの売上高に大きく貢献したが、50年代になると

透明で美観に優れるポリカーボネートに屋根材を含めた市場を奪われ、FRP 波平板の最近の生産量は最盛時(昭和 56 年, 約 804 万枚)の 1/4 以下(平成 15 年実績は約 178 万枚)にまで激減している。

参 考 文 献

- 1) 合成樹脂新聞, 昭和 38 年 3 月 18 日, 同 5 月 13 日, 同 8 月 5 日づけ。
- 2) プラスチック産業資材新聞 79 年縮刷版。
- 3) 旧大日本硝子工業(株) のカタログ。

解 説

廃材天然繊維で強化した複合材料

木 村 照 夫*

1. は じ め に

地球環境の保護ならびに資源の有効利用の観点から循環型社会形成が重要視され、ものづくりにおいてもエコデザイン、エコプロダクツ、エコマテリアルといったように「エコ」という言葉が頻繁に使われている。すなわちこれからの商品開発には「エコ」であることが強く望まれている。「エコ」商品の条件としては、生産時、使用時に環境に与える負荷が小さいこと、廃棄時にリサイクル容易であること、使用材料が再生品であることなどが挙げられる。繊維関連分野においても環境にやさしい繊維の開発や繊維廃棄物のリサイクルシステムの開発が急務となっているが特にリサイクルシステムに関しては適切な用途開発が最重要課題である¹⁾。筆者は天然繊維廃材のリサイクル用途開発の一環として複合材料強化材としての可能性について調べている。本報ではいくつかの天然繊維廃材を用いた複合材料の成形手法と成形された複合材料の特性について概説する。

2. 繊維廃材の現状

繊維廃材は出所で分類すると産業廃棄物と一般廃棄物がある。前者は繊維の製造から繊維製品の製造に至るまでの間に各工程で生じる繊維廃材であり、汚れが少なく、素材も比較的明確である特徴がある。これらは通常「屑繊維」と呼ばれている。一方、後者は消費者から排出されたもので一般には使用済み繊維廃材で汚れがあり、繊維素材も不明確な場合が多い。これらは通常「ぼ

ろ」と呼ばれ、繊維廃材の 80%を占めている。日本の年間繊維総消費量は 1999 年度で約 239 万トンであり、207 万トンが廃棄されている²⁾。廃棄された繊維は回収され、古着や反毛材料さらにはウエス原料として再利用されているが、製造工程で再利用されている屑繊維を含めても有効利用されているのは総排出量の 12%程度にとどまっている。今後とも従来の再利用用途のみではリサイクル率の向上は望めず、繊維廃材の有効な用途開発が急務となっている。

3. 繊維リサイクルの方法

繊維リサイクルの方法としては一般的にはマテリアルリサイクル、ケミカルリサイクルおよびサーマルリサイクルに分類されている。合成繊維に関してはポリエステルやナイロン 6 に関して「繊維 TO 繊維」のケミカルリサイクルが最近注目されているが、異種素材が混ざっているとリサイクルは困難であり単一素材の場合にのみ適用されている。天然繊維に関してはケミカル処理によって古い繊維から新しい繊維を作り出すことは不可能であり、サーマルリサイクルに関してもコスト的な問題や発熱量の問題など実用化には多くの課題が残っている。したがって現状ではマテリアルリサイクル手法の開発が第一に求められている。しかし先述のように繊維製品には種々の繊維素材が混ざっている場合が多く、リサイクルを非常に困難なものにしている。そのため今後は各繊維廃材の構造、素材を十分に生かしたリサイクル手法の構築が重要となっている。

4. 強化繊維としての天然繊維

従来の繊維強化複合材料はプラスチックとガラス繊維

* Teruo KIMURA : 京都工芸繊維大学工芸科学研究科
先端ファイブ科学専攻教授 (606-8585 京都市左
京区松ヶ崎御所海道町)