

特集 「リニューアル」

光硬化型FRPシートによる防食防水工法(Qu<sup>2</sup>工法<sup>®</sup>)の開発



三 谷 一 房



堀 長 生



萩 尾 浩 也



三 浦 憲  
(本店ビルケアセンター  
アフターケア部)

Development of Waterproofing and Corrosion-proofing "Qu<sup>2</sup> System"  
Utilizing Prepreg Cured by Ultraviolet Rays in the Field

Hitofusa Mitani

Nagao Hori

Hiroya Hagio

Ken Miura

Abstract

A tank for treating waste water from kitchens etc has recently been built in an underground area in a building. H<sub>2</sub>S gas, which changes to sulfuric acid, is easily produced from such waste water and causes corrosion of concrete. Waterproofing of the tank needs to prevent leakage of waste water and corrosion-proofing that protects the waterproofing layer. However, conventional waterproofing and corrosion-proofing membrane that works in the field increases the number of construction stages and construction time. In order to solve this problem, a waterproofing and corrosion-proofing "Qu<sup>2</sup> system" has been developed that utilizes prepreg cured by ultraviolet rays in the field. This prepreg, which is a fiber reinforced plastic preformed like a sheet in a factory, consists of two types of the vinyl ester resins that provide waterproofing and corrosion-proofing performance. They are cured and adhere to the substrate only by application of ultraviolet rays for about twenty minutes. The Qu<sup>2</sup> system is a reliable, quick and low-odor waterproofing and corrosion-proofing system. It can be also applied to repair of existing systems.

概 要

近年、調理排水等の雑排水を貯留・処理するために、建物地下部分に雑排水槽が設けられるようになった。この雑排水からは硫化水素が発生しやすく、発生した硫化水素は硫酸へと変化するために、コンクリートが腐食する。そのため雑排水槽内面には、雑排水が外部へ漏れないための防水層とその防水層を保護するための防食層を区別して施工しなければならない。しかしながら従来の防食防水工法では、工程数が多くなり長い工期を必要とした。そこで工程数と工期を大幅に低減できる光硬化型FRPシートを用いた防食防水工法「<sup>キューキュー</sup>Qu<sup>2</sup>工法」を開発した。このFRPシートは、防水性と防食性という性能の異なる2種類のビニルエステル樹脂を複層したシート状の工場成形品で、下地に張付け約20分間紫外線を照射することによって接着・硬化する。防食防水性に優れ、短工期、低臭気施工が可能であり、緊急補修にも適用することができる。

1. はじめに

従来、建築物の排水処理施設は建物の地下部ではなく建物と併設し浄化槽という名称で設けられ、その槽内面には雑排水等が地中に漏れないことを目的とした防水が施されていた。しかしながら近年、土地の有効活用や建築物の大型化に伴ない、建物の地下部分に調理排水等を貯留・処理するための雑排水槽が設けられるようになった。調理排水等が多量に含まれる雑排水からは硫化水素が発生しやすく、発生した硫化水素は硫酸の生成を経て、防水材やコンクリートを劣化させる(Photo 1参照)。そのため雑排水等から構造体であるコンクリートを長期にわたり保護・維持していくための防食防水層の施工が大きな課題となっている<sup>1)</sup>。

建物地下ピット等を利用した雑排水槽の内面には、雑排水が外部へ漏れないための防水層と、その防水層が雑排水により劣化しないように保護するための防食層を区別して施工しなければならない。このため従来の現場で塗布する防食防水工法では、工程数が多くなり長い工期を必要とするデメリットがあった。

そこで従来工法に比べ工程数と工期を大幅に低減できる防食防水工法として、工場成形品である光硬化型FRP(Fiber Reinforced Plastics)シートを用いた防食防水工法「<sup>キューキュー</sup>Qu<sup>2</sup>工法」(quick, quality, ultraviolet, uniqueの頭文字に由来)を開発した。このFRPシートは、防水性と防食性という性能の異なる2種類のビニルエステル樹脂を複層したプリプレグ(ガラスマットに予め未硬化のビニルエステル樹脂を含浸させシート状に工場成形したも

の)で、下地に張付け約20分間紫外線(紫外線蛍光灯や太陽光等)を照射することによって接着・硬化する。防食防水性に優れ、短工期、低臭気施工が可能であり、緊急補修にも適用することができる。

本報では、主に「 $Q u^2$ 工法」の概要・特長を述べるとともに、実建物での施工事例についても紹介する。

## 2. 雑排水槽における防食防水施工の考え方

### 2.1 雑排水槽の分類

日本建築学会ではTable 1に示すように、定性的な腐食環境条件に応じ雑排水槽を2段階に分類している<sup>1)</sup>。すなわち雑排水槽 - は、一般住宅における台所や風呂等の生活排水程度を貯留する槽であり、コンクリートの腐食には至らない環境条件にある。一方雑排水槽 - は、調理排水等を多量に含む雑排水を貯留する槽で、硫化水素が発生しやすくコンクリートの腐食が生じる環境条件にある。

なお日本下水道事業団では、下水道施設を対象として年間平均硫化水素ガス濃度に基づき腐食環境を ~ 類の4段階に分類している<sup>2)</sup>。今後、建築分野においても雑排水槽内の硫化水素ガス濃度を把握し、腐食環境の定量化を図ることが防食防水の目標性能を明確化する上で必要であると考えられる。

### 2.2 防食防水施工の基本的な考え方

雑排水槽の防食防水施工における基本的な考え方は、雑排水が外部へ漏れないための防水層と、その防水層が雑排水により劣化しないように保護するための防食層を区別して施工することである。

日本建築学会では、雑排水槽において適用できる防食防水工法をTable 2に示す通り分類している<sup>1)</sup>。一般住宅の生活排水程度を貯留する雑排水槽 - の防水では、防食層を必要としないケイ酸質系塗布防水材による防水を適用する場合が多い。

一方、調理排水等が多量に含まれ硫化水素が発生しやすい雑排水槽 - の防水では、ケイ酸質系塗布防水材やポリマーセメント系塗膜防水材を施し、その表面に防水材を保護するために耐薬品性に優れたエポキシ樹脂系等の防食材を施工することが不可欠となる。また一般の屋上防水用として用いられるFRP系塗膜防水材は耐食性に劣るため、この場合も必ず、表面を防食用のFRPで被覆し防水層を保護しなければならない。

### 2.3 従来の防食防水施工の問題点

前述したように防食防水施工では、防水材と防食材を区別して施工しなければならないため、工程数が多く長い工期が必要となる問題点がある。例えばFRPを用いた防水では、Fig. 1に示すように防水用樹脂と防食用樹脂を区別して施工するため工程数が非常に多くなる。また建築分野では従来、雑排水槽の腐食環境条件が明確化されていなかったことや、例えばエポキシ樹脂やFRPであれば防水にも防食にも優れるという認識から防水材と防食材を混同する傾向にあったことが不具合を生じる一因であったと考えられる。



Photo 1 雑排水槽におけるコンクリート腐食の事例(天井スラブ下面)  
Corrosion of Concrete by  $H_2S$  Gas

Table 1 雑排水槽の腐食環境条件と適用可能な防水工法  
Classification of a Tank for Waste Water from Miscellaneous Sources and Applicable Waterproofing Membrane Works

雑排水槽の分類	腐食環境条件	適用できる防水工法(露出工法)	防食層の必要性
雑排水槽 -	一般住宅の生活排水程度(台所、風呂など)	ケイ酸質系塗布防水	不要
		ポリウレタ系塗膜防水*	
		ポリオレフィン樹脂系シート防水*	必要
		FRP系塗膜防水	
雑排水槽 -	調理排水等が多量に含まれ硫化水素が発生しやすい	ポリウレタ系塗膜防水	不要
		ポリオレフィン樹脂系シート防水*	
		ケイ酸質系塗布防水	必要
		FRP系塗膜防水	

\* 適用できるが実績は少ない

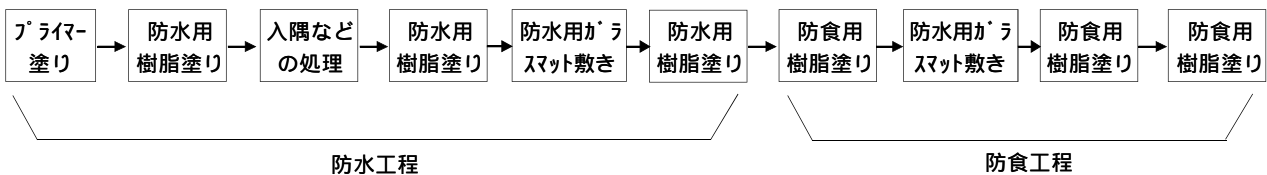


Fig. 1 雑排水槽における従来のFRP防食防水の工程  
Constuction Stages of Conventional FRP Waterproofing and Corrosion-proofing Work

Table 2 Qu<sup>2</sup>工法で使用される防水用および防食用ビニルエステル樹脂の品質  
Quality of Waterproofing and Corrosion-proofing Vinyl Ester Resins Applied for Qu<sup>2</sup> System

要求品質の種別		日本建築学会の指針(案) <sup>3)</sup>			Qu <sup>2</sup> 工法(実験値)		試験方法
		防水用	防食用		防水用	防食用	
樹脂の種類		不飽和ポリエステル樹脂	不飽和ポリエステル樹脂	ビニルエステル樹脂	ビニルエステル樹脂	ビニルエステル樹脂	試験方法
標準状態 引張性能	引張強さ: Mpa	10以上	50以上	60以上	45	60	
	破断時の伸び率: %	25以上	2以上	4以上	26	4	
劣化処理後 の引張性能	引張強さ 保持率 %	加熱処理	95以上	95以上	95以上	97	防水用樹脂の 引張試験 JIS K 6251
		促進暴露処理	80以上	95以上	95以上	88	
		アルカリ処理	70以上	95以上	95以上	160	
		酸処理	80以上	95以上	95以上	85	
劣化処理: JIS A 6021	破断時の 伸び保持率 %	加熱処理	70 - 120	70 - 120	70 - 120	118	防食用樹脂の 引張試験 JIS K 7113
		促進暴露処理	70 - 120	70 - 120	70 - 120	115	
		アルカリ処理	70 - 120	70 - 120	70 - 120	98	
		酸処理	70 - 120	70 - 120	70 - 120	71	
耐アルカリ性能		-	10時間処理に 合格すること	50時間処理に 合格すること	-	50時間処理に 合格	耐アルカリ性試験 JIS K 6919

### 3. Qu<sup>2</sup>工法の概要

#### 3.1 光硬化型FRPシートの構成

FRP防水で用いられる樹脂の品質は、日本建築学会のFRP防水工事施工指針(案)・同解説<sup>3)</sup>で規定されている。Qu<sup>2</sup>工法で用いられる光硬化型FRPシートを構成するビニルエステル樹脂も、Table 2に示すように防水用および防食用樹脂に対する要求品質を満足している。ビニルエステル樹脂は不飽和ポリエステル樹脂よりも防食性(耐薬品性)が高い。またビニルエステル樹脂は一般に伸び率が低い指針では防水用樹脂として規定されていないが、本開発では伸び率を高めた特殊なビニルエステル樹脂を使用している。

工場において、性能の異なる2種類のビニルエステル樹脂(防水用樹脂と防食用樹脂)を補強材のガラスチョップドストランドマット(JIS R 3411適合, A級)に含浸させ、Fig. 2に示すように下部を防水用樹脂、上部を防食用樹脂とする2層構造のFRPシートを製造する。シートの寸法は最大幅1m×長さ6mであり、厚さは2mmである。

#### 3.2 光硬化の機構

光エネルギーの作用で液状から固体に変化することを「光硬化」と呼ぶ。FRPシートには、光重合開始剤を混合した光硬化型のビニルエステル樹脂が用いられている。そのため紫外線(太陽光, 紫外線蛍光灯等)照射によってスチレン系モノマーがラジカル重合反応を開始し、三次元の網目構造を形成することによってビニルエステル樹脂が硬化する。

#### 3.3 Qu<sup>2</sup>工法の特長

Qu<sup>2</sup>工法の特長を整理すると、以下の通りである。

- 1) プリプレグを用いるためシート厚が工場管理されており、信頼性の高い施工が可能である。
- 2) FRP防水で一般的な不飽和ポリエステル樹脂ではなく、ビニルエステル樹脂を用いるので、より耐食性に優れる。

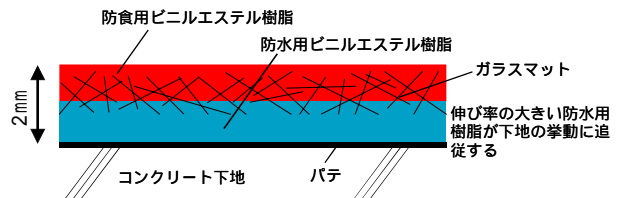
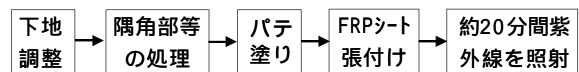


Fig. 2 FRPシートの断面構成  
Section of Waterproofing and Corrosion-proofing Layers Applied to Qu<sup>2</sup> System

Fig. 3 Qu<sup>2</sup>工法による防食防水工法の工程  
Construction Stages of Qu<sup>2</sup> System



- 3) 予め工場ですべての防水用樹脂と防食用樹脂を一体に複層成形したFRPシートを用いるので、施工時の工程数が半減し短工期施工が可能である(Fig. 3参照)。
- 4) 下地に張付け紫外線を約20分間照射するだけで接着・硬化するので、養生期間が短縮される。
- 5) 施工前のFRPシート表裏面は透明フィルムで覆われているため、硬化前の樹脂特有の臭気の発散が少なく、地下ピットなど閉塞空間での作業環境が改善される。
- 6) 現場でのハンドレイアップと異なり樹脂だれがないので、壁面や天井面への施工が容易である。
- 7) 先行する防食防水工法と同等の材工設計価格である。

#### 3.4 施工方法

施工方法の概略は以下の通りである。また施工状況をPhoto 2~Photo 7に示す。

- 1) コンクリート下地を清掃・調整後、専用のパテ(ビニルエステル樹脂)で欠損部や目違い部等を平滑になるよう処理する。
- 2) 隅角部等には、原則としてFRP成形役物をパテで張付ける。出・入隅部は先行して帯状に切断したFRPシートを下記の3)~4)の要領で施工する。



Photo 2 FRP成形役物の張付け  
Waterproofing with a Preformed accessory made from FRP



Photo 3 パテの塗付け  
Putting Putty on a Substrate



Photo 4 FRPシートの張付け  
Laying Prepreg



Photo 5 脱泡  
Removing Entrapped Airs under Prepreg



Photo 6 紫外線の照射  
Prepreg Cured by Ultraviolet Rays



Photo 7 ドレン回り  
Waterproofing around a Drain

- 3) 下地面にパテ(0.5kg/m<sup>2</sup>以上)を塗付ける。パテはFRPシートの張付け時の脱泡や位置合わせを容易にし、シートと下地との接着性を安定させる役割がある。
- 4) パテ塗り後、FRPシート裏面側の透明フィルムを剥がしシートを張付ける。下地に密着するよう脱泡ローラー等で脱泡しながら十分に押さえる。シート間のラップ幅は50mm以上とする。
- 5) 紫外線蛍光灯(3000 μW/cm<sup>2</sup>程度)等を用いて、紫外線をFRPシート全面に均等に約20分間照射する。硬化完了後、FRPシート表面の透明フィルムを剥がす。照射前に剥がすと酸素に触れた樹脂表面が硬化不良を起こすので注意する。
- 6) 必要に応じて、シート端部等から漏れ出した余分なパテを除去し、またはパテで平滑に仕上げる。

### 3.5 現場施工事例

既存建物地下ピットを汚水槽に改修する工事(約20m<sup>2</sup>)において、Qu<sup>2</sup>工法が初めて採用された。Photo 8には、天井コンクリートスラブ下面に対するFRPシートの張付けと紫外線蛍光灯による照射の状況を示す。

施工を行なった専門工事業者にとってもQu<sup>2</sup>工法は初めてであったが、FRPシートの張付け作業を繰返すに伴い徐々に習熟し、上向き施工であっても比較的容易に施工できることが確認された。また一方では、隅角部の処理方法、パテの低臭気化、紫外線蛍光灯の照射方法、FRPシートのラップ部分での下地側シート表面を被覆している透明フィルムの除去の確認方法等、いくつかの施工上の課題を把握することができた。



Photo 8 現場施工の状況  
Execution of Qu<sup>2</sup> System in the Field

## 4. おわりに

今後、Qu<sup>2</sup>工法の現場適用を積極的に進め、さらなる施工の標準化を図り、より信頼性の高い工法の確立を目指す所存である。また防食防水用途のみならず、建物の屋上防水への適用拡大を狙っている。この場合は特に、屋上緑化防水に求められる耐根性、耐農薬・肥料性、緑化層の飛散防止対策等に関して、Qu<sup>2</sup>工法のメリットを活かす技術開発が重要と考える。

最後に、Qu<sup>2</sup>工法は旭化成ジオテック(株)との共同開発技術であり、同社に材料支給や施工実験等で多大なるご協力を頂いたことを記し、改めて感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 日本建築学会・防水工事運営委員会, 第1回 防水シンポジウム資料集, 日本建築学会, pp.203~208, 2001.7
- 2) 日本下水道事業団: 下水道コンクリート構造物の腐食抑制技術及び防食技術指針・同マニュアル, (財)下水道業務管理センター, pp.12-15, 2002.12
- 3) 日本建築学会, FRP防水工事施工指針(案)・同解説, 日本建築学会, pp.25~36, 2000.7