

FFU 横矢板を使用した土留め欠損防護工

－その1 概要とボルト引抜き実験－

京阪電気鉄道(株)

正会員

南 裕一 定藤誠一郎

銭高組・三井住友建設・浅沼組共同企業体

正会員

○ 中川達也 竹中計行

大成・戸田・鉄建・熊谷共同企業体

正会員

武田信一 天野健次

1 はじめに

近年、地下空間の利用が拡大していることから、シールドトンネルが大深度・大型化する傾向にあり、施工を取り巻く環境は年々変化している。昨今、シールド工事の大深度化に伴い、より安全性の高いシールド発進到達技術が求められ、シールド機で直接仮壁を切削しながら発進到達する技術(SEW 工法等)の採用が増加している。しかし都市部においては、地下空間の複相化(埋設物)による土留め欠損が多く見られ、このような条件下ではシールド直接発進到達工法の適用が困難であった。その理由は、土留め欠損部の土砂の押し抜きを防止するための横矢板が通常角形鋼管であり、シールド機で切削できないことであった。そこで、筆者らはシールド機で切削可能な FFU 横矢板を欠損部に設置して掘削時の土砂の押し抜きを防止し、その後シールド機で直接切削する方法を考案した。ここで FFU とは、硬質発泡ウレタンをガラス長繊維で強化した合成材(*FFU: Fiber reinforced Foamd Urethane*)を接着剤(エポキシ樹脂)で圧着積層したものである。

本報告では、FFU 横矢板の設計法と FFU 横矢板と土留め壁(FFU 壁)のジョイント試験の結果を報告する。

2 FFU 横矢板の設計

FFU の物性値を表-1に示す。物性値は、SEW 工法で使用する実物モデルの供試体で行った構造試験の結果である。表からわかるように、FFU は繊維方向と繊維直角方向で強度特性が異なる異方性材料であり、繊維方向は高圧縮強さ、高引張強さを有している。

FFU 横矢板の平面配置例を図-1に示す。FFU 横矢板の断面は、通常の親杭横矢板と同様に親杭で支持された単純梁として曲げおよびせん断の検討を行い、決定する。FFU 横矢板の端部の支持機構は、埋設管やシールド機の位置によって異なり、H 鋼の場合と FFU 壁の場合がある。H 鋼の場合は、通常の矢板と同様にフランジ内に FFU 横矢板を挿入し押し抜きを防止する。押し抜きの検討は、端部に発生する支点反力を FFU のせん断強さで照査する。また、FFU 壁に固定する場合は、図のように FFU 横矢板と FFU 壁に穴をあけてボルトを挿入し固定させる。これまで、FFU とボルトの引抜き耐力は、枕木などで使用している鋼製ボルトでの実験結果は数多くあるが、シールド機で切削可能なボルト(*FRP: Fiber Reinforced Plastic*)での実験はなかった。そこで、FFU 横矢板のジョイント部に使用するボルトの引抜き耐力を把握するため引抜き実験を実施した。

表-1 FFU の物性値 ¹⁾

項目	単位	FFU74
比重		0.74
曲げ強さ	繊維方向	N/mm ² 72
曲げヤング係数	繊維方向	N/mm ² 1.0×10^3
圧縮強さ	繊維方向	N/mm ² 56.9
	繊維直角方向	N/mm ² 13.2
引張強さ	繊維方向	N/mm ² 127
せん断強さ	繊維方向	N/mm ² 9.1
	繊維直角方向	N/mm ² 6.2

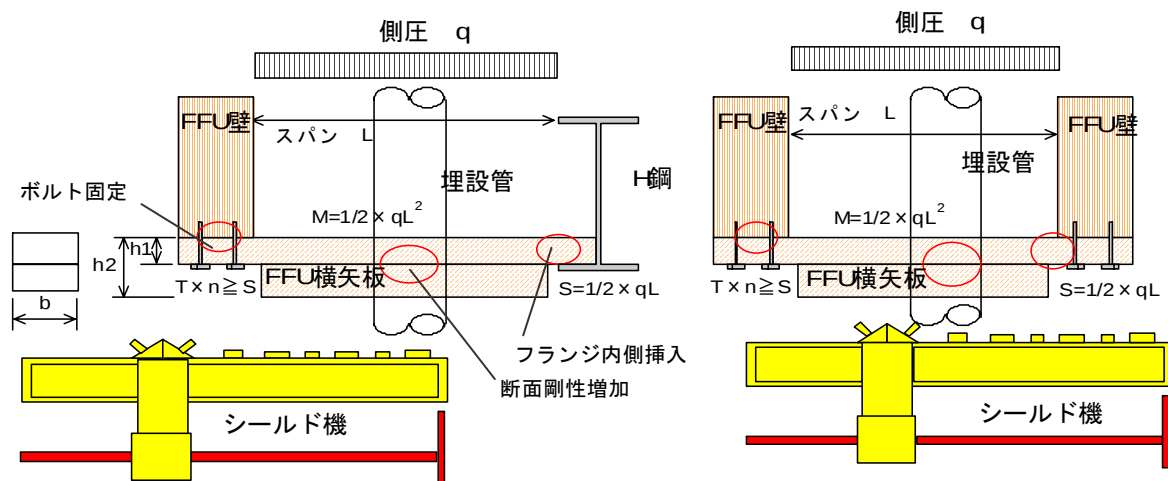


図-1 FFU 横矢板の平面配置

FFU 横矢板 土留め欠損 シールド

〒550-0005 大阪市西区西本町 2-2-11 なにわ筋ツインズ ウェスト TEL 06-6538-7830 FAX 06-6538-7907

3 ボルト引抜き実験

(1) 実験方法

実験方法は、図-2 に示すように、ボルト頭部を掴んで上方に引抜く試験方法で、FFU のボルト周囲は動かないように固定した。FFU の大きさは、埋込み長さを考慮して□200×200 とした。

(2) 実験ケース

実験ケースは、ボルトの固定方法とボルトのネジ径をパラメータとして6種類の固定方法で実施した(表-1)。なお、④のケミカルアンカー樹脂で固定する方法では実施工を想定してボルトを FRP ボルトとした。

(3) 実験結果

金属拡張アンカーは両タイプ(⑤、⑥)とも、小さい引張力(5～20kN)で抜け始めた。FFU にボルトを直付けする方法では、②ボルトをねじ込み接着剤で固定する方が、①ボルトをねじ込むだけに比べて約2倍の引抜き耐力があることがわかった。しかし、FFU にタップを立てることは熟練した作業員でないと困難なので、現場作業では不向きである。③と④は、予めボルト径より大きな穴をあけて、ボルト周囲を樹脂で固定させるので作業性に優れた方法であるが、高い引抜き耐力結果が得られた。④は、FRP ボルトであったが、鋼製ボルトと同等程度の引抜き力を発揮し、69kN で FRP ボルト(M20)が破断する結果となった(写真-1)。

④のケミカルアンカー(打込み式)は穴にカプセルを入れボルトを挿入するだけで固定できる方法なので、現場での作業性に最も優れた方法である(写真-2)。これらの引抜き実験結果から、FFU 横矢板は、FRP ボルトを使用してケミカルアンカー(打込み式)で固定するのが最適であると判断し、その後④について追加の引抜き実験を実施した。その結果、1 本あたりの引抜き耐力が $P=60\text{kN}$ 以上有していること確認し、定着部の設計に反映した。

4 おわりに

これまで、筆者らは土留め欠損部があるシールド発進到達部において、FFU 横矢板の適用を目指して設計検討やボルト引抜き実験に取り組んできた。その結果、FFU 横矢板の実用性および施工性を確認したので、2005 年8月より中之島新線建設工事において初めて施工を実施した。その施工結果については、「その2 実施工」で詳細に述べることとする。

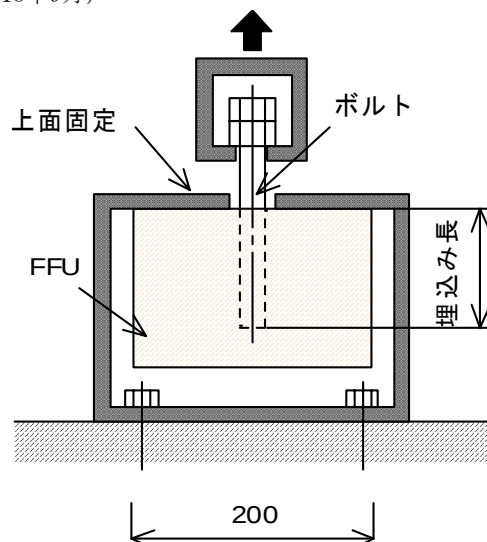


図-2 引抜き実験概要



写真-1 引抜き実験④結果

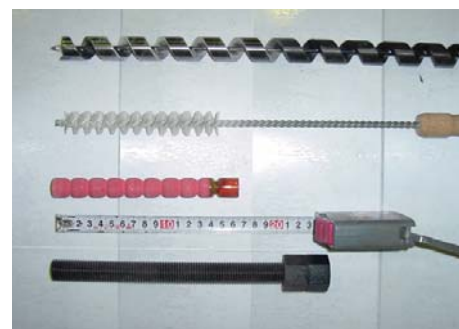


写真-2 ④ケミカルアンカー

表-1 ボルト引抜き実験

方法の種類		ネジ径	下穴	ネジ長	引き抜き力
FFU にボルトを直付け	① FFU にタップ立て 鋼製ボルト	M20	Φ17	80	25kN でボルト抜け
		M24	Φ20.5	120	30kN でボルト抜け
	② FFU にタップ立て 鋼製ボルト 接着剤で固定	M20	Φ17	80	42kN でボルト抜け
		M24	Φ20.5	120	68kN でボルト抜け
	③ FFU にタップなし 鋼製ボルト ポリエステル樹脂で固定	M20	Φ21	80	40kN でボルト抜け
		M24	Φ25	120	74kN でボルト抜け
金属拡張アンカー	④ FFU にタップなし FRP ボルト ケミカルアンカ(ケミパンチ)で固定	M20	Φ22	170	69kN でボルト破断
	⑤ プラグアンカー 鋼製ボルト	M20	Φ27	80	5kN で抜け始め最大 15kN
		M24	Φ33	110	10kN で抜け始め最大 20kN
	⑥ ヒルティー 鋼製ボルト	M20	Φ25	80	8kN でボルト抜け

【参考文献】

1) 深田, 竹中他; 新素材を複合させた土留め壁(SEW)工法の開発 FFU 壁の試験 土木学会第 53 回年次学術講演会 VI 1998.9