

非磁性・非導電性素材のLRT軌道における使用事例

ショックジャパン(株) 石井 登 坪沼和充 田中 誠
info@schoeckjapan.com

はじめに

現在、北陸新幹線開業を契機とした富山駅高架下へ市内電車の整備が着々と進められている。ここは車両の折り返し点となるため、これまで日本ではあまり事例のなかった車両検知システムの一部にマスディテクター方式が採用されている。筆者らは列車等のシステムについては門外漢のため詳細の説明はできないが、専門家の話しでは、マスディテクターはセンサー上部にある車体の有無を検知することが可能である。一方、センサーは軌道スラブに設置されるが、その周辺付近に鉄材が存在すると検知機能が著しく低下するため、特にセンサーの下部周辺に導電性の鉄筋を配筋することは不可とされている。このため、このセンサー周辺を設置する路盤コンクリートの補強筋としてヨーロッパ等で多くの実績のある非導電性材料であるグラスファイバー系複合材料が使用されたので、ここにご紹介したい。

1. 材料の特性

このグラスファイバー系複合材料（以後 ComBAR と呼称）は、ドイツ製材料であり極めて高強度で、いわゆる金属ではないため錆びず、耐薬品性に優れ、非導電性、非磁性の材料である。

ComBAR は前記の特徴を活かし、鉄筋に代わるコンクリート用曲げ補強材として使用されている。

ComBAR は、一般の構造物、建築物でも使用可能な認証をド



外観イメージ写真

イツ DIBt（ドイツ建築技術研究所）をはじめ、カナダ、オランダ、米国などで取得している。

ComBAR の形状・寸法

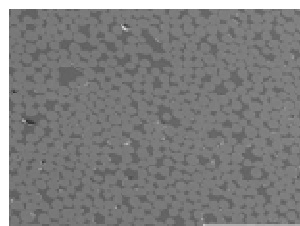
ComBAR 呼称	core diameter 最小径 (mm)	exterior diameter 最外径 (mm)	cross-section 断面積 (mm ²)	specific weight 単位重量 (kg/m)
φ8	8	9	50.3	0.13
φ12	12	13.5	113	0.30
φ16	16	18	201	0.52
φ20	20	22	314	0.80
φ25	25	27	491	1.22
φ32	32	34	804	1.95

ComBAR の材料特性一覧表

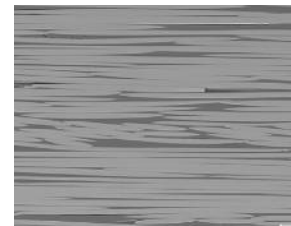
material properties 材料特性	ComBAR (直物材)	steel rebar 鉄筋 (BSt500)	steinress steel ステンレス鉄筋
ultimate tensile strength 引張強度 (N/mm ²)	>1000	>500	655
Design value tensile strength 設計用引張強度 (N/mm ²)	445	435	
ultimate elongation 伸び率 (%)	>16.7	>25	50
elastic modulus E ヤング率 (N/mm ²)	>60	200	190
bond stress 附着強度 (N/mm ²)	12.2	13.7	13.7
concrete cover コンクリートかぶり厚 (mm)	直径+10mm	40 (屋外) 30 (屋内)	<30
Density 密度 (g/cm ³)	2.2	7.85	7.92
thermal conductivity 熱伝導率 (W/mK)	<0.5	60	16
Coefficient of thermal expansion 線膨張率 (1/K)	0.6*10 ⁻⁵ 2.2*10 ⁻⁵	0.8~1.2*10 ⁻⁵	1.73*10 ⁻⁵
specific resistance 電気抵抗 (μΩcm)	>10 ¹²	1~2*10 ⁻⁵	7.2*10 ⁻⁵
Magnetism 磁性	No	Yes	わずかに帯びる

ComBAR の材料特性を活かした使用事例を紹介する。

- ・耐腐食性：海洋構造物、橋梁、排水処理施設、農業用施設、工場施設、etc.
- ・非導電性、非磁性：パワーエレクトロニクス施設（電力の供給、送電、変換、制御の施設）、特殊研究施設、路面電車軌道、リアモーターカー関連施設、etc.
- ・高い加工性：シールドトンネルのシャフト壁、排水用トンネル
- ・高強度、耐腐食性：建築用PCa 外装材、薄肉材



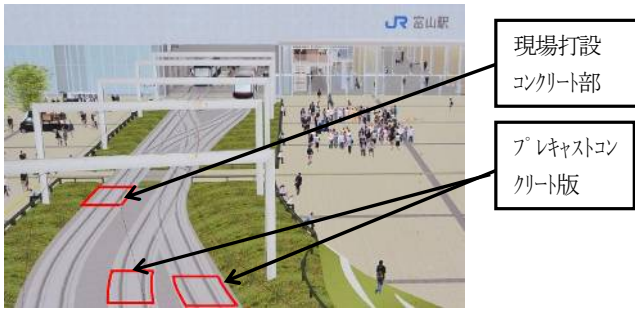
軸直行方向断面の拡大写真



軸方向断面の拡大写真

2. 富山路面電車南北接続線工事での使用状況

富山駅の折り返し部マスディクターの配置は、全部で3ヶ所となっており、内2ヶ所がプレキャストコンクリート版への設置、1ヶ所が現場打設コンクリート部への設置となっている。(下図は、マスディクター及びComBARが配置される箇所を示している)



前記の設置個所の鉄筋はマスディクターの周辺約500mm離れた位置までで分断され、そこからマスディクターの周辺のコンクリート補強筋はすべてComBARが使用されている。周辺部の鉄筋とComBARは、重ね継手が施されている。(プレキャストコンクリートの製造、配筋状況写真、を参照)



プレキャストコンクリートの打設

プレキャストコンクリート部の配筋状況 (ComBARの使用)



プレキャストコンクリートの設置状況



現場打設コンクリート部の配筋状況



3. 海外での使用例

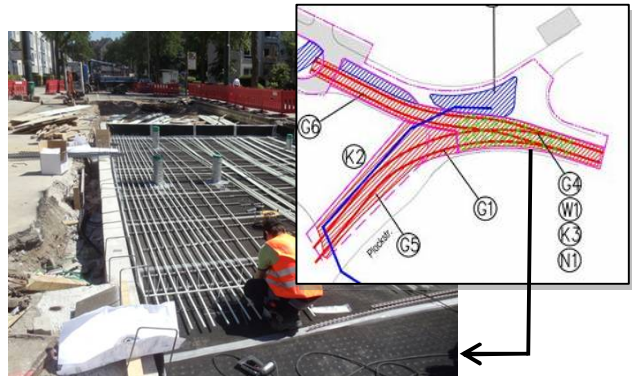
ComBARのLRTでの使用実績は、2004年のドイツのマグデブルグが最初となる。下表は、2012年～2014年現時点のLRT等鉄道施設の採用状況である。

ComBARのLRT等での使用状況(2012年～2014年)

City	Project	Year
Munich(ドイツ)	Pasing tram extension pt.1	2012
	Pasing tram extension pt.2	2013
	Triangle track switch Wörthstrasse	2013
	Track terminus Menzingerstrasse	2013
	Track renewal Thierschstrasse	2014
Heilbronn(ドイツ)	Track slabs „Infundo“ by Edilon)(Sedra)	2012
Düsseldorf(ドイツ)	Track switch Medienhafen	2013
Edinburgh(イギリス)	Haymarket Station	2012
Wolverhampton(イギリス)	Midland Metro tram depot	2013
Vienna(オーストリア)	Track slab Wallensteinplatz	2013
	Track slabs „MABA“ by Vienna Trams	Since 2013
Toyama(日本)	Toyama LRT Stations	2014



Floor slab Tram Depot Basel, CH 2009



Track switch Medienhafen, Düsseldorf, DE 2013

おわりに

本稿の作成に際しては、松村明子様、また、富山駅路面電車南北接続線の設計及び工事の関係者の皆様に多大のご理解、ご指導を頂戴致しました。ここに深謝申し上げます。