

グリーン低炭素高性能玄武岩繊維複合材料による交通インフラ整備 における寿命と靱性向上の基幹技術



東南大学

玄武岩繊維製造・応用技術国家地方連合エンジニアリング研究センター

はじめに

東南大学玄武岩繊維生産及び応用技術国家地方連合工学研究センター(略称「玄武岩繊維国家エンジニアリングセンター」)は2011年11月に国家発展改革委員会の認可を経て建設された玄武岩繊維業界唯一の国家級研究プラットフォームである。エンジニアリング研究センターの主任は国際的に有名な学者、国家千人計画の特別招聘専門家、東南大学の呉智深教授(日本工学院の外国籍院士、ヨーロッパ科学と芸術院の院士)が担当して、チームは30人以上の国内外のトップレベルの専門家と学者と技術研究開発者が集まり、専門は複合材料、エネルギー環境、化学工業、土木、自働車などの多くの分野にかかわっています。センターは呉智深教授の指導の下、国家「十二五」科学技術支持プロジェクト、国家重大基礎研究973プロジェクト及び江蘇省重大プロジェクトなどの国家及び省部級プロジェクト十数プロジェクトを担当し、国家科学技術進歩二等賞、国家技術発明二等賞などの重大賞を受賞した。

エンジニアリング研究センターは玄武岩繊維の高性能化、安定化、量産化技術の難題を克服し、国際的に初めてマルチミックスとミックスの概念と理論を創り出し、実験室で製造した4080MPaの高強度繊維はT300炭素繊維のレベルに達することができ、国際的にリードしている。センターは、特許出願発明200項余り、80以上の発明特許を取得しました。その中には5つの国際特許も含まれています。主編、参加が30項余りの国家及び業界標準を取得しており、繊維、複合材製品の性能指標は、国際先進、国内先進水準に達しており、国内の多くの技術余白を埋めている。

一、玄武岩纖維複合材料筋の応用シナリオ

1、玄武岩纖維複合材筋置換橋面舗装鉄筋網又はセメントコンクリート舗装用普通鉄筋(料金所広場含む)



ストレートバー状に直接加工



特定のサイズに丸められたディスク状

2、基準

- ①『纖維強化複合材料工学応用技術標準』(GB 50608-2020)
- ②「道路玄武岩纖維及びその複合筋コンクリート舗装技術指針」(T/CHTS 10025-2020)
- ③「道路工事用玄武岩纖維及びその製品」その4:玄武岩纖維複合筋(JT/T 776.4-2010);
- ④「土木構造用玄武岩纖維複合材料」(GB/T 26745-2021);

3、技術指標

玄武岩纖維強化複合材料(BFRP)筋の引張強度は、筋の断面積(樹脂を含む)によって計算され、断面積は公称直径によって計算されるべきである。主な力学的性能指標を下表に示す。

表3.1 BFRP筋の主な力学的性能指標表

種別	技術基準	試験方法
密度 g/cm^3	1.9-2.2	GB/T 1463
引張強度(MPa)	$\geq 800 \sim 1300$	GB/T 26745-2021
弾性率(GPa)	≥ 45	GB/T 26745-2021
破断伸び率(%)	≥ 2.0	GB/T 26745-2021

未記載事項は、「土木構造用玄武岩繊維複合材料」(GB/T 26745-2021)、「繊維強化複合材料筋」(JG/T 351-2012)、「道路工事用玄武岩繊維及びその製品」(JT/T 776.4-2010)を満たす必要がある。

4、玄武岩繊維複合材筋の利点

4. 1 材料の優位性

(1)比重が軽く(普通の鉄筋の約1/4)、強度が高く(普通の鉄筋の約4倍)、合理的に普通の鉄筋を交換することによって、効果的に構造の自重を下げることができ、構造全体の安定性を高めることができる。

(2)比重が軽くて、作業者の積卸しに便利で、施工が便利で効率的で、作業者の労働強度を効果的に下げる。ø12mm以下の筋材は現場に積み替えて、連続して敷設することができて、ラップの浪費を減らすことができる。溶接と電気設備を使用する必要がなく、プロセスの安全リスクを下げ、吊り上げ設備の投入を節約し、工事のコストを下げる。雨天時の結束品質に影響がなく、雨期などの特殊な季節の突撃作業に適している。

(3)等強度置換普通鉄筋は工事費の増加を招くことがなく、大規模な使用コストは更に低い。路面の寿命を大幅に向上させ、ライフサイクル全体のコストを削減する。また、絶縁、無磁気、透波などの性能を持ち、橋梁の電子機器設備に電磁干渉がない。

(4)熱膨張係数はコンクリートに近く、初期亀裂の発生を効果的に抑制することができる。同時に優れた耐食性を持って、効果的に塩とアルカリの腐食環境下の鉄筋の錆の問題を解決することができて、構造の耐久性を高めることができる;

(5)通常の鉄筋網と比較して、橋面保護層の厚さを小さく設定することができ、ひび割れ防止効果が高く、筋が露出しても錆斑が発生して梁面を汚染する危険性がない。

4. 2 経済的優位性

(1)合理的な等強度置換により、材料コストを10~15%削減できる。

(2)比重が軽くて、作業者の積卸しに便利で、施工が便利で効率的で、作業者の労働強度を効果的に下げる。総合設置作業効率が約20~30%向上し、対応工事のコストが5~10%節約されると試算されている。

(3) ø12mm以下の筋材は現場に積み替えて、連続して敷設することができて、ラップの浪費を減らすことができる。溶接と電気設備を使用する必要がなく、プロセスの安全リスクを下げ、吊り上げ設備の投入を節約し、工事のコストを下げる。雨天時の結束品質に影響がなく、雨期などの特殊な季節の突撃作業に適しており、工事コストを3~5%節約することに対応している。

(4)一般的な鉄筋に比べて、BFRP筋は使用後の対応工事コストを15%以上削減することができる。

表4.1 普通鉄筋をBFRP筋に置き換えた場合の経済効果の比較

種類	仕 様	現場荷卸	設置費用	筋ラップロスとその他	材料費
HRB400	定長9m又は12m	クレーン	高	大	高
BFRP筋	工場で需要に応じた寸法を加工可	人力又はフォークリフト	5~10%節約	3~5%節約	10~15%節約

備考:普通の鉄筋に比べて、BFRP筋は使用後に対象工事費を15%以上下げることができる。

また、玄武岩繊維複合材筋は耐食性を有するため、海洋工事への応用の優位性がより顕著になる。普通の鉄筋はエポキシコーティングを採用して、コンクリート保護層の厚さを増加して、その表面は保護コーティングを採用して、コンクリートの中に防錆剤を添加するなどの総合的な防腐措置を採用する必要があるが、玄武岩繊維複合材筋は生まれつき耐食性があり、海洋環境の一連の問題を解決することができて、総合的なコストを約

20%以上節約することができて、肝心なのは構造の耐久性を大幅に向上させることができる。

4. 3社会的利益

玄武岩繊維は一種の天然無機材料として、優れた力学特性と耐腐食性を有し、持続可能な発展とカーボンニュートラル理念に合致し、全世界範囲内では玄武岩繊維産業は急速に発展しており、中国は全世界の玄武岩繊維の主要な生産国の一つとして、国家政策の強力な支援と技術革新の強力な推進の下で、原糸から複合材料製品までの完全な産業チェーンを形成し、かつ応用分野が広く、未来の新材料発展の重要な方向の一つである。

玄武岩繊維複合筋コンクリート舗装構造は、舗装のひび割れを効果的に低減する。構造の耐久性を高め、電磁干渉が発生せず、料金所広場の計量区の補強に用いることができ、鉄筋が料金所内のコイル識別精度に与える影響を効果的に低減し、繰り返し修理を避け、後期のメンテナンス費用と全ライフサイクルコストを低減し、江蘇省の産業構造のグレードアップとグリーンで持続可能な発展に有力な保障を提供する。

4. 4環境的利益

炭素排出係数(温室効果ガス排出係数またはカーボンフットプリント係数とも呼ばれる)は、一般に、エネルギー消費または材料生産の単位あたりの二酸化炭素換算(CO₂e)排出量を指す。『建築炭素排出量計算基準』GB/T 51366-2019を主とし、FRP筋材に使用される原材料、エネルギーなどの資源の消費状況(表4.2)を比較すると、生産単位質量当たりのFRP筋の炭素排出量の大きさが順にすると:CFRP筋>AFRP筋>GFRP筋>BFRP筋で、BFRP筋は炭素排出削減に有利である。

表4.2 FRP筋製造における炭素排出量の比較

kg CO₂e/t

名称	単位	CFRP 筋	AFRP 筋	GFRP 筋	BFRP 筋
纤维	kg	850	840	830	830
环氧树脂	kg	250	250	250	250
电力	kWh	2084	2489	1310	1310
人力	工日	26.25	31.125	16.375	16.375
运 纤维	300	370	300	1300	370
输 环氧树脂	60	60	60	60	60
绕线	kg	57	70	36	36

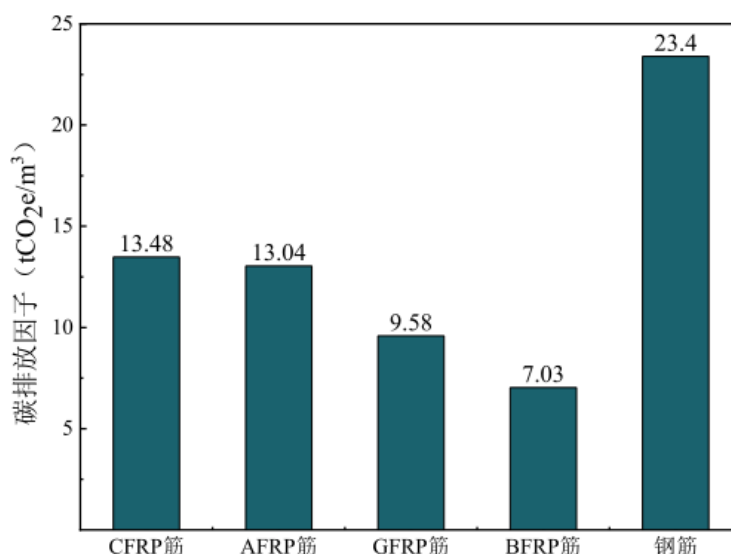


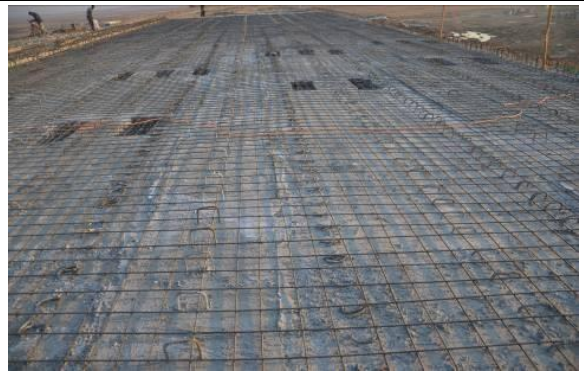
図4.1 筋材の単位体積当たりの炭素排出係数の比較

配筋時は筋公称面積に基づいているため、単位体積当たりのFRP筋の炭素排出量を鉄筋と比較して計算し、

省によって発電の形式が異なり、電力の炭素排出因子もそれぞれ異なるため、華東区域の数値に基づいて選択した。図4.1から明らかなように、鉄筋単位体積あたりの炭素排出量はFRP筋よりはるかに高く、BFRP 単位体積あたりの炭素排出量は最も低く、鉄筋の30%にすぎず、BFRP 筋の生産過程で有毒物質を発生せず、環境への汚染を減少し、環境にやさしい材料である。

5、応用事例

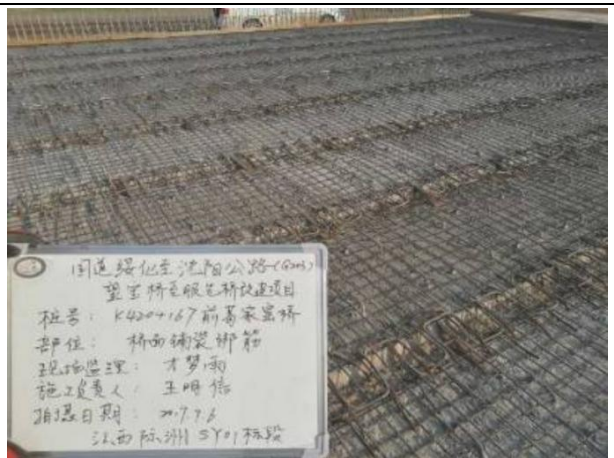
No.	工事名	応用部位
1	吉林省長春市の都市高速二つ橋梁	橋面舗装
2	吉林省念丹高速道路新設橋梁	橋面舗装
3	吉林省長春市の高速道路5つ橋梁	橋面舗装
4	2022 年寧夏S50海原-平川(寧甘界)道路 灰条溝大橋	橋面舗装
5	伊春鉄力西大橋橋梁	橋面舗装
6	成都市羊西線金牛支渠拡幅橋面舗装層	橋面舗装
7	汶川映汶高速ある区間の橋面舗装	橋面舗装
8	黒竜江省備黒高速道路5つの跨線橋(u転歩道橋、108歩道橋、 170歩道橋、190歩道橋、339歩道橋)	橋面舗装
9	成都天府新区正功立体交差橋、天保立体交差橋、打吧 溝橋、大湖堰橋	橋面舗装
10	吉林省双遼-兆南高速道路通榆-兆南区間橋梁程	橋面舗装
11	延辺龍井-大蒲柴河高速道路橋梁	橋面舗装
12	長春榆樹-松原高速道路橋梁	橋面舗装
13	江蘇鎮江臨江東路(港中路-煙礮山路)	セメントコンクリート舗装
14	江蘇鎮江臨江東路(大港公司1#門-港中路)	セメントコンクリート舗装
15	江蘇鎮江大港三期12号泊位内輪道路改造工事	セメントコンクリート舗装
16	連宿高速LS-SQ22標段宿豫中樞料金所	セメントコンクリート舗装
17	上海S32昆陽路高速料金所	セメントコンクリート舗装
18	上海S3上海S3滬奉高速料金所広場	セメントコンクリート舗装
19	上海浦新路料金所プロジェクト	セメントコンクリート舗装
20	四川省成都天府新区老双華路節点下穿トンネルの底板	スラブコンクリート舗装
21	南京長江大橋の橋面更新プロジェクト	橋面舗装
22	四川省成都天府新区老双華路の節点下穿トンネル	スラブコンクリート舗装
23	蘇州相城PC部材工場	セメントコンクリート床
24	寿光維坊市海洋保護修復プロジェクト	カキ礁部材
25	軍方三沙市某島礁灯杭	コンクリートランプパイル



嫩丹高速道路の橋面セメントコンクリート舗装



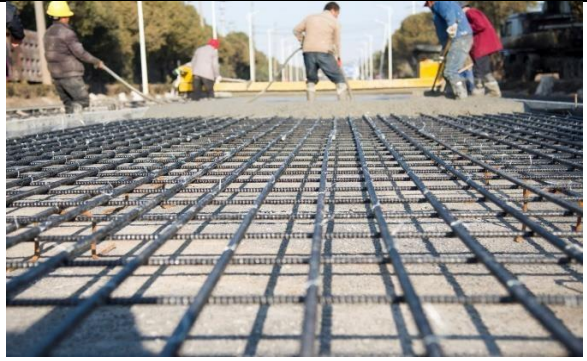
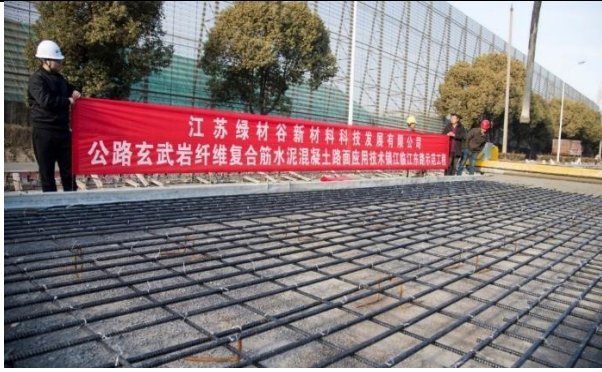
長春繞城高速道路路面セメントコンクリート舗装



国道(G203)望宝橋の橋面セメントコンクリート舗装



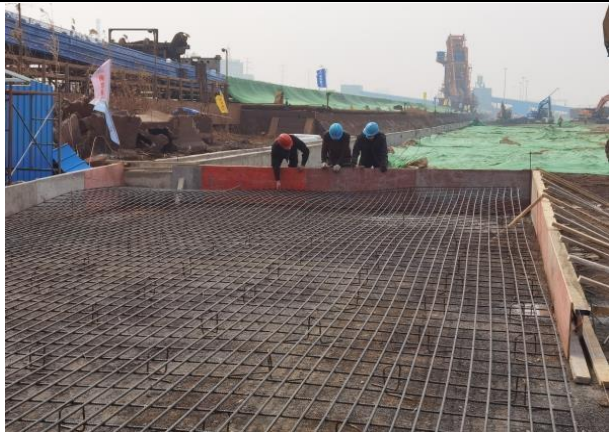
南京長江大橋の引橋脚の頂上の後打ち帯の補修



镇江港中路-烟礅山路



大港会社1#門-港中路



镇江港区内部道路





港区の道路開通から2年後の路面状況良好



寧波甌山港老池山二期港口柱拡大断面補強



三沙市某島礁灯杭



すべてBFRP筋使用

三沙市島礁コンクリート灯杭建築

銅棒をすべてにBFRP筋で代替した国内初の防磁機能を備えた地震観測用建築構造物

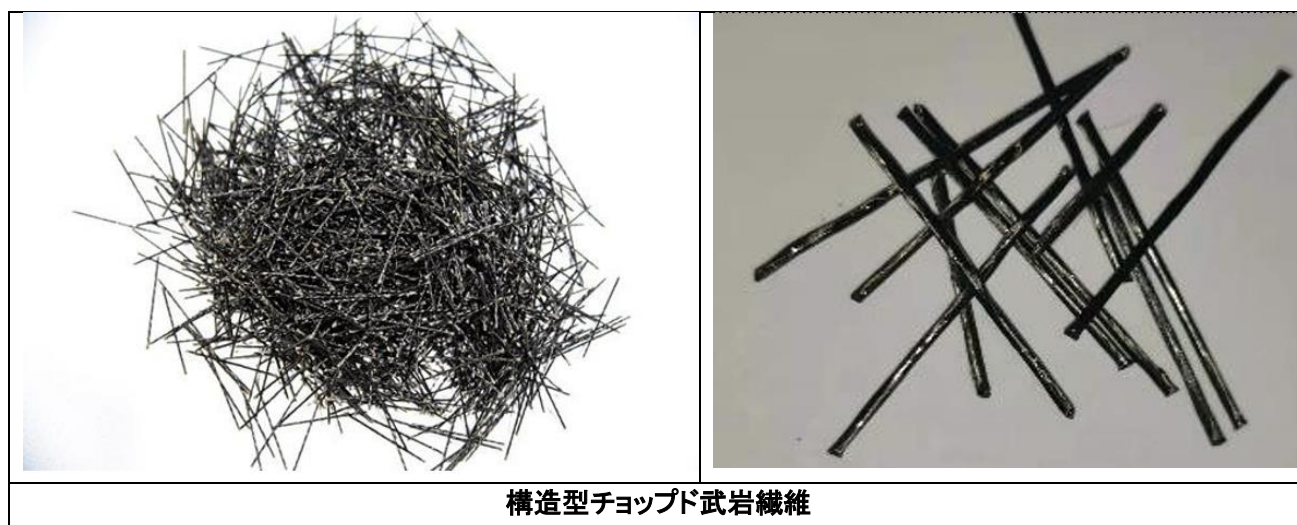


天水・銀川・蘭州・嘉峪関玄武岩纖維筋地震観測台

二、構造型チョップドストランドの応用シナリオ

構造型チョップドストランドは、連続玄武岩繊維と耐食性樹脂を特殊な製法で複合成形した表面リブ付き針状筋材であり、使用要求に応じて切断したものである。最終製品の直径は一般的に0.40~1.00 mmであり、長さは使用するコンクリート混合物に応じて決定される。

1、鋼繊維コンクリート中の鋼繊維は錆が発生しやすいため、橋梁の外観品質に影響を与える。また、固まりやすく、混ぜにくく、密度が高くで分布が不均一になりやすく、かつ露出した鋼繊維はタイヤなどの不利な要素を損傷しやすく等、橋梁の伸縮継手や橋面の鋼繊維コンクリート中の鋼繊維を耐食性が優れ、分散しやすく、混合しやすく、耐亀裂、強靱性、耐衝撃性が良く、密度がコンクリートに近い構造型チョップドストランドに置き換えることを提案し、その配合量は元の鋼繊維の1/4である。



2、基準根拠

- ①「土木構造用玄武岩繊維複合材料」(GB/T 26745-2021)
- ②『繊維コンクリート応用技術規程』(JGJ/T221-2010)
- ③「鋼繊維コンクリート」(JG/T472-2015)

3、技術指標

構造型チョップドストランドは、連続玄武岩繊維と耐食性樹脂を特殊な製法複合成形した表面リブ付き針状筋材であり、使用要求に応じて切断したものである。主な力学的性能は下表の通りである。

構造型チョップドストランドの主な力学的性能表

材料名	繊維長 (mm)	直径 (mm)	引張強度 (MPa)	密度 (g/cm ³)	弾性率 (GPa)	破断伸び 率(%)
普通コンクリート用構造型チョップドストランド	35	0.7-1.0	≥800	1.9-2.1	≥45	≥2.0

備考：未記載事項は、『土木構造用玄武岩繊維複合材料』及び『繊維コンクリート応用技術規程』(JGJ/T221-2010)を満たす必要がある。

4、構造型チョップドストランドの利点

構造型チョップドストランドを添加することにより、コンクリート自身では以下の効果を発揮し、コンクリートの引張強度を高め、コンクリートのひび割れの発生と進展を抑制する効果が得られる。

(1)コンクリートの初期欠陥の応力集中を分散させる。コンクリートのひび割れの発生は、コンクリート内部の初期欠陥の応力集中から始まることが多い。しかし、構造型チョップドストランドは、荷重を伝達して応力集中を低減する効果があり、コンクリートの引張強度を向上させることができる。

(2)架橋作用。一般的なコンクリートは脆性作業であり、ひび割れ後のひび割れの進行はほとんど制御されていない。しかし、構造型チョップドストランドとコンクリートとの間には良好な接合作用があり、コンクリートのひび割れ後に繊維の接着力によって架橋作用を発揮し、ひび割れの進行を阻止する。

(3)コンクリートの強度と弾性率の増加を伴うコンクリートの水和反応の過程である。水和反応において、構造型チョップドストランドの弾性率はコンクリートの弾性率よりもはるかに大きく、大量の引張応力を分担することができ、ひび割れの発生を低減することができる。

同時に、構造型チョップドストランドは鋼繊維と比較して以下の特徴がある。

(1)密度は普通の鋼繊維の約4分の1であり、同等の添加量の場合、重量は鋼繊維の4分の1しかなく、その製造コストは鋼繊維を使用する場合に近い。

(2)コンクリートスラリーの密度に近く、均一に分散しやすく、固まりにくく、攪拌や振動時に繊維が沈降する現象は発生しない。構造物全体の自重を低減することができ、噴射装置やコンクリート攪拌装置の摩耗が少なく、噴射口を塞いだり、噴射配管を突き破ったりしない。

(3)良好な耐食性は、コンクリートのひび割れが発生した場合に、酸、アルカリ、塩などの過酷な自然環境の侵食を効果的に低減することができ、鋼繊維の腐食による錆膨れの問題を解決し、コンクリート構造物の耐用寿命を延ばすことができる。

(4)絶縁又は磁性がなくて、鉄筋コンクリート構造の上で使用して元の保護層の検測に影響しない。電位差が発生せず、内部鉄筋の電気化学的腐食を回避する。

(5)熱膨張係数はコンクリートと一致しており、温度変化によってコンクリートにひび割れが発生することはない。ひび割れが発生しても進行し続けることはない。

5、応用事例

No.	工事名	応用部位
1	厦門第二通路	橋梁の伸縮継手と鋼橋床版
2	広東深中通路	橋梁用伸縮継手
3	福州港羅湾港区可門作業区	橋面舗装
4	江蘇泰州北水閘大橋(UHPC)	鋼橋床舗装
5	広州公路空港二高鶴嘴互通立体交差橋	橋梁用伸縮継手
6	広東六横大橋	橋梁用伸縮継手
7	広東獅子洋大橋	橋梁用伸縮継手
8	浙江杭甬復線三期	橋梁用伸縮継手

9	成渝中線簡陽沱江特大橋	鋼床舗装
10	広東梅山疎港路大橋	橋梁用伸縮継手
11	江蘇鳳凰河大橋	湿目地と後打設部

(1)アモイ第二通路(構造型チョップドストランド)

アモイは海島の塩霧腐食環境に位置している。鋼繊維コンクリート中の鋼繊維はさびが発生しやすく膨張して、露出鋼繊維はタイヤを損傷しやすい。また、鋼繊維とコンクリートの混合難度が高いなどの不利な要素があるため、耐食性が優れ、分散しやすく、混合しやすく、耐亀裂性、初期増強性、耐衝撃性が良いの構造型チョップドストランドに変更して、コンクリートの耐久性と走行安全性を高めて、現在このプロジェクトは順調に開通して運営している。



(1) 伸缩缝沥青混凝土、钢纤维混凝土工程量变化情况

内容		单位	A2 标	A3 标	A4 标	合计
原图纸	C50 钢纤维混凝土	m ³	23.23	253.26	87.68	364.17
	沥青混凝土铺装	m ²	87.96	173.02	98.50	359.47
图纸勘误工程量	C50 钢纤维混凝土	m ³	281.47	553.67	315.19	1150.32
	沥青混凝土铺装	m ²	87.96	173.02	98.50	359.47
钢纤维调整为玄武岩纤维	C50 结构型短切玄武岩纤维混凝土	m ³	369.42	726.69	413.68	1509.79
	结构型短切玄武岩纤维掺量	Kg	6649.62	13080.35	7446.30	27176.26
	沥青混凝土铺装	m ²	0	0	0	0

(2) 跨线桥钢桥面铺装钢纤维无收缩混凝土工程量变化情况

位置		铺装面积	原图纸	钢纤维调整为玄武岩纤维	
			C50 钢纤维混凝土	C50 结构型短切玄武岩纤维混凝土	结构型短切玄武岩纤维掺量
		(m ²)	(m ²)	(m ³)	Kg
A2 标 钢箱梁	A 匝道变更	945	113.4	113.4	2154.6
	B 匝道	2079	249.48	249.48	4740.12
	F 匝道	918	110.16	110.16	2093.04
合计		3942	473.04	473.04	8987.76

参考标准:

[1]GB/T26745-2021《土木工程结构用玄武岩纤维复合材料》

[2]JGJ/T221-2010《纤维混凝土应用技术规程》

[3]JG/T472-2015《钢纤维混凝土》

中交公路规划设计院有限公司

厦门第二东通道项目组

2022 年 07 月 05 日

抄送: 厦门第二东通道工程 A1、A2、A3、A4、施工标段及 J1、J2 总监办

附件:

附件 1 《厦门第二东通道工程 2022 年 6 月份工地例会会议纪要【2022】3 号》

附件 2 勘误及变更设计表、变更前后示意图

设计代表: 张伟

中交公路规划设计院有限公司
厦门第二东通道工程设计代表组专用章

签字(公章):

日期: 2022 年 07 月 05 日

建设单位:

厦门第二东通道工程一标
(2)

签字(公章):

日期:

(2)深圳から中山までの河川横断通路プロジェクト(伸縮継手に構造型チョップドストランド)

附件

编号：SZTD（B）-S07-064

中交公路规划设计院有限公司
中交水运规划设计院有限公司 联合体
上海市隧道工程轨道交通设计研究院

设计服务函

项目名称	深圳至中山跨江通道项目（B 合同段）		签发日期	2022-11-08																			
施工标段	深中通道项目 S07 合同段																						
文件标题	关于非通航孔桥伸缩缝玄武岩纤维混凝土的服务函																						
经办单位	中交公路规划设计院有限公司																						
拟稿人	孙嘉	复核人	李峰	审定人	梅刚																		
主要内容	内容(提要):																						
	结构型短切玄武岩纤维（由连续玄武岩纤维与耐腐蚀材料复合成型的表面带肋针状筋材，并按使用要求切割定型）耐腐蚀性能优、易分散、好拌和、抗裂、增韧、抗冲击性能均较好，可提升伸缩缝混凝土的耐久性和行车安全性。现将深中通道非通航孔桥伸缩缝钢纤维混凝土变更为玄武岩纤维混凝土，相关要求如下：																						
	一、非通航孔桥伸缩缝槽口 C50 钢纤维混凝土（掺量 50kg/m ³ ）改为：C50 结构型短切玄武岩纤维混凝土，结构型短切玄武岩纤维强度≥800MPa ^[1] ，长度 35mm，掺量 18kg/m ³ 。																						
	二、施工要求：结构型短切玄武岩纤维混凝土拌和工艺和钢纤维混凝土拌和工艺一致，施工工艺与普通混凝土相同 ^[2-3] 。																						
内容	三、结构型短切玄武岩纤维技术指标见下表：																						
	<table><tr><th>材料名称</th><th>纤维长度 (mm)</th><th>单纤直径 (mm)</th><th>拉伸强度 (MPa)</th><th>密度 (g/cm³)</th><th>弹性模量 (GPa)</th><th>吸水性</th><th>耐碱性</th></tr><tr><td>普通混凝土用结构型短切玄武岩纤维^[1]</td><td>35</td><td>0.7-1.0</td><td>≥800</td><td>1.9-2.1</td><td>≥45</td><td>否</td><td>优异</td></tr></table>							材料名称	纤维长度 (mm)	单纤直径 (mm)	拉伸强度 (MPa)	密度 (g/cm ³)	弹性模量 (GPa)	吸水性	耐碱性	普通混凝土用结构型短切玄武岩纤维 ^[1]	35	0.7-1.0	≥800	1.9-2.1	≥45	否	优异
	材料名称	纤维长度 (mm)	单纤直径 (mm)	拉伸强度 (MPa)	密度 (g/cm ³)	弹性模量 (GPa)	吸水性	耐碱性															
普通混凝土用结构型短切玄武岩纤维 ^[1]	35	0.7-1.0	≥800	1.9-2.1	≥45	否	优异																



(3) 広州道路空港二高鶴嘴相互連絡立体交差橋(伸縮継手に構造型チョップドストランド)

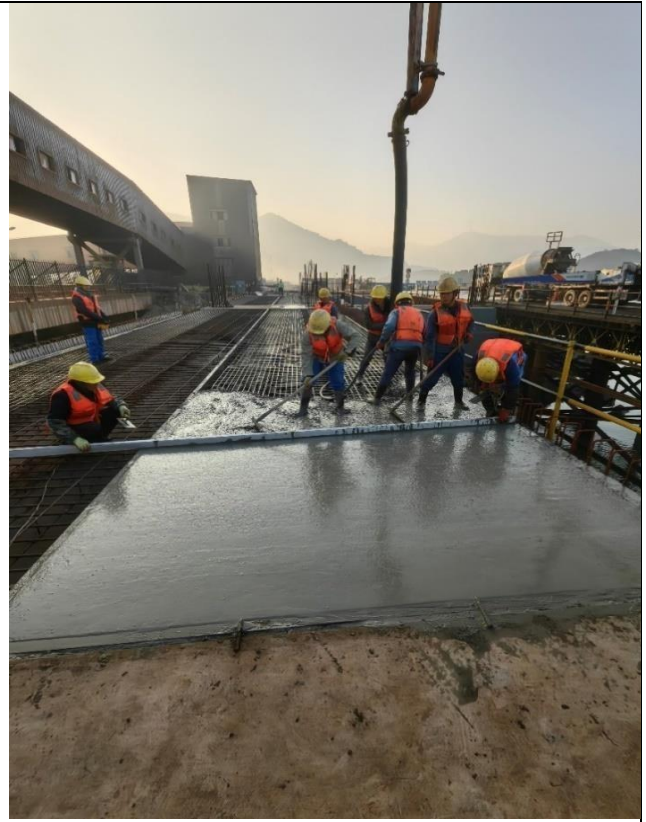


(4) 江蘇省泰州市北水関大橋(鋼橋舗装に構造型チョップドストランド)

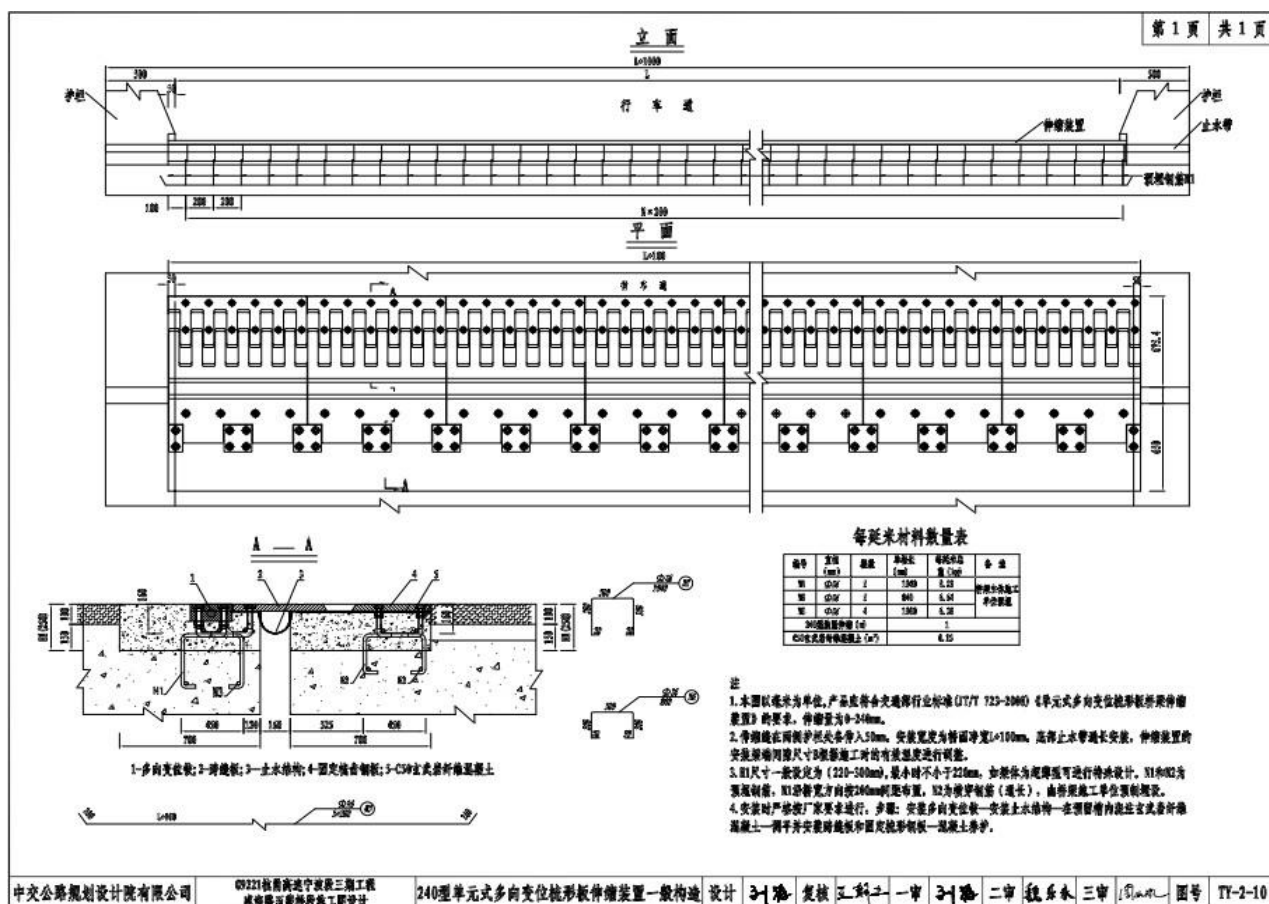




(5)福州港羅湾港区可門作業区(鋼橋舗装に構造型チョップドストランド)



(6) 浙江杭甬復線三期威海相互連通海域橋(伸縮継手に構造型チョップドストランド)



(7)江六横大橋(伸縮継手に構造型チョップドストランド)



施工预留孔的封填等采用 C50 补偿收缩混凝土，其限制膨胀率应为 0.03%~0.04%。端墙伸缩缝用槽口混凝土采用 C50 结构型短切玄武岩纤维混凝土，结构型短切玄武岩纤维强度 $\geq 800\text{MPa}$ ，长度 35mm，掺量 18kg/m^3 。结构型短切玄武岩纤维技术指标见下表。

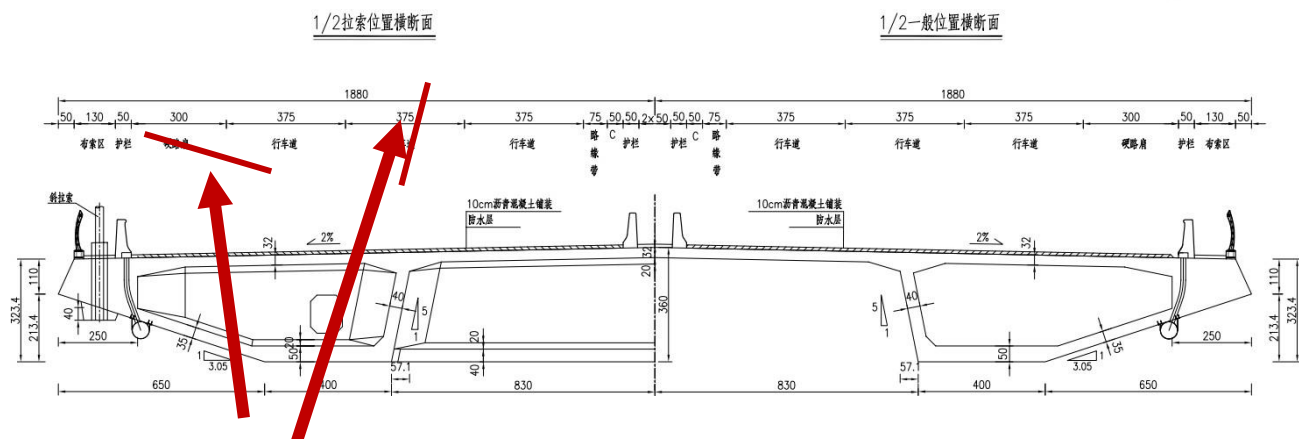
表 6-1 结构型短切玄武岩纤维技术指标

材料名称	纤维长度 (mm)	单纤直径 (mm)	拉伸强度 (MPa)	密度 (g/cm ³)	弹性模量 (GPa)	吸水性	耐碱性
普通混凝土用结构型短切玄武岩纤维	35	0.7-1.0	≥ 800	1.9-2.1	≥ 45	否	优异

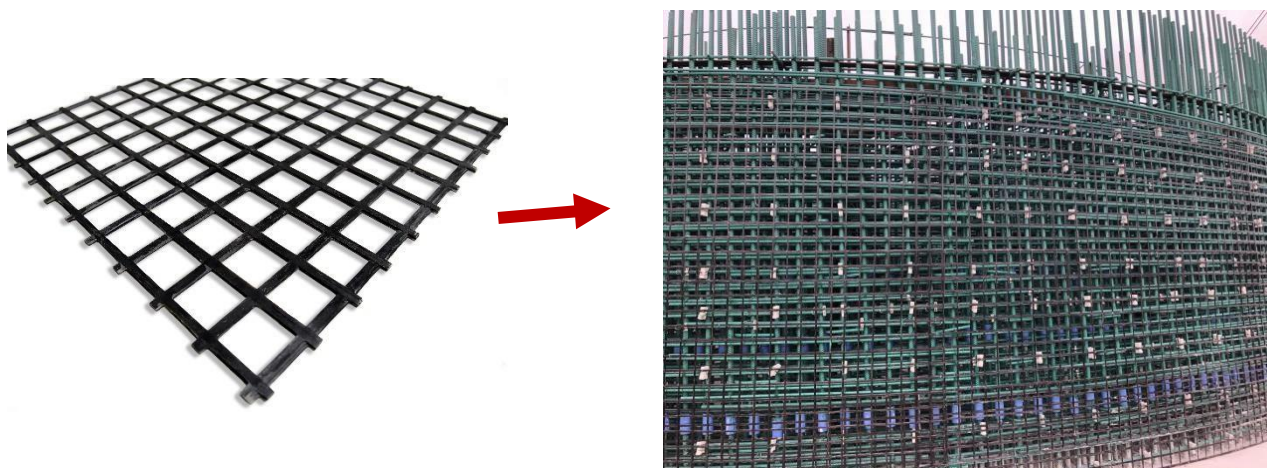
大橋は島の塩霧腐食環境に位置している。鋼纖維コンクリートの中の鋼纖維はさびが発生しやすく膨張して、露出した鋼纖維はタイヤを損傷しやすく、及び鋼纖維コンクリートの混合難度が大きいなどの不利な要素があるので、耐食性が優れて、分散しやすく、よく混合して、耐亀裂、強度増、耐衝撃性能が良い構造型チョップドストランドに変えて、コンクリートの耐久性と走行安全性を高める。

三の1、玄武岩纖維複合材料グリッド応用シナリオ

北江特大橋主桁ウェブKT梁の耐亀裂応用、橋長1.4km、グリッド使用量約2.8万m²



玄武岩纖維複合材補強グリッド



1、新設工事

玄武岩纖維複合材補強グリッドは北江特大橋の主桁ウェブに使用可能KT梁の耐亀裂応用、推奨仕様は50*50*2mmまたは80*80*2mmである。

2、基準根拠

- ①『纖維強化複合材料工事応用技術標準』(GB 50608-2020)
- ②「構造工事用纖維強化複合材料グリッド」(GB/T 36262-2018)

3、技術指標

玄武岩纖維強化複合材料(BFRP)グリッドは玄武岩連続纖維と耐食性熱硬化樹脂から高温一体成形プレス成形され、一定の剛性と節点強度を有する硬質複合材料であり、主な力学性能指標は次の表を参照する。

玄武岩纖維強化複合材料グリッドの主な力学性能指標表

網目寸法(mm*mm)	厚さ(mm)	断面計算面積 (mm ²)	引張強度 (MPa)	引張弾性率 (GPa)	破断伸び率 (%)	耐アルカリ性 等級	節点部引張力 (KN)
100*100/80*80/50*50	3	5.43	≥2000	≥85	2.3	I級	≥3.5
	2	3.62	≥2000	≥85	2.3	I級	≥1.8
備考:たて糸の引張り強度とよこ糸の引張り強度の間の分散係数は5%未満でなければならない							

4、玄武岩纖維複合材料強化グリッドの利点

(1)優れた力学的性能

BFRPグリッドは軽量、高強度、熱膨張係数がコンクリートと基本的に一致する特徴があり、温度変化下でコンクリート構造と協同して力を受けることができ、しかもグリッドの双方向均衡力学性能と耐接着滑り性能が良く、コンクリートとの互換性が良い。通常のエポキシコーティングした鉄筋はコンクリートとの接着力を下げてしまい、コーティング層も紫外線照射の下で容易に分解して、長期露出は品質に影響する。ひび割れ防止纖維やひび割れ防止剤は、コンクリート作業性に影響を与え、副作用がある。

(2)耐食性が強く、耐割れ性に優れ

BFRPグリッドは優れた耐酸アルカリ塩腐食性能を持っており、特に湛水環境下で構造コンクリートの劣化による鉄筋の錆膨張問題に適用して、初期ひび割れの発生を抑制して、後期ひび割れの拡張を制御する。また、磁気、透波、耐食性がなく、鉄筋保護層の不足による品質リスクを回避することができる。

(3)電気化学的腐食がない

耐亀裂鉄筋、ステンレス鋼筋と主筋は電位差があって、電気化学腐食が発生しやすい。玄武岩纖維複合材料グリッドは無機非金属材料で、耐食性が良く、錆膨れが発生しないこと、電気化学腐食の潜在的な危険がない。

(4)取り付けが便利で安全

BFRPグリッドは軽量、高強度で、人力で直接積み降ろしと作業に便利で、取り付けが便利で効率的である。全工程は効果的に労働強度を下げることができ、しかも溶接と電気設備を使用する必要がなく、電気作業と吊り上げによる安全リスクを減らすことができる。

(5)作業が独立しており効率的で、工期を効果的に短縮

鉄筋の骨組みを配置して成形した後、BFRPグリッドを段ごとに取り付けることができ、平行に流れ作業することができる。BFRPグリッドの便利な操作は、基礎工事の進捗を効果的に節約し、後工程の迅速な展開を加速することができる。冬、雨期、増水期などの特殊な季節に施工すれば、工期節約の効果がより顕著になる。

(6)集約・低炭素で経済性が高い

玄武岩纖維複合材料グリッドは原材から生産、応用まで、グリーンで環境に優しく、国の「双炭素」目標の要

求に符合する。機械一体成形製法を採用し、量産の大規模化を実現し、経済性が高い。

(7)総合効果が高い

この応用技術は通常の増設ひび割れ防止鉄筋網、ひび割れ防止繊維、コンクリート添加ひび割れ防止剤などの措置の総合費用より10~20%節約して、亀裂の予防と防止の効果は上述の耐亀裂措置の元により80%以上を高めることができ、亀裂の長さ、幅と深さの制御に対してすべて著しい効果があつて、後期もメンテナンスが少なく、工事の全ライフサイクルのコストを下げ、構造の耐久性能と耐震性能を高めた。複雑で劣悪な条件の下の海洋環境に応用して、抗裂効果と経済効果は更に明らかである。一方、トンネルの二次覆工に鉄筋網を代替することにより、鉄筋網の錆膨張の問題を解決するとともに、かぶり層の厚さを薄くすることができ、コンクリートの節約と工事費の低減を図ることができる。

5、応用事例

No.	工事名	応用部位	備考
1	黄茅海大橋と高欄港大橋	ケーブルタワー本体	新設
2	CZ瀾滄江特大橋	橋の本体と 吊り打ち0#ブロックウェブ	新設
3	上海崇明線地下鉄トンネル	トンネル壁体	新設
4	舟山六横大橋	塔座と塔身	新設
5	杭甬復線三期	橋脚本体	新設
6	梅山疎港路大橋	橋脚本体	新設
7	空港二高太関路トンネル	トンネル壁体	新設
8	獅子洋大橋	東／西アンカーパイル	新設
9	北江特大橋	ケーブルタワー本体	新設
10	温州大橋	橋脚本体	新設
11	安徽省合肥市鉄道道床沈降	道床沈下補強	新設
12	南京長江大橋(双曲アーチ橋補強)	橋身	メンテナイス補強
13	南京大学外国人教師アパート	壁面	メンテナイス補強
14	常州南河橋、靈橋、儒林中河橋、武進港運 川大橋など4つの橋梁の蓋梁補修	橋面	メンテナイス補強
15	塩洛高速大寨河中橋	橋面	メンテナイス補強
16	2021 年江海高速橋梁集中補修	橋面	メンテナイス補強
17	2021 年塩靖高速橋梁集中補修	橋面	メンテナイス補強
18	北京地下鉄復八線(天西-西单)補修補強	トンネル	メンテナイス補強
19	杭金衢高速道路孫姜大橋橋脚補強	橋面	メンテナイス補強
20	沿海高速灌漑総水路大橋の主橋補修・補強	橋面	メンテナイス補強

(1)黄茅海と高欄港大橋(BFRPグリッド)

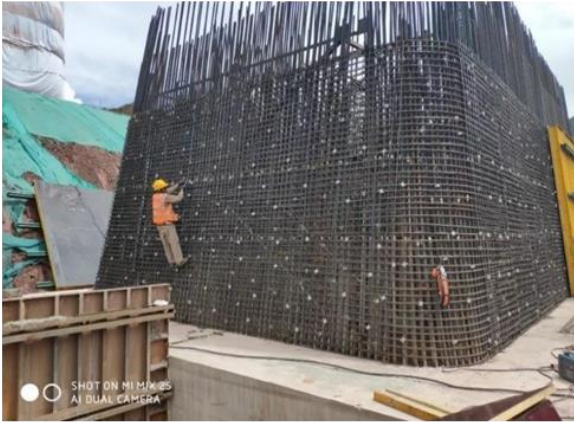
玄武岩繊維強化複合材料(BFRP)グリッドは黄茅海横断通路の高欄港大橋と黄茅海大橋の5つのケーブルタワー本体に成功的に応用され、現在これらのケーブルタワー本体はすべて竣工に成功していた。ケーブルタワー構造の耐亀裂性能を高めるため、高欄港大橋と黄茅海大橋はケーブルタワー外側の保護層に50mm*50mm*3mm BFRPグリッドを追加した後、完成部材表面の収縮亀裂の数量は元より80%以上減少し、亀裂の長さ、幅も顕著に改善され、玄武岩繊維グリッドの耐亀裂と亀裂制御の効果は明らかである。



应用证明 <table><tr><td>项目名称</td><td colspan="3">基于玄武岩纤维网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术</td></tr><tr><td>运用单位</td><td colspan="3">黄茅海跨海通道管理中心</td></tr><tr><td>运用的起止时间</td><td colspan="3">2020年12月~2023年6月</td></tr><tr><td colspan="4"> 黄茅海跨海通道连接广东省珠海市和江门市，是港珠澳大桥的西延线和国家“十三五”重大工程，也是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后首个开工建设的跨海通道工程。项目采用双向6车道高速公路标准，批复概算约130亿元，设计时速100公里/小时，设计使用寿命100年，主线全长约31公里，其中跨海段约14公里，设700米级超大跨斜拉桥2座。 以往海城桥塔结构受到服役过程产生的温度内力、浇筑过程中塔柱表面产生温度应力集中和新浇筑塔段混凝土内部产生拉应力后极易产生裂缝，裂缝容易造成钢筋锈蚀膨胀，因此，提高混凝土结构物的抗裂性和耐久性是海城大跨径桥梁亟需解决的关键问题。在黄茅海项目建设过程中，依托玄武岩纤维BFRP网格技术研究及应用的创新研究成果在项目成功示范，应用面积23069.4m²。主要包括： 1. 提出了连续BFRP网格制备技术，通过采用经纱向纤维多层复合设计，开发了纤维双向张力控制、一体化连续模压成型方法，实现了BFRP网格一体化成型、连续化生产以及强节点，大幅度提高了生产效率，降低了生产成本。 2. 提出了BFRP网格大体积混凝土桥墩养护期开裂及服役期耐久提升技术，通过网格与混凝土产生的高粘接作用，实现了经纬共同受力和应力均匀化，有效减少了裂缝数量，控制了裂缝宽度和深度，解决了服役阶段钢筋锈蚀的问题。 3. 提出了BFRP网格混凝土桥墩抗灾韧性提升技术，通过将BFRP网格环向配置在混凝土桥墩钢筋保护层内，实现了BFRP网格横向分缝环向约束作用、纵向分肢纵向约束作用，实现了结构具有稳定的二次刚度。 4. 提出了薄面快速铺设连续BFRP网格施工法，通过在桥墩受力钢筋外侧多均匀勾错设置热贴块，实现了BFRP网格在混凝土保护层中的形状和位置精确控制。 应用实践表明，索塔材料强度和质量稳定提升40%以上，断裂延伸率提升2.5%以上；索塔混凝土裂缝数量减少80%，最大裂缝宽度在0.1mm以内，耐久性显著提升。项目成果为黄茅海跨海通道索塔和墩柱抗裂和耐久性技术提供了理论依据、技术支撑和装备保障，显著降低了建造成本。 通过本发明项目成果与桥墩混凝土结构的匹配实施，实现了产学研用的有效融合，有力支撑了黄茅海跨海通道的高质量建造，引领了桥梁技术的发展。 黄茅海跨海通道管理中心 2023年6月20日 </td></tr></table> <td> 应用证明 <table><tr><td>项目名称</td><td colspan="3">玄武岩纤维复合材料网格在某高原铁路滇沿江特大桥桥墩的抗裂应用</td></tr><tr><td>应用单位</td><td colspan="3">中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部</td></tr><tr><td>通讯地址</td><td colspan="3">西藏自治区昌都市卡若区益美酒店对面中铁三局项目部</td></tr><tr><td>单位联系人</td><td>唐维东</td><td>联系电话</td><td>18673135660</td></tr><tr><td>应用时间</td><td colspan="3">2022年7月</td></tr><tr><td colspan="4"> 应用情况： 某高原铁路是我国境内一条连接四川省与西藏自治区的快速铁路，是我国西南地区的第一线铁路之一，其中滇沿江特大桥是该铁路线的重要组成部分之一。尺寸巨大的大桥桥墩在施工过程中不可避免的存在大体积混凝土抗裂难的问题。除此之外，该桥梁地处山区，昼夜温差大，更易发生混凝土开裂现象。玄武岩纤维复合材料网格（BFRP网格）具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点，是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 本项目采用了东南大学吴智深教授团队牵头完成的“玄武岩纤维 FRP 网格提升大跨区跨海大桥索塔耐久性和韧性关键技术”项目成果，在大桥的设计过程中，将高耐久刚节点双向受力的 BFRP 网格（尺寸 100mm*100mm*5mm）配置在混凝土保护层中，网格外侧的净保护层厚度为 2 cm，保护桥墩内侧纵向受力钢筋保护，可以控制混凝土桥墩表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制，从而提高混凝土桥墩的抗裂性能，实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘查，BFRP 网格增强后的墩身表面未发现应力和干缩裂缝。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持，包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等，为恶劣环境下大体积混凝土桥墩的耐久性提升提供了重要的解决思路 and 有效途径。 中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部 年 月 日 </td></tr></table> </td>	项目名称	基于玄武岩纤维网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术			运用单位	黄茅海跨海通道管理中心			运用的起止时间	2020年12月~2023年6月			黄茅海跨海通道连接广东省珠海市和江门市，是港珠澳大桥的西延线和国家“十三五”重大工程，也是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后首个开工建设的跨海通道工程。项目采用双向6车道高速公路标准，批复概算约130亿元，设计时速100公里/小时，设计使用寿命100年，主线全长约31公里，其中跨海段约14公里，设700米级超大跨斜拉桥2座。 以往海城桥塔结构受到服役过程产生的温度内力、浇筑过程中塔柱表面产生温度应力集中和新浇筑塔段混凝土内部产生拉应力后极易产生裂缝，裂缝容易造成钢筋锈蚀膨胀，因此，提高混凝土结构物的抗裂性和耐久性是海城大跨径桥梁亟需解决的关键问题。在黄茅海项目建设过程中，依托玄武岩纤维BFRP网格技术研究及应用的创新研究成果在项目成功示范，应用面积23069.4m²。主要包括： 1. 提出了连续BFRP网格制备技术，通过采用经纱向纤维多层复合设计，开发了纤维双向张力控制、一体化连续模压成型方法，实现了BFRP网格一体化成型、连续化生产以及强节点，大幅度提高了生产效率，降低了生产成本。 2. 提出了BFRP网格大体积混凝土桥墩养护期开裂及服役期耐久提升技术，通过网格与混凝土产生的高粘接作用，实现了经纬共同受力和应力均匀化，有效减少了裂缝数量，控制了裂缝宽度和深度，解决了服役阶段钢筋锈蚀的问题。 3. 提出了BFRP网格混凝土桥墩抗灾韧性提升技术，通过将BFRP网格环向配置在混凝土桥墩钢筋保护层内，实现了BFRP网格横向分缝环向约束作用、纵向分肢纵向约束作用，实现了结构具有稳定的二次刚度。 4. 提出了薄面快速铺设连续BFRP网格施工法，通过在桥墩受力钢筋外侧多均匀勾错设置热贴块，实现了BFRP网格在混凝土保护层中的形状和位置精确控制。 应用实践表明，索塔材料强度和质量稳定提升40%以上，断裂延伸率提升2.5%以上；索塔混凝土裂缝数量减少80%，最大裂缝宽度在0.1mm以内，耐久性显著提升。项目成果为黄茅海跨海通道索塔和墩柱抗裂和耐久性技术提供了理论依据、技术支撑和装备保障，显著降低了建造成本。 通过本发明项目成果与桥墩混凝土结构的匹配实施，实现了产学研用的有效融合，有力支撑了黄茅海跨海通道的高质量建造，引领了桥梁技术的发展。 黄茅海跨海通道管理中心 2023年6月20日				应用证明 <table><tr><td>项目名称</td><td colspan="3">玄武岩纤维复合材料网格在某高原铁路滇沿江特大桥桥墩的抗裂应用</td></tr><tr><td>应用单位</td><td colspan="3">中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部</td></tr><tr><td>通讯地址</td><td colspan="3">西藏自治区昌都市卡若区益美酒店对面中铁三局项目部</td></tr><tr><td>单位联系人</td><td>唐维东</td><td>联系电话</td><td>18673135660</td></tr><tr><td>应用时间</td><td colspan="3">2022年7月</td></tr><tr><td colspan="4"> 应用情况： 某高原铁路是我国境内一条连接四川省与西藏自治区的快速铁路，是我国西南地区的第一线铁路之一，其中滇沿江特大桥是该铁路线的重要组成部分之一。尺寸巨大的大桥桥墩在施工过程中不可避免的存在大体积混凝土抗裂难的问题。除此之外，该桥梁地处山区，昼夜温差大，更易发生混凝土开裂现象。玄武岩纤维复合材料网格（BFRP网格）具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点，是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 本项目采用了东南大学吴智深教授团队牵头完成的“玄武岩纤维 FRP 网格提升大跨区跨海大桥索塔耐久性和韧性关键技术”项目成果，在大桥的设计过程中，将高耐久刚节点双向受力的 BFRP 网格（尺寸 100mm*100mm*5mm）配置在混凝土保护层中，网格外侧的净保护层厚度为 2 cm，保护桥墩内侧纵向受力钢筋保护，可以控制混凝土桥墩表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制，从而提高混凝土桥墩的抗裂性能，实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘查，BFRP 网格增强后的墩身表面未发现应力和干缩裂缝。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持，包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等，为恶劣环境下大体积混凝土桥墩的耐久性提升提供了重要的解决思路 and 有效途径。 中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部 年 月 日 </td></tr></table>	项目名称	玄武岩纤维复合材料网格在某高原铁路滇沿江特大桥桥墩的抗裂应用			应用单位	中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部			通讯地址	西藏自治区昌都市卡若区益美酒店对面中铁三局项目部			单位联系人	唐维东	联系电话	18673135660	应用时间	2022年7月			应用情况： 某高原铁路是我国境内一条连接四川省与西藏自治区的快速铁路，是我国西南地区的第一线铁路之一，其中滇沿江特大桥是该铁路线的重要组成部分之一。尺寸巨大的大桥桥墩在施工过程中不可避免的存在大体积混凝土抗裂难的问题。除此之外，该桥梁地处山区，昼夜温差大，更易发生混凝土开裂现象。玄武岩纤维复合材料网格（BFRP网格）具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点，是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 本项目采用了东南大学吴智深教授团队牵头完成的“玄武岩纤维 FRP 网格提升大跨区跨海大桥索塔耐久性和韧性关键技术”项目成果，在大桥的设计过程中，将高耐久刚节点双向受力的 BFRP 网格（尺寸 100mm*100mm*5mm）配置在混凝土保护层中，网格外侧的净保护层厚度为 2 cm，保护桥墩内侧纵向受力钢筋保护，可以控制混凝土桥墩表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制，从而提高混凝土桥墩的抗裂性能，实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘查，BFRP 网格增强后的墩身表面未发现应力和干缩裂缝。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持，包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等，为恶劣环境下大体积混凝土桥墩的耐久性提升提供了重要的解决思路 and 有效途径。 中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部 年 月 日			
项目名称	基于玄武岩纤维网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术																																								
运用单位	黄茅海跨海通道管理中心																																								
运用的起止时间	2020年12月~2023年6月																																								
黄茅海跨海通道连接广东省珠海市和江门市，是港珠澳大桥的西延线和国家“十三五”重大工程，也是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后首个开工建设的跨海通道工程。项目采用双向6车道高速公路标准，批复概算约130亿元，设计时速100公里/小时，设计使用寿命100年，主线全长约31公里，其中跨海段约14公里，设700米级超大跨斜拉桥2座。 以往海城桥塔结构受到服役过程产生的温度内力、浇筑过程中塔柱表面产生温度应力集中和新浇筑塔段混凝土内部产生拉应力后极易产生裂缝，裂缝容易造成钢筋锈蚀膨胀，因此，提高混凝土结构物的抗裂性和耐久性是海城大跨径桥梁亟需解决的关键问题。在黄茅海项目建设过程中，依托玄武岩纤维BFRP网格技术研究及应用的创新研究成果在项目成功示范，应用面积23069.4m²。主要包括： 1. 提出了连续BFRP网格制备技术，通过采用经纱向纤维多层复合设计，开发了纤维双向张力控制、一体化连续模压成型方法，实现了BFRP网格一体化成型、连续化生产以及强节点，大幅度提高了生产效率，降低了生产成本。 2. 提出了BFRP网格大体积混凝土桥墩养护期开裂及服役期耐久提升技术，通过网格与混凝土产生的高粘接作用，实现了经纬共同受力和应力均匀化，有效减少了裂缝数量，控制了裂缝宽度和深度，解决了服役阶段钢筋锈蚀的问题。 3. 提出了BFRP网格混凝土桥墩抗灾韧性提升技术，通过将BFRP网格环向配置在混凝土桥墩钢筋保护层内，实现了BFRP网格横向分缝环向约束作用、纵向分肢纵向约束作用，实现了结构具有稳定的二次刚度。 4. 提出了薄面快速铺设连续BFRP网格施工法，通过在桥墩受力钢筋外侧多均匀勾错设置热贴块，实现了BFRP网格在混凝土保护层中的形状和位置精确控制。 应用实践表明，索塔材料强度和质量稳定提升40%以上，断裂延伸率提升2.5%以上；索塔混凝土裂缝数量减少80%，最大裂缝宽度在0.1mm以内，耐久性显著提升。项目成果为黄茅海跨海通道索塔和墩柱抗裂和耐久性技术提供了理论依据、技术支撑和装备保障，显著降低了建造成本。 通过本发明项目成果与桥墩混凝土结构的匹配实施，实现了产学研用的有效融合，有力支撑了黄茅海跨海通道的高质量建造，引领了桥梁技术的发展。 黄茅海跨海通道管理中心 2023年6月20日																																									
项目名称	玄武岩纤维复合材料网格在某高原铁路滇沿江特大桥桥墩的抗裂应用																																								
应用单位	中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部																																								
通讯地址	西藏自治区昌都市卡若区益美酒店对面中铁三局项目部																																								
单位联系人	唐维东	联系电话	18673135660																																						
应用时间	2022年7月																																								
应用情况： 某高原铁路是我国境内一条连接四川省与西藏自治区的快速铁路，是我国西南地区的第一线铁路之一，其中滇沿江特大桥是该铁路线的重要组成部分之一。尺寸巨大的大桥桥墩在施工过程中不可避免的存在大体积混凝土抗裂难的问题。除此之外，该桥梁地处山区，昼夜温差大，更易发生混凝土开裂现象。玄武岩纤维复合材料网格（BFRP网格）具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点，是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 本项目采用了东南大学吴智深教授团队牵头完成的“玄武岩纤维 FRP 网格提升大跨区跨海大桥索塔耐久性和韧性关键技术”项目成果，在大桥的设计过程中，将高耐久刚节点双向受力的 BFRP 网格（尺寸 100mm*100mm*5mm）配置在混凝土保护层中，网格外侧的净保护层厚度为 2 cm，保护桥墩内侧纵向受力钢筋保护，可以控制混凝土桥墩表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制，从而提高混凝土桥墩的抗裂性能，实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘查，BFRP 网格增强后的墩身表面未发现应力和干缩裂缝。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持，包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等，为恶劣环境下大体积混凝土桥墩的耐久性提升提供了重要的解决思路 and 有效途径。 中铁三局集团有限公司 CZXZZQ-12 标段项目经理部 年 月 日																																									
应用证明 <table><tr><td>项目名称</td><td colspan="3">上海轨交崇明线基桩侧墙结构 BFRP 网格抗裂抗渗应用</td></tr><tr><td>应用单位</td><td colspan="3">上海隧道工程有限公司</td></tr><tr><td>通讯地址</td><td colspan="3">上海市崇明区长兴镇金岸路 800 号临（崇明线 108 标段项目部）</td></tr><tr><td>单位联系人</td><td>李祥坤</td><td>联系电话</td><td>18817369089</td></tr><tr><td>应用时间</td><td colspan="3">2021 年 12 月 21 日-2022 年 11 月 30 日</td></tr><tr><td colspan="4"> 应用情况： 上海崇明线是上海正在建设的轨道交通线路。该线路经浦东新区和崇明区 2 个行政区，起自浦东新区金吉路站，总体沿中江路、东靖路并行，穿越长江南港航道、长兴岛、北港航道后，在崇明区陈家镇上岛，终止崇明岛裕安站。施工过程中，该线隧道侧墙常受到地下水体的侵蚀和渗透，导致墙体损坏、水渍泛滥等问题，影响了隧道的正常施工。传统的隧道侧墙抗渗耐久技术通常采用混凝土结构或特殊的涂层，但由于地下水压力、温度变化等因素，这些传统方法往往存在耐久性差、易开裂、施工困难等问题。 基于此，本项目采用了东南大学吴智深等发明的“一种裂缝+损伤可控 FRP 网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构（专利号 ZL 201310528934.8）”，采用了连续 BFRP 网格薄面增强混凝土技术，将一体化连续 BFRP 网格置于混凝土保护层中，提高隧道侧墙抗裂抗渗能力，限制混凝土裂缝的产生及发展。据施工现场统计，增加 BFRP 网格后，BFRP 网格与隧道侧墙形成有效粘接并抵抗地下水的侵蚀，极大地保障隧道的正常施工，显著提升了隧道的耐久性，为上海地铁百年安全服役提供了重要支持。 上海隧道工程有限公司 上海市轨道交通崇明线二期工程（长兴岛段）108 标段（大盾构南港段）项目经理部 年 月 日 </td></tr></table>	项目名称	上海轨交崇明线基桩侧墙结构 BFRP 网格抗裂抗渗应用			应用单位	上海隧道工程有限公司			通讯地址	上海市崇明区长兴镇金岸路 800 号临（崇明线 108 标段项目部）			单位联系人	李祥坤	联系电话	18817369089	应用时间	2021 年 12 月 21 日-2022 年 11 月 30 日			应用情况： 上海崇明线是上海正在建设的轨道交通线路。该线路经浦东新区和崇明区 2 个行政区，起自浦东新区金吉路站，总体沿中江路、东靖路并行，穿越长江南港航道、长兴岛、北港航道后，在崇明区陈家镇上岛，终止崇明岛裕安站。施工过程中，该线隧道侧墙常受到地下水体的侵蚀和渗透，导致墙体损坏、水渍泛滥等问题，影响了隧道的正常施工。传统的隧道侧墙抗渗耐久技术通常采用混凝土结构或特殊的涂层，但由于地下水压力、温度变化等因素，这些传统方法往往存在耐久性差、易开裂、施工困难等问题。 基于此，本项目采用了东南大学吴智深等发明的“一种裂缝+损伤可控 FRP 网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构（专利号 ZL 201310528934.8）”，采用了连续 BFRP 网格薄面增强混凝土技术，将一体化连续 BFRP 网格置于混凝土保护层中，提高隧道侧墙抗裂抗渗能力，限制混凝土裂缝的产生及发展。据施工现场统计，增加 BFRP 网格后，BFRP 网格与隧道侧墙形成有效粘接并抵抗地下水的侵蚀，极大地保障隧道的正常施工，显著提升了隧道的耐久性，为上海地铁百年安全服役提供了重要支持。 上海隧道工程有限公司 上海市轨道交通崇明线二期工程（长兴岛段）108 标段（大盾构南港段）项目经理部 年 月 日				经济、社会效益证明 <table><tr><td>项目名称</td><td colspan="3">基于玄武岩纤维网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术</td></tr><tr><td>运用单位</td><td colspan="3">中铁大桥局集团有限公司</td></tr><tr><td>运用的起止时间</td><td colspan="3">2020 年 12 月~2023 年 6 月</td></tr><tr><td colspan="4"> 黄茅海跨海通道连接广东省珠海市和江门市，是港珠澳大桥的西延线和国家“十三五”重大工程，也是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后首个开工建设的跨海通道工程。项目采用双向六车道高速公路标准，设计时速 100 公里/小时，设计使用寿命 100 年，主线全长约 31 公里，其中跨海段约 14 公里，设 700 米级超大跨斜拉桥 2 座。 我司承建黄茅海跨海通道工程 T4 合同段，主要负责高栏港大桥西塔、中引桥、黄茅海大桥东塔等工程。项目处于海洋环境，氯离子浓度高，腐蚀性强，解决减小塔柱表面温度应力、新浇筑塔段混凝土内部拉应力、温度内力等造成的混凝土裂缝，以及裂缝形成的腐蚀通道造成钢筋锈蚀等问题，紧迫且必要。 为综合提升大体积混凝土索塔的抗裂性和耐久性，我标段 2 座索塔采用了 BFRP 网格制备技术，确保了桥塔的结构与稳定，预估产生经济效益 140 万元。通过采用 BFRP 网格大体积混凝土桥墩养护期开裂及服役期耐久提升技术，增强了网格与混凝土的粘结，可有效抵抗混凝土的拉应力，减少裂缝数量约 80%，减小裂缝宽度、深度，解决了钢筋锈蚀问题，产生经济效益 320 万元。通过采用 BFRP 网格混凝土桥墩抗灾韧性提升技术实现了结构损伤可控和延性控制，有效提高了工程质量，产生经济效益 160 万元。通过采用薄面快速铺设连续 BFRP 网格增强混凝土施工技术，缩短了施工时间，降低了人力成本，产生经济效益 70 万元。本标段应用该技术预期产生经济效益 690 万元，经济效益显著。 本课题技术的落地应用，为项目“建世界一流跨海大桥，创平安百年品质工程”提供重要技术支撑。2021 年，黄茅海跨海通道项目入选交通运输部平安百年品质工程创建示范项目（第一批）清单。 运用单位 2023 年 6 月 20 日 项目经理部 </td></tr></table>	项目名称	基于玄武岩纤维网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术			运用单位	中铁大桥局集团有限公司			运用的起止时间	2020 年 12 月~2023 年 6 月			黄茅海跨海通道连接广东省珠海市和江门市，是港珠澳大桥的西延线和国家“十三五”重大工程，也是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后首个开工建设的跨海通道工程。项目采用双向六车道高速公路标准，设计时速 100 公里/小时，设计使用寿命 100 年，主线全长约 31 公里，其中跨海段约 14 公里，设 700 米级超大跨斜拉桥 2 座。 我司承建黄茅海跨海通道工程 T4 合同段，主要负责高栏港大桥西塔、中引桥、黄茅海大桥东塔等工程。项目处于海洋环境，氯离子浓度高，腐蚀性强，解决减小塔柱表面温度应力、新浇筑塔段混凝土内部拉应力、温度内力等造成的混凝土裂缝，以及裂缝形成的腐蚀通道造成钢筋锈蚀等问题，紧迫且必要。 为综合提升大体积混凝土索塔的抗裂性和耐久性，我标段 2 座索塔采用了 BFRP 网格制备技术，确保了桥塔的结构与稳定，预估产生经济效益 140 万元。通过采用 BFRP 网格大体积混凝土桥墩养护期开裂及服役期耐久提升技术，增强了网格与混凝土的粘结，可有效抵抗混凝土的拉应力，减少裂缝数量约 80%，减小裂缝宽度、深度，解决了钢筋锈蚀问题，产生经济效益 320 万元。通过采用 BFRP 网格混凝土桥墩抗灾韧性提升技术实现了结构损伤可控和延性控制，有效提高了工程质量，产生经济效益 160 万元。通过采用薄面快速铺设连续 BFRP 网格增强混凝土施工技术，缩短了施工时间，降低了人力成本，产生经济效益 70 万元。本标段应用该技术预期产生经济效益 690 万元，经济效益显著。 本课题技术的落地应用，为项目“建世界一流跨海大桥，创平安百年品质工程”提供重要技术支撑。2021 年，黄茅海跨海通道项目入选交通运输部平安百年品质工程创建示范项目（第一批）清单。 运用单位 2023 年 6 月 20 日 项目经理部			
项目名称	上海轨交崇明线基桩侧墙结构 BFRP 网格抗裂抗渗应用																																								
应用单位	上海隧道工程有限公司																																								
通讯地址	上海市崇明区长兴镇金岸路 800 号临（崇明线 108 标段项目部）																																								
单位联系人	李祥坤	联系电话	18817369089																																						
应用时间	2021 年 12 月 21 日-2022 年 11 月 30 日																																								
应用情况： 上海崇明线是上海正在建设的轨道交通线路。该线路经浦东新区和崇明区 2 个行政区，起自浦东新区金吉路站，总体沿中江路、东靖路并行，穿越长江南港航道、长兴岛、北港航道后，在崇明区陈家镇上岛，终止崇明岛裕安站。施工过程中，该线隧道侧墙常受到地下水体的侵蚀和渗透，导致墙体损坏、水渍泛滥等问题，影响了隧道的正常施工。传统的隧道侧墙抗渗耐久技术通常采用混凝土结构或特殊的涂层，但由于地下水压力、温度变化等因素，这些传统方法往往存在耐久性差、易开裂、施工困难等问题。 基于此，本项目采用了东南大学吴智深等发明的“一种裂缝+损伤可控 FRP 网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构（专利号 ZL 201310528934.8）”，采用了连续 BFRP 网格薄面增强混凝土技术，将一体化连续 BFRP 网格置于混凝土保护层中，提高隧道侧墙抗裂抗渗能力，限制混凝土裂缝的产生及发展。据施工现场统计，增加 BFRP 网格后，BFRP 网格与隧道侧墙形成有效粘接并抵抗地下水的侵蚀，极大地保障隧道的正常施工，显著提升了隧道的耐久性，为上海地铁百年安全服役提供了重要支持。 上海隧道工程有限公司 上海市轨道交通崇明线二期工程（长兴岛段）108 标段（大盾构南港段）项目经理部 年 月 日																																									
项目名称	基于玄武岩纤维网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术																																								
运用单位	中铁大桥局集团有限公司																																								
运用的起止时间	2020 年 12 月~2023 年 6 月																																								
黄茅海跨海通道连接广东省珠海市和江门市，是港珠澳大桥的西延线和国家“十三五”重大工程，也是《粤港澳大湾区发展规划纲要》发布后首个开工建设的跨海通道工程。项目采用双向六车道高速公路标准，设计时速 100 公里/小时，设计使用寿命 100 年，主线全长约 31 公里，其中跨海段约 14 公里，设 700 米级超大跨斜拉桥 2 座。 我司承建黄茅海跨海通道工程 T4 合同段，主要负责高栏港大桥西塔、中引桥、黄茅海大桥东塔等工程。项目处于海洋环境，氯离子浓度高，腐蚀性强，解决减小塔柱表面温度应力、新浇筑塔段混凝土内部拉应力、温度内力等造成的混凝土裂缝，以及裂缝形成的腐蚀通道造成钢筋锈蚀等问题，紧迫且必要。 为综合提升大体积混凝土索塔的抗裂性和耐久性，我标段 2 座索塔采用了 BFRP 网格制备技术，确保了桥塔的结构与稳定，预估产生经济效益 140 万元。通过采用 BFRP 网格大体积混凝土桥墩养护期开裂及服役期耐久提升技术，增强了网格与混凝土的粘结，可有效抵抗混凝土的拉应力，减少裂缝数量约 80%，减小裂缝宽度、深度，解决了钢筋锈蚀问题，产生经济效益 320 万元。通过采用 BFRP 网格混凝土桥墩抗灾韧性提升技术实现了结构损伤可控和延性控制，有效提高了工程质量，产生经济效益 160 万元。通过采用薄面快速铺设连续 BFRP 网格增强混凝土施工技术，缩短了施工时间，降低了人力成本，产生经济效益 70 万元。本标段应用该技术预期产生经济效益 690 万元，经济效益显著。 本课题技术的落地应用，为项目“建世界一流跨海大桥，创平安百年品质工程”提供重要技术支撑。2021 年，黄茅海跨海通道项目入选交通运输部平安百年品质工程创建示范项目（第一批）清单。 运用单位 2023 年 6 月 20 日 项目经理部																																									
广东省珠海市黄茅海大桥的塔柱的施工と応用証明																																									

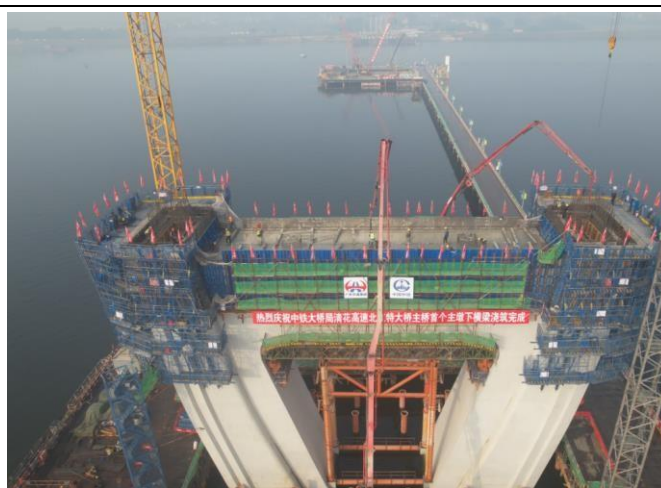
(2)CZ某高棧橋(BFRPグリッド)

アルカリ化が深刻で紫外線が強いチベットの寒冷地、温度差が大きい環境下では、橋梁の大体積コンクリート構造の鉄筋はアルカリ塩の浸食を受けやすく、錆や膨張が発生し、構造の耐久性と支持力に影響を与える。CZ瀾滄江特大橋は橋脚体内に100mm*100mm*5mm BFRPグリッドを設置し、コンクリートのひび割れを防止し、構造の耐久性を高めるために使用し、使用効果が良好である。



(3) 広東清花高速北江特大橋塔体耐裂(4塔斜張橋)

北江特大橋は清城区に位置し、全長1440メートルで、四塔双索面半浮遊型コンクリート斜張橋の設計案を採用しており、清花高速道路の重要な制御性プロジェクトである。主塔は「ダイヤモンド」のような形をしており、塔冠は「鳳凰の尾翼」のような斬新で独特な形をしており、完成すれば清遠市の新たなランドマークとなる。北江特大橋の4つの索塔に玄武岩繊維強化複合材料グリッドを使用することにより、構造物の耐久性を向上させながら、大容量コンクリートの耐ひび割れ性の問題を解決する。

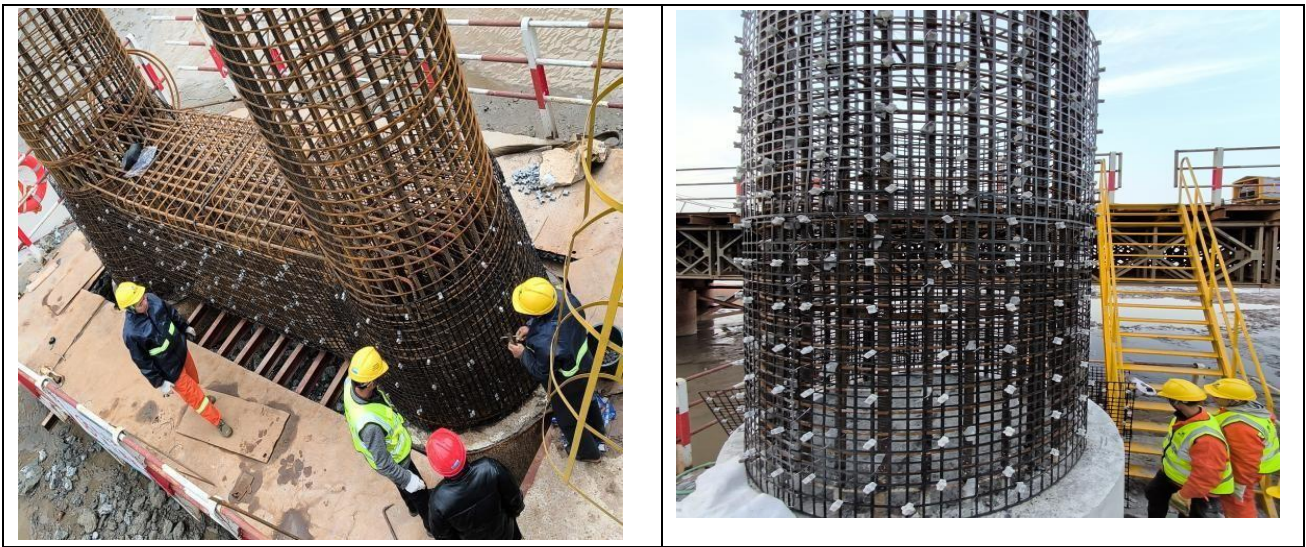


应用证明			
项目名称	玄武岩纤维复合材料网格在清花高速公路北江特大桥索塔的抗裂应用		
应用单位	中交路建清花高速公路 TJ2 合同段项目经理部		
通讯地址	广东省清远市清新区山塘镇日明村清花高速 TJ2 标项目经理部		
单位联系人	刘盼	联系电话	18598916490
应用时间	2023 年 12 月	使用数量 (m ²)	约 8000m ²
应用情况:	清花高速公路项目起于清远市北侧汕湛高速的五星枢纽互通,向南依次通过太平镇、山塘镇,在山塘镇南侧横跨北江,经石角镇东侧继续往南,经美林湖西侧向南,经赤坭镇西南、炭步镇西侧连入广州花都区,北江特大桥桥型布置为四塔双索面混凝土斜拉桥,主塔位于水中,环境复杂,季风明显,塔身大体积混凝土施工时容易出现收缩和应力裂缝。玄武岩纤维复合材料网格(BFRP 网格)具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点,是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 为此,本工程采用了东南大学吴智深教授团队与江苏绿材谷新材料科技发展有限公司共同发明的“一种裂缝·损伤可控 FRP 网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构(专利号 ZL 201310528934.8)”技术,并结合“基于玄武岩纤维复合材料网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术”等科研成果,将高耐久刚节点双向均衡受力的 BFRP 网格(尺寸 50mm*50mm*2mm)配置在索塔塔身混凝土保护层中,网格外侧的净保护层厚度为 2cm,实现混凝土表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制,从而提高混凝土的抗裂性能,实现结构的高耐久和长寿命。经现场检查,BFRP 网格增强后的塔身表面干缩和应力裂缝得到有效控制,效果明显。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持,包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等,为严酷环境下大体积混凝土结构的耐久性提升提供了重要的解决思路和有效途径。 中交路建清花高速公路 TJ2 合同段项目经理部 年 月 日		

应用证明			
项目名称	玄武岩纤维复合材料网格在清花高速公路北江特大桥索塔的抗裂应用		
应用单位	中铁大桥局清花高速公路 TJ3 合同段项目经理部		
通讯地址	广东省清远市清城区横荷街道大有村		
单位联系人	路灵伟	联系电话	18137157583
应用时间	2023 年 12 月	使用数量 (m ²)	约 1.8 万 m ²
应用情况:	清花高速公路项目起于清远市北侧汕湛高速的五星枢纽互通,向南依次通过太平镇、山塘镇,在山塘镇南侧横跨北江,经石角镇东侧继续往南,经美林湖西侧向南,经赤坭镇西南、炭步镇西侧连入广州花都区,北江特大桥桥型布置为四塔双索面混凝土斜拉桥,主塔位于水中,环境复杂,季风明显,塔身大体积混凝土施工时容易出现收缩和应力裂缝。玄武岩纤维复合材料网格(BFRP 网格)具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点,是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 为此,本工程采用了东南大学吴智深教授团队与江苏绿材谷新材料科技发展有限公司共同发明的“一种裂缝·损伤可控 FRP 网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构(专利号 ZL 201310528934.8)”技术,并结合“基于玄武岩纤维复合材料网格的跨海大桥混凝土耐久性与韧性提升关键技术”等科研成果,将高耐久刚节点双向均衡受力的 BFRP 网格(尺寸 50mm*50mm*2mm)配置在索塔塔身混凝土保护层中,网格外侧的净保护层厚度为 2cm,实现混凝土表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制,从而提高混凝土的抗裂性能,实现结构的高耐久和长寿命。经现场检查,BFRP 网格增强后的塔身表面干缩和应力裂缝得到有效控制,效果明显。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持,包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等,为严酷环境下大体积混凝土结构的耐久性提升提供了重要的解决思路和有效途径。 中铁大桥局清花高速公路 TJ3 合同段项目经理部 2024 年 8 月 5 日		

(4)浙江杭甬複線三期プロジェクト威海相互連絡橋梁

海洋環境下の水位変動区と波打ち区の橋梁コンクリート構造のひび割れやすい、鉄筋の錆びやすい問題を有効に解決するために、杭江杭江複合ラインの3期プロジェクトの威海相互通橋梁は構造コンクリート外側に50*50*3mmの玄武岩纖維複合材料グリッドを設置し、耐裂と耐久性を向上させる。





应用证明

项目名称	玄武岩纤维增强复合材料网格在海域桥梁基础和下部结构应用		
应用单位	浙江交工集团股份有限公司杭甬高速宁波三期项目第SG01标段项目经理部		
通讯地址	浙江省宁波市镇海区定海路与青波路交叉口正北方向239米招宝智造谷园区写字楼4楼		
单位联系人	曹志	联系电话	15972175391
应用时间	2023年11月		

应用情况：

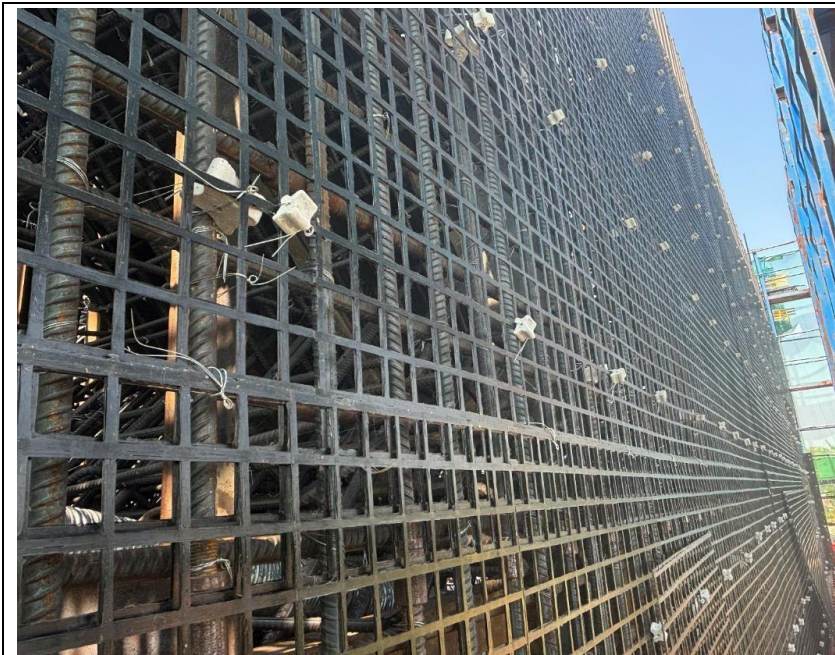
G9221杭甬高速宁波三期工程咸海路至梁桥段是国家高速公路杭甬高速复线的重要组成部分，是杭甬“双城记”的重要标志性工程，是宁波舟山港重要的集疏运通道。项目位于宁波镇海东侧的灰鳖洋海域，桥梁基础和下部结构在施工过程中不可避免的存在海水侵蚀以及大体积混凝土开裂的问题。除此之外，该桥梁地处海域，昼夜温差大，海水侵蚀、更容易发生混凝土开裂现象。玄武岩纤维增强复合材料网格（BFRP网格）具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点，是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。

本项目采用了东南大学吴智深教授团队牵头完成的“玄武岩纤维FRP网格提升大湾区跨海大桥索塔耐久性和韧性关键技术”项目成果。在大桥的设计过程中，将高耐久耐节点双向受力的BFRP网格（尺寸50mm*50mm*3mm）配置在混凝土保护层中，网格外侧的净保护层厚度为2.5cm，保护桥墩内纵向受力钢筋保护，可以控制混凝土桥墩表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制，从而提高混凝土桥墩的抗裂性能，实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘查，BFRP网格增强后的承台、墩身表面均未发现应力和干缩裂缝。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持，包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等，为严酷环境下大体积混凝土桥墩的耐久性提升提供了重要的解决思路和有效途径。

浙江交工集团股份有限公司杭甬高速宁波三期项目第SG01标段项目经理部
年 月 日

沿岸橋梁の下部構造に玄武岩纖維複合材グリッドを追加し、構造耐久性の問題を解決

(5)成渝中線鉄道(四川区間)簡陽沱江特大橋



应用证明

项目名称	玄武岩纤维增强复合材料网格在沱江特大桥的抗裂应用		
应用单位	新建成渝中线铁路站前工程CYZXZQ-5标中铁大桥局集团成渝中线四川段项目经理部		
通讯地址	四川省简阳市石钟镇龙头街中铁大桥局项目部(四川省简阳市石钟镇龙头街)成渝中线铁路站前工程CYZXZQ-5标中铁大桥局集团成渝中线四川段工程三分部		
单位联系人	姜明鹏	联系电话	13628936252
应用时间	2024年6月(网格应用数量:15000㎡)		

应用情况：

四川简阳沱江特大桥为双联高速铁路桥，全长为1253.850m，项目位于简市中丘陵区，连绵丘陵总体具有西低东高、北高南低的规律。桥址区为河谷阶地，地形起伏不大，地面高程390~480m，本桥所跨沱江为规划IV级航道，暂不通航，最高通航水位395.53m，最低通航水位390.50m。该桥采用(72+320+72)m中承式钢管混凝土拱桥跨越沱江，主拱跨径为320m，钢管混凝土拱，其中拱座和拱肋等部位大体积混凝土施工时容易出现收缩和应力裂缝。玄武岩纤维增强复合材料网格（BFRP网格）具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点，是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。

本工程采用了东南大学吴智深团队与江苏绿材新材料科技发展有限公司共同发明的“一种裂缝+损伤可控FRP网格增强高耐久性钢筋混凝土柱结构(专利号ZL201310528934.8)”技术，并结合《基于玄武岩纤维增强复合材料网格的跨海大桥耐久性与韧性提升关键技术》等科研成果，将高耐久耐节点双向受力的BFRP网格（尺寸50mm*50mm*3mm）配置在混凝土保护层中，网格外侧的净保护层厚度为25mm，保护结构内纵向受力钢筋，限制混凝土结构表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制，从而提高混凝土结构的抗裂性能，实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘查，BFRP网格增强后的拱座和拱肋表面裂缝得到了有效控制。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持，包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等，为严酷环境下大体积混凝土结构的耐久性提升提供了重要的解决思路和有效途径。

中铁大桥局集团有限公司新建成渝中线铁路(四川段)站前施工CYZXZQ-5标项目经理部
年 月 日

エッジアーチ座面大容量コンクリートひび割れ抵抗

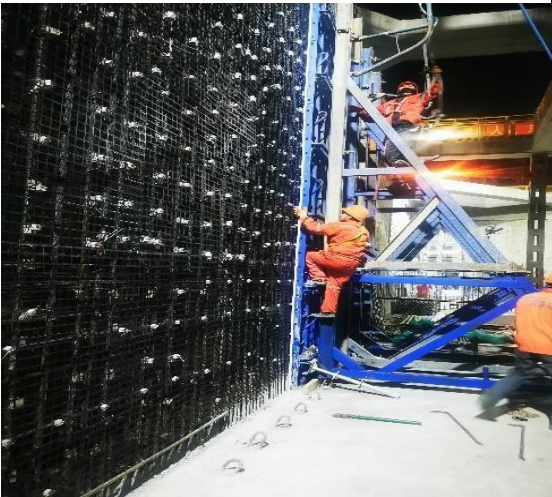
(6)広東空港二高大観路トンネル

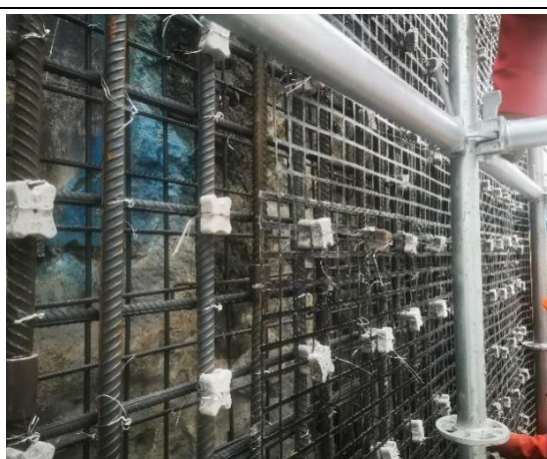


应用证明			
项目名称	玄武岩纤维复合材料网格在广州新白云国际机场第二高速公路南段工程新增互通立交路段		
应用单位	中铁七局集团有限公司机场第二高速公路南段工程 SG09 标项目经理部		
通讯地址	广东省广州市天河区新塘街道合景路 7 号中铁七局机场第二高速公路南段工程 SG09 标项目部		
单位联系人	熊海龙	联系电话	18696174286
应用时间	2023 年 10 月	使用数量 (m ²)	约 2.3 万 m ²
应用情况:			
广州新白云国际机场第二高速公路南段工程新增互通立交路段, 设置 1 座明挖隧道, 总长度 1520m, 大观路隧道位于广州市天河区大观中路与广深高速交汇处, 路线沿大观路由北向南至广深高速公路后折向西南沿广深高速公路布设; 隧道起点位于天河区大观中路新园新村附近, 终点位于广深高速公路广氮收费站。混凝土浇筑时, 正常的施工养护条件下难免出现结构收缩裂缝, 分次浇筑混凝土交接面处更易产生裂缝, 玄武岩纤维复合材料网格 (BFRP 网格) 具有与混凝土热膨胀系数一致、耐腐蚀、粘结性能优异和轻质高强等特点, 是大体积混凝土抗裂和替代钢筋网片的理想材料。 为此, 本工程采用了东南大学吴智深等发明的“一种裂缝·损伤可控 FRP 网格增强耐久性钢筋混凝土柱结构 (专利号 ZL 201310528934.8)”技术, 在隧道侧墙的设计过程中, 将高耐久刚节点双向受力的 BFRP 网格 (尺寸 50mm*50mm*2mm) 配置在混凝土保护层中, 网格外侧的净保护层厚度为 2 cm, 保护隧道侧墙内侧纵向受力钢筋保护, 可以控制混凝土隧道侧墙表面开裂以及局部开裂后的裂缝迅速控制, 从而提高混凝土隧道侧墙的抗裂性能, 实现结构的高耐久和长寿命。经现场勘察, BFRP 网格增强后的隧道侧墙应力和干缩裂缝得到有效控制, 效果明显。本次应用得到了东南大学吴智深教授团队提供的全方位技术支持, 包括材料性能测定、方案设计优化和施工工法交底等, 为严酷环境下隧道侧墙的耐久性提升提供了重要的解决思路 and 有效途径。			
中铁七局集团有限公司 机场第二高速公路南段工程 SG09 标项目经理部 年 月 日			

エッジアーチ座面大容量コンクリートひび割れ抵抗

(7)上海崇明線一期トンネル工事(BFRPグリッド)



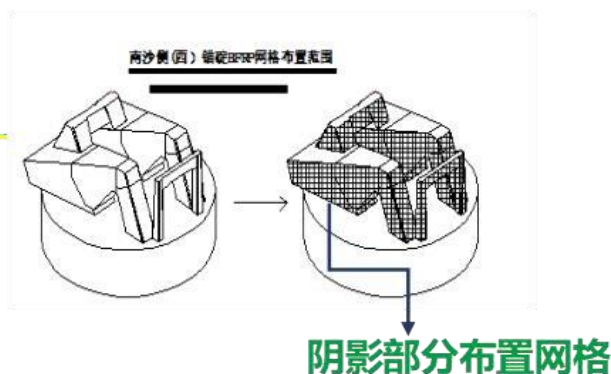


应用证明		
项目名称	上海轨交崇明线基础侧墙结构 BFRP 网格抗裂抗渗应用	
应用单位	上海隧道工程有限公司	
通讯地址	上海市崇明区长兴镇金岸路 800 号临 (崇明线 108 标项目部)	
单位联系人	李梓坤	联系电话 18817369089
应用时间	2021 年 12 月 21 日-2022 年 11 月 30 日	
应用情况:		
上海崇明线是上海正在建设的轨道交通线路,该线路经浦东新区和崇明区 2 个行政区,起自浦东新区金吉路站,总体沿申江路、东靖路走行,穿越长江南港航道、长兴岛、北港航道后,在崇明区陈家镇上岛,终止崇明岛裕安站。施工过程中,该线隧道侧墙常受到地下水的侵蚀和渗透,导致墙体损坏、水渍泛溢等问题,影响了隧道的正常施工。传统的隧道侧墙抗渗耐久技术通常采用混凝土结构或特殊的涂层,但由于地下水压力、温度变化等因素,这些传统方法往往存在耐久性能差、易开裂、施工困难等问题。 基于此,本项目采用了东南大学吴智深教授团队牵头完成的“玄武岩纤维 FRP 网格提升大湾区跨海大桥索塔耐久性和韧性关键技术”项目成果,采用了连续 BFRP 网格增强混凝土技术,将一体化连续 BFRP 网格置于混凝土保护层中,提高隧道侧墙抗裂抗渗能力,限制混凝土裂缝的产生及发展。据施工现场统计,增加 BFRP 网格后,BFRP 网格与隧道侧墙形成有效粘接并抵抗地下水的侵蚀,极大地保障隧道的正常施工,显著提升了隧道的耐久性能,为上海地铁百年安全服役提供了重要支持。		
 上海市轨道交通市域线崇明线工程 108 标 (大场河南站) 项目经理部 年 月 日		

大体积コンクリートの水和反応過程における熱割れ現象を効果的に抑制するため、上海崇明線一期トンネル工事のトンネル開放段壁体は玄武岩繊維複合材料グリッドを用いて耐割れと防腐を行い、割れ目の数は80%以上減少し、耐割れ効果は著しいである。

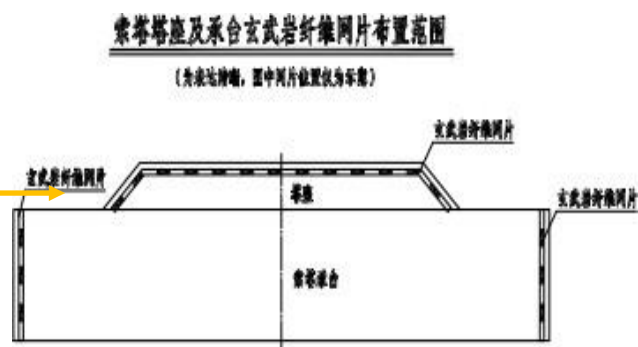
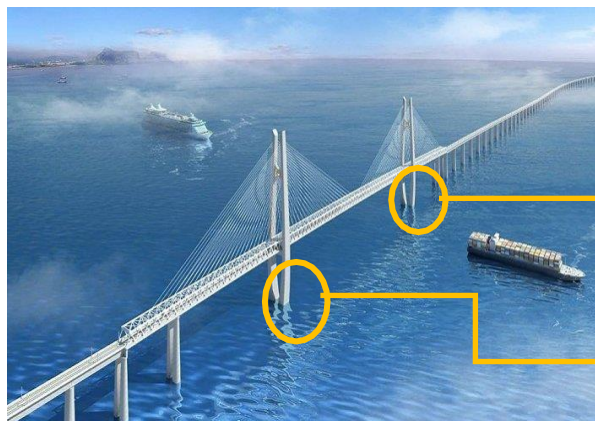
(8) 獅子洋大橋(BFRPグリッド)

獅子洋大橋は2180メートルの単径間吊り上げ2層トラス梁吊り橋で、上下2層で双方向16車線に達することができる。複雑な海洋環境下での大体积コンクリートのひび割れと耐食性の問題を効果的に解決するため、獅子洋大橋の東、西アンカーパイルの周囲に50*50*3mmのBFRPグリッドを増設してひび割れを防ぎ、構造の耐久性を高め、保護層は2cmである。



(9) 浙江六横公路大橋(BFRPグリッド)

浙江寧波—嵊山港六横道路大橋青龍門東西引橋は、ケーブルタワーと受台の側面に一層50*50*3mmの玄武岩繊維複合材料グリッドを増設し、耐クラック性と耐久性を高め、保護層は2.5cmである。橋面伸縮目地コンクリートは構造型チョップドストランドを採用して、コンクリートの耐久性と走行安全性を高めている。



(10) 安徽省合肥市的鉄道区間の道床沈下補強

上海鉄道局安徽合肥区間の軌道周辺に排水システムが設置されていないか、排水システムが故障しているため、地下水と地表水を適時に排除することができず、直接路盤に浸漬することで路盤強度が低下し、走行作用の下で、路盤表面に不均一な起伏、破裂してスラリーが出る現象が現れ、道床の位置に反射して、道床のスラリーが転がる現象を形成する。50*50*1mmのBFRPグリッドを用いて作製した固床遮水マットを用いて道床沈下補強を行ったところ、良好な効果が得られ、この段落での応用が拡大された。



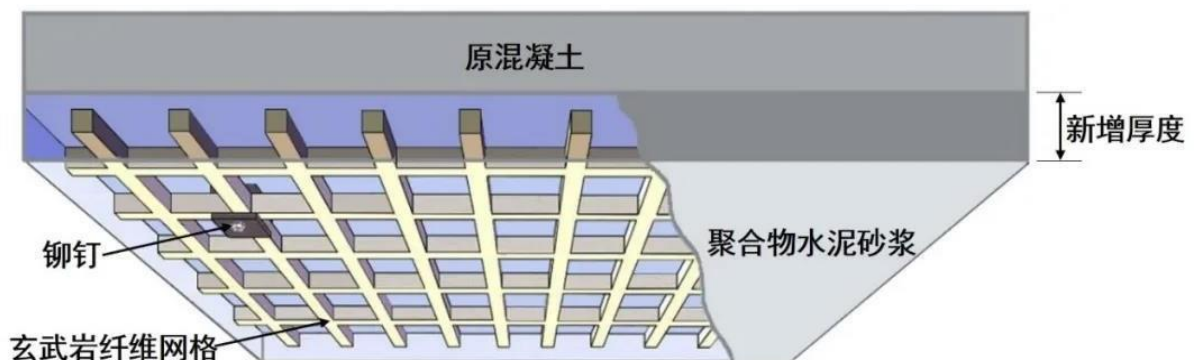


遮水固定マットの敷設

三の2、玄武岩繊維複合材料補強グリッドの応用シナリオ(補強工事)

1、補強工事

玄武岩繊維複合材補強グリッドは、トンネルや建築物の支持構造物の曲げやせん断などの補強に使用できる。補強されたコンクリート部材の表面に玄武岩繊維グリッドを敷設することにより、また高性能ポリマーモルタルを保護結合材とし、同時にリベットを用いて定着することにより、グリッドと元の部材とを一体化し、荷重による曲げモーメントとせん断力を共同で負担することにより、部材の使用と耐荷性能を向上させることができ、50*50*3mmまたは100*100*5mmの使用仕様を推奨する。



玄武岩纖維グリッド補強の模式図

2、技術仕様

①GB 50608-2020『纖維強化複合材料工事応用技術標準』

②GB/T 36262-2018「構造工学用繊維強化複合材料グリッド」

③JG/T 336-2011「コンクリート構造物補修用ポリマーセメントモルタル」

3、玄武岩繊維複合材料補強グリッドの利点:

(1)施工が簡単

玄武岩繊維グリッドの補強工事が簡単で、端部に追加の処理が不要で、しかもグリッドは優れた長期耐久性を持っているので、補強システムの長期安定的な使用を保障することができる。

(2)強度が高い

高性能ポリマーモルタルの使用により、吹き付け時のポリマーモルタルのリバウンドを効果的に低減し、コンクリート界面との接着強度を高め、補強層と部材の一体性を向上させることができる。

(3)全体性が強く、力学的な性能に優れ

玄武岩繊維グリッドの節点強度が高く、双方向均衡力学性能、耐接着滑り性能が良く、完全性と一体性を保証した。同時に良好な力学的な性能を有するため、劣悪なサービス環境の中で依然として良好な補強効果を維持することができる。

(4)耐食性が強い

玄武岩繊維グリッドは良好な耐食性を有するため、有効に酸アルカリ塩などの厳しい自然環境を防ぐことができる。初期亀裂が発生しても亀裂は進展しない。

(5)総合効果が高い

玄武岩の分布面積が広く、被覆層が浅く、採掘しやすく、グリーン低炭素加工技術を採用して、伝統的な炭素繊維グリッド、貼り付け鋼板(後期運営維持費用を含む)の補強方式と比べて、総合コストが更に低い。炭素繊維布補強方式に比べて玄武岩繊維グリッドの支持力が良く、補強梁の変形能力が良い。

3、応用事例

No.	工事名	応用部位	備考
1	南京長江大橋(双曲アーチ橋補強)	橋身	メンテナイス補強
2	南京大学外国人教師アパート	壁面	メンテナイス補強
3	常州南河橋、靈橋、儒林中河橋、武進港運河大橋の4つの橋梁修復	橋面	メンテナイス補強
4	塩洛高速大寨河中橋	橋面	メンテナイス補強
5	2021 年江海高速橋梁集中補修	橋面	メンテナイス補強
6	2021 年塩靖高速橋梁集中補修	橋面	メンテナイス補強
7	北京地下鉄復八線(天西-西单)補修・補強	トンネル	メンテナイス補強
8	杭金地高速道路衢州孫姜大橋橋脚補強	橋面	メンテナイス補強
9	沿海高速灌漑総水路大橋の主橋補修・補強	橋面	メンテナイス補強

(1) 橋梁工事・新築及び補強



南京長江大橋双曲アーチ橋補強

南京長江大橋は長年使われてきたので、アーチリブのひび割れは局所的に浸透している。局部の剥落と露出筋、全体の剛性の退化、コンクリートの炭化などの問題がある。以上の問題に対して、双曲アーチ橋のアーチリブに緑材谷科学技術玄武岩繊維連続一体成形グリッド補強技術を採用して、この製品は軽量、高強度で、双方向に力を受けて、ラップする必要がなくて、保護層の厚さが小さくて、施工工程が少ないなどの特徴があって、伝統的な鉄筋補強方案が部材の断面を増大して構造の美観に影響する問題を解決した。



常州市南河橋の蓋梁補強



杭金地高速道路衢州孫姜大橋の橋脚補強

常州市南河橋と杭金衢高速道路衢州孫姜大橋など4つの橋梁は老朽化破損が深刻であり、橋梁の異なる部位でコンクリートの剥落、鉄筋の露出さびなどの問題が発生しており、この工事は上述の橋梁の蓋梁、橋杭などの部位で玄武岩繊維グリッドを採用して補強し、効果が良好である。



宿淮塩高速道路の梁体底板補強

この工事は玄武岩繊維グリッドとGMV専用モルタルを用いて梁体の底板に対して曲げ補強を行い、グリッドの双方向拘束特徴と比較的に高い界面剥離抵抗性能を利用して剥離ブロックを拘束し、断面増大技術の自重大きい、施工の繁雑、耐久性の劣りなどのボトルネック、及び炭素繊維布外貼り技術の界面長期性能不足などの問題を克服した。

(2)建築工事・新築および補強



南京大学鼓楼キャンパスの外国人教師マンションの補修・補強



南京大学鼓楼キャンパスの外国人教師マンションの補修・補強

南京大学外教マンションは1978年に建てられたが、時間が長いため、壁の剥落が深刻で、安全性がある。2020年に東と西の2棟の建物を補強し、すべての壁を玄武岩繊維グリッドで補強した。

(3)トンネル工事・新設および補強



北京地下鉄復八線トンネル補強

北京地下鉄「復八線」は1999年に完成し、全長13.5キロで、長安街を貫く地下交通の大動脈である。長年の運営使用により、一部の側壁とボルトに亀裂、コンクリートの塊落ち、浸透水などの病害が発生し、2014年に亀裂注入充填+玄武岩繊維グリッド補強技術を採用してトンネルを補強し、総合コストを効果的に下げ、工事全体の品質を高め、総合効果が明らかになった。

(4)江蘇省交通庁江蘇省道路水運工事技術大会でトップ10の優秀工法とし、全省普及



江苏省交通运输厅

苏交建函〔2022〕9号

省交通运输厅关于印发《江苏省公路水运工程推荐施工工艺（第二批）》的通知

各设区市交通运输局、昆山、常熟、江阴县（市）交通运输局，省交通综合执法局、省交建局、厅公路中心、港航中心，江苏交控控股公司，江苏省港口集团：

为贯彻落实《中共中央 国务院关于开展质量提升行动的指导意见》《交通强国建设纲要》，引导行业“推广先进、淘汰落后”，积极打造平安百年品质工程。依据《交通运输部关于江苏省开展品质工程建设等交通强国建设试点工作的意见》《交通强国江苏方案》和《江苏交通品质工程样板2021年工作要点》等要求，省厅依托2020年江苏省公路水运工程施工工艺创新大赛，结合近年来我省公路水运工程技术发展水平，研究编制了《江苏省公路水运工程推荐施工工艺（第二批）》，现予发布。本批次推荐工艺演示视频可在厅门户网站“建设管理”专栏中下载浏览。

江苏发布推荐施工工艺是首创性工作。2018年省厅发布推荐施工工艺《第一批》，有效促进了先进工艺的应用推广，提

升了工程质量、效率和安全水平，取得了良好的示范效应。后续，省厅将推荐施工工艺发布作为我省行业技术管理的重要举措，常态化定期开展。全省各级交通运输（港口）主管部门，要高度重视先进施工工艺的研究和应用，加强宣贯，开展应用评估，持续提升我省公路水运工程质量和安全管理水平。

附件：1.江苏省公路水运工程推荐施工工艺目录（第二批）
2.江苏省公路水运工程推荐施工工艺汇编（第二批）

抄送：交通运输部安全与质量监督司。

序号	编码	工艺名称	工艺原理	工艺流程	适用范围	备注
18	JST-G-1.3-9-2022	玄武岩纤维复合材料网格布玄武岩纤维和环氧树脂等基体通过特定工艺浸渍固化成型。在混凝土构件表面铺设玄武岩纤维复合材料网格布，利用高性能聚合物砂浆作为保护和粘结材料，使网格布与混凝土一体化，共同承担荷载作用下的弯矩和剪力，提高构件的使用性能、承载性能和抗震性能。	定位放线→基层处理→玄武岩纤维网格布下料与安装→基层清理与润湿→环氧树脂涂布→聚合物砂浆喷涂施工→保湿养护	桥梁、建筑以及隧道结构加固		

トップ10の優秀工法を獲得

四、束状チョップド玄武岩繊維の応用シナリオ

1、束状チョップド玄武岩繊維はAC-16、AC-20シリーズアスファルト混合物に使用することができ、力学的な性能が優れ、繊維分散性が良く、比表面積が大きく、作業温度範囲が高く、化学的安定性が良く、水安定性が良く、相溶性が良いなどの利点があり、混合物の耐疲労性能、高低温性能を明らかに改善し、アスファルト路面の走行安全性を高めることができる。



2、基準根拠

- ①JT/T 776.1-2010「道路工事用玄武岩繊維及びその製品」その1: チョップド玄武岩繊維
- ②DB32/T 3710-2020『玄武岩繊維アスファルト舗装施工技術仕様書』
- ③GB/T 42280-2022「道路アスファルト混合物用チョップド玄武岩繊維」
- ④T/CHTS 10016-2019「玄武岩繊維アスファルト舗装施工技術指針」
- ⑤DB22/T 2786-2017『玄武岩繊維アスファルト混合物の設計及び施工技術仕様』
- ⑥DB41/T 2309-2022「玄武岩繊維アスファルトコンクリート舗装施工技術仕様書」
- ⑦JTG F40-2004『道路アスファルト舗装施工技術仕様』
- ⑧JTG F80/1-2017『道路工事品質検査評価基準』

3、技術指標

〔表1〕 束状チョップド玄武岩繊維の性能指標

技術指標	技術要件	計測結果	試験方法
直径um	3、16、17	3、16、17	GB/T 7690.5
長さmm	6、9、12	6、9、12	JT/T 776.1
破断強度MPa	≥2000	2800	GB/T 20310
弾性率GPa	≥80	90	GB/T 20310
破断伸び率%	2.1	2.65	GB/T 20310
耐熱性、破断強度保持率%	≥85	98	GB/T 7690.3[1]
吸油率%	≥50	56	JT/T 776.1
含水率%	≤0.2	0.027	JT/T 776.1
可燃性	不燃性	不燃	JT/T 776.1
(Fe2O3+FeO)含有量%	≥8.0	9.6	GB/T 1549

酸度係数	≥4.5	6.8	GB/T 1549
注:[1]玄武岩繊維を210℃のオープンに入れて4時間加熱した後に測定する。			

4、束状チョップド玄武岩繊維の利点

(1)補強効果

玄武岩繊維をアスファルト混合物に混ぜて、数万の単糸繊維が三次元的に乱雑に分布して、縦横に交錯して、立体網状構造を形成して、効果的にアスファルト混合物の内部の欠陥や亀裂の発展を拘束して、混合物の曲げと引っ張りの破壊強度を高める。一方、玄武岩繊維は、「架橋」や「補強」などの作用により、アスファルト路面上の走行荷重を移動させ、鈎物骨格やアスファルトスラリーに適時に分散させ、過度の応力集中を回避している。

(2)強靱性作用

低温条件下では、アスファルト混合物は、温度応力と荷重応力の共同作用により、低温変形抵抗が不十分であるために亀裂が発生し、さらに伸長する。玄武岩繊維を配合することにより、アスファルト混合物の低温耐変形性を向上させ、混合物の靱性を向上させ、ひいてはアスファルト混合物の低温耐クラック性を向上させることができる。

(3)亀裂抵抗

多数の玄武岩繊維がアスファルト混合物中に均一に分散して三次元網構造を形成し、亀裂の伸展を阻止し、亀裂や欠陥の伸展を抑制する。外部荷重の作用により、アスファルト混合物に損傷が発生してひび割れが発生し、マイクロひび割れが発生した瞬間に、アスファルト混合物マトリックスの突然の破断は必ず界面分離部分に応力とひずみの突然変異を引き起こす。玄武岩繊維の架橋と引き抜き防止、および繊維とアスファルト接着剤の界面接着作用により、繊維アスファルト混合物は支持力を維持し続け、クラックが発しても切断は生じない。

(4)アスファルト混合物の自己治癒能力の向上

玄武岩繊維アスファルト混合物が外力によって引張変形すると、繊維はマトリックスから伝わる応力を受けて同様に引張変形し、外力が消失した後にアスファルト混合物を元の形態に戻す傾向がある。

(5)玄武岩繊維の配合量は繊維がアスファルト混合材料の総量を占める質量百分率で計算し、その配合量は0.3%~0.4%が良く、玄武岩繊維は混合材料に対する耐疲労性能改善が特に著しく(200%以上向上)、次に高温性能(30%~50%向上)、低温性能(15%以上向上)と水安定性(10%以上向上)である。

5、応用事例

No.	工事名	舗装構造の種類	備考
1	湖北長江路橋有限公司ZXYH-5	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物 +6cm AC-20アスファルト混合物	完了
2	湖北長江路橋有限公司襄潜北 高速道路	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物 +6cm AC-20アスファルト混合物	完了
3	湖北長江路橋有限公司鄂州飛行場 高速道路	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物 +6cm AC-20アスファルト混合物	完了
4	江蘇省南京市光華路市政	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物 +6cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
5	南京三環路	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物 +6cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
6	江西省安南小鎮市政	4cm玄武岩繊維AC-13 SBS改質アスファルトミックス 合材+6cm AC-20 SBS改質アスファルト混合物	完了
7	広東湛江大道	4cm玄武岩繊維AC-13 SBS改質アスファルトミックス 合材+6cm AC-20 SBS改質アスファルト混合物	完了

8	寧靖塩高速路面特別整備工	4cm玄武岩繊維AC-13 SBS改質アスファルト混合物 +6cm玄武岩繊維SUP-20 SBS改質アスファルト混合物	完了
9	北京・上海高速道路路面特別整備	4cm玄武岩繊維AC-13 SBS改質アスファルト混合物 +7cm玄武岩繊維SUP-20 SBS改質アスファルト混合物	完了
10	鎮江新区青龍山路メンテナンス	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +6cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
11	山東省青島S217朱諸線S102 諸城境界までの大中修	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
12	山東省青島S214南城線G308まで ライン即墨境界部の大修理等	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
13	新疆二標段カラマイ段G3014 修復性養生工事	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
14	蕪湖繁昌県峨溪路	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
15	杭甬高速	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
16	鎮江丹陽市丹延線	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
17	丹金Li漕河丹陽区間航路整備	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
18	山東省煙台-威海養生区間	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
19	山東省青島流亭立交差橋の橋面中修	4cm玄武岩繊維AC-13アスファルト混合物 +5cm玄武岩繊維AC-20アスファルト混合物	完了
20	湖北宜来高速鶴峰東区間	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物	建設中
21	青島S102済青線S217膠州行き 海尔大道区間の大中修	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物	完了
22	新疆克拉玛依段G3014修復性養生	6.5cm厚AC-20+4.0cmAC-13	完了
23	江蘇県道界司線大中修工事1と2	6.0cm厚SUP25+4.0cm厚SUP20	完了
24	瀋陽周回高速	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物	完了
25	2023 年度江蘇省交通集中管理・養生	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物	建設中
26	河南省沿太行高速道路の安陽区間YASG-1	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合物	建設中
27	江蘇省道422号	4cm玄武岩繊維SMA-13アスファルト混合	建設中
28	省鎮江新区青龍山路養生工事	6.0cmAC-20+4.0cmAC-13	建設中



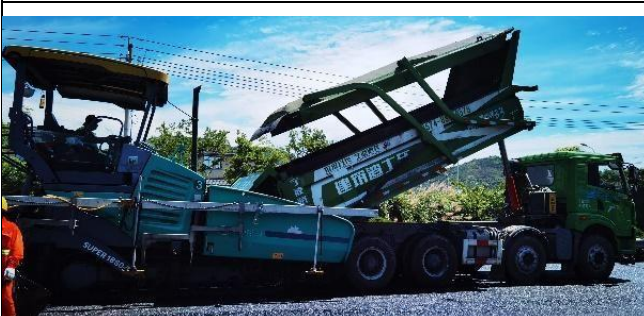
湖北省鄂州空港高速道路



湖北黄松北高速道路



山东省青岛市S217



浙江杭甬高速



南京光華路



江西安南小鎮市政道路



江蘇南京三環路



鎮江丹陽市丹延線



山東高速煙台-威海養生區間



江蘇縣道界司線大中修工事1標段と2標端



ク라마イ区間G3014の修復性養生



湖北宜来高速麟峰東区間



広東湛江大道



山東省青島市S214

五、綿状チョップド玄武岩繊維の応用シナリオ

1、綿状チョップド玄武岩繊維はSMAシリーズアスファルト混合物に用いることができ、力学的な性能が優れていて、効果的にアスファルト路面の高温耐わだち性能を50%ぐらい高めて、低温耐亀裂、耐水損害能力も適当に高めている。後期の運営維持費用を大幅に削減する。アスファルト混合物の再生利用を促進する。



2、基準根拠

綿状チョップド玄武岩繊維

- ①JT/T 553-2020「アスファルト舗装用繊維」
- ②DB32/T 3710-2020『玄武岩繊維アスファルト舗装施工技術仕様書』
- ③JTG F40-2004『道路アスファルト舗装施工技術仕様』

3、技術指標

〔表1〕 綿状チョップド玄武岩繊維の性能指標

技術指標	技術要件	試験方法
長さ(mm)	≤6	JT T 533-2020付録H
直径(μm)	≤5	JT T 533-2020付録H
スラグボール含有量(0.15mm)(%)	≤20	JT T 533-2020付録O
0.15mm質量通過率(%)	60±10	JT T 533-2020附属書A
含水率(%)	≤1.0	JT T 533-2020付録E
吸油率(倍)	≥2.0	JT T 533-2020付表D
密度(g/cm3)	≥2.600	JT T 533-2020付録I
pH(-)	6.5-8.5	JT T 533-2020付録C
質量損失(210℃,1h)(%)	≤6、燃えない	JT T 533-2020付録F

4、綿状チョップド玄武岩繊維の利点

(1)性能安定

綿状チョップド玄武岩繊維は、繊維径が小さく、比表面積が大きいいため、特殊な表面改質剤を付着させることにより、吸油率が500%以上と良好な吸油特性を有し、アスファルトとの相溶性が非常に良く、高温条件下でアスファルトの安定化に優れている。

(2)補強、強靱性作用

綿状チョップド玄武岩繊維をアスファルト混合物の中に混ぜて、数万の単糸繊維が三次元乱雑に分布して、縦横に交錯して、立体網状構造を形成して、効果的にアスファルト混合物の内部欠陥や亀裂の発展を拘束し

て、混合物の曲げ引張破壊強度を高める。また、綿状チョップド玄武岩繊維は、「架橋」や「補強」などの作用により、アスファルト路面上の走行荷重を移動させ、鉱物骨格やアスファルトスラリーに適時に分散させることにより、過度の応力集中を回避し、耐わだち性能を効果的に向上させることができる。

低温条件下では、綿状チョップド玄武岩繊維を配合することにより、アスファルト混合物の低温耐変形性を向上させ、混合物の靱性を向上させ、ひいてはアスファルト混合物の低温耐クラック性を向上させることができる。

綿状チョップド玄武岩繊維アスファルト混合物が外力によって引張変形すると、繊維がマトリックスから伝わる応力を受けて同様に引張変形し、外力が消失した後、アスファルト混合物が元の形態に戻る傾向があり、アスファルト混合物の自己治癒能力が向上する。

(3)化学的安定性に優れ

化学的安定性に優れ、混合時にアスファルトと化学反応を起こさず、様々な酸、アルカリ路面の作業環境に適応する。

(4)耐老化性に優れ、再生利用が可能

老化防止性能が良く、老化しないで、変質して退化ない。アスファルトの高温混合の影響を受けず、100%再使用することができる。

5、応用事例

No.	工事名	舗装構造の種類	備考
1	長沙市芙蓉南路万家麗-湘潭区間	4cm玄武岩繊維SMA-13 アスファルト混合物	完了
2	G60滬昆高速道路譚紹区間大修繕	8.0cmAc-25+6.0cmAc- 20+4.0cmSMA-13	完了
3	南京環状道路S508	4cm玄武岩繊維SMA-13 アスファルト混合物	完了
4	淮陰県道X302改築・拡張	4cm玄武岩繊維SMA-13 アスファルト混合物	完了
5	S102済青線S217膠州行 海尔大道区間大中修	4cm玄武岩繊維SMA-13 アスファルト混合物	完了
6	江蘇省淮安創業路建設市政 淮安南路~雲南路	8.0cmAC-25+4.0cmSMA-13	完了
7	江蘇省南京市吉印大道大中修繕	6.0cmAC-20+4.0cmSMA-13	完了



長沙市芙蓉南路万家麗-湘潭区間



南京環状道路S508



淮陰県道X302改築・拡張



S102濟青線S217から膠州海爾大道までの大中修



江蘇淮安創業路建設市政淮安南路~運南路

上記のすべての材料には、生産、設計、施工、および検収基準がある。

取寄せ先：

赵虎 13655164314

周婕 13805163266

範蔵 15050521523