

## ■規準類とFRPに関する日本の世界における役割

北海道大学大学院教授 上田多門

### 1. FRP とその周辺の国際規準類と日本の役割

日本は、コンクリート工学の分野においては、国際規準類の策定作業で主導的な役割を果たしています。FRP に関する国際規準類に関しても例外ではありません。国際規準といえば、何と言っても ISO 規格 (ISO Standard) です。ISO (国際標準化機構) には、分野ごとに専門委員会があり、コンクリート工学の分野は TC71 (71 専門委員会) です。TC71 には、7つの分科会 (SC) があり、そのうち、SC6 (通常とは異なる補強材)、SC7 (コンクリート構造物の維持補修)、SC8 (コンクリートとコンクリート構造物の環境マネジメント) において、議長国として、ISO 規格策定作業を主導しています。



SC6 においては、コンクリート構造用の FRP 補強材の試験法に関する 2 つの ISO 規格 (棒材と格子筋用の ISO 10406-1 とシート用の ISO 10406-2) を既に策定済みです。どちらも日本の JIS 規格の内容に基づいて作られています。また、現在は、FRP 補強材を適用したコンクリート構造物の設計法に関する ISO 規格 (ISO/CD 14484) を策定中です。この ISO 規格は、新設構造物における補強材と、既設構造物の補強に用いる補強材の両方を適用範囲としています。日本や欧米に設計法に関する規準類がありますが、それらの内容に共通する基本的事項のみを示したアンブレラコード的な内容となっています。規格案は日本コンクリート工学会 (JCI) が作成しています。

SC7 は、議長国が日本、幹事国が韓国という国際チームですが、通常は議長国と幹事国とが同一ですので、これは大変珍しい形態です。SC7 では、コンクリート構造物の維持補修のアンブレラコードとなる ISO 規格 (ISO/CD 16311) を策定中です。この ISO 規格は、4 部構成となっており、第 1 部：基本原則、第 2 部：既設構造物の評価、第 3 部：補修設計、第 4 部：補修施工、となっています。第 1 部は、JCI がその原案を作成しました。第 2 部は、JCI と KCI (韓国コンクリート工学会) との共同委員会の原案を基に、米国が作成しました。第 3 部と第 4 部は、ノルウェーが欧州規格に基づいて原案を作成しましたが、FRP 補強材を用いた各種の補強工法も適用範囲に含まれています。

環境問題は世界的な問題で、コンクリート工学の分野でも例外ではありません。セメント製造技術では、その省エネルギーという観点で、世界のトップを走る日本ですが、コンクリートとコンクリート構造物の環境マネジメントという点でも、世界をリードしています。SC8 では、コンクリート及びコンクリート構造物の環境マネジメン

トに関する ISO 規格 (ISO/DIS 13315-1) が、JCI が作成する原案に基づいて、策定中です。FRP 補強材を適用する理由に、構造物の長寿命化や軽量化がありますが、それらは環境負荷の低減にも有益です

ライフサイクルマネジメント (LCM) に関する新たな ISO 規格の策定が、TC71 において、提案されています。LCM とは、構造設計、材料施工、維持補修、環境側面を総括的に扱う概念で、構造物の計画の段階から解体に至るまでの全てのプロセスを通して、費用 (ライフサイクルコスト、LCC) と環境への影響を最小化するために、必要なマネジメントを言います。現在、経済産業省と文部科学省からの助成を受けながら、ISO 規格の原案を作成中です。

日本が主導している 3 つの分科会で策定する ISO 規格は、それぞれ FRP 補強材の適用の拡大に有用であり、今後の展開への期待が大きいものであるといえましょう。

日本が主導する国際規準の策定のもう一つの好例として、アジアコンクリートモデルコード国際委員会 (ICCMC) の活動があります。ICCMC は、2001 年にアジアモデルコード (ACMC) を世に表しましたが、ACMC は性能規定型の適用、構造設計-材料施工-維持補修の包括的な取り扱いという点で、最初の国際規準です。ICCMC は、2010 年 12 月にアジアコンクリート連盟 (ACF) と合併し、ACF に活動が引き継がれています。前述したコンクリート構造物の維持補修の ISO 規格の第 1 部の原案は、ACMC です。

構造コンクリート国際連盟 (*fib*) が、新しいモデルコード (MC) を策定中で、2010 年に第一稿 (First draft) が公表されました。MC は、性能規定型を適用し、構造設計-材料施工-維持補修を包括的に取り扱っていますが、これは、ACMC の影響が大きいと言えます。また、MC 中の維持補修と環境への配慮に関する箇所は、日本人委員が担当しています。FRP 補強材も MC で取り扱われていますが、この箇所は欧州委員が担当しました。

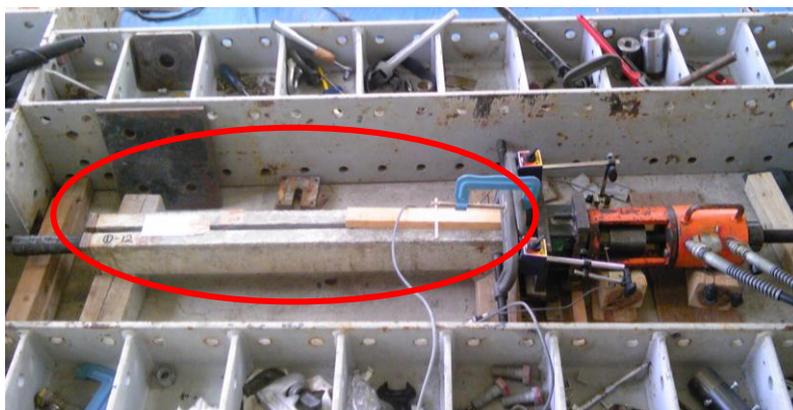
## 2. 今後の展望に向けて

日本は、建設分野における FRP 材料の適用実績、規準整備という点で、今でも世界をリードしています。FRP 建設材料の研究は世界的に今でも活発に行われていますが、日本では一時ほどの活発さは見られなくなってしまいました。海外の知人から聞くことによれば、海外では FRP というキーワードで研究助成を受けることができるとのことでした。これは日本における現状と異なる点の一つでしょう。

そのような状況の中で、第 3 回建設分野における FRP に関する IIFC アジア太平洋国際会議 (APFIS2012) が、2012 年 2 月に北海道大学で開催されます。主催は JCI で、建設用先端複合材技術協会 (ACC) も後援団体として、支援いたします。APFIS2012 が、最新の日本における FRP 建設材料に関する技術と研究の紹介の場となること、そして、日本での FRP 建設材料の実務への適用に新たな方向性 (例えば、LCC を理由とした適用) を示す機会となることが期待されます。さらに、この方向性を確実なものとするために、現在国内にある複数の FRP 建設材料の関連団体が緊密な連携を取ることにも必要なのではないかと考えられます。緊密な連携の先には、団体の統合という選択肢もあるのでしょう。団体が一つとなれば、日本の顔として、世界との対応という視点でもよい効果が期待されます。

## 長期暴露試験体の張力解放と引張強度試験

ACC は、独立行政法人土木研究所 新材料チームから委託を受け、2010 年 4 月～2011 年 3 月の 1 年間で、海洋環境に長期暴露した FRP 緊張材の張力解放による残存張力測定と引張強度試験を実施しました。この試験体は、新材料チーム（当時：化学研究室）思慮意が作製し、静岡県大井川町沖合にある海洋技術総合研究施設（マリンステーション ーするがー）にて長期暴露（最長 21 年間）したもので、ACC からは CFCC、リードライン、テクノーラ、FiBRA の 4 材料を提供しました（試験は他の 2 材料を加え



計 6 材料) 試験の形状は、ステンレスまたはコンクリートの枠（長さ約 1m）に張力を与えた FRP 緊張材を固定しただけのもので、暴露期間中は日射や潮風、一部は波しぶきを直接浴びるなど、通常使用ではあり得ないほど過酷な環境に置かれました。

●張力解放中の試験体（白い棒状コンクリート枠）

これら試験体はジャッキを用いて張力を解放し、そのときの荷重と伸びを測定することで残存張力を求めました。その結果、直射日光を受けた材料は張力残存率が 70～80%程度、直射日光を受けない材料は 80%程度以上であることが分かりました。ただし、本試験における暴露後の残存緊張力は枠のクリープ変形や定着部の変形などの影響も含まれています。その後に行った引張強度試験では、いずれの材料も概ね 90%以上の強度残存率を有し、FRP 緊張材の高い耐久性が確認できました。これらの結果については土研新材料チームより論文発表されるほか、ACC でも技術情報としてリリースする予定です。



●試験後の各種 FRP 緊張材（写真上）

●引張強度試験（中央の細い棒が FRP 緊張材）（写真左）

## CFCC Uφ5.0 を用いた橋桁下床版部の補強 ＝伊良部大橋＝

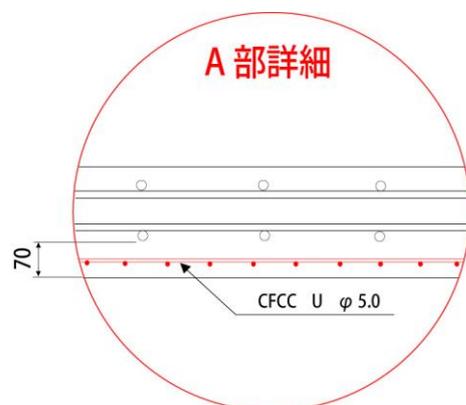
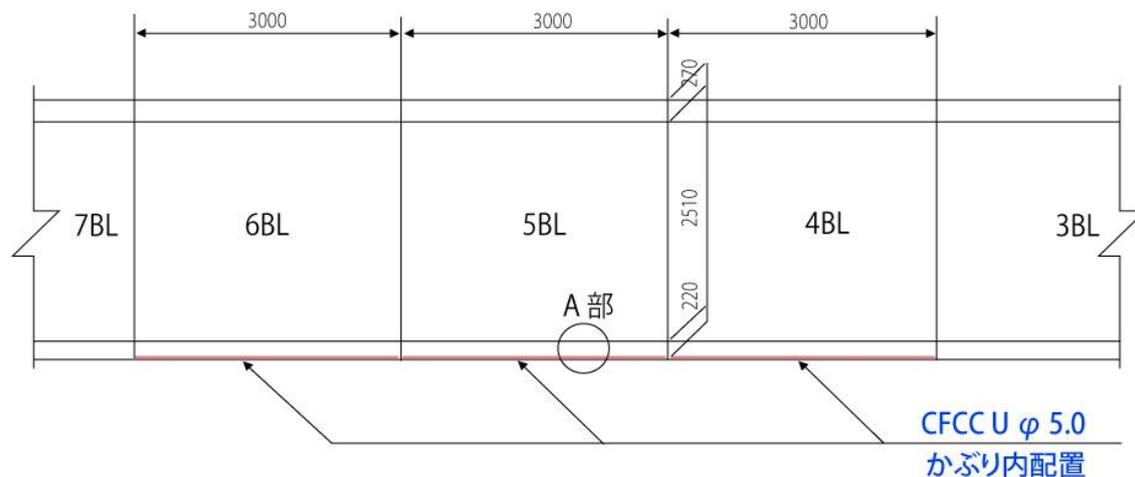
継続実績より

469

本橋は宮古島と伊良部島を結ぶ厳しい腐食環境下の長大橋（延長 3,540m）です。塩害対策として外周コンクリートの純かぶりを 70mm とし、更にエポキシ樹脂塗装鉄筋を使用しています。

また、セグメント桁製作開始前に FEM 解析を実施した結果、内ケーブル定着突起による応力集中等が下床版部に発生する事が明らかになり、ひび割れを生じる可能性があることがわかりました。このため張応力の大きいセグメント桁下床版部に追加の補強材として CFCC U φ5.0 が採用されました。腐食しない CFCC は、塩害による影響が皆無であるため、下床版かぶり内に延べ 40,000m (P1～P32) を配置する予定です。

CFCC 配置図 側面図



●伊良部大橋

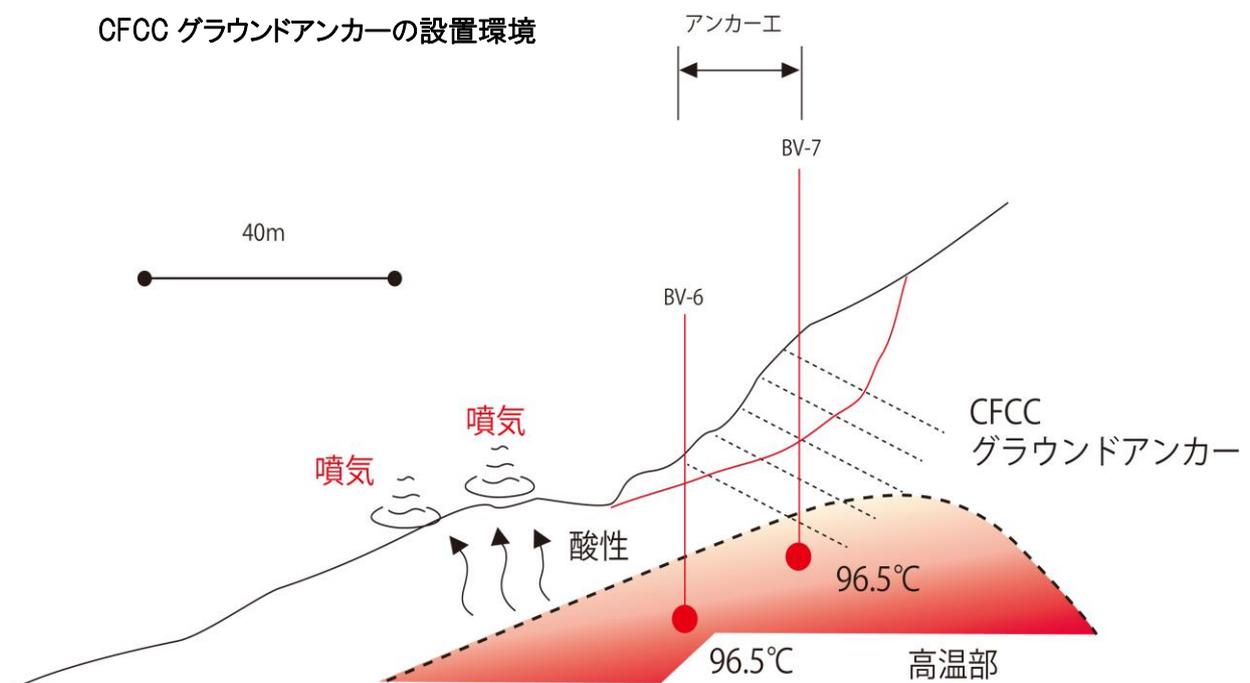
## CFCC を用いたグラウンドアンカー =箱根芦の湯付近=

継続実績より

436

神奈川県足柄下郡箱根町の芦ノ湯温泉付近において、平成 21 年度より地すべり対策工事（アンカー工）が行われています。アンカーの設置箇所は急峻な斜面で、地盤内は火山ガスや噴気の影響による高温かつ酸性の変質帯が分布しております。そのため、アンカー工の仕様は、耐熱・耐酸性に優れる CFCC を tendon に使用した NM グラウンドアンカー（HM4 φ12.5×4）および熱硬化性樹脂発泡体（硬質ウレタン樹脂）をガラス長繊維で強化した受圧板 FFU が採用されました。

採用数量は、CFCC φ12.5 延べ約 20,300m、受圧板 167 基 となり、平成 24 年度頃完成予定です。



●CFCC グラウンドアンカー

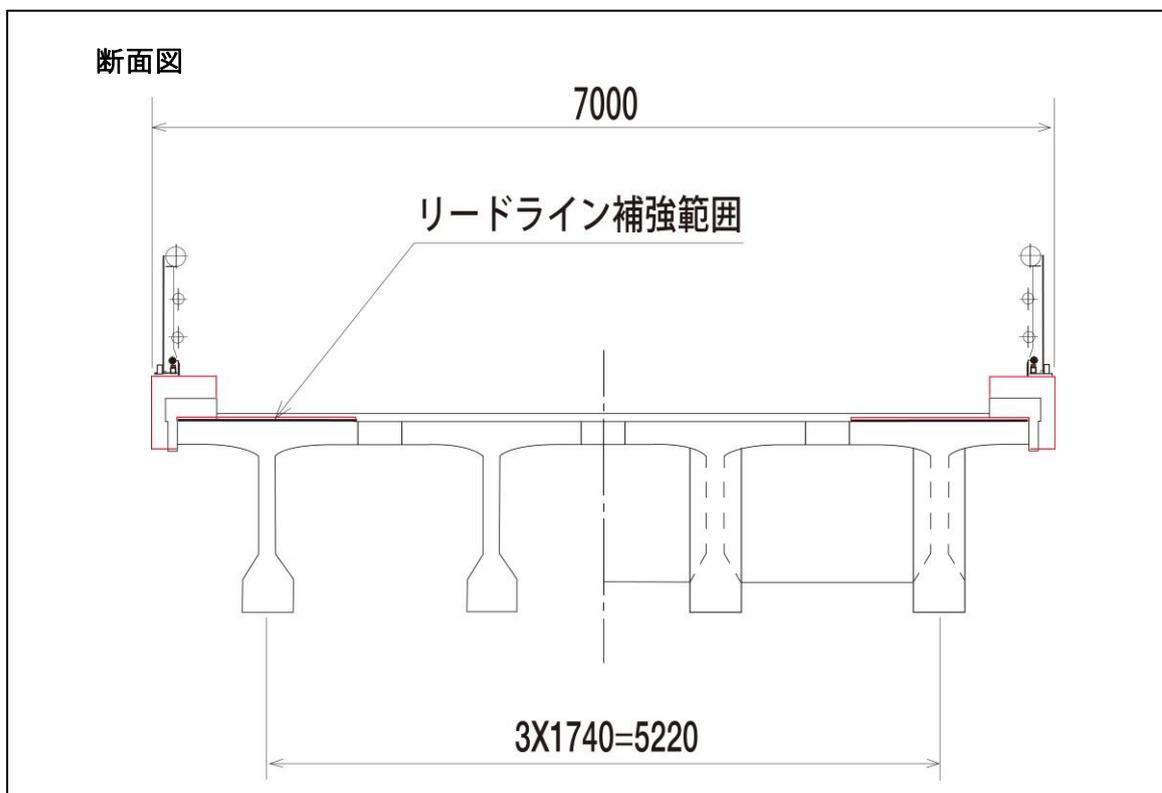
## リードラインを用いた張出し床版の補強工事 ＝若井子橋＝

継続実績より

443

岡山県備中県民局 高梁地域事務所の若井子橋（プレテンション方式 PC 単純床版橋）の地覆改良に伴う張出し床版の曲げ補強工法として、リードライン埋設工法が採用されました。

比較検討を行なった炭素繊維シート工法では積層数が多く必要となったため、経済性に優れ、工期短縮が可能となった本工法の採用が決定しました。リードラインは、高弾性タイプ 12φ 336.4mを使用しました。



### ●リードラインの設置状況



## 亀山新広報委員長ってどんな人?

新しく広報委員長に就任された亀山誠人氏は、1982年住友建設(株)(現三井住友建設(株))に入社以来、橋梁設計、現場施工、土木技術、営業と各部門を経験された建設業界のスーパーマンで、現場施工では、『田中賞』を受賞した現場に2度従事された超優等生です。

現在は、3度目の東京単身赴任で、長男と二人でアパート暮らしをされています。単身赴任生活では、仕事の合間を見ては、掃除、洗濯、炊事、アイロン掛けなどの家事に追われる日々を過ごしているとのこと。食事は、3食自炊(弁当も作っているようです)が原則で、得意料理は『筑前煮』だそうです。(本人曰く『一度つくれば、5食分助かりますから』?!)

疲れた亀山委員長の楽しめた際、静岡の海岸で富士ングすることだそうです。時20kmを走破する時もある

本人は『写楽の浮世絵のら、潮風に吹かれて名前ユックリ走っているときは、られる至福の時間』と言っころは、ジョギング後に

ビールの味を知ってから病みつきになったようです。

そんな広報委員長の今後の活躍と、ACCならびに会員会社皆さま発展に期待します。



単身赴任生活では、静岡に帰省し山を見ながらジョギ間がゆるせば、1日ようです。

ような風景を見なが(亀)の如くユックリ、浮世の苦悩を忘れていますが、実のと脱水状態で飲む

(by 吉松)

# ACC 施工実績一覧表 続報

NO	施主	名称	所在地	規模	用途・緊張方式	使用材料及び使用量	施行
398	東長寺	東長寺五重塔	福岡県	総高25,900mm	耐震ステイ	CFCC 12.5mm 50.4m	2009.04-2011.12
399	O不動産	O王子製紙工場スラブ・梁補強	北海道		工場スラブ・梁補強	CR10-100P 1210mf	2009.11
400	国土交通省 中国地方整備局 福山河川国道事務所	国道2号神村トンネル補修工事	広島		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 2202mf	2009.12
401	西日本高速道路株式会社	阪和道内トンネル	和歌山		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GN 2544mf	2009.12
402	愛知県知立市	逢妻橋	愛知県	橋脚1基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2009年度工事
403	国土交通省 近畿地方整備局	三島大橋	兵庫県	橋脚1基	橋脚鋼板巻き立て補強	9φ 7.4mm	2009年度工事
404	JR東海	大府跨道橋補強	愛知県	フーチング1基	フーチング補強	9φ 7.4mm	2009年度工事
405	川崎市	ガス橋	神奈川県	橋脚2基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2009年度工事
406	国土交通省 名古屋国道事務所	平成21年度153号稲武地区橋梁補強補修工事	愛知		橋梁補強・補修工事	CR10-100P 420mf	2010.01
407	長野県土地改良事業団連合会	三日町トンネル補強	長野		トンネル補強	CR6-50P 138mf	2010.01
408	宮崎県 小林市	平成21年度 市道永田奈佐木線(軍谷隧道)	宮崎		トンネル覆工の剥落防止	CR10-100P 986mf	2010.01
409	K電力株式会社	本城川発電所 水圧鉄管トンネル補強	宮崎		水路トンネル覆工の補強	CR8-50P 138mf	2010.01
410	国土交通省 東北地方整備局	いわき地区構造物補修工事	福島		構造物補修	FTM-G4GS 504mf	2010.01
411	岡山県企業局	横見トンネル補修工事	岡山		トンネル補修	CR6-50P 100mf	2010.02
412	国土交通省 中国地方整備局 山口河川国道事務所	秋山口管内耐火防護工事	山口		耐火防護工事	FTM-G4GS/CR4-50P 930mf	2010.02
413	東京都港湾局	城南大橋舗装改良工事	東京		舗装改良工事	CR10-100P 986mf	2010.02
414	兵庫県 加古川市役所	市道池田開発線道路改良工事(第一区)	兵庫		水路暗渠化	CMR6-50P 126mf	2010.02
415	国土交通省 九州地方整備局 福岡国道事務所	名島橋	福岡		耐震補強	CR5-50P 1704mf	2010.02
416	福岡県 福岡県土整備事務所	新大鳴トンネル	福岡		トンネル補修	CR5-100P 420mf	2010.02
417	農林水産省 九州農政局	青鹿ダム取水・放流設備改修	宮崎		改修工事	CR4-100P 270mf	2010.02
418	(独)水資源機構 両筑平野用水総合事務所	橋二期 三奈木・楢原トンネル	福岡		トンネル補修	CR5-50P 1782mf	2010.03
419	横浜市	笠間大橋	神奈川県		鋼床版上面補強	CR10-100P 111mf	2010.04
420	首都高速道路株式会社	(改)鋼床版補強工事2-1	東京		鋼床版補強	CR10-100P 330mf	2010.04
421	西日本高速道路株式会社	ボックスカルバート補修	福岡		ボックスカルバート補修	FTM-G4GN 720mf	2010.04
422	神奈川県西湘地域政総合センター	蛇骨川復旧旧山工事(蛇骨川)	神奈川県	45本 1412m	軽量受圧板	7φカータイプHM4 26.4~35.8m	2010.04
423	国土交通省 関東地方整備局 甲府河川国道事務所	新笹子トンネル	山梨		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 13620mf	2010.05
424	西日本高速道路株式会社	藤野第一橋	福岡		橋梁補修	G3-50P 390mf	2010.06
425	国土交通省 東北地方整備局 秋田河川国道事務所	仙岩地区トンネル補修工事	秋田		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 660mf	2010.07
426	国土交通省 中部地方整備局 飯田国道事務所	平成21年度 木曾維持管内北部橋梁補修工事	長野		トンネル補修	CR4-50P 150mf	2010.08
427	首都高速道路株式会社	(改)鋼床版補強工事3-1	東京		鋼床版補強	CR10-100P 414mf	2010.09
428	国土交通省 北陸地方整備局 湯沢砂防事務所	碓氷川上流第3号砂防堰堤補修他工事	新潟県	2本 53m	現場打ち	7φカータイプHM4 23.68~28.45m	2010.09
429	神奈川県 小田原土木事務所	平成22年度地すべり対策工事(公共)早雲山	神奈川県	22本 752m	軽量受圧板	7φカータイプHM5 28.89~39.32m	2010.09
430	広島県呉市	広第二大橋	広島		橋梁補修	CR6-50P 416mf	2010.10
431	鹿児島県 大島支庁	本茶トンネル	鹿児島		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 588mf	2010.10
432	秋田県 仙北地域振興局	松嶺トンネル	秋田		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 834mf	2010.10
433	首都高速道路株式会社	横浜北環状線シールドトンネル	神奈川県		トンネル補修	CR4-50P 360mf	2010.10
434	東北水力地熱株式会社	石羽根ダム	岩手		ダム壁面補修	CR4-50P 258mf	2010.10
435	国土交通省 三重河川国道事務所	納所跨道橋	三重		PC床版クラック対策	G3-50P 292mf	2010.10
436	神奈川県小田原土木事務所	平成22年度地すべり対策工事(公共)当初4号その2(大涌沢)	神奈川県	18本 425m	軽量受圧板	7φカータイプHM3 22.04~25.04m	2010.10
437	岡山県 県道備前県民局 東備地域事務所	県道備前橋原自転車道 11-1単線道路工事(トンネル防災)	岡山		トンネル防災工事	CR4-50P 204mf	2010.11
438	国土交通省 近畿地方整備局 紀南河川国道事務所	国道42号トンネル補修工事	和歌山		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 960mf	2010.11
439	国土交通省 中国地方整備局 松江国道事務所	国道54号赤名トンネル補修工事	島根		トンネル補修	CR4-50P 1248mf	2010.11
440	西日本高速道路株式会社	阪和地区保安工事	和歌山		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GN 1792mf	2010.11
441	鹿児島市役所	飯川水路ボックス	鹿児島		水路ボックス補修	CR4-50P 102mf	2010.12
442	広島県 西部建設事務所	安芸津下三永線	広島		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 270mf	2010.12
443	岡山県 備前県民局	若井子橋	岡山県		張出し部主筋方向曲げ補強	リードライン 12mm 300m	2010.12
444	国土交通省 関東地方整備局 宇都宮国道事務所	新川島橋	茨城県	橋脚2基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
445	国土交通省 関東地方整備局 高崎河川工事事務所	早川橋	群馬県	橋脚2基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
446	国土交通省 関東地方整備局 北首都国道事務所	かさね橋	埼玉県	フーチング2基	フーチング補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
447	東日本高速道路株式会社	白石高架橋	北海道	橋脚4基	橋脚RC巻き立て補強 橋脚鋼板巻き立て補強	3φ 7.4mm	2010年度工事
448	秋田県	松本橋	秋田県	橋脚1基	橋脚RC巻き立て補強		2010年度工事
449	国土交通省 関東地方整備局 高崎河川工事事務所	吾妻橋	群馬県	橋脚4基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
450	愛媛県東予地方局	新加茂川橋	愛媛県	橋台1基	橋台RC増厚補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
451	群馬県	利根川下水道橋	群馬県	橋脚1基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
452	国土交通省 関東地方整備局 高崎河川工事事務所	小山沢橋	群馬県	橋脚1基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
453	国土交通省 東北地方整備局 岩手河川国道事務所	瀬川橋	岩手県	橋脚2基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
454	国土交通省 東北地方整備局 岩手河川国道事務所	瀬川橋	岩手県	橋脚2基	橋脚RC巻き立て補強	9φ 7.4mm	2010年度工事
455	国土交通省 中部地方整備局 浜松河川国道事務所	篠原橋橋梁補修工事	静岡県		橋梁補修	G3-50P 102mf	2011.01
456	山梨県 狭東建設事務所	一般国道137号 新御坂トンネル補修工事	山梨		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 681mf	2011.01
457	国土交通省 関東地方整備局 常陸国道事務所	石岡跨道橋	茨城		橋梁補修	CR10-100P 144mf	2011.01
458	K電力	輪丸発電所6号トンネル改修工事	大分		トンネル改修工事	CR4-50P 204mf	2011.01
459	国土交通省 九州地方整備局 北九州国道工事事務所	両谷川橋	福岡		橋梁補修	CR4-100P 318mf	2011.01
460	国土交通省 中国地方整備局 福山河川国道事務所	赤坂トンネル	広島		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 1124mf	2011.01
461	神奈川県小田原土木事務所	平成22年度蛇骨川上流(その1)治山工事(蛇骨川)	神奈川県	34本 896m	軽量~31.6	7φカータイプHM4 22.0~31.6m	2011.01
462	愛知県 西三河建設事務所	高力橋	愛知		橋梁補修	CR10-100P 444mf	2011.02
463	高知県 須崎土木事務所	三島トンネル	高知		トンネル補修	CR6-50P 282mf	2011.02
464	国土交通省 九州地方整備局 鹿児島国道事務所	武岡トンネル	鹿児島		トンネル覆工の剥落防止	FTM-G4GS 510mf	2011.02
465	国土交通省 関東地方整備局 宇都宮国道事務所	五霞高架橋補修工事	栃木		床版上面補強	CR10-100P 492mf	2011.03
466	福岡県土整備事務所	泊橋	福岡県	橋長33.6m 橋幅17m	張出し部主筋・打継部のひび割れ防止	CFCC U5mm 445m	2011.03
467	国土交通省 東北地方整備局 仙台河川国道事務所	東田道路改良の内 中小屋サイフォン補強	宮城		サイフォン補修工事	CR13-100P 100mf	2011.04
468	国土交通省 九州地方整備局 鹿児島港湾・空港整備事務所	鹿児島港橋梁上部工架設工事	鹿児島県		産産補強	CFCC U5mm 272m	2011.07
469	沖縄県 宮古土木事務所	伊良部大橋橋梁整備第5期工事	沖縄県	橋長:2205m	かぶり内補強・産産補強	CFCC U 5mm 11,294.43m	2011.10
470	国土交通省東北整備局青森河川国道事務所	犬瀬瀬橋	青森県		PC床版アゴ補強	CFCC U5mm 1,496m	

## 編集後記

会員様からの情報を積極的に掲載してまいります。ご寄稿をお待ちしております。

## 建設用先端複合材料技術協会

事務局(榎本) 〒103-8306 東京都中央区日本橋 3-6-2 日本橋フロント 東京製綱株式会社内  
Tel.03-6366-7797 Fax.03-3276-6870 E-mail: info@acc-club.jp