

記念講演

連続繊維補強技術に関する発展の歴史を踏まえ、これからを考える 2 題の記念講演をいただきました。講演の要旨を以下にご紹介します。

I. 講師： 東京理科大学名誉教授 松崎育弘 氏

演題

「連続繊維補強コンクリート系構造設計・施工について、私なりに振り返り、思ったこと」

[講師プロフィール]

RC 造建築物の耐震構造分野での第一人者。新築だけでなく既存建築物耐震補強技術分野においても、あと施工アンカーや連続繊維補強において、日本建築学会及び日本建築防災協会はじめ多数の団体で輝かしい功績を残している。現在も各所において既存構造物の評価、耐震診断改修計画評価等に携われ

建築物の構造安全性をご指導されているほか、一般社団法人 繊維補修補強協会試験問題作成委員長として協会事業をご支援いただいている。



II. 講師： 筑波大学 システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻

教授 金久保利之 氏

演題 「連続繊維による構造物補強への期待と国際標準化」

[講師プロフィール]

建築構造、材料及び維持管理の分野で活躍中の研究者。コンクリート構造物の耐久性能や繊維補強セメント、FRP などの複合材料等の分野で多数の論文発表をされ評価を受けている。連続繊維補強材料に関して、現在日本が幹事国となっている ISO/TC71 SC6 で国際幹事を務め世界標準化を推進されているほか、日本建築学会、日本コンクリート工学会、日本化学繊維協会等の委員として活躍されている。



「連続繊維補強コンクリート系構造設計・施工について、私なりに振り返り、思ったこと」

講師： 東京理科大学名誉教授 松崎育弘 氏

はじめにこの課題への取りかかりの経緯といったものをお話したい。大学3年在学の際に建築研究所・黒正先生の柱の実験に参加した、当時はほとんど一方向でしたが正負繰り返しの実験でした。その後、黒正先生が東工大に来られ、研究室の一回生で師事した。6月に新潟地震があり、建研の建物の傾き調査に参加させていただき、さらに大学院生になって十勝



沖地震があった。福井地震から空白の16年と言われていたが、これは良いことなのですが、「君は2回も大地震にあって調査することができて恵まれているね」といわれた。そういった中で補強の問題が出てきたという経緯がありますことを本日の話の前置きとしておきたい。

■鉄筋コンクリート造と連続繊維とのかわり

まず、連続繊維とのかわりについてですが、利用方法からは、まず短く刻んで使うという方法がある。SFRCというのがあったがコンクリートに均一に混ぜる技術が重要であった。これが最初。もう一方では鉄筋代替で使うという考えがあった。建研にて棒状材料の実験を行っていた。最後に登場するのがシート状材料。棒状研究の打ち上げの際に、次を考えたシートを提案したところ、6～7人の賛同者がありシートの研究を始めた。

最初の短繊維では、SF短繊維で滑走路に入れた際の研究などに関わった。次の棒状では最初にワシントン大学で国際会議があったが、米国でも棒状の研究が行われ、まだ棒が使われているようである。先般ブロック塀の倒壊があったが、鉄筋周りのモルタル充填が難しく、米国では組積造で棒状材の利用が耐久性上も良いという話もある。その後の研究の中で、リニアモーター構造物で走行時に発生する誘導電流に対するコンクリート劣化の問題、また高速増殖炉の底版では磁場の問題などがRC造の課題となり、エポキシコーティング鉄筋やアラミドあるいは、非磁性鉄筋などもあり、大学では棒状材の研究をつづけた。棒状材料の研究は今どうなっているのだろうか。機会があったら調べてほしい。

三番手のシート、世の中に登場した順序と言えるが、現在は耐震化等の領域で世の中に貢献している現状にあるが、世の中の人には意外とシート補強を知らない。平成7年に出版した本（連続繊維補強コンクリート・諸性質と設計法）に写真がある。このフレームは棒で鉄筋の代わりを作って実大のラーメン構造を建研で実験し米国で発表した。RCでもいろいろな使い方が示されたが、電解槽では酸に強いものがあると有用であり繊維の利用が検討された。連続繊維に対して様々な扱い方があるということがこの本で示された。

■総合的研究開発のスタート

その展開の第一歩が昭和63年～平成04年に行われた建設省総プロ（建設業への新素材・新材料利用技術の開発）で、これが連続繊維補強実用化のスタートとなったといえる。その中で長繊維補強コンクリート研究会（連続繊維補強材及び連続繊維補強コンクリート建築物の開発）がもたれた。長繊維というのは棒状を意味していた。連続繊維補強コンクリート構造は、この

間で様々なことが研究され、この結果を受けて実際の適用に向けて様々な実用化の動きが進められた。今実現しようとしているリニアなど新しい技術があったのか興味があるところである。この長繊維補強コンクリートの打上の席でシートの話が出た。関心は高くはなかったが、今一番広まっているのはシート。この一連の成果の中には設計法、耐久性、材料とかプレストレスも入っている。どんな棒を作るか、一番が異形棒鋼で最初はカーボン、アラミドも同じように作り方を工夫した。ガラスについても検討された。それらいろいろなことが書かれている（建設新素材の設計システムとその応用）。今、連続繊維の話が出てほとんど設計者に理解がなされていない状況がうかがえるが、これらの成果をもう少し世の中にアピールしていくことが必要ではないかと考えている。

総合的研究開発のスタート

建設省:昭和63年度から平成4年度にかけて

「建設事業への新素材・新材料利用技術の開発」
に関する総合技術開発プロジェクト(略称:新素材総プロ)

その中の一課題として

「連続繊維補強材料及び連続繊維補強コンクリートの建築物の開発」
が取り上げられた。

*「長繊維補強コンクリート研究会」発足

- ・設計法・構造実験WG
- ・材料・耐久性・耐火性WG
- ・試設計・架構実験SWG
- ・プレストレスWG
- ・面・立体補強WG

■指針類の制定

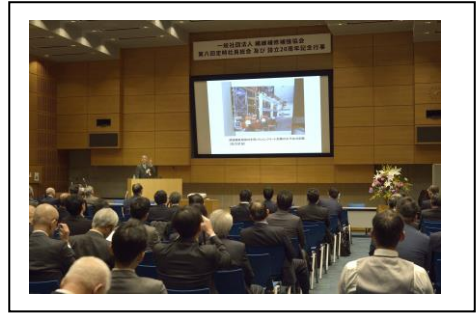
そういう状況の中、耐震改修に使えるので日本建築防災協会に委員会を作り、指針にするという機運になり 1999 年に指針が発刊された。2010 年に改訂版も出されたが、その前に日本建築学会から指針案が発刊された。森田先生、藤井先生のご努力もあり内容的には案は不要であったが現在でも案が取れていない。現在のように広まっているので案を外したいと提案している。この指針案には棒もシートも入っており、建築学会の指針でもあるということを改めてご理解いただきたい。耐震改修については指針があることで連続繊維は大手を振って使えるようになってきている。耐震改修にシートを使おうといった際に、その工法はちゃんと指針に示されているのでしょねというような意見を言われることがある。現状は新築に使えるということが理解を深めるのを止めているので、そこは問題でしょう。学会が案を外すことになれば、その理解が進む可能性もあるのではないかと。是非そのようなグループを作って進めてほしい。

連続繊維補強に対しては、一連の実験をして結果が示されていることである。たとえば、腰壁つき柱があった場合どこまで補強をするか、上だけで納めたいということもあるが腰壁部も補強をしたいという見解もある。そのような際にどの様に巻くかというときに、ちゃんまげ（CF アンカー）と言っていました。このような研究が出始め、シートをいろんなところに使えるようになった。

ここで袖壁というキーワードがある。一般の耐震補強では袖壁は当初厄介者であって縁を切ってしまう。だが、こういった技術で袖壁を十分に補強してあげる、シートで巻くということを進めてきた。今回の建築防災協会でも袖壁を大事にしようとの動きもあるが、袖壁をシートで補強することは耐震補強面からも見直されたといえる。梁が付いたところも左右まで丁寧によれば補強できる。せん断破壊する試験体を作って繊維を巻いた補強実験も多数行っている。

■既存RC建物耐震補強へのシート補強の展開

言いたいことは、連続繊維によるRC造建築物の耐震補強のためのデータを作ることを皆さんで進め、様々な工夫を進めてきた。せん断耐力を向上させる、靱性を向上させるという基本的対応であるが、そのために繊維補強は極めて有利。棒についてもまだこれから何か考えられることがあるということをお伝えしたい。壁につ



いてどうか、壁はブレースもあるがシートでも補強できるのではないかと、先端の定着は、CFアンカーが対応できる。柱はシートが最も良いだろう、角でシートが切れる恐れにはRをつけることを始めた。そのような実績を持っていたところに、耐震補強工法として広める意味があるだろうということで、皆さんのご協力を得て日本建築防災協会から指針をだしていただいた。棒についても興味があったが、まずはシートだろうということで1999年に指針が改定もなされた。

シートを巻いたことでせん断耐力がどの様に上がるか、実験的にも多くのデータが集められた。全体を巻くのではなく異形鉄筋のような形で巻く方法ではどうかというものもデータが集まっている。検索すれば多数のデータが入手できる、部材実験が多数行われて学会でも報告されている。

柱の実験において、高軸力下の試験をしている中から連続繊維の拘束効果によって崩壊がないことが認められたので、都立大の大久保先生がロープを巻くというようなアイデアが提案され、避難空間を保持するというような考えが示されたりした。こういう様々なデータがたくさん蓄積されているということをよく理解してほしい。

建物におけるクレームという課題に対し、工事や設計に対する苦情が出された際にシートで巻いたら良いのではということをお申しあげると、どうやるのかというような話になる。できるだけ躯体はいじめないやり方にはシートが良いのではないかと話を進めるが、このようなときに施主や設計者にはシート技術が浸透していない様子がうかがえる。協会としても基本データを整理しておくことも必要ではないか。

スラブ付梁に対する補強方法の実験、壁においても指針に書いてあるが、どうやって強くするか、シートの付け方によってどうなるかもデータが集まっている。非構造壁にスリットを切ることもあるが、心配なのは、外に切って袖壁がなくなってしまうのはもったいないし、ドアが開かないことをシートでカバーするといったものに対しシートを手軽に使うことも提案できるなどのデータがある。

柱についても多数のデータがある、梁も同様、CFアンカーで疑似閉鎖型継手を作るなどの方法も用いられている。実例としては、某建設会社のフラットスラブの建物があるが、柱頭周辺にひび割れがあり剛性も低い。スラブも耐圧版の上にきちっとシートを貼って補強した例もある様にスラブを補強することもある。

■震災に学ぶ、耐震基準の変遷への理解

そのような状況で、データが多数蓄積されていることを理解してほしいということ。シートによる補強を考えると、受け身なのは耐震補強、棒はアクティブである。シートはさま

ざまに使われているが、棒は意味があるのかないのかを改めて考えてほしい。

新潟地震や十勝沖地震の被害を受けてせん断補強筋帯筋の改定、その後の新耐震やピロティの強化などが示されてきている。今、評定評価の席でヒアリングしても、残念ながらその経緯やデータを知らない。構造設計者が配筋等についてどう考えているかが示されない。基準は改訂され、これからのストック対策を考える際、被災調査をして予測していく際、新潟地震・十勝沖などの被災例に対する見識が少ないように見られる。たくさんの被災事例が蓄積されていることを知ってほしい。

また大きな問題は、免震と制震が多くなってきているので、どう壊れるか

には関心が薄くなっていること。地震力に対し建物構造の中でどう対処していくのかを考えることが免除されているような雰囲気にある。そういう状況の中でも、耐震補強においてシートの重要性を知ってもらえればよいのではないか。

現在は、施主・設計者・施工者の中間的な立場で案件を指導する位置を期待されており、ヒアリングをして相互に会話を進め理解しあうことを心掛けている。その過程で過去の実例やその結果としての法律改正の背景などを示している。特に注意が必要なのは、ソフトのみの結果を過信して喧伝してしまうことに注意が必要なことである。結果を正しく確認して対応することで、シート補強によって建物をこわさずに間違いに対処することもできる。諸基準がどこで何がどう変わっているのか、遡及するのか否かを含めて検討し、その中でシート補強は有用な手段であるということを改めて認識してほしい。

■まとめ

短繊維で使う、棒にする、シートで使うというのが繊維補強の基本であることは変わらない。連続繊維補強には指針等出版物があること、その中で学会指針案から案を外しましょう。この指針案には棒もシートも含まれており、案を外すことによって国土交通省も指針の扱いを考えることになる。今、規制則をやっているが許容応力度が決まらなると進まないことがあるが、みんなで力を合わせて進めることで、様々なところに使える可能性が出てくる。あと施工アンカーも同様で、連続繊維も耐震補強としては使えるが許容応力度がないと使えないという状況を変えられると、より活用範囲が広まるものと思う。力を合わせて進めてほしいという願いをこの場でしたい。

以上

【お話の中で示された書籍】

- 1) 連続繊維補強コンクリート【諸性質と設計法】 1995年7月初版発行 監修：建設省大臣官房技術調査室 編：連続繊維補強コンクリート編集委員会 発行：技術堂出版
- 2) 建設新素材の設計システムとその応用—繊維補強コンクリートを中心として 1999年3月初版発行 監修：建設省建築研究所・(社)建築研究振興協会 編者：仕入豊和・上野晴樹・福島敏夫・笠井哲郎 発行所：技術書院
- 3) 連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針 1999年9月初版発行 監修：建設省住宅局建築指導課 発行：(財)日本建築防災協会
- 4) 連続繊維補強コンクリート系構造設計施工指針案 2002年3月初版発行 編集・発行：日本建築学会 発行：丸善

地震	作成された規定	RC造建物の区分
(1950)	建築基準法	
1964年新潟地震	液状化規定	↓ I期の建物
1968年十勝沖地震	1971年柱の横筋規定	
	1977年診断基準	↓ II期の建物
1978年宮城県沖地震	1982年新耐震規定	
	(ピロティなど)	↑ III期の建物
1985年兵庫県南部地震	1968年ピロティ強化	
	1999年柱梁接合部規定	

5) 2010年改訂版/連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針 2010年1月発行 監修：国土交通省住宅局建築指導課 発行：(財)日本建築防災協会

演題「連続繊維による構造物補強への期待と国際標準化」

講師： 筑波大学 システム情報工学研究科構造エネルギー工学専攻
教授 金久保利之 氏

松崎先生から建築研究所でのお話がありましたが、その頃に、筑波大学で園部先生のもとにおりまして、直接ではありませんでしたが多少のお手伝いをさせていただいたなどもあり、その後も松崎先生とは連続繊維補強に関してご一緒させていただいたという経緯があります。日本建築学会指針案のお話もありましたが、案を取ることもご協力させていただきたい。



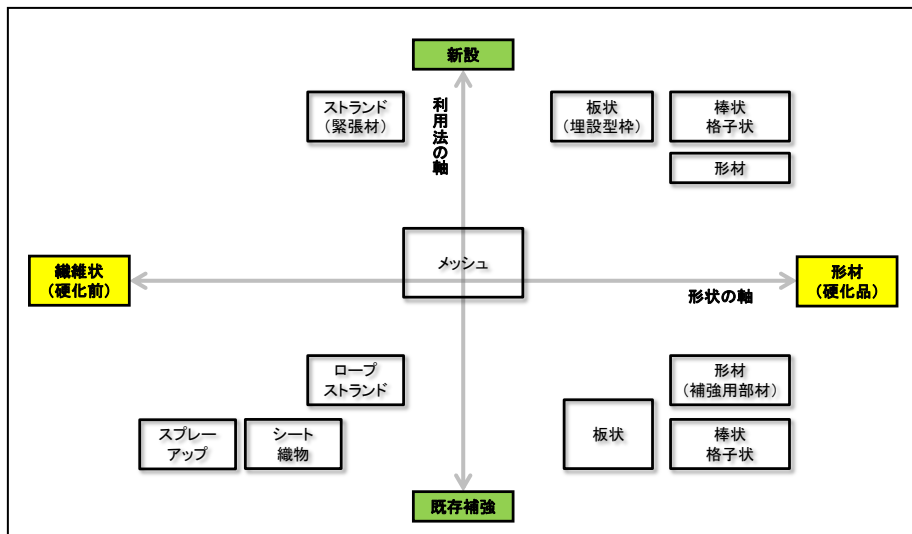
配布資料ですが、本日ご紹介する内容の文献リストということでご覧ください。

■連続繊維補強材の利用形態

先ほどのお話もありますが、棒材からシートに移っていった 1998 年頃、私のところでは繊維メッシュの利用に取り組んでおり、繊維メッシュを使ってモルタルを入れた型枠の研究を行っていた。せっかく良い材料を使うので材料の持ち分をカウントして、耐力を期待する型枠に取り組んで加力実験などをしてきた。平板の加力実験では、使った繊維は AF、CF、メッシュは 2、3、4 軸などで、実験結果を踏まえた解析法を作って、部材化を進めた。AF 2 軸 3 軸、CF 2 軸を使って柱型枠に使う、帯筋なしで型枠繊維を横補強筋として使っており、型枠の目標厚は 15 mm であった。鉄筋の試験体は RC と同様であるが、AF ではあるところから非常に細かいひび割れが入るといった特性があった。CF ではコンクリートとの付着が劣り、剥落するという難点が見られた。繊維歪は AF で 1.5~2% ほど、CF で 0.7% くらい。メッシュは棒とシートの間中間的な位置づけとなっている。

2001 年ケンブリッジでの国際会議でつくられた論文集の表紙では、棒材、型材が多く、シートはまだ出ていない。補強材の種類と利用形態を日本建築学会の PD で整理した一例を示す。縦軸を利用法（新築／既存）、横軸を加工度（糸／製品）としたもので、右が棒材、板状（埋設型枠）、緊張材、ストランド、左がシート・織物でターゲットは既存補強、ロープ、ストランドなどもある。短繊維を用いたスプレーアップもある。メッシュはどこにでも置けるので真ん中に配置されている。





コンクリート用補強材の種類

金久保利之：コンクリート構造の補修・補強に関する事例，日本建築学会 2014 年度大会パネルディスカッション「FRP 材を用いた合成構造に関する動向と将来への展望」資料より引用

既存構造物の補強を対象とした補強工法では、CF アンカー、FRP 型材、包帯補強、ストランド補強、帯板のスラブ補強、下面の施工にやりやすいと思われる CFRP 帯板等がある。CFRP 板を緊張材とした灯台補強や、溝を掘って FRP 棒材を埋め込む方法、FRP 型材を補強部材とした工法なども見られる。

新設を対象としたものでは、建設省総プロの中ではメッシュ筋を使った FRP 型枠などが新設利用である。新設はその後の進展も観察しているが、あまり見られない。建築だと ACC クラブのパンフレットで、昭和基地の基礎、磁場環境の仕上材などで、あまり適用例は多くない。1980 年から 90 年頃に新設利用が考えられたが、それ以降はなかなか進んでいない。

■連続繊維シートの特性と用途

シートは靱性補強が基本であるが、その後適用例が多数出てきている。シートの耐震補強への適用は軽量、耐久性、施工の簡易性など利点が多々あるので、鋼板補強に比し特徴をうまく利用した工法と言える。2002 年の日本建築学会指針案を作った時は、連続繊維のどのような特性の利用法があるかを検討した、耐食性、非磁性、非導電性、高比強度、センサー機能利用等が記載されている。シートの利用は良いが、非磁性や導電性も一般的でなく、高比強度はコンクリートを対象とすると剛性が低いなど、これらの良い材料を使うのは難しい。消去法では、耐食性が大きなメリットではないかと思う。

これは文部科学省の公立小中学校の耐震化進捗率であるが、平成 29 年データでは 98.8%まで進んでいるなど、耐震改修は進んできているといえる。茨城県では多いときには年間 50 回くらいの委員会があったが、今年度はまだ 2 回程度、公的建物は少なくなっている。既存改修はそろそろ終わりに近づいたかともみられる。

これは端島（軍艦島）のアパートで、1945 年完成。そのまま放置されている状況で、RC 研究者には興味深いものである。耐震診断も実施したりしている。柱の例で劣化度Ⅱ（被災度判

定と同様の基準)、梁の劣化度Ⅲ状態ではかぶりほぼ剥落、柱劣化Ⅲの状況、梁劣化度Ⅳではかぶりが完全に落ち、鉄筋腐食もそうとう進行している。柱Ⅴの例、コンクリートの中まで腐食がすすみボロボロになっている。もちろん新耐震ではないので、使うとすれば耐震補強をしなければならない。こういった経年劣化の話は基本的には土木の世界で、建築ではここまで劣化が進んだ建物の再利用は通常考えられない。土木では劣化対策は活況で、喫緊の課題と考えられており、鉄筋の錆、劣化、構造性能の低下状況など、たくさん研究されている。梁の暴露試験等では試験体コンクリートに塩を入れ、さらに塩水を散水し12年間暴露したというような試験体もある。12年間でも劣化はそこそこのので、さらに電食という促進手法もある。JR総研(鉄道総合技術研究所)の暴露試験の例では、局所的に破壊が進行する例もある。土木学会の発表事例で、劣化の模擬は電食、シンプルには鉄筋切削、どこを錆びさせるか(加力方法に対して)、これの正負交番加力を実施すると、錆が進行してはらんでいるところから壊れ始める等がおこっている。加力方向に対して載荷面で早期に鉄筋が座屈を始めるなど、予想外な状況も起こる。土木では研究が進んでいるが、建築では少ない。

今年の日本建築学会大会で発表したのが、建築でもこういった劣化対策事例を調べるとそこそこある。鉄筋錆進行でかぶり剥離などの経年劣化に対してどのように対処できるかなど、繊維の特徴を端的に出すにはこれらが良いのではとも考えている。

■コンクリート補強用FRP材料に関するISOの動向

昨年の韓国の地震では、日本で見る柱のせん断破壊の状況は同様。今年の台湾の2月の地震では、ピロティ、セットバックが集中的にやられている。台湾の耐震基準は低いわけではないが、被災は多い。8月のインドネシアでは、組積造が多く、破壊後に見てどうなっているのかはわからない状況。将来的に国情が変われば、日本と同じように耐震対策が必要になるかもしれない。

さて、コンクリート補強用FRP材料に関するISOの動向に話を進める。耐震補強で海外展開を考えるとときには、ISOの利用をお願いしたい。

ISOでは、TC71がコンクリート構造物、その中のSC6が伝統的でないコンクリート構造物の補強材料を扱うこととなっている。最初はFRPと短繊維、エポキシ鉄筋などを対象としたが、エポキシ鉄筋は他のTCで扱っているので除外している。SC6、SC8は日本が幹事国となっている。現状では、ISO 10406シリーズでは、パート1では棒材、パート2ではシートの試験方法が示されている。もともとは、20年前になるが、土木学会で学会指針案を作っている。耐震補強について現存するJISはシートの引張試験、棒材の引張試験、耐アルカリ試験の3件であるが、これらはISO 10406に含まれている。スタート時点では同じだが、JISが先に出来上がって、ISOが後になったため、他国からの希望もあり、若干異なっている。接着試験はISOにしか残っていないと思うが、2002年の日本建築学会指針案の際に試験方法を作ったが、TSになった後廃止された。日本建築防災協会指針では、引張試験はJISがあったが、接着試験はISOを使うこととした。

シートの規格についてのISO 18319では、この中で、引張強度、ヤング率、終局歪の値の求め方を決めている。引張強度は -3σ 、ヤング率は平均値、シート設計厚をどうするかもこの

中で決めている。目付の決め方を付録で決めていることは利用性が高い。日本でも海外に持っていく場合でもそのまま使える。

2013年、ISO 14484 で設計法を決めている。概念的なコンセプトのみであり、実際の設計はできない。新設も耐震補強も共通として、繊維特有の課題のみを記載している。これも国内指針等を包含して作っているので、国内の現行指針類は該当するはずである。

これは、DIS（草稿）10406-3 で、これから投票が行われる。パート3がCFRP帯板の試験方法を定めている。JIS K 7097 の試験方法をもとに作成しているが、引張試験片に若干の違いがある。また、6月に新規プロジェクトとして登録しているもので、試験方法だけでなく規格値を決めようというものを、2年後程度の発刊を目標にして、現在、日本コンクリート工学会内ISO対応WGで原案を作成中である。

[連続繊維補強関連の現行ISO]

- ①ISO 10406-1:2015 Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete- Test methods Part1: FRP bars and grids (繊維強化ポリマー (FRP) によるコンクリートの補強-試験方法 第1部 FRPバー及びグリッド)
- ②ISO 10406-2:2015 Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete- Test methods Part2: FRP sheets (繊維強化ポリマー (FRP) によるコンクリートの補強-試験方法 第2部 FRPシート)
- ③DIS 10406-3 Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete -Test methods - Part3: CFRP strips (繊維強化ポリマー (FRP) によるコンクリートの補強-試験方法 第3部 CFRP帯板)
- ④ISO 14484:2013 Performance guidelines for design of concrete structures using FRP materials (FRP材を使用するコンクリート構造物の設計のための性能指針)
- ⑤ISO 18319:2015 Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement for concrete structures - Specifications of FRP sheets (繊維強化ポリマー (FRP) によるコンクリートの補強- FRPシートの仕様)

もう一つ、来年度プロジェクトとして経済産業省へ提案予定のテーマがある。帯板材が先行しているが、FRPシート一般の分類、値を決めようというもので、日本化学繊維協会プロジェクトとしてすすめている。是非、実際に使われる立場からのご意見をいただきたい。日本が主導的なので、日本の期待に沿って進められると思う。

以上

繊維補修補強協会 設立20周年記念

「連続繊維による構造物補強への期待と国際標準化」 文献リスト

筑波大学 金久保利之

1) 金久保利之, 新藤昌雅: 繊維メッシュで補強したコンクリート部材の構造性能, 日本コンクリート工学会連続繊維補強コンクリートに関するシンポジウム, pp.209~216, 1998.5

2) FRPRCS-5: fibre-reinforced plastics for reinforced concrete structures: Proceedings of the Fifth International Conference on Fibre-Reinforced Plastics for Reinforced Concrete Structures, edited by

- C.J.Burgoyne, Cambridge, UK, 16-18 July 2001
- 3) T. Kanakubo, T. Furuta, K. Takahashi, T. Nemoto : Sprayed Fiber-Reinforced Polymers for Strengthening of Concrete Structures, Proceedings of the International Symposium on Earthquake Engineering Commemorating Tenth Anniversary of the 1995 Kobe Earthquake, Vol.2, p.C-299-307, 2005.1
 - 4) SR-CF 工法研究会：耐震補強工法 SR-CF 工法カタログ
 - 5) 構造品質保証研究所：SRF 工法 (http://www.sqa.co.jp/srf/srf_index.html)
 - 6) 大林組：技術紹介 CRS 工法 (<https://www.obayashi.co.jp/chronicle/database/t98.html>)
 - 7) コンステック：CF アドバンスト工法
 - 8) 三菱ケミカルインフラテック：e プレート工法 (http://www.mp-infratec.co.jp/products/civil_engineering_materials/carbon_fiber-reinforced_repair/cfrr002.html)
 - 9) Materials Science and Technology, Externally Bonded FRP: Basics, Fibre Composites FS18
 - 10) 日本航路標識協会：明治期灯台の保全，2001
 - 11) Renato Parretti and Antonio Nanni, Strengthening of RC Members Using Near-Surface Mounted FRP Composites: Design Overview, Advances in Structural Engineering, Vol. 7, No. 5, pp.1-16, 2004
 - 12) 大林組耐震補強壁工法 3Q-Wall (http://www.obayashi.co.jp/service_and_technology/related/tech006)
 - 13) 東亜建設工業 FRP 永久型枠工法 (<http://www.toa-const.co.jp/techno/civileng/structure/d03/>)
 - 14) 東京製綱炭素繊維ケーブル (<http://www.tokyoropeco.jp/product/cfcc/index.html>)
 - 15) 建設用先端複合材技術協会 (<http://acc-club.jp/>)
 - 16) 文部科学省：平成 29 年度公立学校施設の耐震改修状況フォローアップ調査結果
 - 17) 園山博士，椋山健二：劣化した RC 造建築物の構造性能評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.40, No.2, pp.1015～1020, 2018.7
 - 18) 岸本一蔵ほか：端島の建物の劣化による構造性能低減に関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集（九州），構造IV，pp.515～528, 2016.8
 - 19) 大屋戸理明：腐食した鉄筋コンクリート部材の力学性能の評価，筑波大学博士論文，2007
 - 20) 大屋戸理明，齋藤祐哉，金久保利之，八十島章，村上祐治，山本泰彦：鉄筋の腐食を模擬した RC 柱の構造性能に関する研究，土木学会年次学術講演会講演概要集，部門V，pp.529～534, 2006.9
 - 21) 雀琥ほか：2017 年韓国・浦項（Pohang）地震の被害調査速報，2017.12
 - 22) 雀琥ほか：2018 年台湾・花蓮地震の被害調査速報，2018.2
 - 23) Twitter@VOANews
 - 24) Twitter@SABCNewsOnline
 - 25) ISO 10406-1:2015 ed.2, Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete -- Test methods -- Part 1: FRP bars and grids
 - 26) ISO 10406-2:2015 ed.2, Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete -- Test methods -- Part 2: FRP sheets
 - 27) 土木学会：連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案)，コンクリートライブラリー88, 1996
 - 28) JIS A 1191:2004, FRP シートの引張試験法
 - 29) JIS A 1192:2005, FRP 棒材の引張試験法
 - 30) JIS A 1193:2005, FRP 棒材の耐アルカリ試験法
 - 31) TS A 0022:2004, コンクリート補強用連続繊維シートの重ね継手試験方法
 - 32) TS A 0020:2004, コンクリート補強用連続繊維シートとコンクリートとのせん断付着強度試験方法
 - 33) TS A 0021:2004, コンクリート補強用連続繊維シートとコンクリートとの接着強度試験方法
 - 34) 日本建築学会：連続繊維補強コンクリート系構造設計施工指針案，2002
 - 35) 日本建築防災協会：連続繊維補強材を用いた既存鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造建築物の耐震改修設計・施工指針，2010
 - 36) ISO 18319:2015 ed.1, Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement for concrete structures -- Specifications of FRP sheets
 - 37) ISO 14484:2013 ed.1, Performance guidelines for design of concrete structures using fibre-reinforced polymer (FRP) materials
 - 38) ISO DIS 10406-3, Fibre-reinforced polymer (FRP) reinforcement of concrete — Test methods —Part 3:CFRP strips
 - 39) ISO PWI 23546, Fibre reinforced polymer (FRP) reinforcement for concrete structures -- Specifications of CFRP strips