

機関番号：13701

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20360190

研究課題名（和文） 複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルのひび割れ閉塞技術の開発と構造利用の国際展開

研究課題名（英文） International collaboration for structural applications and crack-filling methods of HPFRCC (High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites with multiple fine cracks)

研究代表者

六郷 恵哲 (ROKUGO KEITETSU)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号：40127155

研究成果の概要（和文）：

複数微細ひび割れ型繊維補強モルタル（HPFRCC）は、ひび割れ幅が小さいので止水性に優れているが、本研究では、アルギン酸カルシウムのような無害なゲル状の物質を充填して止水性を一層高める方法を提案した。HPFRCCを表面に施工して5年を経過した擁壁のひび割れ調査を行い、ひび割れ幅が0.1mm以下に抑制されていることを確認した。地震等により構造物が大きく移動した場合に、その変形を吸収することができるHPFRCC製のブロックを開発した。

研究成果の概要（英文）：

“High performance fiber-reinforced cementitious composite with multiple fine cracks” (HPFRCC) is a watertight material because the cracks are narrow. In this study, the water-tightness of HPFRCC was further improved by filling seaweed gel (calcium alginate gel) into the fine cracks. The HPFRCC splayed on a concrete retaining wall was observed over 5 years. The crack width in the HPFRCC was mostly limited to not more than 0.1 mm. Special blocks, which are capable of having large deformation due to slide of structures during a huge earthquake, were fabricated using HPFRCC.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	6,100,000	1,830,000	7,930,000
2009年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
2010年度	4,000,000	1,200,000	5,200,000
年度			
年度			
総計	14,100,000	4,230,000	18,330,000

研究分野：コンクリート工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木材料・施工・建設マネジメント

キーワード：土木材料，コンクリート，ひび割れ，繊維補強，止水

## 1. 研究開始当初の背景

## (1) HPFRCCの特徴と研究の意義

この研究で対象とする複数微細ひび割れ型繊維補強モルタル（High Performance Fiber Reinforced Cementitious Composites with multiple fine cracks, 以下HPFRCCと略す）は、ビニロン（PVA）やポリエチレン

（PE）繊維を混入したモルタルであり、引張力下で「複数微細ひび割れ挙動」と「引張ひずみ硬化挙動」を示す特徴あるセメント系材料である。ひび割れ幅が小さいことを活用して、補修材や止水材として、水路や水槽の表面補修やトンネルのライニングへの利用の拡大が期待されている。この材料は、ひび割

れ幅が 0.1mm 以下と微細であり、鉄筋コンクリート構造物の劣化要因となる水分、気体、塩化物イオン等が移動し難いという特徴を有している。微細なひび割れを積極的に閉塞する技術が確立すれば、この材料の有用性が格段に高まると考えられる。

## (2) 国内外の HPFRCC に関する研究動向

ミシガン大学の Victor C. Li 教授らにより、1990 年代に ECC (HPFRCC の一種) が提案され、研究が世界へ広まった。わが国には HPFRCC を用いた施工を行うことのできる施工会社があるため、実構造物への適用例は、わが国が最も多い。実構造物への適用を促進するうえで、日本コンクリート工学協会における技術委員会や土木学会における研究小委員会の活動が大きな役割を果たした (いずれも申請者が委員長を務めた)。これまでの研究成果や適用の実績を踏まえて、土木学会から HPFRCC の設計施工指針案が、世界に先駆けて 2007 年 3 月に出版された。

## 2. 研究の目的

課題名に示すように、この研究の目的は次のとおりである。

- (1) HPFRCC のひび割れ閉塞技術の開発
- (2) HPFRCC の材料性能の評価と改善
- (3) HPFRCC の構造利用の展開
- (4) HPFRCC に関する技術の国際展開

## 3. 研究の方法

それぞれの研究の方法について、特徴ある点や工夫した点に焦点を当てて述べる。

### (1) HPFRCC のひび割れ閉塞技術の開発

① ゲル状物質を用いたひび割れ閉塞  
海藻を主原料とするアルギン酸ナトリウム溶液をひび割れ部に含浸させ、ひび割れ部の止水性の改善効果を評価した。HPFRCC を補修材料として捉え、コンクリート表面に HPFRCC 他 2 種類の材料をそれぞれ 10mm の厚さで積層し、両引き載荷によってひび割れを導入した供試体を用いた。ひび割れ箇所の止水性の評価は、透水試験によって行った。

### ② 止水材料の性能評価試験方法の提案

円筒供試体をモルタルと HPFRCC により作製し、ひび割れを導入し、円筒供試体の透水試験を行った。透水試験において、水頭が 400mm から 250mm に低下するまでの所要時間を測定し、その時の透水量を所要時間で除して透水速度 ( $\text{cm}^3/\text{min}$ ) を算出した。止水性材料を用いた場合と用いない場合の透水速度の比として透水速度比を求め、止水材料の性能評価の指標とした。

### (2) HPFRCC の材料性能の評価と改善

① HPFRCC 積層材の耐久性と力学性能の評価  
全断面に HPFRCC 等を用いた供試体 (ひび

割れ無) と普通コンクリートの上面を HPFRCC 等で 10mm 積層した供試体 (ひび割れ有) とを作製し、ASTM C 672 に準じた緩速凍結融解試験を行った。試験水には、NaCl 3% 水溶液等、 $\text{CaCl}_2$  3% 溶液、水道水を用いた。

### ② HPFRCC の鉄筋防食性能の評価

HPFRCC とポリマーセメントモルタルを補修材として用い、表面被覆と断面修復を想定した供試体を作製した。供試体に塩水散布を行い、塩害劣化を促進させた。その後、供試体の割裂面に硝酸銀発色試験を行った。続いて、鉄筋のはつり出しを行い、腐食面積率と最小断面積の算出を行った。

### ③ 吹付け用 HPFRCC の空気量の確保

空気量および空隙構造が HPFRCC の引張性能に与える影響を評価する目的で、3 種類の方法 (巻込み、AE 剤、中空骨材 (シラスバルーン)) により空気を導入し、HPFRCC の引張特性を評価した。

### ④ 微膨張型 HPFRCC の開発

膨張材添加率を 0, 6, 8, 10% とした膨張型 HPFRCC を用いて、鉄筋比を 1.4%, 2.3%, 3.3% と変化させた RC を作製した。はりの打設直後から鉄筋のひずみを計測してケミカルプレストレスを評価し、材齢 10 日と 10 週で曲げ載荷試験を行い、ひび割れ性状を観察した。

### (3) HPFRCC の構造利用の展開

#### ① HPFRCC を適用した構造物の長期観測

アルカリシリカ反応によるひび割れが生じた重力式コンクリート擁壁の修景を目的に、HPFRCC の吹付けによる表面補修を行い、5 年間にわたり表面の観察を行った。

#### ② 衝撃吸収部材の提案

通常時には輪荷重等の鉛直荷重を支え、地震時には水平方向に容易に変形して桁の移動に追従でき、また被災後には交換が容易で、構造物に高い復旧性を付与できる、特殊なコンクリートブロックを、複数微細ひび割れ型繊維補強モルタルと発泡スチロールを用いて作製し、破壊実験を行った。

## 4. 研究成果

### (1) HPFRCC のひび割れ閉塞技術の開発

#### ① ゲル状物質を用いたひび割れ閉塞

HPFRCC はひび割れ幅が小さく止水性に優れているが、さらに止水性を高めるためには、0.02mm 程度のひび割れには HPFRCC 表面への撥水材の塗布が有効であり、0.05mm 程度のひび割れには、ひび割れ内へアルギン酸ナトリウム等のゲル状に変わる物質を充填することが有効なことを明らかにした。この成果に基づき、特許「セメント系構造物におけるひび割れの補修方法」を出願した。

#### ② 止水材料の性能評価試験方法の提案

ひび割れ止水用補修材料の性能評価方法を提案した。止水用補修材料として、珪酸塩系表面含浸材、シラン系表面含浸材、アルギ

ン酸ナトリウム溶液および粘土溶液の 4 種類を用い、提案した透水速度比による評価方法の有効性を確認した。

#### (2) HPFRCC の材料性能の評価と改善

① HPFRCC 積層材の耐久性と力学性能の評価  
凍結防止剤の種類にかかわらず、HPFRCC は優れた耐スクレーピング性と耐塩分浸透性を示した。しかし、HPFRCC を積層しても、下層の NC 層への塩分透過抑制効果は認められなかった。コンクリート中の鉄筋の腐食には、表面の補修層ではなく、鉄筋を囲む層のひび割れ幅が小さいことが重要なことを明らかにした。

HPFRCC を木材に積層した部材が優れた力学性能を示すことを明らかにし、特許「建築用合成材及びその製造方法」を出願した。

#### ② HPFRCC の鉄筋防食性能の評価

補修材としての HPFRCC の鉄筋防食性能の検討を行った。HPFRCC は、ポリマーセメントモルタルに比べ、優れた耐塩分浸透性を示した。鉄筋を HPFRCC 内に配置した場合には、HPFRCC の鉄筋防食性が顕著であった。

#### ③ 吹付け用 HPFRCC の空気量の確保

HPFRCC の引張性能と耐凍害性能を確保するうえでは、微細な気泡が 10~15%程度含まれていることが望ましい。吹付けにより HPFRCC を施工した場合には、AE 剤により導入した微細な気泡の大部分は、吹き付け時に消失するという課題がある。AE 剤による微細な気泡に代えて、寸法が同程度の中空のシラスバルーンを用いることを提案した。シラスバルーンを用いた吹付け用 HPFRCC の引張試験を行い、この手法の有効性を確認した。

#### ④ 微膨張型 HPFRCC の開発

HPFRCC は硬化後の収縮量が大きいため、HPFRCC に鉄筋を配置して RC 部材として用いた場合、HPFRCC の収縮が鉄筋により拘束され初期ひび割れ強度が低くなるという課題がある。鉄筋を配置した HPFRCC 部材のひび割れ荷重を高めるため、膨張材を添加 (0~10%) した膨張型 HPFRCC を用いることを提案した。RC はりの曲げ載荷試験を行い、ひび割れ性状を観察し、膨張材添加の有効性を確認した。

#### (3) HPFRCC の構造利用の展開

##### ① HPFRCC を適用した構造物の長期観測

アルカリシリカ反応 (ASR) によるひび割れが生じた重力式コンクリート擁壁の修景を主目的として、HPFRCC の吹付けによる表面補修の試験施工を 2003 年に行った。施工後、1, 3, 5 年を経過した時点で、ひび割れ状況を継続的に観察した。その結果、5 年後においても、ひび割れ幅はほぼ 0.1mm 以下に抑制されており、当初期待したとおりの HPFRCC の有効性を確認した。

##### ② 衝撃吸収部材の提案

力を受けると大変形し、エネルギーを吸収

し、局部的な欠落ちが生じにくいという HPFRCC の特徴を活かして、地震時や衝突時に変形空間やエネルギーを吸収できるコンクリート製の衝撃吸収ブロックを提案した。衝撃吸収ブロックを橋台に配置して橋梁の桁遊間を縮小することを目的とし、大規模地震の際に起こりうる主桁-橋台胸壁の衝突作用の緩和効果と、地震後の復旧性の向上の程度を明らかにした。この成果に基づき、特許「緩衝ブロック」を出願した。

#### (4) HPFRCC に関する技術の国際展開

HPFRCC の引張ひずみ硬化挙動と複数微細ひび割れ挙動をそれぞれ構造設計と耐久設計に関連させた土木学会の設計施工指針 (案) の英語版を 2008 年 7 月に出版するとともに、その PDF ファイルを土木学会のサイトで無料公開した。HPFRCC の設計施工指針は、ほかの国ではまだ作成されておらず、この英語版は、HPFRCC にかかわる研究者や技術者に大きなインパクトを与えた。

HPFRCC に関する RILEM 技術委員会 (TC-HFC) を、平成 20 年 10 月に岐阜で開催した。

#### (5) 今後の展望

HPFRCC の特徴を活かした利用方法と簡便な評価試験方法とを提案することにより、HPFRCC の利用が一層促進されると予想される。そのためには、下記のことを目標とした研究が必要である。

- HPFRCC を現場で簡便に練り混ぜることのできる方法と、どこでも簡便に実施できる引張試験方法を確立する。
- HPFRCC と発泡スチロールや繊維ネットを組み合わせ、HPFRCC の特徴を活かした新しい構造利用方法を提案する。
- ひび割れを有する HPFRCC やコンクリートの鉄筋防食性能の評価方法を提案する。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 49 件)

1. 高田浩夫, 浅野幸男, 小林孝一, 六郷恵哲: HPFRCC に発生する複数微細ひび割れの確率分布によるキャラクターゼーション, コンクリート工学年次論文集, Vol. 33, No. 1, 2011 (印刷中), 査読有.
2. H. D. Yun, K. Rokugo, T. Izuka and S. C. Lim: Crack-damage Mitigation of RC One-way Slabs with a Strain-hardening Cement-based Composite Layer, Magazine of Concrete Research, Vol. 63 Issue 1, 2011 (in printing), 査読有.
3. K. Rokugo, H. Hatano, T. Nakashima Y. Sakaguchi, M. Yamakami and K. Kobayashi: Shock-absorbing Blocks Made of HPFRCC for Better Girder-end Structures, Proc. of the 6th International Workshop on

- High-Performance Fiber Reinforced Cement Composites (HPFRCC 6), Ann Arbor, 2011 (in printing), 査読有.
4. T. Nakashima, S. Nakazawa, T. Ohata, K. Kobayashi, K. Rokugo: Frost Resistance of Precracked Concrete Specimens with HPFRCC Overlay, Proc. of the 9th Symposium on High Performance Concrete (hpc-2011), Rotorua, 2011 (in printing), 査読無.
  5. H. Hatano, M. Yamakami, Y. Sakaguchi K. Kobayashi and K. Rokugo: Securing Bridge Girder-end Gap During Earthquake using Large-deformation Blocks, Proc. of the 3rd International Workshop on Performance, Protection & Strengthening of Structures under Extreme Loading (Protect2011), Lugano, 2011 (in printing), 査読有.
  6. H. D. Yun, S. W. Kim, Y. O. Lee and K. Rokugo: Tensile Behavior of Synthetic Fiber-reinforced Strain-hardening Cement-based Composite (SHCC) after Freezing and Thawing Exposure, Cold Regions Science and Technology Vol. 67, pp. 49-57, 2011, 査読有.
  7. 羽田野英明, 山上正遵, 阪口裕紀, 小林孝一, 六郷恵哲: 大変形空間創成ブロックを用いた橋梁の地震時桁遊間の確保, 土木学会論文集 E, Vol. 66, No. 4, pp. 483-494, 2010, 査読有.
  8. 高田浩夫, 高橋祐二, 阪口裕紀, 小林孝一, 六郷恵哲: 膨張材の多量混入による鉄筋補強 HPFRCC はり部材のひび割れ性状の改善, 土木学会論文集 E, Vol. 66, No. 3, pp. 337-347, 2010, 査読有.
  9. 六郷恵哲, 上田多門: コンクリート工学分野における繊維の利用と期待, 繊維学会誌 (繊維と工業), Vol. 66, No. 1, pp. 34-36, 2010, 査読有.
  10. 佐藤孝史, 兼松高裕, 浅野翔也, 小林孝一, 六郷恵哲: 横補強筋と HPFRCC による腐食ひび割れ幅の低減効果, コンクリート構造物の補修・補強・アップグレード論文報告集, 第 10 巻, 2010, 査読有.
  11. 山田裕一郎, 森井直治, 加藤豊, 六郷恵哲: 中空のシラスバルーンを用いて吹付け後の空気量を確保した HPFRCC の引張性能, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, pp. 221-226, 2010, 査読有.
  12. 中島隆, 大畑卓也, 中澤里, 六郷恵哲: ダンベル型供試体を用いた凍結融解作用後の HPFRCC の引張性能の評価と中空骨材の効果, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, pp. 227-232, 2010, 査読有.
  13. 大畑卓也, 中澤里, 前田徳一, 六郷恵哲: ひび割れを有する HPFRCC 積層供試体の耐凍害性能, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, pp. 233-237, 2010, 査読有.
  14. 宮元智之, 浅野翔也, 浅野幸男, 六郷恵哲: ひび割れを導入した円筒供試体を用いた止水性材料の性能評価方法, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 1, pp. 1061-1066, 2010, 査読有.
  15. 山上正遵, 羽田野英明, 阪口裕紀, 六郷恵哲: 合理的な橋梁桁端構造のための衝撃吸収ブロックの提案, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 2, pp. 763-768, 2010, 査読有.
  16. 高橋祐二, 高田浩夫, 浅野幸男, 六郷恵哲: 膨張型 HPFRCC を用いたせん断スパン比の異なる RC はりのひび割れ性状と破壊性状, コンクリート工学年次論文集, Vol. 32, No. 2, pp. 1249-1254, 2010.
  17. K. Kobayashi, T. Iizuka, H. Kurachi and K. Rokugo: Corrosion Protection Performance of High Performance Fiber Reinforced Cement and Concrete, Cement & Concrete Composites, Vol. 32, pp. 411-420, 2010, 査読有.
  18. K. Rokugo: Tension Tests and Structural Applications of Strain-hardening Fiberreinforced Cementitious Composites, Proc. of the 7th Fracture Mechanics of Concrete and Concrete Structures (FraMCoS 7), Jeju, pp. 1533-1540, 2010, 査読有.
  19. H. D. Yun, S. W. Kim, Y. O. Lee, T. Izuka, Y. Sakaguchi, K. Rokugo and S. C. Lim: Crack Width Control of Reinforced Concrete One-way Slabs Utilizing Expansive Strain-hardening Cement-based Composites (SHCCs), Proc. of FraMCoS 7, Jeju, pp. 1565-1572, 2010, 査読有.
  20. K. Rokugo, N. Morii, S-C. Lim, T. Kanda and N. Sakata: Landscaping of ASR-cracked Retaining Wall Using HPFRCC Shotcretes and Observation over 5 Years, Proc. of FraMCoS 7, Jeju, pp. 1676-1682, 2010, 査読有.
  21. N. Morii, S-C. Lim, Y. Yamada and K. Rokugo: Effects of Fluidity and Placing Method of HPFRCC on Tensile Performance Test Results, Proc. of FraMCoS 7, Jeju, pp. 1631-1637, 2010, 査読有.
  22. M. Moriyama, N. Morii, M. Horita and K. Rokugo: Measurement of Movement in Multi-Layer Sprayed Lining Using High Performance Fiber Reinforced Cement Composite (HPFRCC) with Multiple

- Cracks, Proc. of FramCoS 7, Jeju, pp.1670-1675, 2010, 査読有.
23. K. Kobayashi, H. Kurachi and K. Rokugo: Experimental Study on Corrosion Resistance of Strain Hardening Cement-based Composites, Proc. of 2nd International Conference on Sustainable Construction Materials and Technologies, Vol.2, Ancona, pp. 361-370, 2010, 査読有.
  24. H. Takada, Y. Takahashi, Y. Sakaguchi, K. Kobayashi, and K. Rokugo: Control of Cracking Properties of Steel Bar Reinforced SHCC Beams by Addition of Large Amount of Expansive Admixture, Proc. of Symposium on Fracture and Damage of Advanced Fiber-reinforced Cement-based Materials, Dresden, pp. 43-50, 2010, 査読有.
  25. 高田浩夫, 高橋祐二, 浅野幸男, 六郷恵哲: 膨張型 HPFRCC でケミカルプレストレスを導入した RC 梁のひび割れ特性, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 337-342, 2009, 査読有.
  26. 倉知星人, 加藤善史, 小林孝一, 六郷恵哲: 繊維混入率が HPFRCC の塩分透過抑制機能に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 343-348, 2009, 査読有.
  27. 飯塚貴洋, 阪口裕紀, 林承燦, 六郷恵哲: HPFRCC の積層による RC 部材の曲げひび割れ抑制, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 349-354, 2009, 査読有.
  28. 大畑卓也, 加藤久也, 浅野幸男, 六郷恵哲: 凍結融解作用が HPFRCC 積層供試体の力学性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 1117-1112, 2009, 査読有.
  29. 澤田賢吾, 大畑卓也, 小林孝一, 六郷恵哲: 表面補修後にひび割れを導入した部材のスケーリングと鉄筋腐食への乾湿および塩水の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 1123-1128, 2009, 査読有.
  30. 林承燦, 森井直治, 閑田徹志, 六郷恵哲: ASR によるひび割れが生じた擁壁への HPFRCC 吹付けによる修景と5年間の観察, コンクリート工学年次論文集, Vol. 31, No. 1, pp. 1333-1338, 2009, 査読有.
  31. K. Rokugo, T. Kanda, H. Yokota and N. Sakata: Applications and Recommendations of High Performance Fiber Reinforced Cement Composites with Multiple Fine Cracking (HPFRCC) in Japan, Materials and Structures, Vol. 42, pp. 1197-1208, 2009, 査読有.
  32. K. Rokugo, Y. Asano and H. Kato: Improvement of Water Tightness of HPFRCC with Fine Cracks by Means of Water Repellent Treatment, Restoration of Buildings and Monuments, Vol.15, No. 1, pp. 13-20, 2009, 査読有.
  33. T. Ohata, H. Kato, Y. Yamada, K. Kobayashi and K. Rokugo: Improvement of Performance of Concrete against Freezing and Thawing Actions by HPFRCC Overlay, Proc. of the 4th International Conference on Construction Materials (ConMat 09), Vol.1, S5-3-4, Nagoya, pp. 369-373, 2009, 査読有.
  34. M. Moriyama, N. Morii, K. Itagaki and K. Rokugo: Multi-layer Spray Lining Using Multiple Fine Cracking Type Fiber Reinforced Cementitious Composites (HPFRCC), Proc. of ConMat 09, Vol.1, S5-5-3, Nagoya, pp. 419-425, 2009, 査読有.
  35. H. D. Yun, S. H. Nam, J. H. Cha, Y. H. Jang and K. Rokugo: Mechanical Properties of Strain-hardening Cement Composite (SHCC) Exposed to Rapid Freeze-thaw Environments, Proc. of ConMat 09, Vol.1, S2-1-6, Nagoya, pp. 503-508, 2009, 査読有.
  36. Y. Yamada, T. Hata, Ta Ohata, K. Rokugo, T. Inaguma and S. C. Lim: Flexural Creep Behavior of SHCC Beams with or without Cracks, Advances in Cement-Based Materials, Proc. of International Conference on Advanced Concrete Materials (ACM 2009), Stellenbosch, pp. 43-49, 2009, 査読有.
  37. H. Takada, Y. Takahashi, Y. Yamada, Y. Asano and K. Rokugo: Cracking Properties of Steel Bar-reinforced Expansive SHCC Beams with Chemical Prestress, Proc. of ACM 2009, Stellenbosch, pp. 35-41, 2009, 査読有.
  38. 稲熊唯史, 山田裕一郎, 水田武利, 六郷恵哲: 材料強度のばらつきに着目した HPFRCC の引張特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 237-242, 2008, 査読有.
  39. 高橋祐二, 浅野幸男, 小林孝一, 六郷恵哲: 海藻ゲル物質を用いた HPFRCC 微細ひび割れ部の止水性の改善, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 261-266, 2008, 査読有.
  40. 飯塚貴洋, 水田武利, 高田浩夫, 六郷恵哲: PE 繊維の性能ならびに混入率が HPFRCC のひび割れ性状に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 267-271, 2008, 査読有.

41. 水田武利, 稲熊唯史, 林承燦, 六郷恵哲: HPRCC により下面増厚した RC 部材の曲げ性状に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 291-296, 2008, 査読有.
42. 高田浩夫, 飯塚貴洋, 浅野幸男, 六郷恵哲: HPRCC のひび割れ性状を確認するための円筒供試体を用いた引張試験, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 297-302, 2008, 査読有.
43. 加藤久也, 浅野幸男, 小林孝一, 六郷恵哲: HPRCC を用いた部材の凍害と塩害に及ぼす凍結防止剤の影響, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 303-308, 2008, 査読有.
44. 木村和広, 小澤満津雄, 六郷恵哲, 森本博昭: 繊維補強コンクリートの爆裂性状と内部蒸気圧との関係, コンクリート工学年次論文集, Vol. 30, No. 1, pp. 339-344, 2008, 査読有.
45. K. Rokugo, M. Moriyama, H. Kato, S. C. Lim and Y. Asano: Tensile Performance of Pre-cracked SHCC after Freezing and Thawing, Proc. of 7th RILEM International Symposium on Fiber Reinforced Concrete, Design and Applications, Chennai, pp. 1071-1078, 2008, 査読無.
46. Y. Uchida, G. Fisher, Y. Hishiki, J. Niwa and K. Rokugo: Review of Japanese Recommendations on Design and Construction of Different Classes of Fiber Reinforced Concrete and Application Examples, Proc. of the 8th International Symposium on Utilization of High-strength and High-performance Concrete (8hsc-hpc), Tokyo, pp. 92-110, 2008, 査読有.
47. K. Rokugo, Y. Asano, H. Kato, Y. Takahashi and K. Kobayashi: Improvement in Water Tightness of Fine Cracks in HPRCC Using Seaweed Gel, Proc. of 8hsc-hpc, Tokyo, pp. 845-851, 2008, 査読有.
48. K. Rokugo, Y. Asano, H. Kato and M. Yamamoto: Improvement in Water Tightness of Fine Cracks in HPRCC with Water Repellent Treatment, Proc. of 8hsc-hpc, Tokyo, pp. 852-857, 2008, 査読有.
49. Y. Yamada, T. Inaguma, K. Kobayashi, G. Fisher, K. Rokugo: Discussions of Conditions for Multiple Cracking of HPRCC Based on Variability of Strength Properties, Proc. of 8hsc-hpc, Tokyo, pp. 1113-1118, 2008, 査読有.

[学会発表] (計 1 件)

- ① 六郷恵哲: ひずみ硬化型繊維補強セメント複合材料の引張試験と構造利用, (独) 日本学術振興会建設材料第 76 委員会第 394 会議シンポジウム, 2010.

[図書] (計 1 件)

- ① 三橋博三, 六郷恵哲, 国枝稔 編著: コンクリートのひび割れと破壊の力学, 技報堂出版, 237p, 2010. 7.

[産業財産権]

○出願状況 (計 3 件)

名称: 緩衝ブロック

発明者: 羽田野英明, 山上正遵, 阪口裕紀, 六郷恵哲

権利者: 丸栄コンクリート工業 (株), 岐阜大学

種類: 特許

番号: 2010-162613

出願年月日: 2010 年 7 月 20 日

国内外の別: 国内

名称: セメント系構造物におけるひび割れの補修方法

発明者: 六郷恵哲, 小林孝一, 浅野幸男, 大野仁志, 森井直治

権利者: 六郷恵哲, (株) ビルドランド

種類: 特許

番号: 2008-141307

出願年月日: 2008 年 5 月 29 日

国内外の別: 国内

名称: 建築用合成材及びその製造方法

発明者: 藤元安宏, 六郷恵哲

権利者: 藤元安宏, (株) 国土開発コンサルタント

種類: 特許

番号: 2008-077420

出願年月日: 2008 年 3 月 25 日

国内外の別: 国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

六郷 恵哲 (ROKUGO KEITETSU)

岐阜大学・工学部・教授

研究者番号: 40127155

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし