

平成17年度科学研究費補助金（基盤研究（S））研究状況報告書

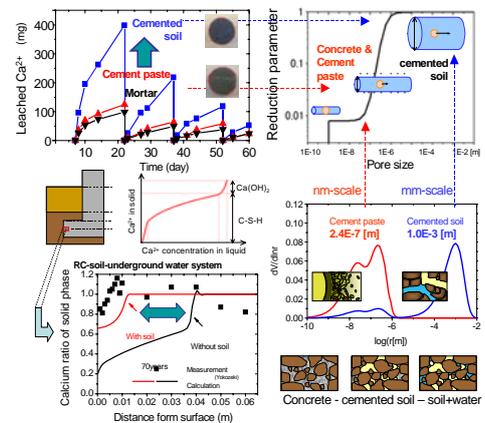
ふりがな（ローマ字）		MAEKAWA KOICHI					
①研究代表者名氏		前川 宏一		②所属研究機関・部局・職 東京大学・大学院工学系研究科・教授			
③研究課題名	和文	マルチスケール解析に基づく構造-地盤連成系の長期性能予測プラットフォームの開発					
	英文	Long-term performance assessment platform of interacted soil-structure system based on multi-scale analysis					
④研究経費		平成15年度	平成16年度	平成17年度	平成18年度	平成19年度	総合計
17年度以降は内約額 金額単位：千円		35,900	12,300	15,300	11,700	9,700	84,900
⑤研究組織（研究代表者及び研究分担者）							
氏名	所属研究機関・部局・職	現在の専門	役割分担（研究実施計画に対する分担事項）				
前川 宏一	東京大学・大学院工学系研究科・教授	コンクリート工学	統合システムの設計構築・評価、総括				
龍岡 文夫 東畑 郁生	東京理科大学・工学部・教授 東京大学・大学院工学系研究科・教授	土質地盤工学 土質地盤工学	土構造及び土圧の長期変動挙動と疲労 土粒子骨格モデルの3次元化法と時間効果				
石田 哲也	東京大学・大学院工学系研究科・助教授	コンクリート工学	コンクリート構造の長期耐久性評価手法				
半井 健一郎	東京大学・大学院工学系研究科・助手	コンクリート工学	補強土・改良土の耐久性予測法の開発				
内村 太郎	東京大学・大学院工学系研究科・講師	土質地盤工学	地盤・改良土の環境変化予測と循環システム				
⑥当初の研究目的（交付申請書に記載した研究目的を簡潔に記入してください。）							
<p>土とコンクリートは従来からの地盤-構造物としての相対関係に加え、セメント改良土のような中間材料の登場によって、連続的で境界のない無機複合摩擦固体として、新たな視点から再認識することが可能である。本研究はマイクロ～ミリスケールの地盤微細空隙構造の状態方程式及び土粒子骨格構成則と、ナノ～マイクロスケールのセメント系複合材料の微細空隙構造と骨材骨格の状態・非線形構成則を同一の解析システムの上で統合することで、ミリ～メートルの人間生活スケールに現れる長期にわたる材料構造耐久性、地盤環境変化、地震時性能と修復限界の予測を可能とするプラットフォームを形成することを目的とする。無機材料-構造-周辺地盤の全てを包含する解析フレームを組み上げ、対象地盤-構造系の状態と性能を時系列で逐一予測・評価すると共に、誕生から再生・リサイクルまでの物質・機能循環システムを提案する。以下の7つの項目を研究対象とする。</p> <p>①超長期にわたるカルシウム-アルカリの溶脱と地盤中への拡散・移動と地下環境への影響評価、②セメント改良土の水和と骨格形成、強度予測および地盤空隙内の物質平衡予測、③飽和地盤の液状化が埋設コンクリート構造の損傷に及ぼす影響の予測、④長期にわたる地中鉄筋コンクリート構造のクリープに支配的な影響を及ぼす水分の授受連成、⑤地盤変形に伴うコンクリート構造の損傷と残存耐震性能および補修補強効果の評価、⑥構造物と地盤の両者の細孔に存在する塩化物イオンの移動・固定と地下構造物の腐食劣化と寿命推定、⑦建設副産物・廃棄物を用いた地盤材料・施工・構造性能評価と材料循環システム。</p> <p>極微細な空間で展開するイオン運動を巨視的現象へ直接反映させることで、統合的な性能評価法を目指す。多孔体内の物質平衡・反応と移動を統合し、熱力学状態量と準平衡条件で数量化する方法論を採用する。従来の工学区分に拘束されず、寸法の異なる多孔体中の微視現象と力学挙動を構造化する点に特徴がある。</p>							

⑦これまでの研究経過（研究の進捗状況について、必要に応じて図表等を用いながら、具体的に記入してください。）

セメント系複合材料と地下水を含む地盤材料とを統合したマルチスケール型時空間領域解析システムを構築し、それに必要な個々の要素技術に関して以下の進展を得ている。

(1)セメント系複合材料-地盤の両者を包含する多階層型細孔構造と相互連結固体モデル: 土粒子間の連結空隙構造をセメント系複合材料の微細空隙構造（層間、ゲル、キャピラリー）モデルに導入し、物質平衡-移動-反応-変形に関する数値プラットフォームの適用範囲を、自然および改良地盤まで拡張した。

この拡張熱力学連成解析を土粒子間隙水の圧力と変形にまで連結させて、地震時の構造-地盤液状化解析と、構造中のコンクリートの過渡的な変性を追跡する多階層連結解析コードの第一次版を完成させた。検証を通じて、水和生成物の溶出に伴う細孔構造変化に対して、より高度なモデル化が必要であること、セメント改良土では実質的な寿命解析の精度を左右することを確認した。ここで、コンクリート、地盤改良土、CSG、自然地盤を横断する配合マップと、最適含水比法則と水セメント比法則が個々に適用できる範囲を、地盤-コンクリート実験の総括から明示することができた。



(2)水分-溶存イオン平衡状態及び移動モデルの高度化: コンクリート構造および地盤が長期使用状態で経験する高温（80度）で、コンクリートおよび地盤材料の水分保持能力の履歴依存性を実証し、過渡応答時の水分平衡モデルの精度を向上させた。大径空隙によってブロックされる水分が高温時に急速に開放される状況が考慮されることにより、自己収縮が高温時に回復する機構が数値解析に反映されるようになった。また、セメント硬化体からのカルシウム溶出と自然地盤における吸着平衡モデルを、水和反応の過渡的状态に対して適用できるように拡張し、産業副産物であるフライアッシュ混入による水酸化カルシウムの消費と長期の組織構造変化を追跡できるように、状態方程式を改良した。

(3)固体細孔内水分の熱力学的状態量に直結した時間依存型構成則と有機溶媒置換法による検証: 水和生成物およびキャピラリー細孔内の水分状態からセメント硬化体の巨視的な時間依存変形を、solidificationの概念を用いて予測するモデルを提案し、初期・中期変形に対する適用性を既往の体積変化データと、有機溶媒によって細孔内の空隙水を人工的に置換したコンクリート複合体のクリープ変形で検証を行った。長期変形に深く関与するボルトライト結晶間の層間水の動きと温度感受性を微細孔水溶媒交換法によって抽出し、温度依存性に関するモデル化の高度化を図った。なお、硬化体の遅れ弾性変形の予測精度向上が、温度変動と湿度変動に対する解析精度にも重要であることが判明した。

(4)セメント改良地盤と地下環境問題への拡張: セメント改良土中のセメント水和反応を断熱温度上昇試験装置で抽出し、高精度で複合水和発熱モデルが適用できることを検証した。但し、セメント水和度と改良土の強度発現特性は、3年以上にわたって継続する強度発現に対して、コンクリートのそれとは大きく異なることを明らかにした。土粒子からの鉱物溶出と自然地盤中のボゾランの関与、経年固化の可能性を明確にするための実験を開始した。また、地下水が自然流動する速度範囲では、地下構造を形成するコンクリートでは問題にならないものの、セメント改良地盤からのカルシウム溶出は無視できない場合があることを示し、粗な硬化体中の水分（地下水）の移流が寿命を大幅に低下させる可能性を実験と解析から示した。

(5)鋼材腐食欠陥を伴う地中鉄筋コンクリートの挙動シミュレーションと安全性評価: 部分的に促進腐食させた地中RC構造の隅角部等の残存耐力と変形能を実験と数値解析の両面から検討した。せん断スパン内の主鉄筋腐食で巨視的な付着機構が破壊され大幅な剛性低下が発生するが、せん断耐力は大きく向上することを示した。一方、主鉄筋定着領域で選択的に腐食損傷が導入されると、構造システムの急速な崩壊に繋がること、これを数値解析で再現する方法を提示した。せん断補強鉄筋の定着が破壊された場合についても検討を進め、非線形ひび割れ解析で鋼材定着不良領域を鉄筋径の5倍に採る事で、単調載荷時の残存安全性を定量評価できることを明らかにした。

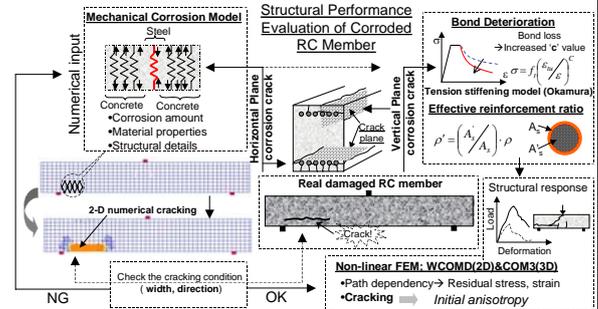
(6)液状化地盤-RC群杭との動的非線形相互作用: 飽和および不飽和地盤中にRC群杭を設置した縮小振動台実験を実施し、初期振動状態から一気に液状化する厳しい非線形領域での杭と地盤の応答を詳細に観察した。土粒子構成則に東畑モデルを用い、構造モデルは多方向固定ひび割れモデルを適用することで、地中埋設構造応答をほぼ正確に解析できることを示した。但し、固体から液体への移行期を含め、液状化地盤の粘性流動抵抗のモデル化に、未だ不確定な部分が残されており、その改良を進めている。

(7)低-高サイクル時間-繰返し応力に対応するマルチスケール構造材料モデルと構造疲労損傷予測: 長期にわたる持続応力及び繰返し疲労に対する、ひび割れを含む鉄筋コンクリート構成則の適用範囲の拡張を行った。高応力状態での非線形時間依存変形の進行モデルを、弾塑性破壊型構成則の一般化で達成し、時間成分を取り除いた繰返し作用の影響度を、数値解析連動型実験から抽出することに成功した。検証には、変位速度を大幅に変化させた、最大強度以後の軟化領域で繰返し劣化と、地中構造の隅角部を想定した曲げ圧縮軟化域を現す部材の一定速度破壊実験を採用した。千回以上の高サイクル疲労への適用には、繰返しサイクルでの履歴をすべて忠実に追跡する数値疲労解析を試みており、実際の疲労実験を上回る計算速度を本年中に達成する見込みである。

⑧特記事項 (これまでの研究において得られた、獨創性・新規性を格段に発展させる結果あるいは可能性、新たな知見、学問的・学術的なインパクト等特記すべき事項があれば記入してください。)

(1)アルカリ骨材反応(ASR)により損傷を受けた既設RC構造の残存耐力の緊急評価と一次診断法の提案

本研究開始直後にアルカリ骨材反応による異常膨張による鉄筋折曲げ部の破断が報告され、地中梁を含む大型橋梁で被害実態が明らかになった。従来の経験が無い劣化様態に対して、緊急に被害構造の残存耐力の定量評価が必要となった。本研究で部分的に開発が進んでいた鋼材腐食劣化モデルと拘束下での膨張ひずみ予測法を急ぎ応用し、ASR膨張によるセメントコンクリート中の交差ひび割れと鉄筋破断に伴う付着定着劣化の影響を数値解析に導入し、残存安全性評価解析を行い、報道機関を通じて結果の公表を行った。さらに土木学会 ASR 調査研究委員会で構造劣化機構の検討に適用され、その結果をもとに一次診断法が学会から2005年春に公表される予定である。本研究の計画段階では予想されていなかった事態に対して、速やかな技術的対応を行うことができた。



(2)好気性微生物反応システム構築の可能性

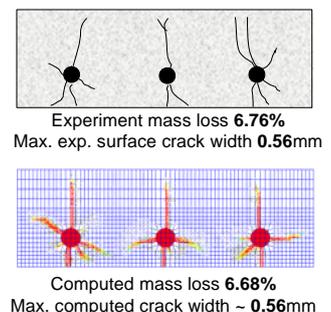
本研究の一部を成す構造体中のセメント水和反応過程の追跡技術は、大量の食品有機廃棄物中の好気性微生物反応と符号する点が多い。さらに大型コンクリート構造の温度ひび割れ危険度予測システムの基本デザインが、微生物反応による発熱と微生物の増殖-死滅、嫌気性メタン発酵と爆発危険度の制御に応用できる可能性が、本研究の過程を通じて見えてきた。現在、小規模に留まるコンポスト処理を中-大規模に低コストで拡大する方向で、新たな生物制御研究テーマが創生されたことを特記したい。分担者の一人を中心に新たなプロジェクトを組み、セメント水和反応モデルに相当する微生物増殖-死滅モデルの構築と、エレーション効果のシミュレーション解析モデルの開発に取り組んでいる。

(3)地下水の流下環境にあるセメント系改良地盤の寿命: カルシウム溶脱とそれに伴う効果体の機械的性質の変化は、コンクリートの場合、千年単位の超長期問題(高レベル放射性廃棄物処分等)であるが、セメント改良地盤の場合には、粗空隙構造に流れる僅かなバルク移流がリーチングを数十年単位で加速することが解析で示唆された。そこで急遽、検証のための実験に取りかかった。これまでのところ、解析予測を支持する結果が出始めている。わが国ではセメント改良地盤が実用化されて約40年であり、六価クロムの環境溶出が議論されているが、カルシウム溶出は性能保持の観点で特に問題にはなっていない。改良地盤の耐久性能と地下水流動との関連に対して、中期プランでのモニタの必要性が本研究で示唆されたとと言える。

(4)水分平衡安定性に関する定説への議論: 水分保持能の乾湿履歴依存性、古くから熱力学的平衡論の観点から議論されてきた。高温下では履歴依存性が薄れ、遅れ時間を経て細孔組織構造に固有の保水曲線に収束することが、本研究で明らかとなった。室温20度前後に対しては、100年単位の長時間を維持することではじめて、履歴依存性の無い水分状態曲線に収束することが極薄硬化体の実験からも示唆された。従来の議論が常温に留まったため、保水特性の履歴依存性を熱力学的に安定した平衡点と捉える理解は、今後、修正を迫られるものと思われる。仮説を強化するための多角的な観点にたった実験を継続中である。

(5)変動温度下にあるコンクリートのクリープ特性の統一的な記述: 長期変形予測に不可欠なセメント系無機材料の時間依存変形は、乾燥・自己収縮、クリープの三者に分離して、それぞれを定量・加算する方法が過去半世紀にわたって踏襲されてきた。本研究で進めている細孔中水分の状態量に応じた構成モデルでは、環境境界条件によって異なる変形成分の分離は不要となった。自己収縮中に封緘高温履歴を受ける高強度コンクリートでは、体積収縮が膨張に転ずることが示されて、既往のクリープ解析の体系では決して表現できないこの挙動を、微細構造に連成した解析モデルで再現することに成功した。このインパクトに対して、2005年土木学会論文賞の授与が内定した。

(6)塩害に関するRC構造の腐食損傷限界状態の再定義: 鋼材腐食による損傷劣化を構造評価する数値解析システムは、鉄筋に沿ったコンクリートの構造ひび割れと土圧等によるせん断力との相互作用をシミュレーションすることを当初の目的とした。これを断面内の微細腐食ひび割れの進展解析に適用することで、塩分環境下での物質移動、腐食生成物の形成と周辺コンクリートの圧力上昇、微細ひび割れ発生と進展解析、進展後の物質移動抵抗の変化と損傷の加速域のシミュレーションを行った。これにより、不動態皮膜の破壊する時間、腐食微細ひび割れが発生する時間、腐食ひび割れが部材表面に到達する時間、表面ひび割れが0.1mmに到達する時間を厳格に算定することが可能となった。ここではひび割れ内に腐食ゲルが貯留し、腐食圧力を軽減する効果も考慮したものである。土木学会コンクリート標準示方書で設定されている腐食限界状態は、厳しい塩害環境下では腐食ひび割れ発生限界状態にほぼ近いこと、腐食ひび割れが部材表面に到達する時間はかぶり厚さ2-10cm、水セメント比40-70%の範囲で、学会評価法の腐食時間のほぼ2倍となることが認められた。本研究の対象地下構造ではないが、陸上構造の腐食限界状態の検討に有用な知見が得られた。



⑨研究成果の発表状況 (この研究費による成果の発表に限り、学術誌等に発表した論文(掲載が確定しているものを含む。)の全著者名、論文名、学協会誌名、巻(号)、最初と最後のページ、発表年(西暦)、及び国際会議、学会等における発表状況について記入してください。なお、代表的な論文3件に○を、また研究代表者に下線を付してください。)

学術雑誌論文等による公表

- (1) 半井健一郎, 石田哲也, 前川宏一, 中根理史, セメント系多孔体の水和組織形成とイオン平衡を考慮した強相関カルシウム溶脱連成解析, 土木学会論文集, 2005 (査読済)
- (2) 半井健一郎, 石田哲也, 岸利治, 前川宏一, 温度に依存するセメント水和生成物の細孔組織構造と熱力学連成解析の高度化, 土木学会論文集, 2005 (査読済)
- (3) ○ 半井健一郎, 石田哲也, 前川宏一, セメント系複合材料-自然地盤連成系を対象とする多相物理化学モデル, 土木学会論文集, 2005 (査読中)
- (4) 牧剛史, 睦好宏史, 前川宏一, RC杭体-地盤相互作用解析における線材モデルの適用性, 土木学会論文集, No.746/V-61, 2003, 1.
- (5) ○ 朱銀邦, 石田哲也, 前川宏一, 細孔内水分の熱力学的状態量に基づくコンクリートの複合構成モデル, 土木学会論文集, 2004.5.
- (6) 田嶋仁志, 岸田政彦, 前川宏一, 大野了, 開削トンネル隅角部周辺の耐震性能に関する実験的検討, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.50A, 2004.3, 969-978.
- (7) 田嶋仁志, 岸田政彦, 半井健一郎, 前川宏一, 山本一敏, 開削トンネル隅角部付近の耐荷機構分析と耐震性能, 構造工学論文集, 土木学会, Vol.50A, 2004.3, 959-968.
- (8) Maekawa, K., Ishida, T. and Kishi, T., Multi-scale modeling of concrete performance -Integrated material and structural mechanics (invited), Journal of Advanced Concrete Technology, 1 (2) pp.91-126, 2003.
- (9) Mabrouk, R., Ishida, T. and Maekawa, K., A unified solidification model of hardening concrete composite for predicting the young age behavior of concrete, Cement and Concrete Composites, 2004.
- (10) El-Kashif, K. F. and Maekawa, K., Time-dependent nonlinearity of compression softening in concrete, Journal of Advanced Concrete Technology, 2(2), JCI, 2004.
- (11) Maekawa, K. and El-Kashif, K. F., Cyclic cumulative damaging of reinforced concrete in post-peak regions, Journal of Advanced Concrete Technology, 2(2), JCI, 2004.
- (12) Ishida, T., Maekawa, K. and Soltani, M., Theoretically identified strong coupling of carbonation rate and the thermodynamic moisture states in micro-pores of concrete, Journal of Advanced Concrete Technology, 2(2), JCI, 2004.
- (13) El-Kashif, K. F. and Maekawa, K., Time-Dependent Post-Peak Softening of RC Members in Flexure, Journal of Advanced Concrete Technology, 2(3), 301-315, 2004.
- (14) Toongoenthong, K. and Maekawa, K., Interaction of Pre-Induced Damages along Main Reinforcement and Diagonal Shear in RC Members, Journal of Advanced Concrete Technology, 2(3), 431-443, 2004.
- (15) ○ Toongoenthong, K. and Maekawa, K., Multi-Mechanical Approach to Structural Performance Assessment of Corroded RC Members in Shear, Journal of Advanced Concrete Technology, 3(1), 107-122, 2004.
- (16) Toongoenthong, K. and Maekawa, K., Computational Performance Assessment of Damaged RC Members with Fractured Stirrups, Journal of Advanced Concrete Technology, 3(1), 123-136, 2005.
- (17) Toongoenthong, K. and Maekawa, K., Simulation of Coupled Corrosive Product Formation, Migration into Crack and its Propagation in Reinforced Concrete Sections, Journal of Advanced Concrete Technology, 3(2) (2005年6月掲載予定) .
- (18) 浅本晋吾, 石田哲也: 微細空隙中の液体特性に着目したコンクリートの時間依存変形機構の検討, 土木学会論文集, No.760/V-63, pp.159-172, 2004.5
- (19) 石田哲也, 前川宏一, 岸利治, 磐田吾郎, 楠原千賀子: 温湿度履歴に関するセメント硬化体中の水分平衡・移動モデルの高度化, 土木学会論文集 (2005年8月掲載予定)
- (20) Kobayashi, Y. and Towhata, I.: "Three dimensional analysis on lateral flow of liquefied ground and its mitigation by sheet pile walls," International Journal of Computational Fluid Dynamics, Vol.19, No.1, pp.93-100, 2005.
- (21) Arangelovski, G. and Towhata, I.: "Accumulated Deformation of Sand with Initial Shear Stress and Effective Stress State Lying near Failure Conditions" Soils and Foundations, Vol.44, No.6, pp.1-16, 2004.
- (22) Kobayashi, Y. and Towhata, I.: "Verification of numerical analysis on lateral flow of liquefied ground based on viscous fluid model," Proc. JSCE, No.764/III-67, pp.25-36, 2004 (in Japanese).
- (23) Toyota, H., Towhata, I., Imamura, S., and Kudo, K.: "Shaking table tests on flow dynamics in liquefied slope," Soils and Foundations, Vol.44, No.5, pp.67-84, 2004.
- (24) Nishimura, S. and Towhata, I.: "A three-dimensional stress-strain model of sand undergoing cyclic rotation of principal stress axes," Soils and Foundations, Vol.44, No.2, pp.103-116, 2004.
- (25) Lohani, T.N., Kongsukprasert, L., Watanabe, K. and Tatsuoka, F.: "Strength and deformation properties of compacted cement-mixed gravel evaluated by triaxial compression tests, Soils and Foundations, Vol.44, No.5, pp.95-108, 2004.

国際会議における招待講演

- (1) Maekawa, K. and Choi, Y., Computational Platform for Safety and Life-cycle Assessment of RC/PC shells, 17th International Conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SmiRT-17), Prague, Czech Republic, August 17 -22, 2003 (第17回原子力構造工学会議にて前川宏一が招待講演)
- (2) Ishida, T., Nakarai, K., Toongoenthong, K. and Maekawa, K., Multi-scale Modeling for Corroded Reinforced Concrete and Soil Foundation, World Conference on Computational Mechanics VI, Beijing, Sept. 5-10, 2004.(国際計算力学会議・耐久性シミュレーションプログラムにて前川宏一が招待講演)
- (3) Maekawa, K., Ishida, T, and Toongoenthong, K., Computational platform for safety and life-cycle assessment of concrete infrastructures with soil foundation, BE, 2004 (ポルトガル構造工学会議総会にて前川宏一が招待講演)
- (4) 2004年FIBシンポジウム (アテネ) にて開催されたfib第四技術委員会(technical commission 4)にて, Maekawa, K., Computer-based modeling and design progress and possible implementation in building codesと題して, 前川宏一が招待講演
- (5) Hosoda, A., Kishi, T. and Maekawa, K., Service life assessment and durability design of concrete bridges, 橋梁の維持管理に関する国際会議 (台中, 2003)にて, 前川宏一が招待講演)
- (6) Maekawa, K., Ishida, T. and Nakarai, K., Computational Platform for Life-cycle Assessment of RC/PC Infrastructures, Beijing, International Conference on Construction IT, 2004.8. (建設IT国際会議にて前川宏一が招待講演)
- (7) Maekawa, K., Multi-scale Nonlinear Analysis and Performance Assessment of Structural Concrete - Theory and Engineering Application in Practice -, 2004.10 (アメリカコンクリート学会2004年秋期大会JCIセッションにて, 前川宏一が講演)

国際会議, 学会等での発表状況

- (1) Tetsuya ISHIDA and Koichi MAEKAWA: Modeling of Durability Performance of Cementitious Materials and Structures based on Thermo-hygro Physics, 2nd International RILEM Workshop on Life Prediction and Aging Management of Concrete Structures, pp.39-50, Proceedings of the 2nd International RILEM Workshop Edited by D. J. Naus (PRO 29), Paris, 2003.5.
- (2) 浅本晋吾, 石田哲也: コンクリートのクレープ・収縮に与える微細空隙中の液体特性及び分布の影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, No.1, pp.509-514, 2003.7
- (3) 磐田吾郎, 石田哲也: 任意の温度条件下における無機複合材料の水分平衡特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, No.1, pp.515-520, 2003. 7
- (4) 朱銀邦, 石田哲也, 前川宏一: 微細空隙構造と内部水分状態に立脚したコンクリートの時間依存変形モデル, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, No.2, pp.139-144, 2003. 7
- (5) 半井健一郎, 三輪康宏, 前川宏一: 立体支持条件を考慮したディープビームの3次元非線形解析と検証, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.25, pp.1051-1056, 2003.7
- (6) 半井健一郎, 石田哲也: セメント改良土における水和反応と強度発現の関係, 第38回地盤工学研究発表会講演集, pp.893-894, 2003.7
- (7) Tetsuya ISHIDA and Koichi MAEKAWA: Modeling of Chloride Equilibrium and Transport in Cementitious Materials, pp.383-392, Advances in Cement and Concrete, Proceedings of a conference held at Copper Mountain, Colorado, 2003.8.
- (8) Shingo ASAMOTO and Tetsuya ISHIDA: Influence of Liquid Characteristic and Its Distribution in Micro-Pore on Time-Dependent Mechanical Behavior of Concrete, pp.181-190, Advances in Cement and Concrete, Proceedings of a conference held at Copper Mountain, Colorado, 2003.8.
- (9) 半井健一郎, 三輪康宏, 土屋智史, 前川宏一: 支持条件とハンチの影響に着目したRC梁のせん断破壊解析, 土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 第58巻, pp.559-560, 2003.9
- (10) Tetsuya ISHIDA, Koichi MAEKAWA, and Masoud SOLTANI: Development of a Numerical Evaluation Tool for Performance-based Design, The 3rd International Symposium on Self Compacting Concrete, Reykjavik, Iceland, 2003.8.
- (11) Nakarai, K. and Ishida, T., Modeling of Time-dependent Material Properties of Cemented Soil based on Thermodynamic Approach, EASEC-9, 2003.12
- (12) Shingo ASAMOTO, Tetsuya ISHIDA, Influence of Thermo-Hygro Profile and Micro-Pore Characteristic on Time-Dependent Mechanical Behavior of Concrete, EASEC-9, 2003.12
- (13) Rasha MABROUK, Tetsuya ISHIDA, and Koichi MAEKAWA: A unified solidification model of hardening concrete composite for predicting the young age behavior of concrete, Cement & Concrete Composites, 26, pp.453-461, 2004.
- (14) Tetsuya ISHIDA, Masoud SOLTANI, and Koichi MAEKAWA: Influential Parameters on the Theoretical Prediction of Concrete Carbonation Process, CONSEC04, Seoul, 2004.6.
- (15) 半井健一郎, 石田哲也, 岸利治, 前川宏一: 異なる温度環境下におけるセメント水和と空隙構造の相互依存性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.1, pp.567-572, 2004. 7
- (16) 楠原千佳子, 石田哲也, 前川宏一: セメント硬化体中に存在する液状水量の温度依存性と時間効果, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.1, pp.579-584, 2004.7

- (17) 石田哲也, 丸屋剛, 宮原茂禎: 異なる鉱物組成ならびにセッコウ量を有するセメント硬化体の塩分平衡特性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.1, pp.849-854, 2004.7
- (18) 鍋島信幸, 牧剛史, 半井健一郎, 平野勝識: 液化化を生じる地盤における RC 杭基礎の非線形応答に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.26, No.2, pp.1177-1182, 2004.7
- (19) 半井健一郎, 中根理史, 石田哲也: セメント系複合材料のカルシウム溶出現象に及ぼす空隙構造の影響とモデル化, 土木学会年次学術講演会講演概要集第5部 第59巻, 2004.9
- (20) Nakarai, K., Nagao, N., Igarashi, S. and Maekawa, K., Damage Analysis of RC Members with Ruptured Main Reinforcement, The First International Conference of Asian Concrete Federation, 2004.10
- (21) 牧 剛史, 前川宏一, 半井健一郎, 平野勝識: 液化化を生じる地盤中における RC 杭基礎の非線形応答に関する研究, 液化化地盤中の杭の挙動と設計法に関するシンポジウム, 地盤工学会, 2004.12
- (22) 石田哲也, 丸屋剛, 宮原茂禎: 高炉スラグ微粉末とポゾランを使用したセメント硬化体の塩分平衡特性, J C I 年次論文報告集, 2005 (掲載予定) .
- (23) 半井健一郎, 石田哲也, 臼井達哉, 前川宏一: セメント硬化体空隙組織の形成および劣化との連成によるカルシウム溶出解析, コンクリート工学年次論文報告集, 2005 (掲載予定) .
- (24) 浅本晋吾, 石田哲也: 温度履歴に依存するセメント硬化体の細孔内水分状態と体積変化機構の連関, コンクリート工学年次論文報告集, 2005 (掲載予定) .
- (25) 臼井達也, 石田哲也, 半井健一郎, 咲村隆人: ベントナイトおよび周辺地盤との連成によるセメント系複合材料からのカルシウム溶脱解析, コンクリート工学年次論文報告集, 2005 (掲載予定) .
- (26) 牧剛史, 前川宏一, 半井健一郎, 平野勝識: 地盤中における RC 杭基礎の非線形動的応答に関する 3 次元有限要素解析, コンクリート工学年次論文報告集, 2005 (掲載予定) .
- (27) Kobayashi, Y. and Towhata, I.: "Three-dimensional analysis on subsidence of shallow foundation resting on liquefied ground," 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, Paper Number 1232, 2004.
- (28) Md. Jahangir Alam, Honda, T., Towhata, T., Tamate, S., Fukui, S., Yasuda, S. and Tanaka, T.: "Behavior of liquefaction mitigative measures of foundation soil under earth embankment," Proc. IS-Osaka, Engineering Practice and Performance of Soft Deposits, pp.343-348, 2004.
- (29) Mohajeri, M., and Towhata, I.: "Practical method for prediction of deformation in earth fills subject to cyclic loading," Proc. the 11th Int. Conf Soil Dynamics and Earthquake Engineering and the 3rd International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Berkeley, Vol.2, pp.307-314, 2004.
- (30) Sesov, V, Towhata, I., and Gonzalez, M.: "Shaking table tests on pile group behaviour affected by liquefaction induced lateral spreading, 3rd International Conference on Continental Earthquakes, Beijing, 2004.
- (31) 内村太郎・龍岡文夫・青木一二三・米澤豊司・北野陽堂・館山勝・渡辺健治・田村幸彦・榎尾孝之: セメント改良粒調砕石盛土中のジオグリッド補強材の引抜き試験, ジオシンセティックス論文集, vol.18, IGS 日本支部, pp. 153-160, 2003.
- (32) T. N. Lohani, A. Umair, T. Uchimura, F. Tatsuoka, Y. Tokiwa: Strength and deformation characteristics of recycled concrete aggregate, 第 58 回土木学会年次学術講演会講演概要集, 第 3 部 (B), pp.481-482, 2003.
- (33) 常盤裕哉・内村太郎・龍岡文夫: 破砕コンクリート廃材の盛土材としての基本物性, 第 38 回地盤工学研究発表会発表講演集, Vol.1, pp.679-680, 2003.
- (34) 内村太郎・Aqil Umair・龍岡文夫・松島健一・毛利栄征: 破砕コンクリート廃材とその他の地盤材料の変形強度特性の比較, 第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集, Vol. 1, pp. 727-728, 2004.
- (35) Umair, A., Uchimura, T., Tatsuoka, F., Matsushima, K. and Mohri, Y.: Viscous properties of Recycled Concrete Aggregate in Triaxial Compression, 第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集, Vol. 1, pp. 611-612, 2004.
- (36) 倉持裕子・KONGSUKPRASERT, L.・内村太郎・龍岡文夫: セメント改良礫の変形強度とセメント混合率及び締め固め度の関係, 第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集, Vol. 1, pp. 793-794, 2004.
- (37) 水橋正典・内村太郎: 補強材剛性が補強土構造物の微小繰返し荷重に対する変形に与える影響, 第 39 回地盤工学研究発表会発表講演集, Vol. 2, pp. 1645-1646, 2004.
- (38) Le Quang Anh Dan, Tatsuoka, F. and Koseki, J., Effects of stress history on the deformation characteristic of gravely soil, Proc. 12th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Singapore, 2003 August.
- (39) Lohani, T. N., Kongsukprasert, L., Watanabe, K., & Tatsuoka, F., Strength and deformation characteristics of cement-mixed gravel for engineering use, Proc. 3rd Int. Symp. on Deformation Characteristics of Geomaterials, IS Lyon 03 (Di Benedetto et al. eds.), Balkema, September, 2003, pp.637-643, 2003.
- (40) Sugai, M. and Tatsuoka, F.: Ageing and loading rate effects on the stress-strain behaviour of a cement-mixed soft clay, Proc. 3rd Int. Sym. on Deformation Characteristics of Geomaterials, IS Lyon 03 (Di Benedetto et al. eds.), Balkema, September, 2003, pp.627-635, 2003.
- (41) Kongsukprasert, L. and Tatsuoka, F., "Some basic factors controlling strength and deformation characteristics of cement-mixed gravel", Proc. of GeoFrontier 2005 Congress, Geoinstitute, ASCE, Austin, Texas, GSP 138, Site characterization and modeling (Mayne et al. eds), 2005.