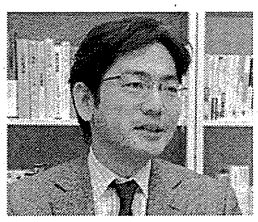
セメント系構築物と周辺地盤の化学的相互作用研究小委員会

改良土の性能などで学際研究

固化・不溶化の実務課題整理



石田哲也委員長

1．委員会設立の背景と活動目的

2011年10月に発足した「セメント系構築物と周辺地盤の化学的相互作用研究小委員会（345委員会）」では、コンクリート工学と地盤工学の境界領域に焦点をあて、コンクリート構造物やセメント改良体などのセメント系構築物と周辺地盤の境界部における化学的相互作用を対象とした調査研究活動を行っている。

従来は別々の分野として発展してきた学術の垣根を取り払い、工学上の課題整理を行うとともに、新しい学問領域の創出を目指して活動している。

土木学会コンクリート委員会における地盤とコンクリートの境界問題をテーマとした研究委員会としては、過去に「コンクリート地盤境界問題研究小委員会（332委員会）」の活動があった。同小委員会では、周辺地盤からコンクリート構造物が受ける土圧などの力学的相互作用を中心とした調査研究が行われ、分野横断的な議論によって新たな視点による情報の整理が行われた。

これに対して345委員会では、特に化学的相互作用に力点を置いた活動を行うこととした。具体的な研究課題としては、コンクリートと地盤材料の中間的なセメント系材料の性能評価を目指して、セメント改良土の長期強度やセメント固化による重金属不溶化の評価を行っている。

また周辺地盤の化学的作用を受けたコンクリート構造物の耐久性評価として、土壌由来の酸および硫酸塩による地中コンクリート構造物の劣化進行や、放射性廃棄物格納施設の人工バリアにおける地盤材料（粘土）とセメント系材料の長期化学的相互作用を対象とした議論を行っている。

本委員会の委員長である石田と幹事長の半井は、いずれもコンクリート分野を教育・研究活動の中心としているが、これまでに地盤分野との境界問題についても研究を行ってきた。

半井は2005年に「セメント系複合材料-地盤連成系を対象とする多相物理化学モデル」という題目で博士号を取得したが、地盤材料内部の土粒子間粗大空隙からナノ～マイクロメートルスケールのセメント硬化体を力バーするマルチスケール熱力学モデルの提案を行っている。

また石田は、「グローバルマルチスケールモデルによる無機－有機－地圏環境の強連成評価」と題する研究テーマを提案し、2010年より4年間の最先端・次世代研究開発支援プログラムに採択された。ここでは、地下空間における様々な自然現象および人工建造物の状態や動きを表現する数値解析モデルを組み立て、比較的短期で起こる建造物や土壌の安全性評価から、数万年スケールの長期で発生する地球規模の環境問題に関連する事象を含めて、計算機上で再現することを目標とした研究を行っている。

これらの研究活動を視野に入れながら、異分野間および実務者と研究者の間での研究議論を活発にすることで、境界領域にまたがる様々な問題解決を狙った本研究小委員会の設立を提案するに至った。

2．現在までの活動状況

委員会は、委員長、幹事長のほか、4人の顧問、6人の幹事、43人の委員の合計55人から組織されている。コンクリート委員会でありながら、セメント・コンクリート以外の分野の研究者らが多く参画しているのが特徴で、15名ほどが地盤工学や農業土木、環境化学などの他分野からの参加である。また、放射性廃棄物処分という原子力関連課題に取り組む研究者も多い。

委員会では、まず全体会議において参加者自身による研究紹介に時間をかけ、異分野間の最新の動向などに関して相互の理解を図ることとした。これまでに6回の全体会議を開催し、ほぼ全員の研究紹介を終えた。

また、実質的な調査研究活動を行うために以下に示す3WGを組織している。

固化・不溶化WG（WG1）

コンクリートと地盤材料の中間的なセメント系材料の長期耐久性評価として、セメント改良土の強度とセメント固化による重金属不溶化を扱っている。

まずは既往の文献のデータを収集し、地盤分野だけではなく、セメント・コンクリート分野の視点から整理項目の選定を行い、有機物、炭酸化、乾湿履歴、凍害、溶脱、酸性雨などが改良土の初期強度および長期強度へ及ぼす影響についての考察を行っている。

なお、地盤分野とセメント・コンクリート分野では、評価対象が類似していても試験方法が異なることもあるため、その比較も行うこととしている。

加えて、実務者にアンケート調査を行い、実務における課題の抽出を予定している。

WG2の主査は半井、幹事は乾徹幹事（京都大学）が務めている。

化学的浸食WG（WG2）

周辺地盤の化学的作用を受けたコンクリート構造物の耐久性評価として、土壌由来の酸および硫酸塩による地中コンクリート構造物の劣化進行を扱っている。

まず、海外・国内における酸および硫酸塩による劣化事例の収集を行っている。次に、現象の理解として、化学的劣化と物理的劣化の整理（浸漬環境の影響）、ソーマサイトによる劣化、酸の種類、温度、pH等の影響、劣化評価式の整理を行っている。これらを踏まえた解決策および数値解析評価方法の提案を目指している。

WG2の主査は細川佳史幹事（太平洋セメント）、幹事は斎藤豪幹事（新潟大学）が務めている。

超長期耐久性WG（WG3）

もうひとつの周辺地盤の化学的作用を受けたコンクリート構造物の耐久性評価として、放射性廃棄物格納施設の人工バリアにおける地盤材料（粘土）とセメント系材料（モルタル、コンクリート）の超長期化学的相互作用を扱っている。

超長期評価モデルの構築と信頼性向上のための知見の整理を目的に、化学反応機構の解明、根拠となる事象の整理、評価手法の妥当性検討、モデル化の現状と課題等について議論を行っている。

また、粘土とセメント系材料の接触試料や長期経年試料の入手可能性について検討を進めており、入手できた場合には統一試料として共通試験を行い、セメント系構築物と周辺地盤の化学的相互作用という分野全体の知見を当WGの検討に反映させることとしている。

WG3の主査は蔵重勲幹事（電力中央研究所）、幹事は芳賀和子幹事（太平洋コンサルタント）が務めている。

3．得られた成果と今後の課題

本委員会では境界問題を対象としているが、双方向の議論を行うために地盤分野の委員にも参画いただいている。先に述べたように、まずは委員相互の知識の共有化を優先した委員会活動を行ってきたため、具体的な成果はこれからである。

なお、研究と実務の橋渡しも重要な課題である。物理化学的なメカニズムの考察によって、境界領域において生じ得る変質現象が明らかになる一方で、実供用期間中にどの程度の問題となるかが課題である。劣化調査や実務者からの情報収集によって議論を深めていくこととしている。

4．今後の目標、展望

学術的観点から、情報収集、課題の整理、ならびに解決策・評価方法の方向性などについて検討を行っているが、国内外の学術論文のレビューに加え、実務で苦慮している事例や不具合の事例などについて情報収集を行い、それぞれの工学上の課題を整理したい。

さらに研究ニーズに基づき、コンクリートと地盤、土壌、さらには原子力や地球化学の各々の領域で進められてきた学問体系の総合化、統合化をはかることで将来の課題解決につなげるための方向性を議論し、さらには具体化することが目標である。

委員会としては、来年（2014年）の夏頃に成果報告会を予定している。

［文責・石田哲也（東京大学大学院）、半井健一郎（広島大学大学院）］