

土木学会コンクリート委員会
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)

成果報告書

目 次

第 1 編 はじめに	1
1. 小委員会設立の背景と趣旨	1
2. 小委員会の活動内容	3
2.1 小委員会活動の概要と WG 構成	3
2.2 固化・不溶化 WG (WG1) の研究活動の概要	5
2.3 化学的侵食 WG (WG2) の研究活動の概要	8
2.4 超長期耐久性 WG (WG3) の研究活動の概要	10
3. 化学的相互作用に関する数値解析	12
3.1 セメント変質モデルの整備状況	12
3.1.1 概要	12
3.1.2 化学平衡モデル	14
3.1.3 評価対象とするセメント系材料に応じた鉱物の選定	27
3.1.4 経験的モデル	32
3.2 解析コードの整備状況	35
3.2.1 DuCOM	36
3.2.2 LIFE D.N.A.	42
3.2.3 PHREEQC-TRANS	48
3.2.4 QPAC	53
3.2.5 CCT-P	58
3.2.6 HYTEC	64
3.2.7 Hosokawa – Johannesson システム	68
4. 化学的相互作用に関する実験	74
4.1 コアの採取	74
4.2 コンクリートの相組成および空隙率の分析	75
4.2.1 実験概要	75
4.2.2 分析結果および考察	79
4.3 水銀圧入法	82
4.3.1 実験手法の紹介	82
4.3.2 実験概要および分析結果 (大河津分水の事例)	83
4.4 非破壊 CT-XRD 連成法による大河津可動堰河床コンクリートの観察	86
4.4.1 はじめに	86

4.4.2	非破壊 CT-XRD 連成法	86
4.4.3	試験条件	87
4.4.4	観察結果	88
4.4.5	まとめ	90
4.5	おわりに	90
第2編	セメント改良土の長期安定性評価	91
1.	はじめに	91
2.	セメント改良土の長期安定性に関する実務的課題の抽出	93
2.1	課題の抽出方法	93
2.2	地盤改良分野の研究展望	93
2.3	地盤改良工法の展望	95
2.4	重金属汚染土壌の不溶化処理の展望	96
3.	コンクリートとの比較によるセメント改良土の長期安定性に関する知見の体系化	99
3.1	はじめに	99
3.2	セメント改良土の強度・変形特性	100
3.3	セメント改良土の不溶化特性	113
3.4	セメント改良土中の物質移動特性	138
3.5	環境作用がセメント改良土に及ぼす影響	157
3.5.1	炭酸化	157
3.5.2	溶脱	166
3.5.3	化学的侵食	175
3.5.4	乾湿繰返し	183
3.5.5	凍結融解	190
3.5.6	アルカリシリカ反応	196
3.5.7	温度ひび割れ	200
4.	セメント改良土の長期安定性に関する最近の研究事例	203
4.1	試験の概要	203
4.1.1	試験施工の概要	203
4.1.2	周辺環境	203
4.1.3	試験項目および試料の採取位置	204
4.2	試験結果	204
4.2.1	一軸圧縮強さ	204
4.2.2	針貫入試験	205
4.2.3	CaO 含有量および pH	205
4.2.4	粉末 X 線回折	205
4.2.5	六価クロム溶出量	206
4.3	おわりに	206
5.	まとめ	208

第3編 コンクリートの化学的劣化	209
1. はじめに.....	209
2. 劣化事例の整理.....	211
2.1 国内の劣化事例.....	211
2.1.1 硫酸塩による劣化(土壌：住宅基礎の劣化を具体例として)	211
2.1.2 酸・硫酸塩による劣化(鉄道トンネル)	219
2.1.3 河川水による劣化.....	224
2.1.4 温泉地における劣化(調査事例)	227
2.1.5 海水による劣化.....	229
2.1.6 酸劣化(下水道)	233
2.1.7 その他の劣化.....	237
2.2 海外の劣化事例.....	241
2.2.1 硫酸塩による劣化.....	241
2.2.2 ソーマサイトの生成による劣化.....	242
3. 現象の理解	246
3.1 硫酸塩の作用による劣化.....	246
3.1.1 エトリンサイトおよび二水セッコウの生成による化学的劣化.....	247
3.1.2 ソーマサイトの生成による化学的劣化	250
3.1.3 硫酸マグネシウムの作用による化学的劣化	254
3.1.4 物理的劣化 (テナルダイトおよびミラビライトの生成による劣化)	254
3.1.5 まとめ	257
3.2 酸の種類, 温度, pH の影響.....	262
3.3 内在硫酸塩による劣化(DEF による劣化)	267
3.3.1 DEF とは?	267
3.3.2 DEF 膨張をもたらす各種要因	267
3.3.3 DEF による膨張メカニズム	268
3.3.4 日本における DEF の研究.....	269
4. 解決策および数値解析方法の提案.....	272
4.1 材料設計の提案.....	272
4.1.1 酸・硫酸塩劣化を抑制する材料設計(セメント)の基本コンセプト	272
4.1.2 酸・硫酸塩劣化に対する材料設計(セメント)	275
4.1.3 酸・硫酸塩劣化に対する材料設計(骨材)	288
4.1.4 酸・硫酸塩劣化に対する材料設計 (その他の材料)	294
4.2 解析コードによる硫酸塩劣化の評価例.....	299
4.2.1 DuCOM による評価例.....	299
4.2.2 Hosokawa-Johannesson システムによる評価例.....	301
4.3 国内規格, 海外規格・ガイドラインの現状.....	304
4.3.1 国内規格(旧日本道路公団の事例)	304

4.3.2	硫酸塩劣化に関する海外規格の動向	310
4.3.3	BRE Special Digest 1: Concrete in aggressive ground	314
4.3.4	DEF 劣化に対する材料設計 (LCPC 指針 (現 IFSTTAR))	320
5.	まとめ	323
第 4 編	放射性廃棄物処分施設におけるセメント系材料の超長期耐久性評価	327
1.	はじめに	327
2.	放射性廃棄物処分の概要	328
2.1	放射性廃棄物	328
2.1.1	原子燃料サイクル	328
2.1.2	放射性廃棄物の種類	328
2.1.3	高レベル放射性廃棄物	329
2.1.4	低レベル放射性廃棄物	329
2.1.5	研究施設等廃棄物	330
2.1.6	放射性廃棄物として扱う必要のない物 (クリアランス)	330
2.2	放射性廃棄物処分施設	331
2.2.1	施設の概要	331
2.2.2	浅地中処分	331
2.2.3	余裕深度処分	332
2.2.4	地層処分	332
2.3	処分施設に用いられるセメント系材料	333
2.4	余裕深度処分施設における評価シナリオとセメント系人工バリアの設計	334
2.4.1	放射性廃棄物処分の評価と設計の概念	334
2.4.2	余裕深度処分の評価シナリオ	335
2.4.3	余裕深度処分のセメント系人工バリアの設計	340
3.	セメント系材料と他のバリア材料との相互作用	345
3.1	セメント系材料とベントナイト系材料の相互作用	345
3.1.1	相互作用の相関図	345
3.1.2	セメント系材料の溶解・変質現象	347
3.1.3	ベントナイト系材料の変質現象	351
3.1.4	相互作用に関する検討例	356
3.2	セメント系材料と天然バリアの相互作用	369
3.2.1	セメントに触れた地下水のアルカリ構成の変化	369
3.2.2	セメントと岩の相互作用に関する評価試験研究	369
3.2.3	原位置試験の例	371
3.2.4	解析の例	372
3.2.5	まとめ	372
4.	処分施設を対象としたセメント系材料の特性評価の現状	375
4.1	閉じ込め性能および物質移行抑制性能	375

4.1.1	拡散性	375
4.1.2	透水性	385
4.2	溶脱に対する評価	388
4.2.1	はじめに	388
4.2.2	各種評価手法の概要	389
4.2.3	溶脱に対する実験的評価手法	392
4.2.4	実環境を模擬した溶脱評価	413
5.	超長期評価における解析評価事例	417
5.1	余裕深度処分の低拡散層を対象とした溶脱変質のベンチマーク解析	417
5.1.1	解析の概要	417
5.1.2	解析結果	418
5.2	変質解析事例	420
第5編	まとめ	427
1.	小委員会全体のまとめ	427
2.	WGごとのまとめ	428
2.1	WG1のまとめ	428
2.2	WG2のまとめ	429
2.3	WG3のまとめ	430

土木学会コンクリート委員会
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)

「セメント系構築物と周辺地盤の化学的相互作用」に関するシンポジウム
講演概要集

目 次

<基調講演>

1. AFm 相によるヨウ化物イオンの固定と処分施設用セメント系材料の提案…………… 433
坂井 悦郎 (東京工業大学大学院)
大宅 淳一 (日本大学)
新 大軌 (東京工業大学大学院)
三五 弘之 (日本大学)
2. 放射性廃棄物処分におけるベントナイト系緩衝材の膨潤特性・透水特性に関する化学的アプローチ… 439
小峯 秀雄 (早稲田大学)

<招待講演>

1. 循環資材のコンクリートや地盤への利用と環境安全品質…………… 445
肴倉 宏史 ((独) 国立環境研究所)
2. 化学的耐久性に優れるコンクリートの開発事例…………… 451
大脇 英司 (大成建設(株))
3. セメントーベントナイトおよび鉄鋼スラガー土壌相互作用の地球化学反応モデリング…………… 459
佐藤 努 (北海道大学大学院)

<一般講演>

1. ヒ素汚染土壌不溶化処理長期養生試料の溶出挙動について…………… 465
大山 将 ((株) 鴻池組)
2. セメント系固化材を用いた改良体の長期安定性 - 材齢 22 年 -…………… 473
清田 正人 (三菱マテリアル(株))
松山 祐介 (太平洋セメント(株))
重田 輝年 ((株) トクヤマ)
泉尾 英文 ((一社) セメント協会)
中村 弘典 ((一社) セメント協会)

3. 長大トンネルで施工された急硬性セメント注入材の耐久性について……………	479
秋田 勝次	((独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構)
村上 明	((独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構)
高木 康成	((独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構)
荒木 昭俊	(電気化学工業 (株))
4. 低濃度の硫酸イオン環境下における耐硫酸塩セメントペーストの化学的侵食抵抗性……………	487
宮本慎太郎	(東北大学大学院)
井坂 恵実	(東北大学大学院)
細川 佳史	(太平洋セメント (株))
皆川 浩	(東北大学大学院)
久田 真	(東北大学大学院)
5. 締固めベントナイトのアルカリ溶液による変質と物性変化……………	493
横山 信吾	((一財) 電力中央研究所)
6. アルカリ地下水環境下のベントナイトの長期健全性に関するナチュラルアナログ研究……………	499
藤井 直樹	((公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター)
大和田 仁	((公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター)
山川 稔	((公財) 原子力環境整備促進・資金管理センター)
佐藤 努	(北海道大学大学院)
西村 政展	((株) 大林組)