

目次

第 I 編 序論	I-1
第 II 編 構造設計・施工の現状とそのあり方	II-1
1. はじめに	II-1
2. 設計規準類と性能評価	II-3
2.1 設計規準類の現状	II-3
2.1.1 調査した設計規準類	II-3
2.1.2 調査結果の一覧	II-4
2.1.3 調査結果の概要	II-7
2.2 設計規準における課題	II-14
2.2.1 引張軟化曲線および引張応力-ひずみ曲線	II-14
2.2.2 繊維の配向性および分散性	II-16
2.2.3 圧縮応力-ひずみ曲線	II-16
2.2.4 せん断耐力	II-17
2.2.5 ひび割れ幅	II-18
2.2.6 許容応力度法への対応	II-19
2.3 解析による性能評価	II-20
2.3.1 FRCC を対象とした解析の現状	II-20
2.3.2 FRCC を対象とした解析における構成則の考え方と課題	II-31
2.4 今後の方向性	II-40
3. FRCC の適用性	II-42
3.1 FRCC 適用の現状	II-42
3.1.1 FRCC の分類	II-42
3.1.2 FRCC の使用目的および効果	II-44
3.2 FRCC の特徴	II-118
3.2.1 マトリックス種類と繊維種類の組み合わせ	II-118
3.2.2 適用事例に基づく FRCC の特徴	II-120
3.3 今後の方向性	II-127
4. 設計と施工の関連	II-130
4.1 施工上のリスク	II-130
4.1.1 練混ぜ中に生じる不具合のリスク	II-130

4. 1. 2	運搬中に生じる不具合のリスク	II-131
4. 1. 3	打込み中に生じる不具合のリスク	II-132
4. 1. 4	養生中に生じる不具合のリスク	II-133
4. 1. 5	硬化中に生じる不具合のリスク	II-133
4. 2	リスクの低減方法	II-134
4. 2. 1	繊維の配向性（分散性）	II-134
4. 2. 2	打重ね位置の処理	II-135
4. 2. 3	コンクリートの体積変化	II-136
4. 2. 4	繊維の可視化	II-136
4. 2. 5	脱泡による表面美化対策	II-137
4. 2. 6	補修，補強	II-138
4. 3	材料，設計および施工のありかた	II-140
4. 3. 1	材料のありかた	II-140
4. 3. 2	設計のありかた	II-141
4. 3. 3	施工のありかた	II-142
4. 3. 4	材料，設計，施工の関係性	II-143
5.	おわりに	II-145

第 III 編 耐久性の現状とその照査方法のあり方 III-1

1.	はじめに	III-1
1. 1	耐久性の検討のポイント	III-1
1. 2	耐久性に関する課題と検討項目	III-3
1. 3	検討にあたり	III-4
2.	既往の文献，適用事例による FRCC の耐久性の現状評価	III-6
2. 1	はじめに	III-6
2. 2	各種設計施工指針における耐久性照査の考え方	III-6
2. 2. 1	超高強度繊維補強コンクリート（UFC）	III-7
2. 2. 2	複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料（SHCC，HPFRCC）	III-7
2. 2. 3	短繊維補強コンクリート（FRC）	III-8
2. 3	FRCC の環境作用に対する耐久性（文献調査）	III-10
2. 3. 1	超高強度繊維補強コンクリート（UFC）	III-10
2. 3. 2	複数微細ひび割れ型繊維補強セメント複合材料（SHCC，HPFRCC）	III-12
2. 3. 3	短繊維補強コンクリート（FRC）	III-16
2. 3. 4	その他の文献	III-24
2. 4	実構造物への適用事例と耐久性検証結果	III-32

2.5	FRCCの実構造物適用における耐久性の考え方	Ⅲ-35
2.5.1	規格規準・指針類の現状について	Ⅲ-35
2.5.2	既往の論文による概況について	Ⅲ-36
2.5.3	実構造物への適用事例について	Ⅲ-37
2.6	おわりに	Ⅲ-38
2.6.1	WG活動でわかったこと	Ⅲ-38
2.6.2	残された課題	Ⅲ-39
3.	繊維補強（鉄筋）コンクリート部材の優位性と利用拡大	Ⅲ-41
3.1	はじめに	Ⅲ-41
3.2	繊維補強コンクリートの拡散係数に関する整理	Ⅲ-41
3.2.1	塩化物イオン拡散係数の推定	Ⅲ-42
3.2.2	複合劣化・ひび割れが拡散係数に及ぼす影響	Ⅲ-43
3.2.3	拡散係数による評価に対する今後の課題	Ⅲ-46
3.3	耐久性を考慮した許容ひび割れ幅の提案	Ⅲ-47
3.3.1	耐久性を評価する必要性	Ⅲ-47
3.3.2	実構造物の調査事例	Ⅲ-47
3.3.3	ひび割れを有する部材の長期曝露試験	Ⅲ-49
3.3.4	劣化促進試験	Ⅲ-52
3.3.5	引張軟化曲線に着目した力学的特性の評価	Ⅲ-52
3.3.6	各分析手法による物理・化学的特性の評価	Ⅲ-53
3.3.7	有筋部材への適用に対する現状の課題	Ⅲ-58
3.3.8	ひび割れ発生強度	Ⅲ-59
3.3.9	まとめ	Ⅲ-60
3.4	かぶり剥落抵抗性に対する短繊維補強効果	Ⅲ-62
3.4.1	繊維補強による剥落防止効果の必要性	Ⅲ-62
3.4.2	鉄筋押抜き試験方法	Ⅲ-63
3.4.3	鉄筋押抜き試験結果	Ⅲ-66
3.4.4	数値解析を用いた短繊維補強効果の検討	Ⅲ-70
3.4.5	まとめ	Ⅲ-73
3.5	FRCCの耐硫酸性	Ⅲ-74
3.6	繊維と鋼材併用における鋼材腐食について	Ⅲ-76
3.6.1	剥落に着目した繊維補強の有効性	Ⅲ-76
3.6.2	塩害環境下における繊維補強鉄筋コンクリート構造物	Ⅲ-77
3.6.3	各ステップで検討すべき課題	Ⅲ-77
3.6.4	鉄筋コンクリートの鋼材腐食に関する試算	Ⅲ-79
3.6.5	まとめ	Ⅲ-83
3.7	おわりに	Ⅲ-84
3.7.1	WG活動でわかったこと	Ⅲ-84

3.7.2 残された課題	Ⅲ-85
4. 合成繊維の耐久性	Ⅲ-86
4.1 はじめに	Ⅲ-86
4.2 各種規格・規基準における繊維の耐久性評価方法	Ⅲ-86
4.3 繊維の物理的作用に対する耐久性	Ⅲ-87
4.3.1 作用の特徴	Ⅲ-87
4.3.2 照査指標	Ⅲ-88
4.4 繊維の化学的作用に対する耐久性	Ⅲ-92
4.4.1 作用の特徴	Ⅲ-92
4.4.2 照査指標	Ⅲ-92
4.5 おわりに	Ⅲ-100
4.5.1 WG活動でわかったこと	Ⅲ-100
4.5.2 残された課題	Ⅲ-100
5. 疲労	Ⅲ-101
5.1 はじめに	Ⅲ-101
5.2 疲労荷重を受ける FRC および FRC 部材の損傷メカニズム	Ⅲ-101
5.2.1 レベル1：繊維単体およびマトリクスとの付着・定着挙動	Ⅲ-101
5.2.2 レベル2：FRC の引張軟化性状	Ⅲ-101
5.2.3 レベル3：鉄筋を併用した FRC の引張性状	Ⅲ-103
5.3 疲労に対する安全性照査フローの例	Ⅲ-105
5.3.1 無筋 FRC スラブの疲労に対する安全性照査	Ⅲ-105
5.3.2 鋼材と短繊維を併用した FRC 部材の疲労に対する安全性照査	Ⅲ-108
5.4 おわりに	Ⅲ-124
5.4.1 WG活動でわかったこと	Ⅲ-124
5.4.2 残された課題	Ⅲ-124
6. おわりに	Ⅲ-126
6.1 WG活動でわかったこと	Ⅲ-126
6.2 残された課題	Ⅲ-127
付録 繊維補強（鉄筋）コンクリート構造の耐久性に関する検討課題	Ⅲ-129

第Ⅳ編 試験方法の現状とそのあり方 Ⅳ-1

1. はじめに	Ⅳ-1
---------	-----

2. 繊維補強コンクリート（FRC）の試験方法	IV-2
2.1 概説	IV-2
2.2 現行規準で規定されている試験方法の整理と課題の抽出	IV-2
2.2.1 圧縮特性を評価する試験方法	IV-5
2.2.2 曲げおよび引張特性を評価する試験方法	IV-6
2.2.3 せん断特性を評価する試験方法	IV-10
2.2.4 剥落抵抗性を評価する試験方法	IV-11
2.2.5 耐火性能を評価する試験方法	IV-14
2.2.6 繊維の分散性を評価する試験方法	IV-15
2.2.7 付着特性を評価する試験方法	IV-15
2.3 現行規準で規定されていないが必要と考えられる試験方法	IV-18
2.3.1 引張疲労特性を評価する試験方法	IV-18
2.3.2 繊維の分散性，配向性を評価する試験方法	IV-20
2.4 海外の基準で規定されている試験方法	IV-25
2.5 まとめ	IV-28
3. 超高強度繊維補強コンクリート（UFC）の試験方法	IV-30
3.1 概説	IV-30
3.2 現行規準で規定されている試験方法の整理と課題の抽出	IV-36
3.2.1 強度特性に関する試験方法	IV-36
3.2.2 耐久性を評価する試験方法	IV-40
3.2.3 フレッシュ性状の試験方法	IV-41
3.2.4 その他試験法	IV-42
3.3 現行規準で規定されていないが必要と考えられる試験方法	IV-43
3.3.1 繊維の配向性を評価する試験方法	IV-43
3.3.2 ひび割れを生じた UFC の耐久性を評価する方法	IV-44
3.3.3 耐火性能を評価する試験方法	IV-45
3.3.4 耐衝撃性能を評価する試験方法	IV-46
3.4 海外における指針および試験方法	IV-48
3.4.1 強度，特性	IV-49
3.4.2 繊維配向性	IV-50
3.5 合成繊維の利用について	IV-53
3.6 まとめ	IV-54
4. ひずみ硬化型セメント系複合材料（SHCC）の試験方法	IV-56
4.1 概説	IV-56
4.2 現行規準で規定されている試験方法の整理と課題の抽出	IV-58
4.2.1 強度特性に関する試験方法	IV-58
4.2.2 耐久性を評価する試験方法	IV-60

4.2.3	フレッシュ性状の試験方法	IV-62
4.2.4	その他の試験方法	IV-63
4.3	現行規準で規定されていないが必要と考えられる試験方法	IV-64
4.3.1	引張疲労耐久性	IV-64
4.3.2	繊維マトリックス間の付着試験	IV-66
4.3.3	既設コンクリートと SHCC の接合面の強度試験	IV-67
4.3.4	合成繊維の配向性の評価	IV-67
4.3.5	ひび割れを生じた SHCC の引張クリープの評価	IV-68
4.4	海外における指針および試験方法	IV-69
4.5	まとめ	IV-70
5.	合成繊維の試験方法	IV-72
5.1	概説	IV-72
5.2	現行規定されている JIS A 6208 コンクリート補強用ポリプロピレン短繊維	IV-73
5.3	JIS 原案として検討中のコンクリート混合用高機能繊維規格試験方法[1]	IV-73
5.4	まとめ	IV-75
6.	おわりに	IV-76
 第V編 まとめ		 V-1