

# 複合構造レポート 12

## FRPによるコンクリート構造の補強設計の現状と課題

### 目次

第1章	はじめに	1
1.1	本研究委員会の背景	1
1.1.1	日本における補強設計指針	1
1.1.2	海外における補強設計指針	1
1.1.3	国内外の補強設計指針のまとめ	3
1.2	本研究委員会の目的と本書の構成	3
第2章	FRPによるコンクリート構造物の補強設計の現状と課題	5
2.1	はじめに	5
2.2	FRPシートによる補強設計法の現状	6
2.2.1	はじめに	6
2.2.2	材料係数, 許容値	7
2.2.3	曲げ補強	8
2.2.4	せん断補強	12
2.2.5	じん性補強	16
2.3	FRPプレートに関する設計指針類の現状	19
2.3.1	建設省土木研究所編	19
2.3.2	トレカラミネート工法	19
2.3.3	CFラミネート工法	20
2.3.4	eプレート工法	21
2.3.5	今後の課題	23
2.4	FRPグリッドに関する技術の現状	24
2.4.1	FRPグリッドを用いた増厚工法の概説	24
2.4.2	FRPグリッドに関する研究の現状	26
2.4.3	今後の課題	27
2.5	まとめ	28
第3章	FRPシートおよびFRPプレートによる補強における付着・定着に関する定式化されたモデル式の纏めと評価	29
3.1	FRPシートの必要定着長, 有効付着長と界面破壊エネルギーに関する定式化されたモデル式の纏め	29
3.1.1	はじめに	29
3.1.2	各種基準における必要定着長および有効付着長のモデル式	30
3.1.3	各種基準における重ね継手長に関する規定	33

3.1.4	各種基準における界面剥離破壊エネルギーの算定式	34
3.2	有効付着長に関する定式化されたモデル式の評価および必要定着長に関する定式化されたモデル式 における課題抽出	36
3.2.1	比較に供する実験の詳細と有効付着長の読み取り方	36
3.2.2	有効付着長に関する定式化されたモデル式より得られる算定値と実験結果の比較検討	40
3.3	必要定着長の定式化されたモデル式における課題抽出	40
3.3.1	平均付着強度の考え方にに基づき定式化された必要定着長に関するモデル式の課題	40
3.3.2	RC梁の曲げ試験結果に平均付着強度の考え方にに基づく必要定着長を適用した場合の課題抽出	41
3.4	界面剥離破壊エネルギーに関する定式化された算定式の評価	44
3.5	まとめ	47
<b>第4章</b>	<b>FRPシートおよびFRPプレート接着による疲労補強に関する検討</b>	<b>51</b>
4.1	はじめに	51
4.2	FRPシートの付着疲労特性に関する検討	51
4.3	FRPシートおよびFRPプレートにより補強したはりの疲労耐久性と補強設計	54
4.3.1	概要	54
4.3.2	FRPシートを用いたRCはりの疲労補強に関する既往の研究	54
4.3.3	FRPプレートを用いたRCはりの疲労補強に関する既往の研究	57
4.3.4	FRPシート・プレートの発生ひずみとRCはりの疲労補強効果	58
4.4	FRPシートおよびFRPプレートにより補強した床版の疲労耐久性と補強設計	60
4.4.1	工法概要	60
4.4.2	RC床版の疲労耐久性評価の現状	62
4.4.3	RC床版補強におけるFRPシートの補強効果の評価	64
4.4.4	RC床版補強におけるFRPプレートの補強効果の評価	69
4.5	疲労設計の課題と展望	87
<b>第5章</b>	<b>環境作用がFRPシートの接着と付着に及ぼす影響の検討</b>	<b>89</b>
5.1	はじめに	89
5.2	温度依存性	89
5.2.1	直接引張接着強度	89
5.2.2	せん断付着強度	91
5.3	凍結防止剤散布も含む凍害環境の影響	93
5.3.1	凍結融解作用の影響	93
5.3.2	凍結融解作用と凍結防止剤の影響	96
5.4	まとめと今後の展望	97
<b>第6章</b>	<b>新たな補強設計法に対する提言</b>	<b>99</b>
6.1	現状の補強設計法の改善事項	99
6.2	FRPシート・プレートの付着・定着に関する評価式における課題	100

6.3	FRP シート・プレートによる疲労に対する補強設計	102
6.4	補強設計における環境作用の考慮に向けて	103
<b>資料 1 FRP 補強工法の一覧</b>		
1.1	各工法の抽出に関して	105
1.2	各工法の概要	105
1.3	補強効果別による分類	106
1.4	課題および提言	113
<b>資料 2 FRP を用いたコンクリート構造物の補強設計の考え方と事例</b>		
2.1	プレストレスを導入しない補強の考え方	115
2.1.1	設計の思想	115
2.1.2	設計フロー	115
2.2	CFRP プレート緊張材によるプレストレス補強の考え方	117
2.2.1	RC けたを設計する場合	117
2.2.2	PC けたを設計する場合	119
<b>資料 3 FRP プレート・FRP グリットに関する研究事例</b>		
3.1	FRP プレートに関する研究事例	121
3.1.1	FRP プレートの付着・定着試験に関する研究事例	121
3.1.2	既往の研究による付着・定着試験方法	124
3.2	FRP グリッドに関する研究事例	134
3.2.1	FRP グリッドの交差部に着目した付着特性	134
3.2.2	FRP グリッド工法により補強されたコンクリートと補強部界面の付着特性	144
<b>資料 4 海外における FRP 補強材の耐久性に関する試験方法の調査</b>		
4.1	FRP の耐久性に関する試験方法の調査	159
4.1.1	供試体の寸法	159
4.1.2	計測項目と方法	160
4.1.3	FRP の引張疲労試験方法	160
4.1.4	FRP の引張クリープ試験方法	160
4.1.5	FRP の引張りラクセーション試験方法	161
4.2	FRP-コンクリート接着界面の耐久性に関する試験方法の調査	161
4.2.1	供試体の寸法	161
4.2.2	計測項目と方法	161
4.2.3	FRP の引張疲労試験方法	162
4.3	おわりに	162
<b>資料 5 FRP 補強構造物の維持管理に関わる劣化事例と技術</b>		
		165

5.1	FRP 補強コンクリート構造物の劣化事例	165
5.1.1	はじめに	165
5.1.2	調査方法	165
5.1.3	調査結果	165
5.1.4	おわりに	167
5.2	非破壊検査技術	168
5.2.1	文献調査結果の概要と非破壊検査技術	168
5.2.2	FRP に関する非破壊検査手法と特徴	168
5.2.3	コンクリート構造物への適用性	172
5.3	FRP で補強されたコンクリート構造物の施工管理・施工管理マニュアル	173
5.3.1	現状の施工管理マニュアルの種類	173
5.3.2	点検方法の現状	174
5.3.3	点検の実情と望ましい点検方法	175
資料 6	FRP シートおよび FRP プレートによる補強における付着・定着に関する定式化されたモデル式に関する試設計	177
6.1	FRP シートによる RC 部材の曲げ補強時の有効付着長に関する試設計	177
6.2	FRP シートによるせん断補強時の機械式定着を併用した場合の一例	180
6.3	まとめ	182