

複合構造レポート 05

FRP 接着による鋼構造物の補修・補強技術の最先端

目次

第1章 FRP 接着による補修・補強技術の概要	1
1.1 補修・補強の対象と分類	1
1.2 補修・補強材料	1
1.2.1 FRP の種類と特徴	2
1.2.2 鋼部材と FRP の接合材料	6
1.3 設計の基本的な考え方	7
1.3.1 鋼部材と FRP の合成断面の仮定	7
1.3.2 接着接合部の破壊形態とはく離に対する設計上の対応	8
1.4 標準的な施工方法	9
1.4.1 施工手順	9
1.4.2 鋼部材表面の下地処理	9
1.4.3 施工環境条件	10
1.4.4 接着	10
1.4.5 養生	11
1.4.6 仕上げ	12
1.5 施工事例, 研究開発事例の調査項目	12
参考文献	13
第2章 曲げモーメントを受ける部材の補修・補強事例	15
2.1 補修・補強の対象と特徴	15
2.2 トラス橋横桁の耐荷力向上を目的とした積層炭素繊維プレート接着による補強	15
2.2.1 補強工事の概要	15
2.2.2 補強設計	17
2.2.3 材料	17
2.2.4 施工	18
2.2.5 施工に関する改良点	21
2.2.6 炭素繊維プレートを採用した補強工法の展望	21
2.3 腐食により断面欠損した工場建屋小ばりの炭素繊維プレート接着による補修	22
2.3.1 補修工事の概要	22
2.3.2 補修設計	24
2.3.3 材料	25
2.3.4 施工	25
2.3.5 施工に関する改良点	27

2.3.6	炭素繊維プレートを採用した補修工法の展望	28
2.4	幅員拡幅に伴う主桁の炭素繊維プレートによるプレストレス補強	28
2.4.1	補強工事の概要	28
2.4.2	補強設計	29
2.4.3	材料	30
2.4.4	施工	30
2.4.5	施工に関する改良点	32
2.4.6	炭素繊維プレートによるプレストレス補強を採用した工法の展望	32
2.5	主桁の耐荷力向上を目的とした高弾性型炭素繊維プレート接着による補強	32
2.5.1	補強工事の概要	32
2.5.2	補強設計	34
2.5.3	材料	35
2.5.4	施工	35
2.5.5	高弾性型炭素繊維プレートを採用した補強工法の展望	38
2.6	リベット橋主桁の耐荷力向上を目的とした積層炭素繊維プレート接着による補強	38
2.6.1	補強工事の概要	38
2.6.2	補強設計	40
2.6.3	材料	41
2.6.4	施工	41
2.6.5	施工に関する改良点	43
2.6.6	炭素繊維プレートを採用した補強工法の展望	44
2.7	まとめ	44
	参考文献	44

第3章	軸力を受ける部材の補修事例	47
3.1	補修の対象と設計の考え方	47
3.1.1	断面欠損部に対する補修事例と採用されたFRP接着工法の特徴	47
3.1.2	断面欠損部に対する補修の考え方	47
3.2	トラス橋下弦材の腐食断面欠損部の炭素繊維シート接着による補修	48
3.2.1	補修工事の概要	48
3.2.2	補修設計	49
3.2.3	材料	50
3.2.4	施工	51
3.3	トラス橋斜材の腐食断面欠損部の炭素繊維ストランドシート接着による補修	53
3.3.1	補修工事の概要	53
3.3.2	補修設計	54
3.3.3	材料	54
3.3.4	施工	54
3.4	アーチ歩道橋吊材の腐食断面欠損部の炭素繊維ストランドシート接着による補修	56

3.4.1	補修工事の概要	56
3.4.2	補修設計	58
3.4.3	材料	58
3.4.4	施工	59
3.5	まとめ	61
	参考文献	62
第4章	鋼製橋脚の耐震補強事例	63
4.1	耐震補強の概要と施工事例	63
4.2	円形鋼製橋脚の炭素繊維シート接着による補強	63
4.2.1	補強工事の概要	63
4.2.2	補強設計	65
4.2.3	施工	68
4.3	角形鋼製橋脚の炭素繊維プレート接着による補強（研究開発事例）	70
4.3.1	検討対象と目的	70
4.3.2	実験方法	70
4.3.3	実験結果および考察	72
4.3.4	研究開発の成果と課題	74
4.4	まとめ	75
	参考文献	76
第5章	耐疲労性向上を目的とした試験施工と研究開発の事例	77
5.1	補修・補強の分類と検討対象	77
5.2	門型標識柱基部から発生した疲労き裂の炭素繊維シート接着補修（試験施工）	78
5.2.1	補修工事の概要	78
5.2.2	補修設計	80
5.2.3	材料	83
5.2.4	施工	83
5.2.5	標識柱の撤去と補修工法の追跡調査	86
5.2.6	今後の課題	86
5.3	鉄道橋における疲労き裂のFRP接着補修（試験施工）	87
5.3.1	鋼鉄道橋における疲労き裂補修の課題とFRPの適用	87
5.3.2	下路桁橋の端横桁の支承付近に発生した疲労き裂対策	87
5.3.3	下路桁橋の端横桁の曲げ加工箇所発生した疲労き裂対策	89
5.3.4	槽状桁端支材に発生した疲労き裂対策	91
5.3.5	FRP接着工法の成果と課題	93
5.4	疲労耐久性の評価例（研究開発事例）	94
5.4.1	疲労き裂の発生の予防対策	94
5.4.2	ストップホール施工とFRP接着を併用した疲労き裂の補修	104

5.4.3 FRP 接着による疲労き裂の補修	107
5.5 まとめ	108
参考文献	109
第6章 海外における設計ガイドライン等と適用事例	111
6.1 調査の概要	111
6.2 補修・補強の施工事例	111
6.2.1 調査の対象	111
6.2.2 調査の結果	111
6.3 設計ガイドライン等の整備状況	113
6.3.1 調査の対象	113
6.3.2 文献の要約	114
6.4 まとめ	137
参考文献	137
第7章 国内における研究開発の動向	139
7.1 調査の概要	139
7.2 研究の動向	146
7.2.1 曲げモーメントを受ける部材	146
7.2.2 軸力を受ける部材	147
7.2.3 鋼製橋脚	147
7.2.4 耐疲労性向上	147
7.2.5 熱応力, クリープ, ガルバニック腐食に関する研究	148
7.3 まとめ	148
あとがき	149
付録 国内文献調査シート	153