

腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法

目 次

第 1 章	腐食した鋼構造物の性能回復の現状	1
1.1	性能回復の目的と基本姿勢.....	1
1.2	性能回復のグレード.....	1
1.3	性能回復の現状と課題.....	3
1.4	構造物全体の耐荷力から見た性能回復に関するもう一つの課題.....	4
1.4.1	解析例 1 (複合箱桁橋).....	4
1.4.2	解析例 2 (鋼合成単純 4 主プレートガーダー橋).....	5
1.4.3	まとめ.....	8
第 2 章	腐食損傷の特徴	9
2.1	鋼橋の腐食の特徴と原因.....	9
2.1.1	腐食環境.....	9
2.1.2	プレートガーダー (鈑桁橋・箱桁橋).....	9
2.1.3	トラス橋・アーチ橋.....	11
2.1.4	つり橋・斜張橋.....	13
2.1.5	鋼製橋脚.....	13
2.1.6	継手.....	13
2.2	電力施設の腐食の特徴と原因.....	14
2.2.1	洪水吐きゲート.....	14
2.2.2	送電鉄塔.....	16
2.2.3	水圧鉄管.....	17
2.3	港湾施設の腐食の特徴と原因.....	18
2.3.1	港湾鋼構造物の概要.....	18
2.3.2	海洋環境での腐食の特徴.....	20
2.3.3	集中腐食とその原因.....	21
第 3 章	損傷と性能回復事例	25
3.1	鋼橋の性能回復事例.....	25
3.1.1	プレートガーダー.....	25
3.1.2	トラス・アーチ橋.....	28
3.1.3	つり橋・斜張橋.....	31
3.1.4	鋼製橋脚.....	33
3.1.5	継手.....	34
3.2	電力施設の性能回復事例.....	36

3.2.1	洪水吐きゲート	36
3.2.2	送電鉄塔	36
3.2.3	水圧鉄管	37
3.3	港湾施設の性能回復事例	39
3.3.1	性能回復方法	39
3.3.2	鋼管杭の事例	40
3.3.3	鋼矢板の事例	42
第4章	性能回復設計の考え方	45
4.1	性能回復設計の基本	45
4.1.1	性能評価の対象	45
4.1.2	設計条件	45
4.1.3	性能回復の目標レベル	45
4.1.4	性能回復技術の選定	46
4.1.5	設計時の性能回復効果の予測	46
4.1.6	施工後の性能回復効果の確認	46
4.2	ボルトまたは溶接による当て板を用いた性能回復	47
4.2.1	当て板による性能回復工法の現状	47
4.2.2	設計フロー	52
4.2.3	構造詳細	54
4.2.4	施工上の留意事項	56
4.2.5	性能回復の評価, 検証	59
4.2.6	今後の課題	62
4.3	RC 被覆による性能回復	62
4.3.1	対象構造と RC 被覆工法の特徴	62
4.3.2	RC 被覆工法の選定根拠	64
4.3.3	RC 被覆工法の補修設計	64
4.3.4	RC 被覆工法における性能回復効果の評価	64
4.3.5	RC 被覆工法の留意点および今後の課題	64
4.4	FRP 接着による性能回復	65
4.4.1	対象構造	65
4.4.2	FRP 接着による性能回復工法の特徴	65
4.4.3	FRP 接着工法の選定根拠	66
4.4.4	FRP 接着による性能回復設計	66
4.4.5	FRP 接着による性能回復効果の評価	73
4.4.6	FRP 接着による性能回復の留意点および今後の課題	74
4.5	鋼板接着による性能回復	75
4.5.1	対象構造	75
4.5.2	鋼板接着による性能回復工法の特徴	76
4.5.3	鋼板接着による性能回復工法の選定根拠	76

4.5.4	鋼板接着による性能回復設計	76
4.5.5	鋼板接着による性能回復効果の評価	78
4.5.6	鋼板接着による性能回復の留意点および今後の課題	79
4.6	部材取替による性能回復	79
4.6.1	鋼桁（桁端部）	80
4.6.2	鋼桁（横構・横桁・対傾構）	83
4.6.3	吊橋ハンガーロープ	85
4.6.4	アーチ橋（吊材）	92
4.6.5	トラス橋	96
4.6.6	送電鉄塔	99
4.6.7	ラジアルゲート（脚柱部）	103
4.6.8	取替部材の性能回復に関する考察	107
第5章	防食性能の回復	111
5.1	防食性能回復の基本	111
5.1.1	防食性能の低下区分	111
5.1.2	防食性能の回復手順	113
5.2	構造部位の腐食性評価	115
5.2.1	大気環境における鋼材の平均腐食深さの経時性	116
5.2.2	腐食生成物層の厚さによる鋼板の平均腐食深さの予測方法	116
5.2.3	実構造部位への適用例	118
5.3	腐食環境の改善	121
5.3.1	止水・導水，清掃	121
5.3.2	送気乾燥システム	123
5.4	素地調整	126
5.4.1	ブラスト工法の課題と対応策	127
5.4.2	まとめ	130
5.5	塗装	130
5.5.1	塗装による防食	130
5.5.2	塗膜の劣化の評価	130
5.5.3	防食性能回復の基本方針	131
5.5.4	塗装塗替え	133
5.5.5	海峡部長大橋の塗替え	138
5.6	金属溶射	141
5.6.1	金属溶射の課題と対応策	142
5.6.2	まとめ	148
5.7	耐候性鋼橋梁	148
5.7.1	腐食発生要因	148
5.7.2	さびの評価	149
5.7.3	防食性能回復の基本方針	150

5.7.4	防食補修の実例	150
5.8	海洋構造物の防食方法	155
5.8.1	被覆防食	155
5.8.2	電気防食	160
5.9	今後の課題	163
第6章	維持管理，補修・補強，性能回復評価のための数値解析技術	165
6.1	はじめに	165
6.2	既設鋼構造物の維持管理における数値解析技術活用の実態	166
6.2.1	経年鋼構造物の残存耐荷力評価	166
6.2.2	経年鋼構造物の余寿命評価	169
6.2.3	鋼構造物の補修，補強後の性能回復評価	173
6.3	既設鋼構造物の維持管理，補修・補強，性能回復解析に求められる解析技術	175
6.3.1	形状や解析条件の変化を伴う解析モデルのシミュレーション技術の必要性	175
6.3.2	弾塑性大変形解析	176
6.3.3	維持管理，補修・補強，性能回復評価に有用な解析機能	177
6.4	維持管理，補修・補強，性能回復解析のためのモデル作成技術	180
6.4.1	最適な解析条件，種々の定数を定めるための実測値の利用	181
6.4.2	維持管理用解析モデルの生成	189
6.4.3	腐食表面の再現と将来予測	192
6.5	解析精度向上と既設鋼構造物の安全性照査について	202
6.5.1	既設鋼構造物の安全性照査の現状	202
6.5.2	既設鋼構造物に特化した安全性照査法の必要性	204
6.5.3	信頼性理論に基づく維持管理基準の設定	204
6.6	維持管理，補修・補強，性能回復評価に関わる解析例	208
6.6.1	腐食した駄左布川橋梁の残存耐力	209
6.6.2	腐食柱部材の耐力算定	215
6.6.3	腐食に伴うラジアルゲート脚柱の応力変化	222
6.6.4	支台が隆起した水圧鉄管の当て板補修	228
6.7	まとめと今後の課題	235
第7章	腐食した鋼構造物の性能回復設計マニュアル	237
7.1	総則	237
7.1.1	適用範囲	237
7.1.2	目的	237
7.1.3	性能回復の基本姿勢	237
7.1.4	用語の定義	239
7.2	健全度評価	240
7.2.1	一般	240
7.2.2	防食性能の健全度評価	241

7.2.3	残存耐荷力評価	242
7.2.4	健全度の判定	243
7.3	防食性能の回復	244
7.3.1	一般	244
7.3.2	防食性能の回復技術の選定	244
7.3.3	防食性能の回復設計	246
7.3.4	施工	246
7.3.5	防食性能の回復効果の確認	247
7.4	耐荷性能の回復	248
7.4.1	一般	248
7.4.2	性能回復技術の選定	248
7.4.3	性能回復設計	249
7.4.4	施工	250
7.4.5	耐荷性能の回復効果の確認	252
7.5	性能回復設計に係る非線形有限要素解析	252
7.5.1	一般	252
7.5.2	解析方法	256
7.5.3	解析プログラム	258
7.5.4	解析モデルの作成	260
7.5.5	腐食劣化と補修・補強，性能回復評価に係る解析の機能	265
7.5.6	性能回復に関わる解析データの保管	267
第8章	今後の課題	271
8.1	耐荷性能の回復	271
8.2	防食性能の回復	272
8.3	性能回復設計における数値解析技術	272
付録 A 腐食表面作成プログラム		
付録 B 性能回復事例データ集		