

鋼構造シリーズ 22

鋼橋の疲労対策技術

目 次

第1章 鋼橋の疲労対策の考え方	1
1.1 疲労対策の基本的な考え方	2
1.1.1 予防保全対策	2
1.1.2 疲労き裂補修対策	2
1.1.3 計測および評価技術	3
1.2 疲労対策のための要素技術	4
1.2.1 予防保全技術	4
1.2.2 疲労き裂対策技術	6
1.2.3 計測技術	7
1.2.4 疲労強度評価法	9
第2章 実橋におけるき裂対策事例	13
2.1 鉄道橋	14
2.1.1 縦桁フランジ切欠き部に発生した疲労き裂対策	14
2.1.2 横桁の縦桁フランジ接合部に発生した疲労き裂対策	14
2.1.3 垂直補剛材上端に発生した疲労き裂対策	15
2.1.4 垂直補剛材下端に発生した疲労き裂対策	16
2.1.5 縦桁上フランジ山形鋼に発生した疲労き裂対策	16
2.1.6 ソールプレート溶接部に発生した疲労き裂対策	17
2.1.7 支承部山形鋼に発生した疲労き裂対策	18
2.1.8 桁端切欠部に発生した疲労き裂対策	19
2.1.9 バックルプレートに発生した疲労き裂対策	19
2.2 道路橋	22
2.2.1 主桁と中間横桁接合部に発生した疲労き裂対策	22
2.2.2 主桁と対傾構接合部に発生した疲労き裂対策	24
2.2.3 垂直補剛材溶接部に発生した疲労き裂対策	26
2.2.4 鋼トラス橋斜材に発生した疲労き裂対策	27
2.2.5 鋼アーチ橋吊材格点部に発生した疲労き裂対策	29
2.3 鋼製橋脚	32
2.3.1 鋼製橋脚隅角部に発生した疲労き裂対策	32
2.3.2 鋼製橋脚横梁の主桁支点直下ダイヤフラム溶接部に発生した疲労き裂対策	36
2.4 鋼床版	39
2.4.1 鋼床版の疲労	39

2.4.2	Uリブおよびデッキプレートへの当て板補強	40
2.4.3	縦リブと横リブ交差部への当て板補強	42
2.4.4	垂直補剛材上端部とデッキプレート下面への当て板補強	43
2.4.5	部材取り替えによる補強	44
2.4.6	溶接による補修	45
2.4.7	舗装材料の変更による補強	47
2.4.8	その他の補強	49
第3章	構造ディテールの変遷	53
3.1	鉄道橋	54
3.1.1	設計基準の変遷	54
3.1.2	構造ディテールの変遷	55
3.2	道路橋	62
3.2.1	示方書の変遷	62
3.2.2	疲労損傷の予防保全をねらった構造ディテールの変遷（鋼桁）	63
3.2.3	疲労損傷の予防保全をねらった構造ディテールの変遷（鋼製橋脚）	72
3.2.4	疲労損傷の予防保全をねらった構造ディテールの変遷（鋼床版）	75
3.2.5	疲労損傷の予防保全をねらった構造ディテールの変遷（付属構造物）	80
第4章	疲労に対する予防保全技術	87
4.1	応力集中の低減	88
4.1.1	グラインダー処理	88
4.1.2	TIG処理	93
4.1.3	付加溶接	96
4.1.4	金属溶射	97
4.2	残留応力の低減	101
4.2.1	ハンマーピーニング	101
4.2.2	超音波によるピーニング	103
4.2.3	レーザーピーニング	108
4.2.4	ショットピーニング	109
4.2.5	高周波誘導加熱	111
4.2.6	溶融亜鉛めっき	111
4.3	発生応力の低減	116
4.3.1	FRP接着による補強工法	116
4.3.2	鋼板プレストレス	122
4.4	材料の変更	125
4.4.1	低変態温度溶接材料	125
4.4.2	止端改良棒	127
4.4.3	耐疲労鋼	128

第5章 疲労き裂対策工法	131
5.1 き裂閉口	132
5.1.1 圧こん	132
5.1.2 IGR 処理	133
5.1.3 圧入鋲	137
5.1.4 ピーニング	137
5.2 き裂の開閉口抑制	139
5.2.1 微細粒ペーストの塗布	139
5.2.2 樹脂注入	140
5.3 当て板補修・補強工法	143
5.3.1 FRP 接着工法	143
5.3.2 プレストレス導入工法	147
5.3.3 リフトアップ補強工法	149
5.4 き裂近傍の構造変更	152
5.4.1 鋼床版橋の垂直補剛材上端の半円孔	152
5.4.2 鋼床版橋のUリブ・横リブ交差部のスリット形状改良	154
5.5 ストップホール施工	157
5.5.1 ストップホールの疲労強度と応力集中係数の推定式	157
5.5.2 ボルト締めストップホール法	160
5.5.3 添え板ボルト締めストップホール法	161
5.5.4 FRP 接着併用工法	161
5.5.5 ストップホール近傍への付加円孔の適用	164
5.5.6 その他の工法	165
5.6 溶接補修	168
5.6.1 溶接補修を行う場合の既設鋼材への注意点	168
5.6.2 供用下における溶接補修事例	168
5.6.3 低変態温度溶接材料を用いた溶接補修	169
5.6.4 TIG ドレッシングによるき裂の再溶融	171
5.6.5 デッキプレートとUリブ溶接部の溶接補修	172
第6章 計測技術	175
6.1 溶接形状計測技術	176
6.1.1 溶接部の型取りによる計測	176
6.1.2 レーザースキャナ計測	176
6.2 残留応力計測技術	178
6.2.1 放射線による計測法	178
6.2.2 音波・超音波による計測法	179
6.2.3 電気・磁気による計測法	180
6.3 発生応力計測技術	184

6.3.1	光・レーザーによる計測法	184
6.3.2	赤外線による計測法	185
6.3.3	その他センサによる計測法	186
6.4	疲労き裂、欠陥検出技術	192
6.4.1	放射線による評価法（デジタルX線）	192
6.4.2	音波・超音波による評価法	193
6.4.3	電気・磁気による評価法	203
6.4.4	赤外線による評価法	206
6.4.5	塗料による評価法	206
6.4.6	画像による評価法	208
6.4.7	その他センサによる評価法	210
第7章	疲労強度評価法	217
7.1	エフェクティブノッチ応力による疲労強度評価法	218
7.1.1	エフェクティブノッチ応力算出のための計算手法	218
7.1.2	疲労強度曲線	220
7.1.3	エフェクティブノッチ応力の適用事例	221
7.2	1mm法による疲労強度評価法	229
7.2.1	1mm法を用いた疲労強度の評価方法	229
7.2.2	1mm法の適用事例	230
7.3	その他の局所的な応力に基づく疲労強度評価法	234
7.3.1	等価構造応力による疲労強度評価法	234
7.3.2	グラインダー処理部の応力を用いた疲労強度評価法	237
7.4	参照ひずみによる溶接部の疲労強度評価法	240
7.4.1	鋼床版のデッキプレートとUリブ溶接部の参照ひずみの検討	240
7.4.2	疲労寿命評価の手順	242
7.4.3	参照ひずみを対象とした応力測定と疲労寿命評価事例	242
付-1	道路橋における軸重の実態調査	247
付1.1	等価輪重の算出	247
付1.2	ダブルタイヤとシングルタイヤの等価輪重	249
付-2	韓国における構造ディテールの変遷	253
付2.1	韓国における橋梁の現状	253
付2.2	韓国における鋼橋の疲労損傷事例	253
付2.3	韓国における設計基準の変遷	254
付2.4	韓国における鋼橋の構造ディテールの配慮	255