

道路橋床版の設計の合理化と耐久性の向上

平成16年11月

(社)土木学会
鋼構造委員会
道路橋床版の調査研究小委員会

第 1 分科会報告

床版の輪荷重走行試験

目 次

	頁
まえがき	3
第 1 章 床版の疲労試験	3
1.1 概要	3
1.2 共通試験計画案	3
1.2.1 試験目的	3
1.2.2 供試体	4
1.2.3 載荷方法	4
1.2.4 材料試験	5
1.2.5 計測方法	5
1.2.6 試験結果のまとめ	5
1.3 輪荷重走行試験機による共通試験方法	6
1.3.1 試験対象の床版	6
1.3.2 床版支持条件	6
1.3.3 載荷板	7
1.3.4 載荷荷重	7
1.3.5 計測	8
1.3.6 床版の切断と断面調査	11
1.4 多点移動繰返し載荷試験機による試験方法	12
1.4.1 概要	12
1.4.2 試験方法	12
1.4.3 試験結果および考察	14
1.4.4 まとめ	17
第 2 章 交通荷重の実態	18
2.1 概要	18
2.2 軸重の測定方法	18
2.3 軸重の実態	19
2.3.1 主要国道	19
2.3.2 東京都の主要道路	19
2.4 衝撃に関する研究の実態	20
2.4.1 設計基準類の比較	20
2.4.2 最近の研究動向	21
2.5 S-N線図の傾きの逆数 (m) と輪数の関係	21
2.5.1 mに関する既往の研究	21
2.5.2 m乗則の感度	22
2.5.3 m乗則と経年のノモグラフ	22
2.6 まとめ	22

第 3 章 RC 床版の疲労耐久性 (S-N 曲線) の検討	24
3.1 クランク式試験機による疲労耐久性評価	24
3.1.1 概要	24
3.1.2 クランク式輪荷重走行試験機	24
3.1.3 既往の輪荷重走行試験機概要	25
3.1.4 各試験機における S-N 曲線	28
3.2 自走式試験機による疲労耐久性評価	30
3.2.1 概要	30
3.2.2 輪荷重走行試験機	30
3.2.3 輪荷重走行試験の概要	30
3.2.4 試験結果	31
3.2.5 載荷荷重と走行回数との関係	33
3.2.6 S-N 関係式の評価	35
3.3 輪荷重走行試験データの補正方法	37
3.3.1 検討の背景	37
3.3.2 輪荷重走行試験機概要	37
3.3.3 供試体概要	38
3.3.4 試験結果概要	38
3.3.5 試験結果の補正	38
3.3.6 検討結果のまとめ	41
第 4 章 床版の解析的検討	42
4.1 床版の解析方法	42
4.1.1 概要	42
4.1.2 解析機能	42
4.1.3 データ入力と出力結果	43
4.1.4 計算例①	43
4.1.5 計算例②	43
4.2 支持桁の不等沈下による床版の付加曲げモーメントの検討	45
4.2.1 概要	45
4.2.2 サンプル橋梁	45
4.2.3 文献 2) による付加曲げモーメントの算出	45
4.2.4 文献 3) による付加曲げモーメントの算出	45
4.2.5 まとめ	46
4.3 板問題に関する参考資料	47
4.3.1 板問題に関する基礎式の誘導	47
4.3.2 薄板理論の級数解法	50
4.3.3 異方性板に関する基礎式の誘導	52
あとがき	54
文献一覧	57

第2分科会報告

道路橋床版の性能照査型設計

第 3 章 鋼床版の疲労損傷と疲労耐久性を考慮した構造細目	115
第 4 章 材料の耐久性に関する既存資料の調査	
4.1 はじめに	125
4.2 鋼材料に関する資料調査	125
4.3 コンクリート材料に関する資料調査	126
4.4 まとめ	128
第 5 章 材料の耐久性に関する既存資料の調査	
5.1 損傷部位と損傷メカニズム	129
5.2 点検計画の策定	129
5.3 評価・判定手法	130
5.4 対策工法の選択	130
5.5 ライフサイクルコストと維持管理計画	130
第 6 章 ライフサイクルコストとリスクマネジメント	
6.1 性能照査型設計とライフサイクルコスト	132
6.2 リスクコストの算出	132
6.3 維持管理コストとリスクコスト	133
6.4 まとめ	134
第 7 章 床版の環境負荷評価 (LCA) 試算例	
7.1 算出における前提条件	135
7.2 二酸化炭素排出量の算出	135
7.3 床版形式による環境負荷の比較	136
7.4 LCA 算出原単位の比較	137
7.5 まとめ	138
あとがき	139

第3分科会報告

床版の構造と設計

目 次

	頁
まえがき	149
第 1 編 床版の解析	
第 1 章 はじめに	153
第 2 章 若材齢時応力に関する最近の実験・計測	
2.1 実物大模型実験	154
2.1.1 実験の目的	154
2.1.2 実験供試体	154
2.1.3 計測項目	154
2.1.4 コンクリートの材料特性	155
2.1.5 数値解析	155
2.2 1m供試体	159
2.2.1 1m供試体の目的	159
2.2.2 1m供試体の種類	159
2.2.3 1m供試体計測結果	159
2.2.4 1m供試体計測結果まとめ	160
2.3 材齢初期の有効ヤング係数実験	160
2.4 実橋計測事例	162
2.5 文献リスト	163
第 3 章 解析手法の提案	
3.1 概要	165
3.2 有効ヤング係数	165
3.2.1 有効ヤング係数の設定	165
3.2.2 有効ヤング係数の設定法の違いによる応力度比較	166
3.3 温度応力	166
3.3.1 断熱温度上昇特性	166
3.3.2 熱伝達率	168
3.3.3 コンクリート材齢初期の線膨張係数	168
3.4 乾燥収縮	169
3.4.1 収縮ひずみの予測式	169
3.4.2 解析手法に対する考察	170
3.4.3 鋼桁剛性(断面積)による影響	171
3.4.4 不静定力の算出	171
3.4.5 乾燥収縮に対するクリープの考慮	172
3.4.6 まとめ	172
3.5 膨張材	172

3.5.1 膨張ひずみの基本式	172
3.5.2 最大膨張ひずみ	173
第 4 章 実橋床版(床版支間 6m)における応力解析事例	
4.1 解析条件	173
4.2 応力解析結果	174
4.2.1 橋軸方向に生じる応力	174
4.2.2 橋軸直角方向に生じる応力	174
4.3 コンクリート配合の影響	175
第 5 章 まとめ	175

第 2 編 連続合成桁橋

第 1 章 はじめに	179
第 2 章 連続合成桁橋に適用する床版形式の拡充	
2.1 プレキャスト P C 床版	179
2.2 鋼・コンクリート合成床版	182
2.3 鉄筋コンクリート(RC)床版	184
第 3 章 施工時を考慮した床版の橋軸方向の設計	
3.1 橋軸方向の設計の現状	184
3.1.1 はじめに	184
3.1.2 現行設計法に考慮されていない項目	185
3.2 近畿自動車道敦賀線の P C 床版鋼 2 主連続合成桁の設計事例	185
3.2.1 照査概要	185
3.2.2 橋軸方向の設計	186
3.3 第二東名高速道路・中ノ郷第一高架橋の P C 床版の設計事例	188
3.3.1 照査概要	188
3.3.2 評価手法	189
第 4 章 有害なひび割れ	190
第 5 章 まとめ	192

第 3 編 ずれ止め

第 1 章 はじめに	
1.1 ずれ止めの現状	197
1.2 合成桁橋のずれ止め	197
第 2 章 現状設計法の把握	
2.1 検討事項のフローチャート	198
2.2 道路橋示方書の基準の変遷	199
2.2.1 ずれ止めの種類と最大間隔	199

2.2.2 中間支点付近のずれ止めの規定	200
2.2.3 その他の規定の変遷	201
2.3 わが国におけるその他の基準	202
2.3.1 スタッドの耐荷力	202
2.3.2 設計荷重	202
2.3.3 スタッドサイズと配置	202
2.4 諸外国の基準	204
2.4.1 EUROCODE4の基準（欧州の基準）	204
2.4.2 AASHTOの基準（米国の基準）	205
2.5 設計事例の調査	207
2.6 合成桁の鋼とコンクリートの温度差および乾燥収縮の設計に関する一考察	209
2.6.1 単純合成桁の水平せん断力分布	209
2.6.2 2径間連続合成桁の水平せん断力分布	209
2.6.3 3径間連続合成桁の水平せん断力分布	210
2.6.4 限界状態設計法への適用	210
2.7 ずれ止めの設計において考慮する限界状態	211
2.7.1 ずれ止めの照査ランク	211
2.7.2 ずれ止めの限界状態と橋梁全体の限界状態	212
2.7.3 使用限界状態	213
2.7.4 終局限界状態	213
2.7.5 変形の少ない弾塑性接合の許容について	214
第 3 章 ずれ止め設計法の見直しについて	
3.1 PC床版を有する鋼2主鈹桁橋のずれ止め設計指針案の概要	215
3.1.1 ずれ止めに作用する荷重	215
3.1.2 ずれ止めの耐荷力	216
3.1.3 構造細目	217
3.2 提案設計法による照査例	219
3.2.1 設計条件	219
3.2.2 主桁断面の計算	220
3.2.3 ずれ止めの設計計算	222
第 4 章 新しいずれ止め	
4.1 スタッドタイプのずれ止め	232
4.1.1 高強度スタッド	232
4.1.2 遅延合成スタッド	232
4.1.3 カップラージョイントスタッド	232
4.1.4 板バネを有するねじスタッド	233
4.2 鋼板ジベルタイプのずれ止め	234
4.2.1 鉄筋を貫通させた孔あき鋼板ジベル	234
4.2.2 鋼板リブと鋼管を用いたずれ止め	234

4.2.3 フラスコ形パーフォボンドリブ	234
4.2.4 フィンガージベル	235
4.3 形鋼を用いたずれ止め	236
4.3.1 アングルジベル	236
4.3.2 付着型T形鋼ずれ止め	236
第 5 章 まとめと今後の展望・課題	
5.1 まとめ	237
5.2 今後の展望・課題	237
P C床版を有する鋼 2 主鉄桁橋のずれ止め設計指針（案）	241

第 4 編 床版の構造

第 1 章 はじめに	259
第 2 章 設計曲げモーメント	
2.1 概要	259
2.2 張出部の設計曲げモーメントの検証	259
2.2.1 検証方法	259
2.2.2 解析結果と考察	262
第 3 章 床版厚さ	
3.1 床版厚さの設定	264
3.2 合成床版と鉄筋コンクリート床版との比較	264
3.3 床版厚さに関する今後の検討課題	265
第 4 章 接合部	
4.1 接合部の種別	266
4.1.1 プレキャスト P C 床版	266
4.1.2 合成床版	266
4.2 使用材料	266
4.2.1 共通編	266
4.2.2 プレキャスト P C 床版に用いる材料	267
4.2.3 合成床版の接合に用いる材料	267
4.3 構造細目および施工	267
4.3.1 プレキャスト P C 床版接合部	267
4.3.2 合成床版接合部	269
4.4 接合部の設計方法	271
4.4.1 プレキャスト P C 床版接合部	271
4.4.2 合成床版接合部	272
4.5 まとめ	273
第 5 章 ハンチ	
5.1 ハンチの設定	276

5.2 FEM解析	276
5.3 ハンチの効用	277
第 6 章 PC床版の桁端部構造	
6.1 プレストレス導入への影響	277
6.2 桁端部構造の現状と問題点	278
6.3 今後の対応	278
第 7 章 防水システム	
7.1 床版の耐荷性能および耐久性能への影響	279
7.2 防水システムの要求性能	279
7.3 防水層の種類と現状	279
7.4 今後の防水層の選定	279

第 4 分科会報告

R C 床版の維持管理

目 次

	頁
第 1 章 はじめに	283
第 2 章 R C床版の維持管理と現状	
2.1 各道路管理機関におけるR C床版の健全度判定標準	284
2.1.1 概説	284
2.1.2 国土交通省の床版の損傷度判定標準	284
2.1.3 北海道開発局の床版の損傷度判定標準	285
2.1.4 東京都建設局の床版の損傷度判定標準	286
2.1.5 日本道路公団の床版の損傷度判定標準	287
2.1.6 首都高速道路公団の床版の損傷度判定標準	827
2.1.7 阪神高速道路公団の床版の損傷度判定標準	288
2.2 鋼板接着工法	290
2.2.1 工法概要	290
2.2.2 適用状況	291
2.2.3 補強効果	291
2.2.4 点検のポイント	291
2.2.5 維持管理の課題	294
2.3 縦桁補強工法	295
2.3.1 工法概要	295
2.3.2 適用状況	296
2.3.3 補強効果	296
2.3.4 点検のポイント	296
2.4 上面増厚工法	297
2.4.1 工法概要	297
2.4.2 適用状況	297
2.4.3 補強効果	297
2.4.4 点検のポイント	298
2.5 炭素繊維シート接着工法	299
2.5.1 工法概要	299
2.5.2 適用状況	300
2.5.3 補強効果	300
2.5.4 点検のポイント	301
2.6 下面増厚工法	303
2.6.1 工法概要	303
2.6.2 適用状況	303
2.6.3 補強効果	303
2.6.4 点検のポイント	304

第 3 章 道路橋床版の健全度評価	
3.1 道路橋床版の健全度評価手法の現状	305
3.1.1 床版のひび割れ発生状況に着目した方法	305
3.1.2 床版内のひずみに着目した方法	305
3.1.3 床版の変形に着目した方法	306
3.2 劣化度を用いた道路橋床版の健全度評価手法	306
3.3 道路橋床版の健全度評価に劣化度を用いる際の問題点	306
3.4 道路橋床版の維持管理シナリオにおける健全度評価の改善に関する提案	307
第 4 章 床版下面からの点検方法	
4.1 概説	308
4.2 目視	308
4.2.1 概要	308
4.2.2 デジタルカメラによる点検	308
4.3 赤外線	310
4.3.1 計測原理	310
4.3.2 計測方法	310
4.3.3 評価方法	313
4.4 打音	314
4.4.1 計測原理	314
4.4.2 計測方法	314
4.4.3 評価方法	314
4.5 超音波法	316
4.5.1 原理	316
4.5.2 測定	316
4.5.3 補強床版への適用事例	316
4.6 衝撃弾性波法	317
4.6.1 原理	317
4.6.2 測定	317
4.6.3 衝撃弾性波による床版点検評価適用	317
第 5 章 床版上面からの点検方法	
5.1 概説	319
5.2 FWDの構造と測定原理	319
5.2.1 FWDの構造	319
5.2.2 測定原理	320
5.2.3 測定方法	320
5.2.4 支持桁のたわみ補正方法	321
5.3 適用事例	322
5.3.1 補修効果の評価に活用した事例	322
5.3.2 たわみに基づく劣化度評価	322
5.3.3 ひび割れ密度に基づく劣化度評価	323
第 6 章 おわりに	324