

ストックインフラの補修はちゃんと確実に

“点検結果より損傷が著しいRC床版に特化”

～施工当時の状況把握で補修方法が異なることに着目～

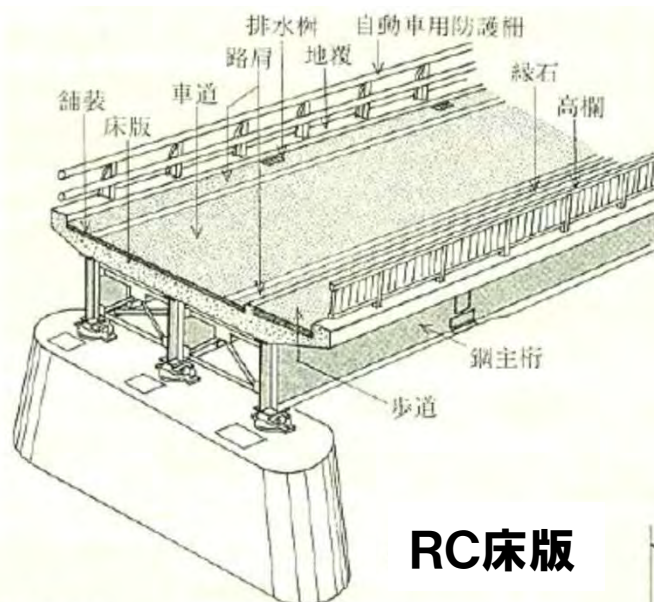
- ・個々の構造体の特性を理解しそれを踏まえた設計が行われているか
- ・損傷程度・部位によって補修内容が異なるが適正か
- ・設計思想を理解し施工されているか
- ・設計通りいかない場合の対応にも配慮した施工となっているか
- ・補修材料の特性を理解し施工に反映しているか
- ・予防保全の名のもとに必要以上に取り壊していないか

令和7年11月19日(水)

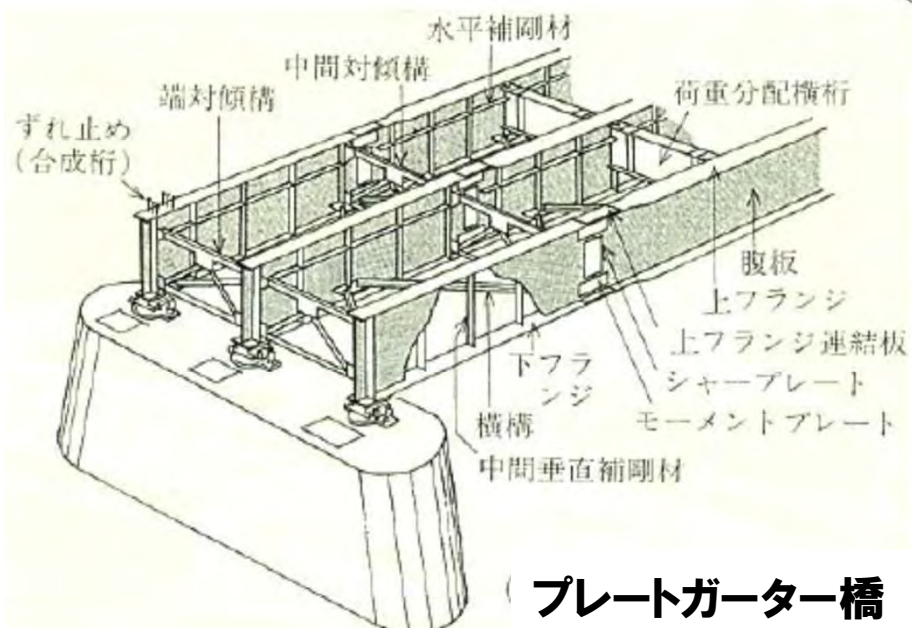
(公社) 土木学会 インフラメンテナンスエキスパート 佐々木一夫
(元 国土交通省 東北地方整備局 道路保全企画官)

知っておきたい橋梁知識

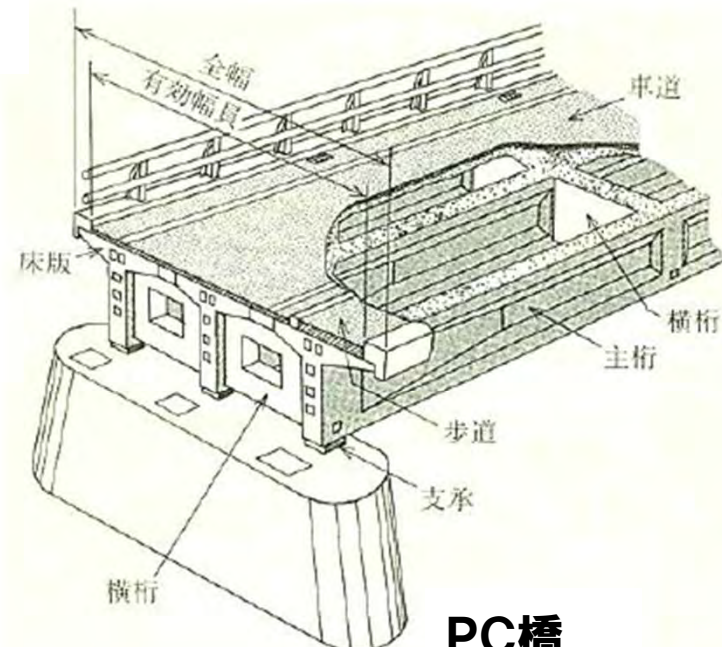
【桁橋の構造】



RC床版



プレートガーター橋



PC橋

道路橋示方書等の変遷

道路橋示方書の改定に伴って
構造が変更される

大きな地震発生後に
改訂

発生地震等

(橋の等級荷重等)
共通編

鋼橋

コンクリート橋

下部構造

耐震設計

M19道路築造保存方法

T12 関東地震

T15 道路構造に関する細則案

S23 福井地震

S47 道示Ⅱ制定

S39 新潟地震

S53 道示Ⅲ制定

S53 宮城県沖地震

S55 道示Ⅳ制定・道示Ⅴ制定

S57 浦河沖地震

H2 道示改訂(技術の進歩、研究成果の反映)

S58 日本海中部地震

H6 道示改訂(車両大型化への対応)

H7 兵庫県南部地震
阪神淡路大震災

H8 道示改訂(耐震性向上)

H14 道示改訂(性能規定化、耐久性向上)

H23 東北太平洋沖地震
東日本大震災

H24 道示改訂(維持管理の確実性、容易性)

技術基準変遷(鋼橋編)1/3

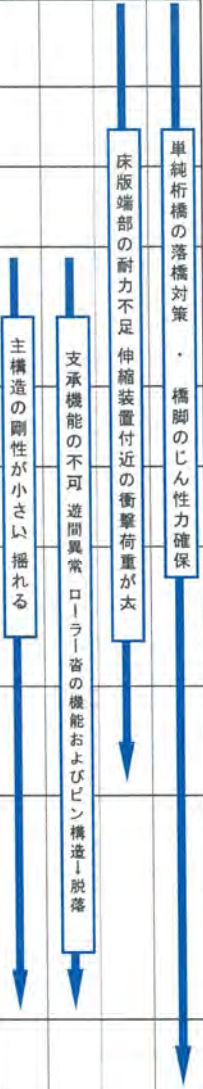
H22.8.1 現在

■道路橋の主な技術基準変遷と点検における着目点(直轄国道)

【1/2】

【鋼橋編】

年次	技術基準等	荷重条件	構造部位			耐震設計法	着目点				
			添接部の接合	主構造等	床版(鉄筋)		腐食	主構造	支承	床版	耐震
1926年(T 15) 1923年(T12) 関東地震に対応	・道路構造に関する細則(T15.6)	・自動車荷重(1等橋) 12 tf 等分布荷重 600 kgf/m ²				・地震荷重が初めて制定					
1939年(S 14)	・鋼道路橋設計示方書(S14.2)	・自動車荷重(1等橋) 13 tf 等分布荷重 500 kgf/m ²	・リベット接合	・SS41(400材)鋼材の規定	・鉄筋の許容応力度(SR24) 1200 kgf/cm ²	・設計震度の標準化					
1955年(S 30)				・工場溶接が一般化	・鉄筋の許容応力度(SR24) 1300 kgf/cm ²						
1956年(S 31) 1948年(S23) 福井地震に対応	・鋼道路橋設計示方書(S31.5)	・TL-20荷重の規定 T荷重(床、床組の設計) 20 tf L荷重(主桁の設計) 20 tf			・鉄筋の許容応力度(SR24) 1400 kgf/cm ² ・最小床版厚 14cm以上 ・配力筋：主鉄筋の25%以上	・地域、地盤条件に応じた設計震度の補正					
1964年(S 39)	・鋼道路橋設計示方書(S39.8)		・高力ボルト規定(F7T、F9T、F11T、F13T)	・SS50、SM50A(500材)鋼材の追加規定	・鉄筋の許容応力度(SD30) 1800 kgf/cm ²						
1966年(S 41)	・高力ボルト摩擦接合設計施工指針(S41.9)		・高力ボルトの改訂(F9T、F11T)								
1967年(S 42)	・床版設計に関する暫定指針(案)(S42.9)			・SM53、SM58(520、570材)鋼材の追加規定	・鉄筋の許容応力度(SD30) 1400 kgf/cm ² ・最小床版厚 16cm以上 ・配力筋：主鉄筋の70%以上						
1971年(S 46)	・鉄筋コンクリート床版の設計施工について(S46.3)				・曲げモーメント算出式の改訂(主鉄筋、配力鉄筋)	・道路橋耐震設計指針(S47) 落橋防止対策の規定 液状化判定法の導入					
1973年(S 48) 1964年(S39) 新潟地震に対応	・道路橋示方書(S48.2)	・TT-43荷重の規定(特定路線にかかる橋梁の設計荷重)	・高力ボルトの改訂(F8T、F10T、F11T)		・床版厚の補正係数設定 大型車の交通量による補正(k1) 主桁の剛性による補正(k2) ・桁端部の車道部床版は、床版厚さをハンチ高だけ増し厚(範囲：床版支間長の1/2) 2倍の主鉄筋を配置(中間支間の必要鉄筋量の2倍)						
1978年(S 53)	・鉄筋コンクリート床版の設計施工指針(S53.4)				・鉄筋の許容応力度(SD295) 1200 kgf/cm ²						
1980年(S 55) 1978年(S53) 宮城県沖地震に対応	・道路橋示方書(S55.2)		・高力ボルトのF11Tを削除(遅れ破壊による破断)		・桁端部の車道部床版は、2倍の曲げモーメントにより床版厚さを設計(2倍の主鉄筋を配置)	・液状化に対する設計法の合理化 ・主鉄筋段落とし部の設計法の改良(下部工) ・動的解析用入力の規定 ・RC橋脚の変形性能照査の規定 ・落橋防止対策の規定(SE、落橋防止装置)					
1987年(S 62)	・鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料(S62.1)										



技術基準変遷(鋼橋編)2/3

H22.8.1 現在

【 2 / 2 】

■道路橋の主な技術基準変遷と点検における着目点(直轄国道)

【 鋼 橋 編 】

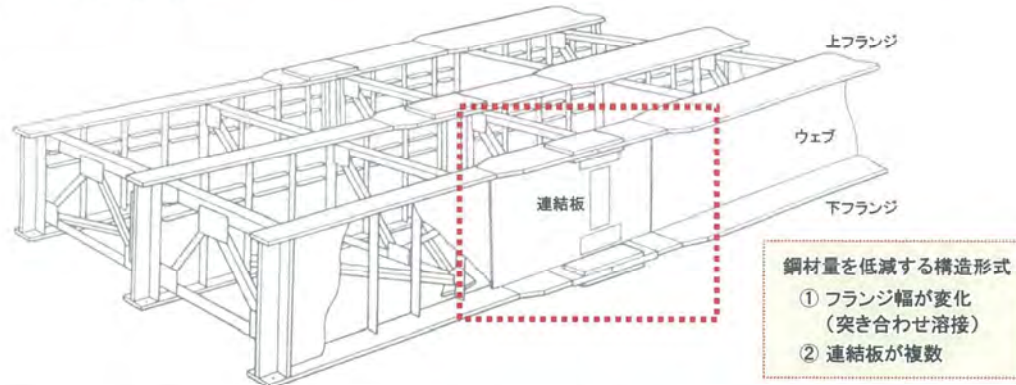
年 次	技 術 基 準 等	荷 重 条 件	構 造 部 位			耐 震 設 計 法	着 目 点				
			添接部の接合	主構造等	床版(鉄筋)		腐食	主構造	支承	床版	耐震
1990 年 (H 2) 1982年 (S57) 浦河沖地震に対応 ・ 1983年 (S58) 日本海中部地震 に対応	・ 道路橋示方書 (H2.2) ・ スパイクタイヤ粉じんの発 生の防止に関する法律 (H2.6) → H3.4.1 脱スパイク法施行					<ul style="list-style-type: none"> ・ 液状化判定法の改善 ・ 設計震度算出法の改善 ・ 動的解析による照査の明確化 ・ RC橋脚の保有水平耐力照査法の明確化 					
1994 年 (H 6)	・ 道路橋示方書 (H6.2)	・ 25t 荷重に変更 (B活荷重) T荷重、L荷重の載荷方法見直し			・ 主桁間隔による主鉄筋の曲げ モーメント割増し ($2.5m < L \leq 4.0m$)						
1996 年 (H 8) 1995年 (H7) 兵庫県南部地震 に対応	・ 道路橋示方書 (H8.12)			<ul style="list-style-type: none"> ・ 溶接鋼材はSM材に仕様変更 (溶接構造用圧延鋼材) (H9.10 どうこう154号) ・ 耐候性鋼材(裸仕様)の使用を 基本(腐食環境下では塗装仕 様を検討) (H12.4 橋梁マニュアル P1-30) 		<ul style="list-style-type: none"> ・ 内陸直下型地震を想定した設 計震度の規定 ・ RC橋脚の地震時保有水平耐 力法の改善 ・ 鋼製橋脚の地震時保有水平耐 力法の規定 ・ 基礎、支承部、落橋防止に関 する地震時保有水平耐力法の規 定 ・ 液状化判定法の見直しと流動 化に対する設計手法の規定 ・ 落橋防止システムの規定(桁 かかり長、落橋防止構造、変 位制限構造、段差防止構造) 	<div>桁端の腐食が著しく進行</div>				
2002 年 (H 14)	・ 道路橋示方書 (H14.3)				・ 鉄筋仕様の変更 (SD345) (H17.5 橋梁マニュアル P4-8)						

技術基準変遷(鋼橋:構造形式・床版編)3/3

【構造形式の着目点】

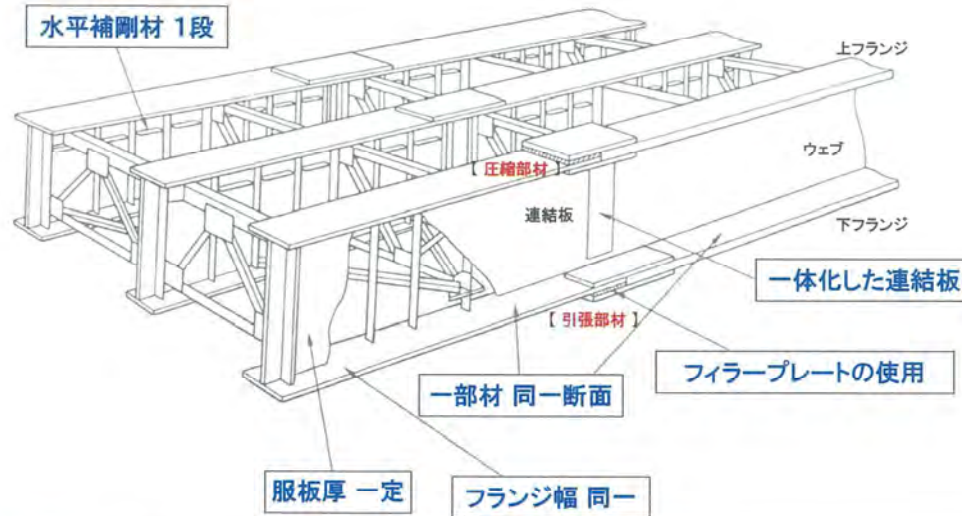
設計年次により上部工構造が異なる

■ 平成7年 以前の構造



■ 平成8年 以降の構造

平成7年10月に鋼道路橋設計ガイドライン(案)が策定され、**省力化できる構造形式に変更**された。適用範囲は、標準的なI形断面のプレートガーダー橋(鈑桁橋)を対象に、工場製作および現場施工の省力化を図るために改訂された。



ここに着目！

- これまでの上部工構造は、鋼材の重量を低減することで安価に製作してきた。
【必要最小限の部材構成のため、許容応力度に余裕がなく、疲労等による損傷が懸念される】
- 近年は工場製作に際し、製作労務費と鋼材費用の割合が逆転する状況となったことから、鋼道路橋設計ガイドライン(案)(H7.10)により省力化できる構造形式に変更された。

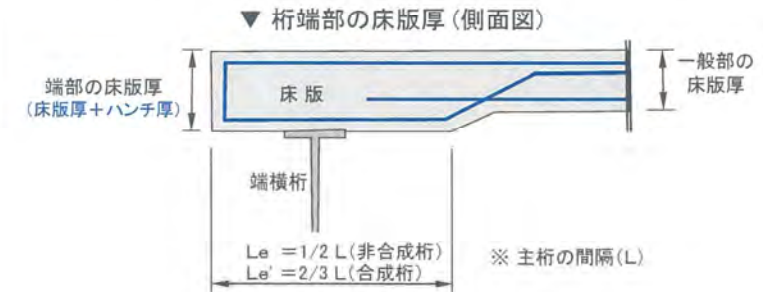
【橋梁点検の要点】

床 版 編

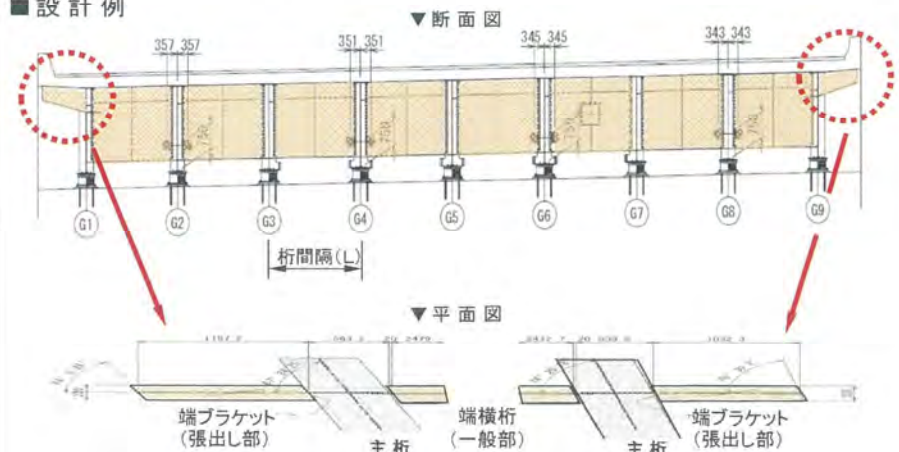
■ H14 道路橋示方書(ⅡP254)

けた端部の車道部分の床版は、そこで連続性が断たれるので一般部の床版に比べて大きな曲げモーメントが生じる。

- 主鉄筋方向の発生曲げモーメント：一般部の2倍程度(有限要素法による解析結果)
- 伸縮装置付近は、不陸によって大きな衝撃がけた端部の床版に作用(床版増し厚)



■ 設計例



ここに着目！

- 昭和48年以前に竣工した橋梁は、**床版端部が耐荷力不足**
→ ひび割れ、遊離石灰、浮き等
【伸縮装置部の橋面に段差を生じさせないように管理する必要がある。】
- 斜角のある橋梁においては、張出し部の床版端部に端ブラケットが無ければ応力超過

技術基準変遷(Co橋編)1/2

■道路橋の主な技術基準変遷と点検における着目点(直轄国道)

【コンクリート橋編】

年次	技術基準等(主なもの)	耐久性に係わる基準等	荷重条件	コンクリート橋の施工に伴う変遷			耐震設計法	着目点(さび汁の有無)								
				コンクリート打設に伴う変遷	鉄筋コンクリート橋	プレストレストコンクリート橋		RC	PC	定着部	塩害					
1926年(T15) 1923年(T12) 関東地震に対応	・道路構造に関する細則(T15.6)		・自動車荷重(1等橋) 12tf 等分布荷重 600kgf/m ²	現場練りコンクリート 骨材に「川砂・川砂利」を使用 工場練りコンクリート(レディミクストコンクリート) 骨材に「砕石」を主に使用	コンクリートの付着応力度が小さい(異形の1/2) 配筋不良(鉄筋がぶり不足や配筋不良など) ポンプ打設により 低品質コンクリート(材料分離、コールドジョイント他) アルカリ骨材反応 防凍剤(塩カル)使用による塩害	・鉄筋の許容応力度(SR235) 床版: 1200 kgf/cm ² 国道 RCT桁橋標準設計(S6.4)	一般的に実用化されいてない 間詰め部の鉄筋配置 【床版幅: 30cm未満】 【床版幅: 30cm以上】	地震荷重が初めて制定 設計震度の標準化 震度法により地震時水平力を算出 【橋脚のじん性力(ねばり)が弱い】	せん断ひび割れ(支点部に着目)	RC	PC	定着部	塩害			
1931年(S6)	鉄筋コンクリート標準示方書(S6)	・材令28日の圧縮強度を基準(最低基準強度値無し)	・自動車荷重(1等橋) 13tf 等分布荷重 500kgf/m ²			RCT桁橋標準設計(S17.6) RCスラブ橋標準設計(S29.9)										
1939年(S14)	鋼道路橋設計示方書(S14.2) 鉄筋コンクリート標準示方書(S15, S24)		・自動車荷重(1等橋) 13tf 等分布荷重 500kgf/m ²			鉄筋の許容応力度(SR235) 床版: 1300 kgf/cm ²										
1955年(S30)	・PC設計施工指針(S30)					鉄筋の許容応力度(SR235) 床版: 1400 kgf/cm ² 最小床版厚 14cm以上 ・RCT桁橋標準設計(S32.3)								プレテンスラブ橋 標準設計制定(S32.3 日本道路協会) プレテンション桁 JIS制定 プレキャスト I 桁(S34.2) プレキャスト T 桁(S35.3) PC鋼線(より線含む) JIS制定 ボス単純T桁橋 標準設計制定(S44 建設省)	地域、地盤条件に応じた設計震度の補正	
1956年(S31) 1948年(S23) 福井地震に対応	鋼道路橋設計示方書(S31.5) PC設計施工指針(S36)		・TL-20荷重の規定 T荷重(床、床組の設計) 20tf L荷重(主桁の設計) 20tf			鉄筋の許容応力度(SD295) 床版: 1800 kgf/cm ²								間詰め床版: 昭和44年以前 テーパー無し(間詰め部の鉄筋有り) 間詰め床版: 昭和45年以降 テーパー有り(床け落ち対策)		
1964年(S39)	・鉄筋コンクリート道路橋設計示方書(S39)	・材令28日の最低基準強度を規定			鉄筋の許容応力度(SD295) 床版: 1400 kgf/cm ² 最小床版厚 16cm以上 床版配筋: 主鉄筋の 70%以上	・S44まで【間詰め床版】落下の恐れ										
1967年(S42)	・床版設計に関する暫定指針(S42.9) PC道路橋示方書(S43) PC標準示方書(S43)					床版曲げモーメント算出式の改訂(主鉄筋、配筋鉄筋)	・S44まで【間詰め床版】落下の恐れ	・プレテン単純T桁橋 標準設計制定(S47 建設省)	道路橋耐震設計指針(S47) 落橋防止対策の規定 液状化判定法の導入							
1971年(S46)	・鉄筋コンクリート床版の設計施工について(S46.3)															
1973年(S48) 1964年(S39) 新潟地震に対応	・道路橋示方書(S48.2)		・TT-43荷重の規定 (特定路線にかかる橋梁の設計荷重)			床版厚の補正係数設定 大型車の交通量による補正(k1) 主桁の剛性による補正(k2)	・H5まで【主桁シース内への漏水の恐れ】	・プレテン単純中空床版橋 標準設計制定(S50 建設省)								
1978年(S53)	道路橋示方書コンクリート編(S53.1) 鉄筋コンクリート床版の設計施工指針(S53.4)	最低基準強度値が改訂 海砂の使用通知(S53.5)				鉄筋の許容応力度(SD295) 床版: 1200 kgf/cm ²										
1980年(S55) 1978年(S53) 宮城県沖地震に対応	道路橋示方書(S55.2) コンクリート標準示方書(S55, S61)	・道路橋の塩害対策指針(S59.2) ・コンクリート中の塩化物総量規制及びアルカリ骨材反応暫定対策を通知(S61.6)				片持版端部の床版は、2倍の曲げモーメントにより床版厚さを設計(2倍の主鉄筋を配置)	・PCホロー桁のボイド形状・埋設型枠変更(S55)	液状化に対する設計法の合理化 主鉄筋段落とし部の設計法の改良(下部工) 動的解析用入力値の規定 RC橋脚の変形性能照査の規定 落橋防止対策の規定(SET、落橋防止装置)								
1987年(S62)	・鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料(S62.1)						昭和54年以前 水漏れ防止 昭和55年以降 コンクリート打設 奥部材	・プレテン単純床版橋 標準設計制定(S56 建設省)								

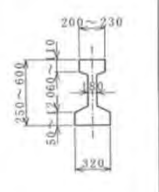
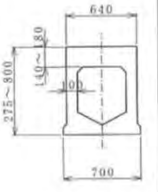

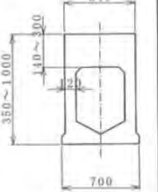

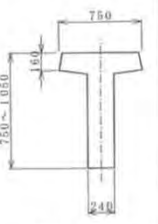
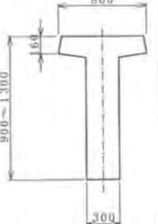
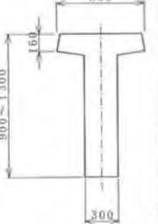
技術基準変遷(〇橋編)2/2

■道路橋の主な技術基準変遷と点検における着目点(直轄国道)

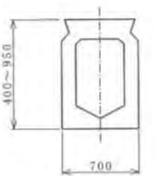
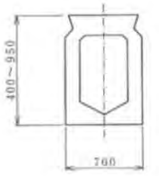
【コンクリート橋編】

年次	技術基準等(主なもの)	耐久性に係わる基準等	荷重条件	コンクリート橋の施工に伴う変遷			耐震設計法	着目点(さび汁の有無)			
				コンクリート打設に伴う変遷	鉄筋コンクリート橋	プレストレストコンクリート橋		RC	PC	定着部	塩害
1990年(H2) 1982年(S57) 浦河沖地震に対応 1983年(S58) 日本海中部地震に対応	道路橋示方書(H2.2) スパイクタイや粉じんの発生防止に関する法律(H2.6) → H3.4.1 脱スパイク法施行 PC工法設計施工指針(H3) プレキャストブロック工法によるPCT桁道路橋設計施工指針(H4)	・アルカリ骨材反応抑制対策について(H1.7)		異形鉄筋(S、D、2、9、5以上)		主桁滞水の恐れ 	・液状化判定法の改善 ・設計震度算出法の改善 ・動的解析による照査の明確化 ・RC橋脚の保有水平耐力照査法の明確化		↓	↓	↓
1994年(H6)	・道路橋示方書(H6.2) ・コンクリート道路橋設計便覧(H6)		・25tf 荷重に変更(B活荷重) T荷重、L荷重の載荷方法見直し	工場練りコンクリート(レディミクストコンクリート)の使用	主桁間隔による支間方向の曲げモーメント割増し: 床版(2.5m < L ≤ 6.0m)					↓	
1996年(H8) 1995年(H7) 兵庫県南部地震に対応	・道路橋示方書(H8.12) ・コンクリート道路橋施工便覧(H10)	・使用材料の改訂(どうこう159号 H10.12) コンクリート強度 24N/mm ² 鉄筋 SD345 ・水セメント比を規定(H13.3) 鉄筋: 55%以下 無筋: 60%以下 ・土木コンクリート構造物の品質確保(H13.3) テストハンマーによる強度推定 ひび割れ発生調査		凍結に抑制剤の飛散による塩害が顕著 H8年以降 過密配筋により単位水量が増加 初期のひび割れが顕著	鉄筋の許容応力度(SD345) 床版: 1200 kgf/cm ²	標準設計の変遷 平成2年以前 平成3年以降 塩分付着防止 	・内陸直下型地震を想定した設計震度の規定 ・RC橋脚の地震時保有水平耐力法の改善 ・鋼製橋脚の地震時保有水平耐力法の規定 ・基礎、支承部、落橋防止に関する地震時保有水平耐力法の規定 ・液状化判定法の見直しと流動化に対する設計手法の規定 ・落橋防止システムの規定(桁かかり長、落橋防止構造、変位制限構造、段差防止構造)				
2002年(H14)	・道路橋示方書(H14.3) コンクリート標準示方書(H14) コンクリート標準示方書(H20)	・高炉セメントの使用(H14.9) ・単位水量の管理値を規定(H15.10) 粗骨材(20~25mm) 175kg/m ³ 以下 ・配筋状態及びかぶり測定(H17.5) 骨材の収縮ひずみ 1000μm以下(6ヶ月)		異形鉄筋(S、D、3、4、5以上)							

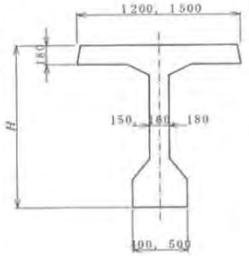
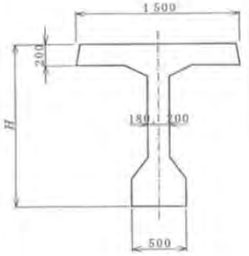
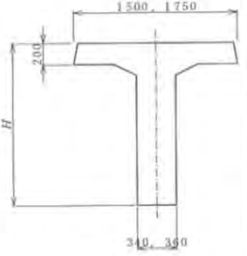
PC桁の変遷

	昭和55年（1980年）	平成3年（1991年）	平成7年（1995年）	平成12年（2000年）
スラブ橋桁	 支間：5~13 m	 支間：5~21 m	 支間：5~24 m	 支間：5~24 m
桁橋桁	 支間：10~21 m	 支間：14~21 m	 支間：18~24 m	 支間：18~24 m

JIS桁断面形状の変遷


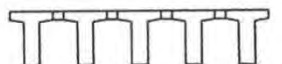


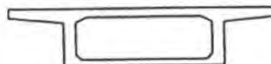
	昭和50年（1975年）制定	昭和55年（1980年）改訂
断面寸法	 支間：10~20 m	 支間：10~20 m

建設省標準設計プレテン桁断面形状の変遷

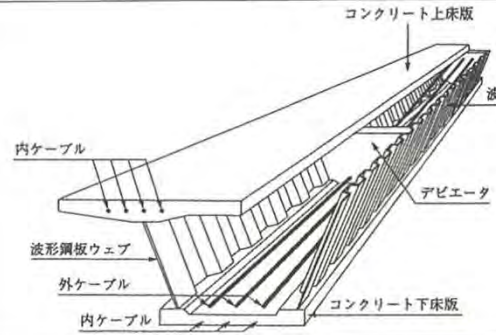
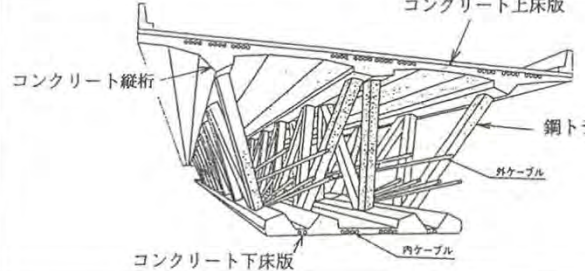
	昭和44年（1969年）制定	昭和55年（1980年）改訂	平成6年（1994年）改訂
断面寸法	 支間：14~40 m	 支間：20~40 m	 支間：20~45 m

建設省標準設計ホステン桁断面形状の変遷

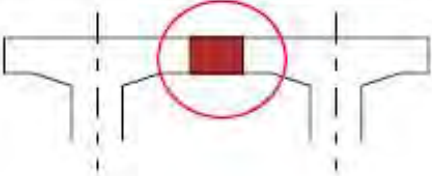
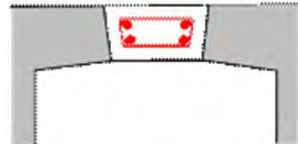
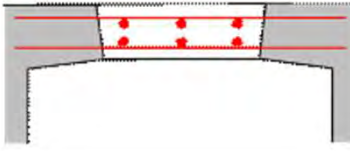
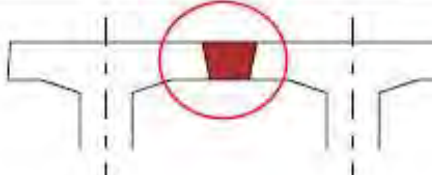


コンクリート橋の主桁断面形状による分類

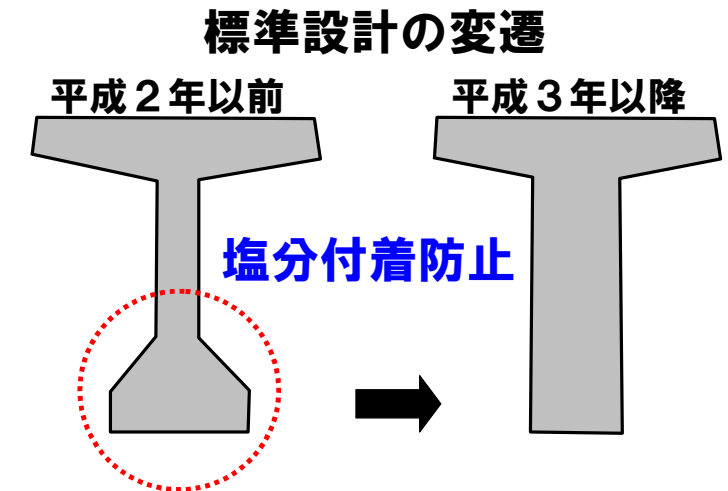
断面形状	概念図	概要
床版橋		2方向に広がりをもち、相対する2辺が支持され、他の2辺が自由な版構造 適用：RC 橋, PC 橋
T桁橋		T型断面形状をした、主桁2本以上からなる構造 適用：RC 橋, PC 橋
合成桁橋 (PC コンボ橋)		床版は工場で作成された PC 板を主桁上面に設置し、その上に場所打ちコンクリートを打設し合成床版とする構造 適用：PC 橋
中空床版橋		橋体の重量を軽減するため、橋体の内部を空洞にした床版橋 適用：RC 橋, PC 橋
箱桁橋		上フランジ、下フランジおよび2本以上のウェブから構成される構造 適用：PC 橋

鋼・コンクリート複合橋の主桁断面形状による分類

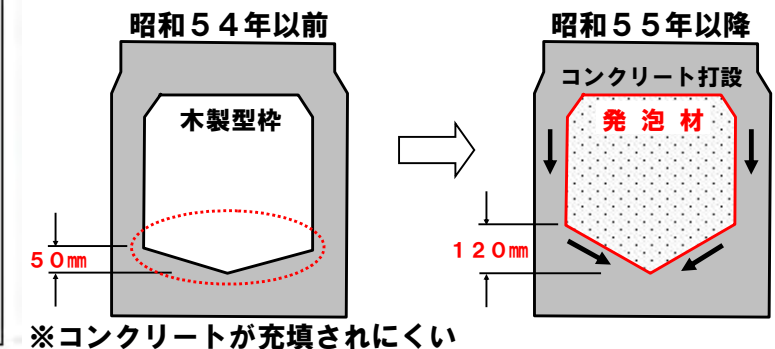
断面形状	概念図	概要
波形ウェブ橋		PC 箱桁のウェブを波形鋼板に置き換え、内ケーブルあるいは外ケーブルによりプレストレスを与えた合成構造
複合トラス橋		PC 箱桁のウェブを鋼トラス構造に置き換え、内ケーブルあるいは外ケーブルによりプレストレスを与えた合成構造

PC桁(形状&間詰めコン)の技術変遷

ボ ス T	ブ レ T	間詰めコンクリートの形状
昭和43年以前	昭和45年以前	 <div data-bbox="981 375 1366 861"> <p>間詰め部の鉄筋配置</p> <p>【床厚欄：30cm未満】</p>  <p>【床厚欄：30cm以上】</p>  </div> <p>間詰め形状が長方形であり、落下しやすい形状</p>
昭和44年以後	昭和46年以後	 <p>間詰め形状が逆台形（クサビ形状）であり、落下しにくい形状である。</p> <p>プレテン桁：定着鉄筋無し ボステン桁：30cm以上は定着有り 30未満は定着鉄筋無し</p>
		 <p>間詰めコンクリート 長方形断面</p>  <p>間詰めコンクリート 逆台形断面</p>

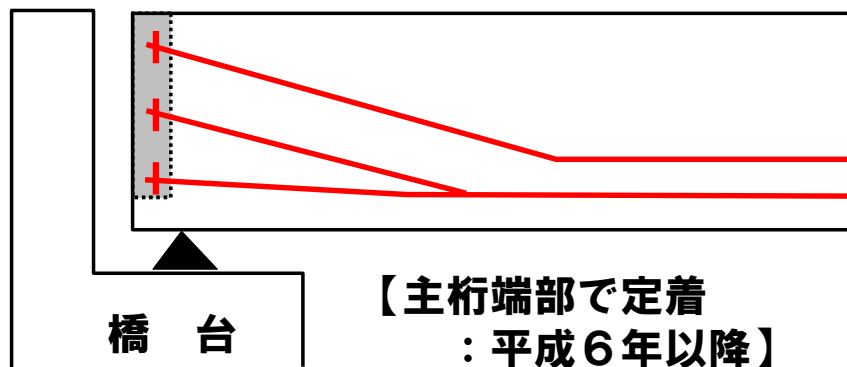
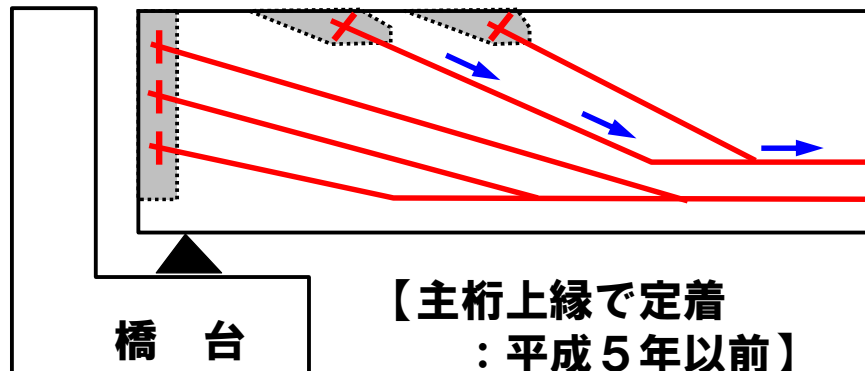


PCホロー桁のボイド形状
埋設型枠変更(S55)



PC桁(PCケーブル)の技術変遷

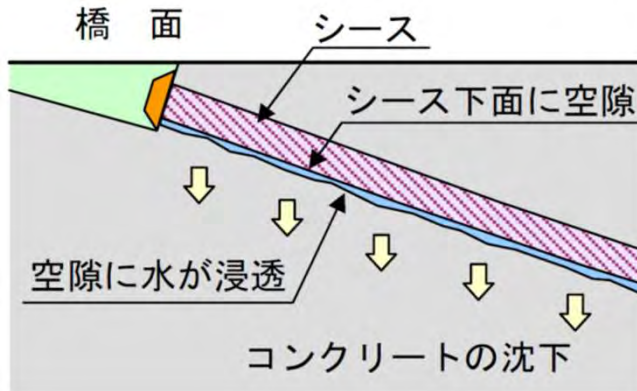
ポステン桁の床版上縁での PC ケーブルの定着



PCケーブル定着方法	
昭和54年以前	<p>上縁定着位置</p> <p>PCケーブルの一部を、主桁上縁（床版上面）で定着している。</p>
昭和55年 ～ 平成5年	<p>上縁定着位置</p> <p>桁長が27m以下の場合、PCケーブルの一部を、主桁上縁（床版上面）で定着している。</p> <p>すべて端部定着</p> <p>桁長が28m以上の場合、主桁端部でPCケーブルを定着している。</p>
平成6年以降	<p>すべて端部定着</p> <p>桁長に関係なく、主桁端部でPCケーブルを定着している。</p>

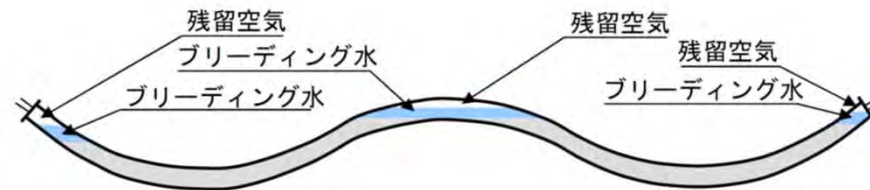
PC桁(定着位置による不具合)

PC定着部からの雨水の浸入による PC鋼材やシースの腐食



■ ひび割れの発生原因

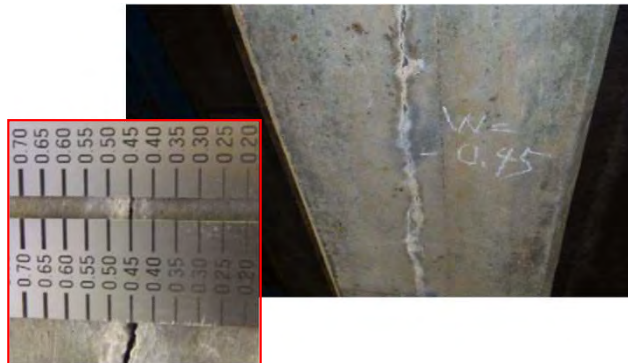
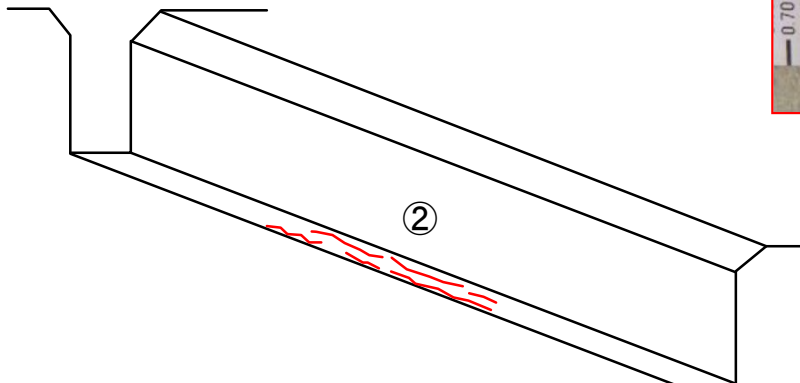
シース内のグラウト充填不良やシース管下面の空洞に水が浸入し、凍結膨張によりひび割れが発生したものと推定される。



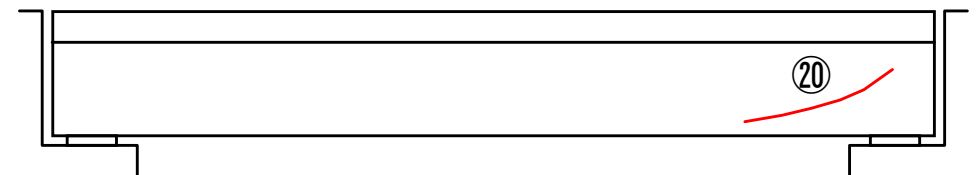
ひび割れパターン②(幅 0.45mm)

ひび割れパターン⑳(幅 0.2mm)

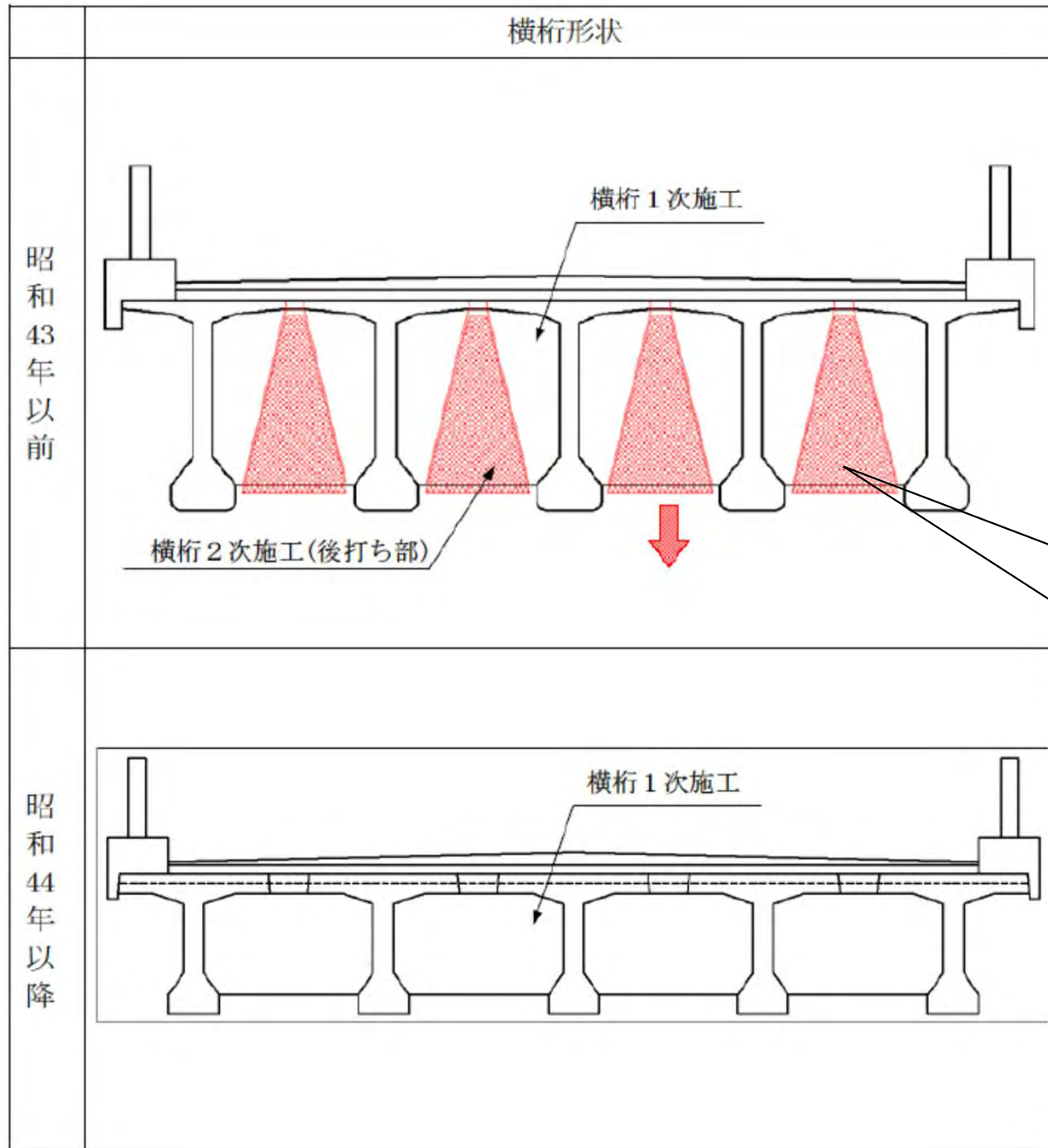
ひび割れパターン②
主桁下面の橋軸方向ひび割れ



ひび割れパターン⑳
シースに沿って生じるひび割れ



PC桁(横桁形状)の変遷

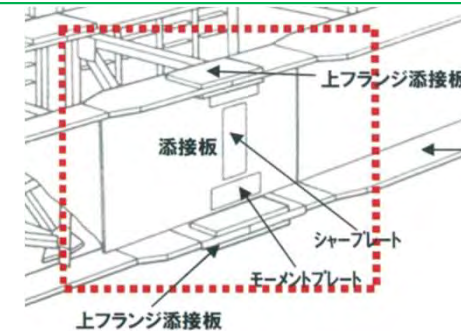


昭和43年以前に施工された横桁は、後打ち部を斜めに施工していた場合があり、特に横桁の打ち継ぎ目からの損傷に着目

竣工年次を特徴づける構造変更（製作桁の省力化）

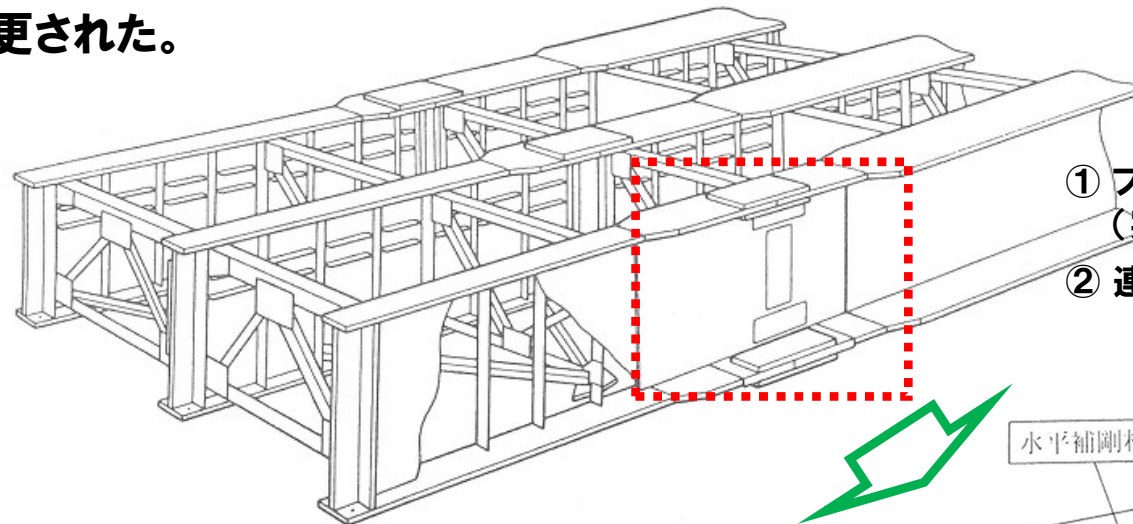
■ 平成11年 以降の構造

平成7年10月に鋼道路橋設計ガイドライン(案)が策定され、省力化できる構造形式に変更された。



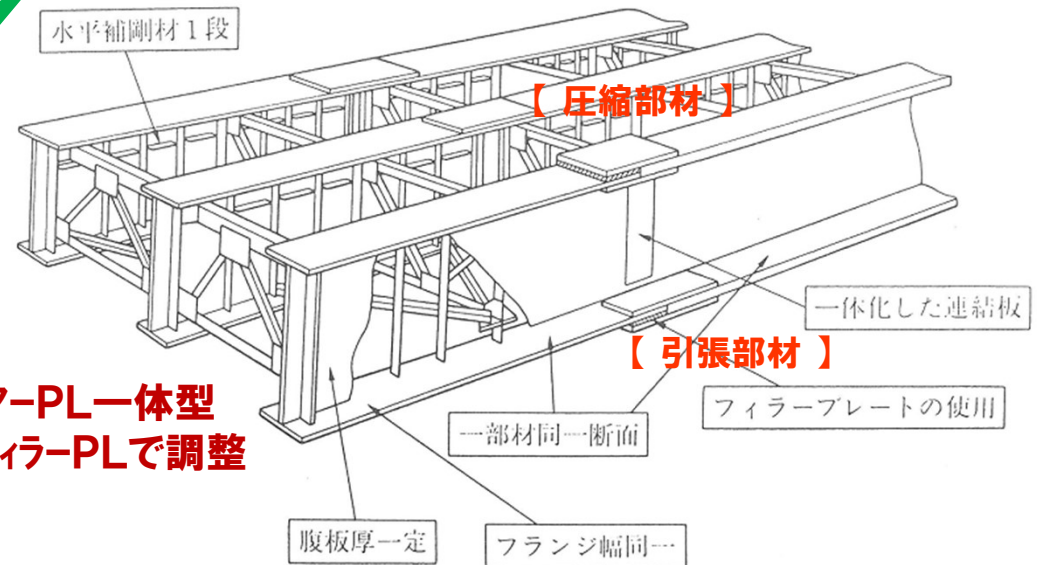
鋼材量を低減する構造形式

- 板桁のフランジ同一幅
- 板桁の腹板同一厚
- 水平補剛材一段

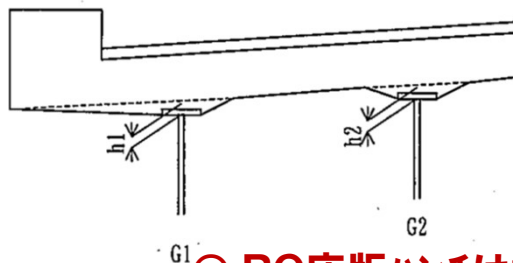


- ① フランジ幅が変化
(突き合わせ溶接)
- ② 連結板が複数

適用範囲は、標準的なI形断面のプレートガーター橋(鉋桁橋)を対象に工場製作および現場施工の省力化を図るために改訂された。



- モーメントPLとシア-PL一体型
- フランジ連結はフィラーPLで調整



- RC床版ハッチは橋軸方向・橋軸直角方向も同一

※ これまでの上部工構造は、鋼材の重量を低減することで安価に製作してきた。

【必要最小限の部材構成のため、許容応力度に余裕がなく、疲労等による損傷が懸念される】

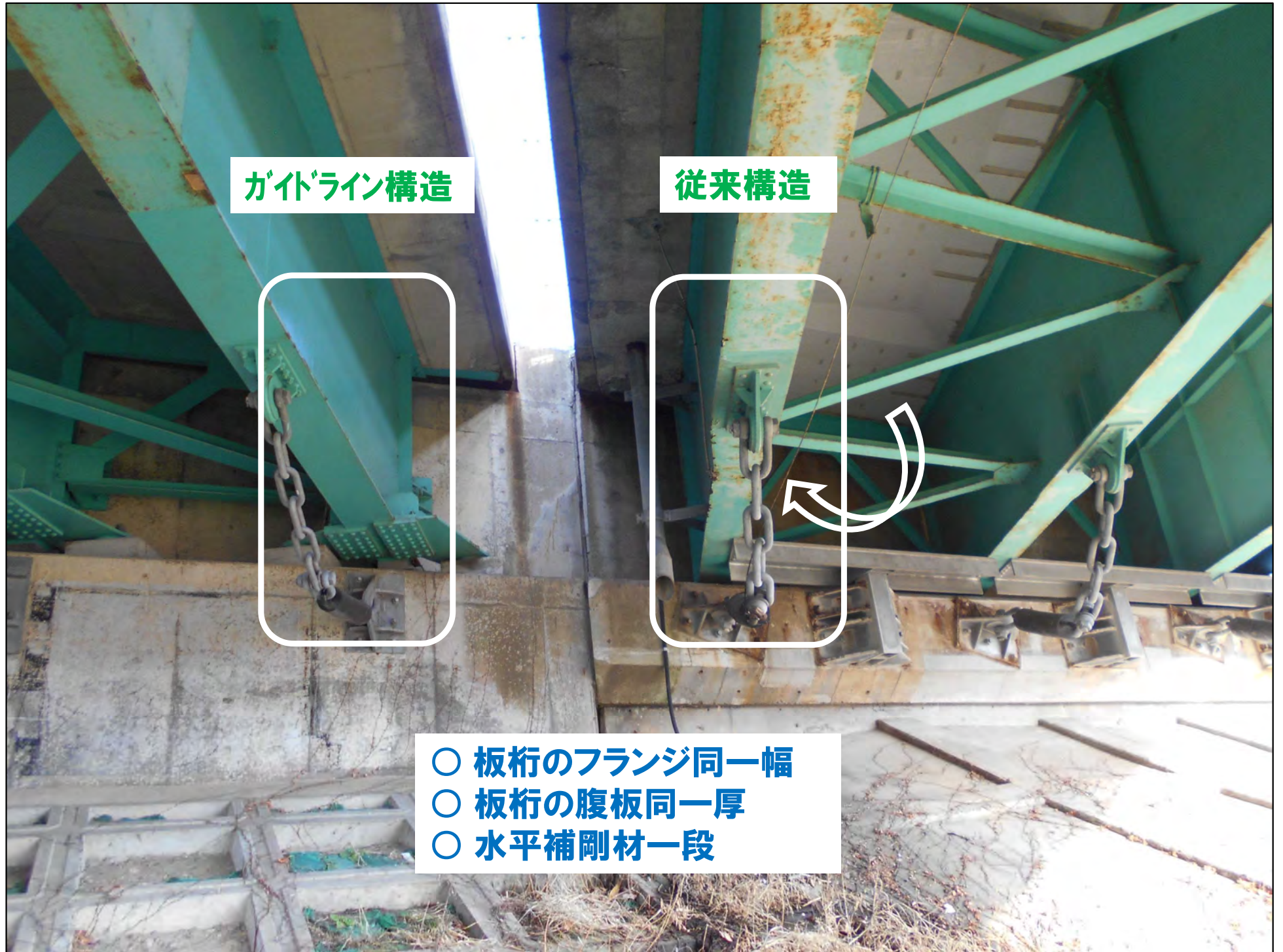
※ 近年は工場製作に際し、**製作労務費と鋼材費用の割合が逆転する状況**となったことから、鋼道路橋設計ガイドライン(案)により省力化できる構造形式に変更された。

省力(省人)化された構造比較

ガイドライン構造

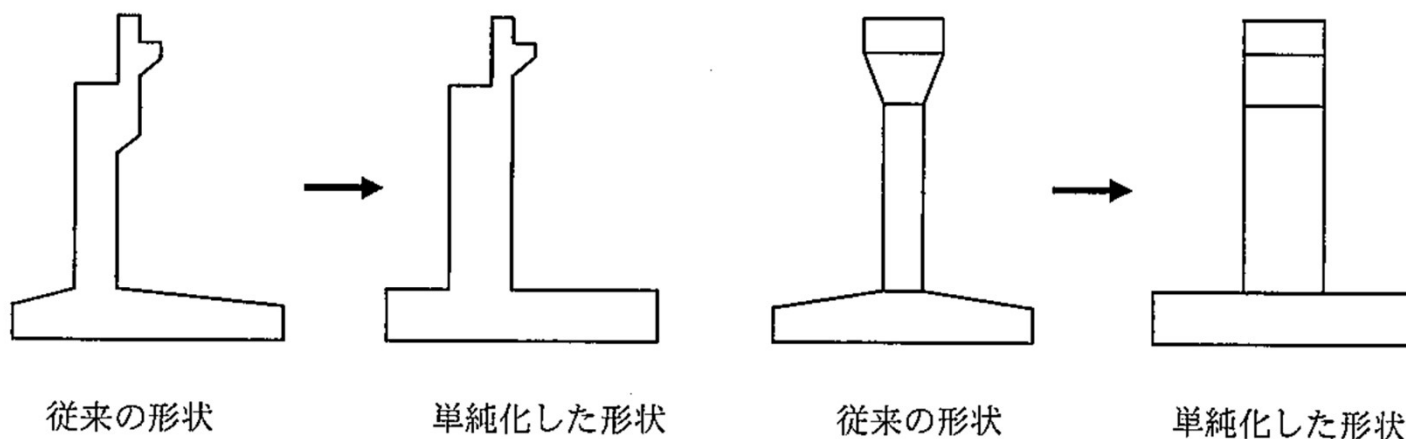
従来構造

- 板桁のフランジ同一幅
- 板桁の腹板同一厚
- 水平補剛材一段



竣工年次を特徴づける構造変更（下部工形状単純化・鉄筋定尺長）

下部工形状変更

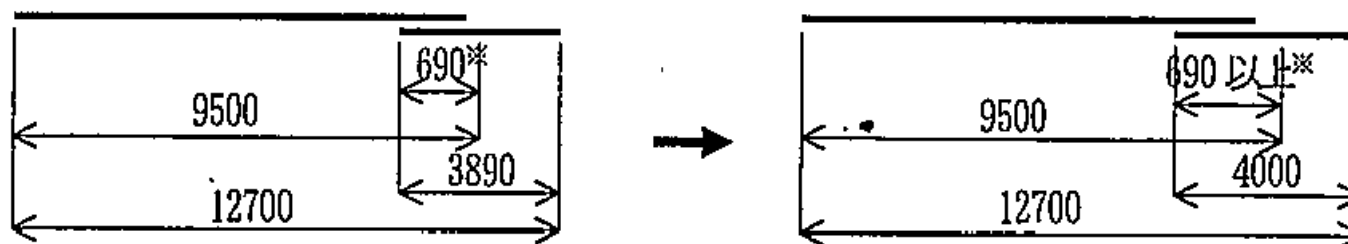


○ フーチング正面のテーバーは設けない

(a) 橋 台

(b) 橋 脚

鉄筋定尺化で加工省力化



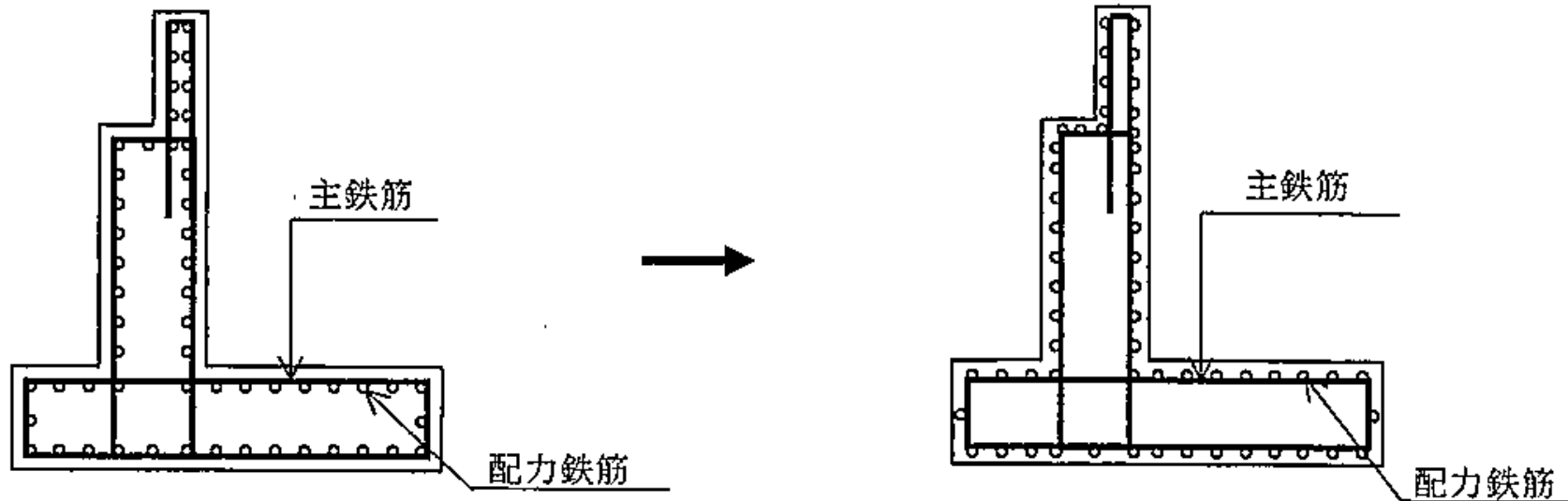
※規定重ね継手長を10mm単位に切り上げた値である（鉄筋径D22を用いた場合）。

○ 鉄筋の材質はSD345

○ 定尺鉄筋(50cm単位)

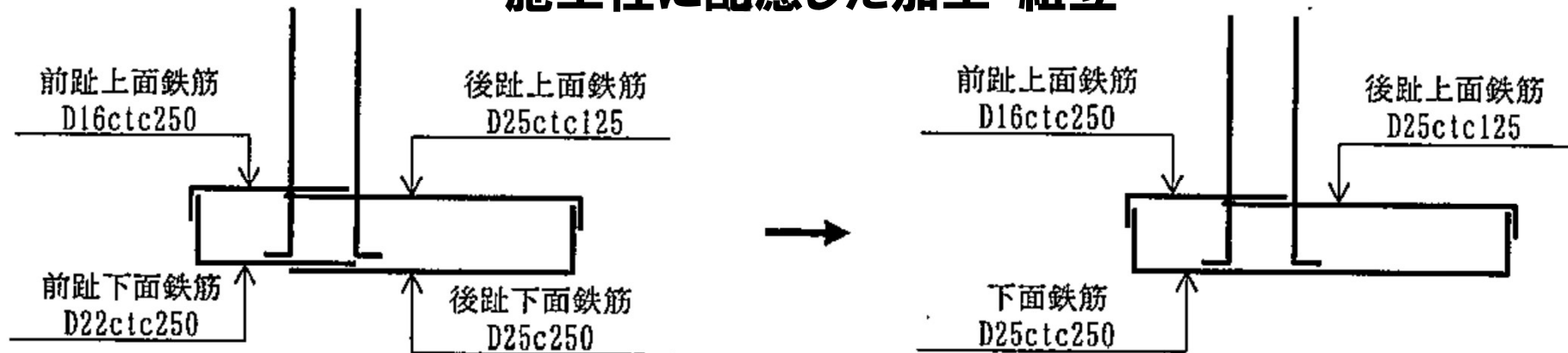
竣工年次を特徴づける構造変更（主鉄筋配置位置・組立省力化）

主鉄筋配置位置の変更



○ 配力鉄筋が外側配置

施工性に配慮した加工・組立



○ フーチング下面鉄筋は前趾と後趾を統一1本もの

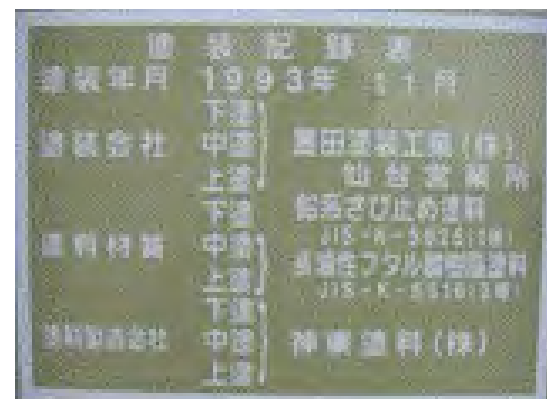
補修設計(工事)に役立つ橋歴・塗装歴

橋歴板・塗装歴



橋梁起点側左の桁に設置

- 橋梁名が判明(橋銘板と不一致もあり)
- 竣工年次が判明(供用年次とは異なる)
- 発注者が判明
- 適用示方書年次が判明
- 設計者が判明
- 製作者が判明
- 施工者が判明
- 定着方式が判明(PC橋)



- 塗装歴
- 塗料の種別
- 施工者

端部塗装についても
塗装歴を明確にする
必要がある

知っておきたいRC床版基礎知識



R6.3国道4号床版補修工事箇所の斫り後写真

技術基準変遷(鋼橋編 RC床版関連抜粋)

年 次	荷重条件	構造部位	着 目 点				
			腐食	主構造	支承	床版	耐震
1926年 (T15) 1923年 (T12) 関東地震に対応	自動車荷重(1等橋) 12 tf 等分布荷重 600 kgf/m ²	ひび割れ顕著・鉄筋露出					
1939年 (S14)	自動車荷重(1等橋) 13 tf 等分布荷重 500 kgf/m ²	鉄筋の許容応力度 (SR24) 1200 kgf/cm ²					
1955年 (S30)		鉄筋の許容応力度 (SR24) 1300 kgf/cm ²					
1956年 (S31) 1948年 (S23) 福井地震に対応	TL-20荷重の規定 T荷重(床、床組の設計) 20 tf L荷重(主桁の設計) 20 tf	鉄筋の許容応力度 (SR24) 1400 kgf/cm ² 最小床版厚 14cm以上 配力筋: 主鉄筋の 25%以上					
1964年 (S39)		鉄筋の許容応力度 (SD30) 1800 kgf/cm ²					
1966年 (S41)		緩めた					
1967年 (S42)	大型車の過積載が横行	ひび割れ顕著・鉄筋露出 鉄筋の許容応力度 (SD30) 1400 kgf/cm ² 最小床版厚 16cm以上 配力筋: 主鉄筋の 70%以上					
1971年 (S46)	完成後50年経過	曲げモーメント算出式の改訂 (主鉄筋、配力鉄筋)					
1973年 (S48) 1964年 (S39) 新潟地震に対応	TT-43荷重の規定 (特定路線にかかる橋梁の設計荷重)	床版厚の補正係数設定 大型車の交通量による補正 (k1) 主桁の剛性による補正 (k2) 桁端部の車道部床版は、 床版厚さをハンチ高だけ増し厚 (範囲: 床版支間長の1/2) 2倍の主鉄筋を配置 (中間支間の必要鉄筋量の2倍)					

荷重条件

・1等橋12t⇒TL-20 20t⇒TT-43⇒
25t B活荷重

床版鉄筋規格と許容応力度

・丸鋼SR24 1,200~1,300~1,400kg
・異形SD30 1,800kgに緩和(緩くした)
・異形SD30 1,400~SD295 1,200~
SD345 1,200kg

最小床版厚の規定

・TL-20 14cm~16cm以上
・TT-43 補正係数による 大型交通割増
+ 主桁剛性割増
TT-43 桁端部ハンチ高増し厚
・25t B活荷重 主鉄筋の曲げM割増
※ (例) 16cm×50%増し=24cm

配力鉄筋量の変遷

・TL-20 主鉄筋の25%~70%以上~
M計算式により決定
・TT-43 桁端部2倍の主鉄筋・配力筋配
置

床版端部の付加

・耐荷力不足
・EJ付近の衝撃荷重が大

技術基準変遷(鋼橋編 ■RC床版関連抜粋)

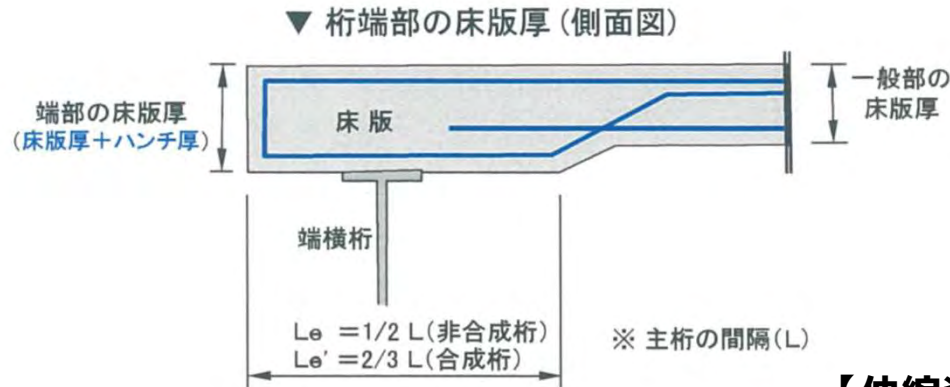
年次	基準名称	設計活荷重	最小床版厚	床版支間長	配力鉄筋量	鉄筋許容応力度
大正 15 年 6 月	道路構造細則	1等橋:T-12	規定無	規定無	規定無	規定無
昭和 14 年 2 月	鋼道示(案)	1等橋:T-13 2等橋:T-9	規定無	規定無	規定無	規定無
昭和 31 年 5 月	鋼道示	1等橋:T-20 2等橋:T-14	14cm (最小有効厚 11cm)	4m 以下	主筋断面の 25%以上	緩く(甘く)した 1800kgf/cm ²
昭和 39 年 6 月	鋼道示				M計算で 求めていない	
昭和 42 年 9 月	RC 床版要領		t ₀ =3L+11≧ <u>16cm</u> 以上	桁間が大きく たわみ量が多い	主筋断面の 70%以上	
昭和 43 年 5 月	床版設計暫定基準(案)					1400kgf/cm ²
昭和 46 年 3 月	RC 床版設計					
昭和 47 年 3 月	道示			3.6m 以下原則	M計算により算出	
昭和 48 年 4 月	高架道路技術基準	1等橋:T-20 TT-43 2等橋:T-14	t ₀ =3L+11 t=k ₁ ・k ₂ ・t ₀	3m 以下望ましい		
昭和 53 年 4 月	RC 床版設計施工					
昭和 55 年 2 月	道示					
平成 2 年 2 月	道示					1400kgf/cm ² 200kgf/cm ² の余裕
平成 5 年 11 月	高架道路活荷重の取扱	T 荷重		原則 3m 以下		
平成 24 年 3 月	道示	A 活荷重 B 活荷重				

昭和48年以前の橋梁は床版端部が耐荷力不足
ひび割れ、遊離石灰、浮き等

M計算で
求めていない

昭和47年道示適用以前に
竣工した橋梁

技術基準変遷(鋼橋編 R/C床版関連抜粋“張出部”)

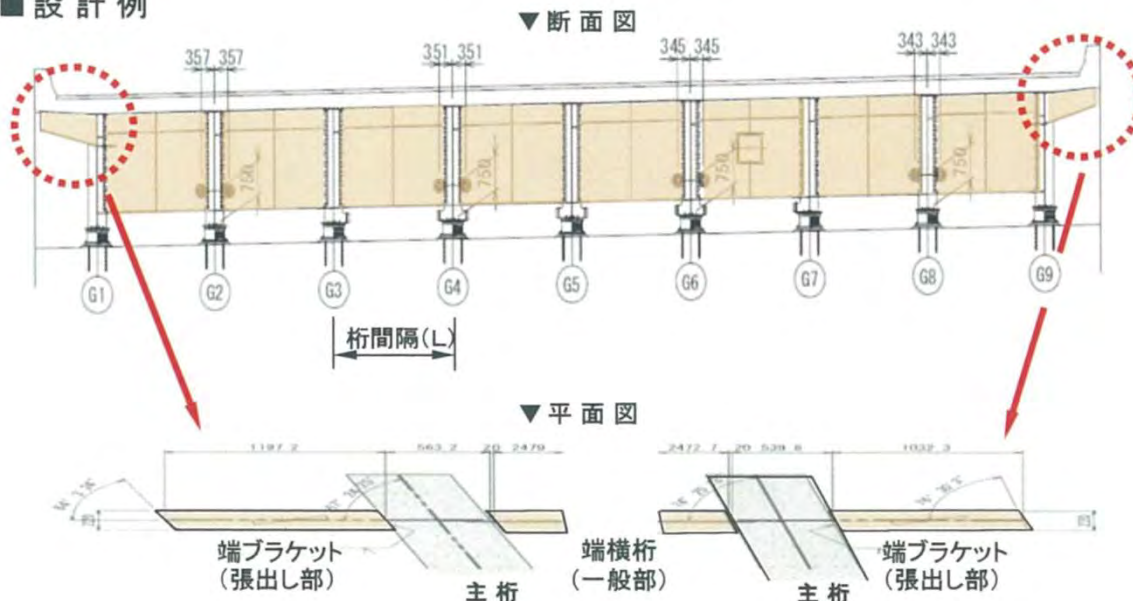


- 昭和48年以前に竣工した橋梁は、**床版端部が耐荷力不足**

⇒ ひび割れ、遊離石灰、浮き等

【伸縮装置部の橋面に段差を生じさせないように管理する必要がある】

■ 設計例



- 斜角のある橋梁においては、**張出し部の床版端部に端ブラケットが無ければ応力超過**

⇒ ひび割れ、遊離石灰等

※H14 道路橋示方書(IIP254)

桁端部の車道部分の床版は、そこで連続性が断たれるので一般部の床版に比べて大きな曲げモーメントが生じる。

○ 主鉄筋方向の発生曲げモーメント：一般部の2倍程度(有限要素法による解析結果)

○ 伸縮装置付近は、不陸によって大きな衝撃がけた端部の床版に作用(床版増し厚)

十分な剛度を有する端横けた、端ブラケット等で支持するのが望ましい

コンクリート材料事情と打設の変遷

コンクリート打設に伴う材料事情、作業の変化

年次(期間)	T15-S20 (23)	S21-S40 (20)	S41-S63 (23)	H1-H20 (20)	H21- (5)
骨材	川砂・川砂利使用		砕石使用		
コンクリート	現場練り		工場練り(レディーミクスト)		
打設方法	人力打設		ポンプ打設		
鉄筋	丸鋼SR24 (235)		異形SD30 (295)	異形SD35 (345)	
塩害			防凍剤(塩カル)使用 (塩害)	凍結抑制剤散布による飛散 (塩害)	
アルカリ骨材			アルカリ骨材反応	H3 脱スパイク法	
コンクリート品質	コンクリート付着応力度小 (異形の1/2)		ポンプ打設で低品質 (材料分離コールトジョイント)		
配筋	配筋不良 (被り不足・配筋不良等)			過密鉄筋で単位水量増加 (初期ひび割れ)	

昭和40年代施工のRC床版構造



鉄筋⇒丸鋼
※最少鉄筋量のみ

鉄筋結束
全箇所結束の規定は無い
※全箇所結束となったのは
昭和52年度共通仕様書
改定時から

生コン打設⇒人力からポンプ打設に変更
(慣れないため材料分離が発生の現場も)

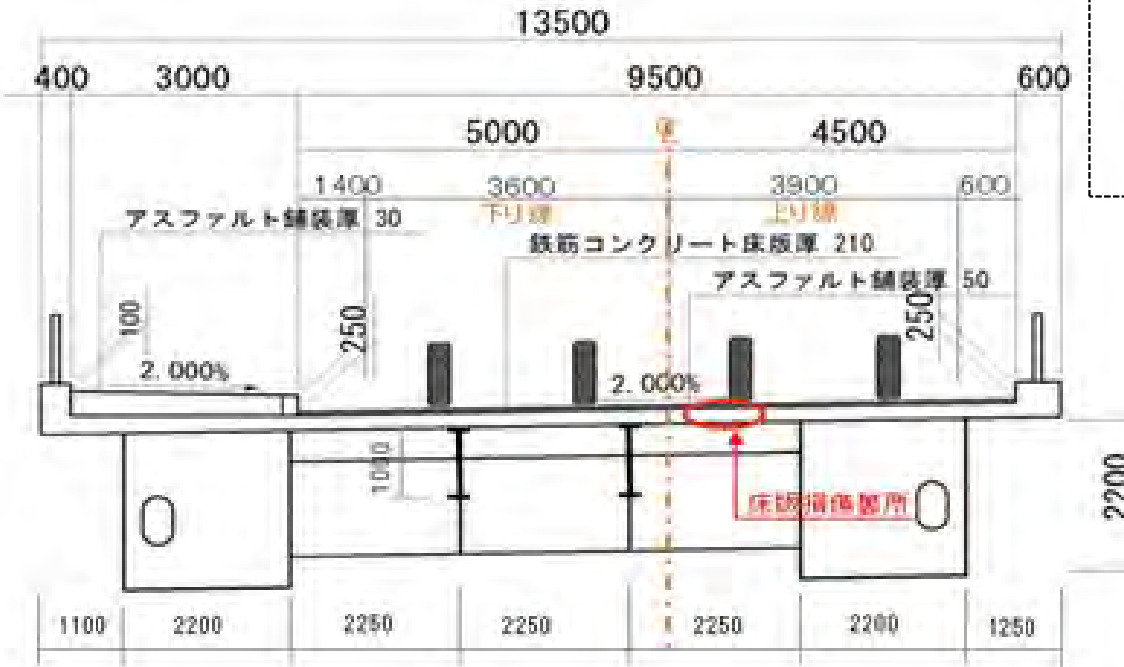
床版厚⇒最少厚16(14) cm

骨材⇒川(海)砂利・砂



RC床版の特徴

標準断面図



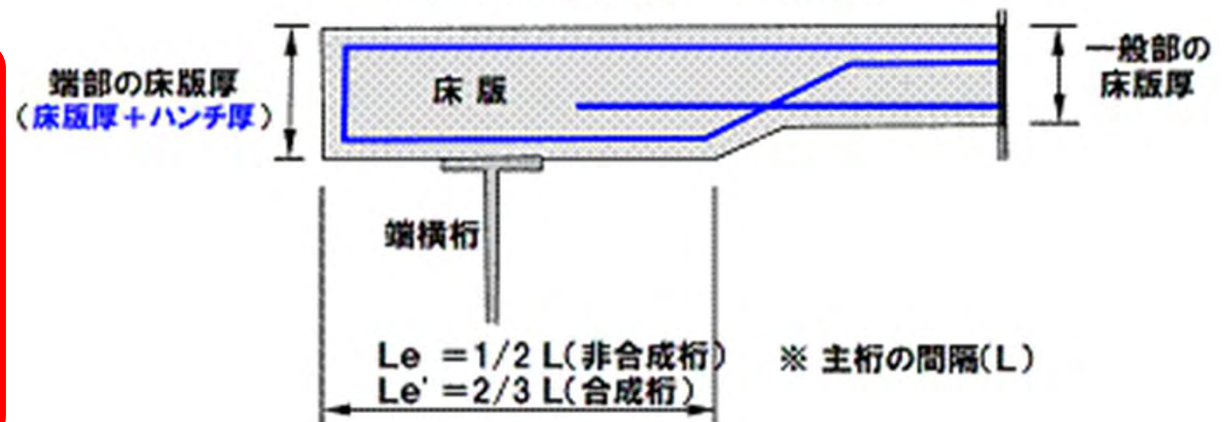
- 車輪の通る軌跡はおよそ幅50cm程度の範囲に集中している。
- 橋の床版において、ほぼ一定位置に加わる過大な荷重による変形は、その部分の床版の下面を早期に疲労させ、ひび割れの要因となり、さらにこれが伝播して破損が進む過程をたどる。

※ 昭和48年以前に竣工した橋梁は、床版端部が耐荷力不足
→ ひび割れ、遊離石灰、浮き 等

注：伸縮装置部の橋面に段差を生じさせないように管理する必要がある

現場では床版を念頭に置いて、
主桁・縦桁は車輪の軌跡の近くに配置されているか否か確認し、床版の損傷要因を把握する。

▼ 桁端部の床版厚 (側面図)



RC床版補修設計（工事）の勘所



補修後僅かな時間で
床版抜け落ち



H25.4国道7号床版抜け落ち箇所の写真

RC床版補修にあたっての留意事項（既往データの確認）

橋面舗装の異常イメージ

《着目点》

- ① 土砂の流出(水の色にも留意)
- ② 舗装のクモの巣状のひび割れ
- ③ 舗装のポットホール・舗装浮き
- ④ 舗装打ち継ぎ目の開き

橋面異常を確認したら安易に合材
処理(穴埋め)で済ませない様に！
補修歴(箇所・時期・内容)記録



土砂噴出



クモの巣状のひび割れ



ポットホール

センターライン端部
目地の開き

路面変状を
見逃さない
見落とさない

補修の視点にあたっては

定期点結果・補修歴の確認
(損傷範囲・損傷具合)

橋梁の過去を知る
(竣工年次、既設舗装厚)

【橋面舗装の履歴】

(S53.10以前)

橋面1層
表層:細粒(13)
4~5cm

過去は表層は
一層だった！

(S53.11~)

橋面2層
表層:密粒(13)
4cm
基層:粗粒(20)
4cm

(H15.4~)

橋面2層
表層:密粒(13T)
改質II 4cm
基層:粗粒(20)
4cm

(H28.3~)

橋面2層
表層:密粒(13T)
改質II 4cm
基層:密粒(13FW)
改質II 4cm

(R5.3~)

橋面2層
表層:密粒(13T)
改質II 4cm
基層:密粒(13FW)
改質II 4cm

既設橋面舗装撤去～床版Co劣化部撤去時の留意点

床版撤去の流れ

補修範囲特定



カッター工



舗装版/床版取壊し



定期点結果・補修歴の確認
(損傷範囲・損傷具合)

橋梁の過去を知る
(竣工年次、既設舗装厚)

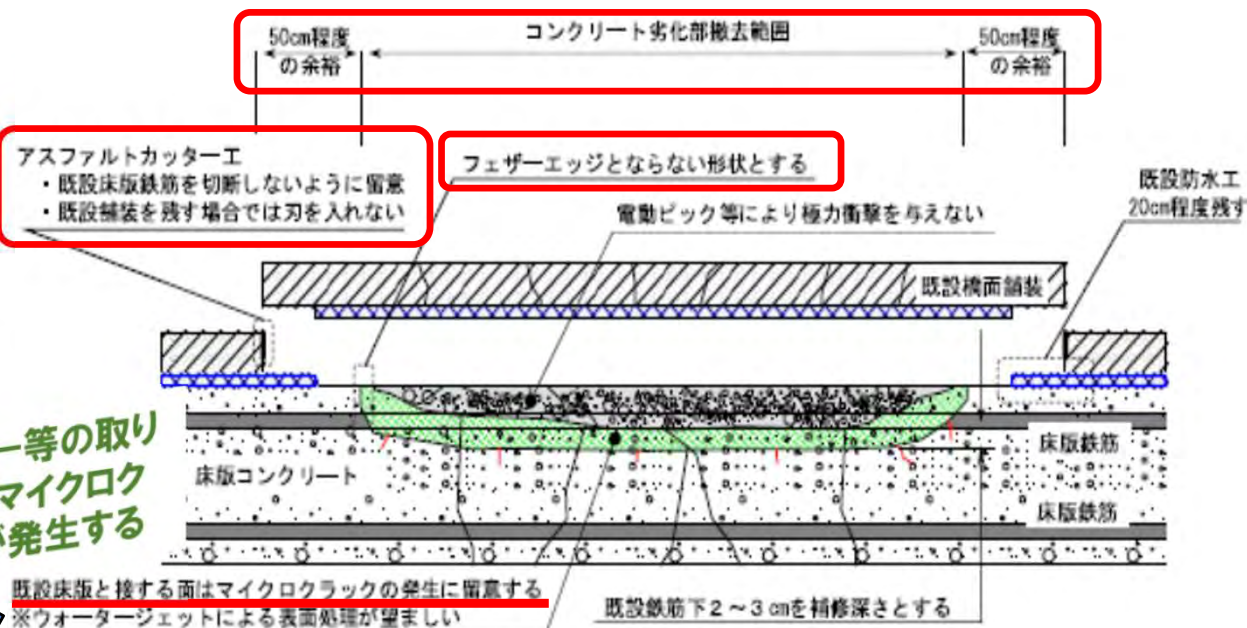
《施工にあつての課題》

- 打換え**範囲**の決定が難しい(既設As版撤去後判断)
- 打換え**工法選定**(局部打換えor薄層補修)が難しい
- **工程**が組みにくい(既設As版撤去後判断)
- 大規模補修では**材料確保**、施設やヤード確保に配慮

○ 東北整備局で示された 道路橋の維持補修の手引き(案) H29.8
橋面舗装/既設床版劣化部撤去時の留意点

S53以前は
橋面舗装は一層
であることを認識
しないで**既設鉄筋を
切断**するケースが
多数発生している

ブレイカー等の取り
壊しではマイクロ
クラックが発生する



既設床版と接する面はマイクロクラックの発生に留意する
※ウォータージェットによる表面処理が望ましい

- 橋面舗装**カッター範囲**は補修予定範囲+50cm程度かつ、**刃は舗装内に留める**
- **切削機**を使用する場合はアスファルトを**10mm程度残し**、残りを人力により実施する
- 境界部の**フェザーエッジ**に留意する

補修範囲決定時の留意点

《補修範囲決定時の留意点》

□ 過去に部分補修した周囲には要注意

- ・ 補修した**周辺は不具合予備軍**のケースが殆ど、補修範囲決定が“肝”
(複数人で確認)
- ・ 車(タイヤ)載位置が損傷が激しい、桁位置を意識し補修幅を決定

□ 施工年次、構造による不具合発生の特徴

※ S47道示適用以前の橋梁は床版に荷重がかかっているので注視

- ① **床版厚が薄い、鉄筋量が少ない、桁間隔が広く**(2.8m以上)たわみが大きい、桁重量が軽く剛性が小さい(板厚が薄く板幅が狭い等急激な断面変化)
- ② 桁位置と車両タイヤ位置が離れている場合は橋軸方向に同様の損傷が見られる
- ③ 斜角の橋梁、曲線橋、合成桁にも損傷が顕著に出ている



非破壊検査では以前に補修済の
新旧材料分離箇所は判断しにくい



《事象(施工後短期間での再劣化)になってしまう要因》

(構造や使用材料、施工方法に関して)

- ・ **どこに着目・チェックポイント**とすべきか？知らない人たちの集まり
(専門性を極める人がいない)
補修の経験者がいない、**本質を理解しないまま、補修を繰り返して**きた
- ・ 補修の範囲、補修方法について、**複数での現地確認**により決定されていない(**現場確認不足**)
- ・ 各作業が下請単独で進められ、元請での一元管理機能が確立されていない
- ・ **過去の補修歴の把握不足**、事前調査・補修の意図等打ち合わせ不足(書面上の手続きが必須)

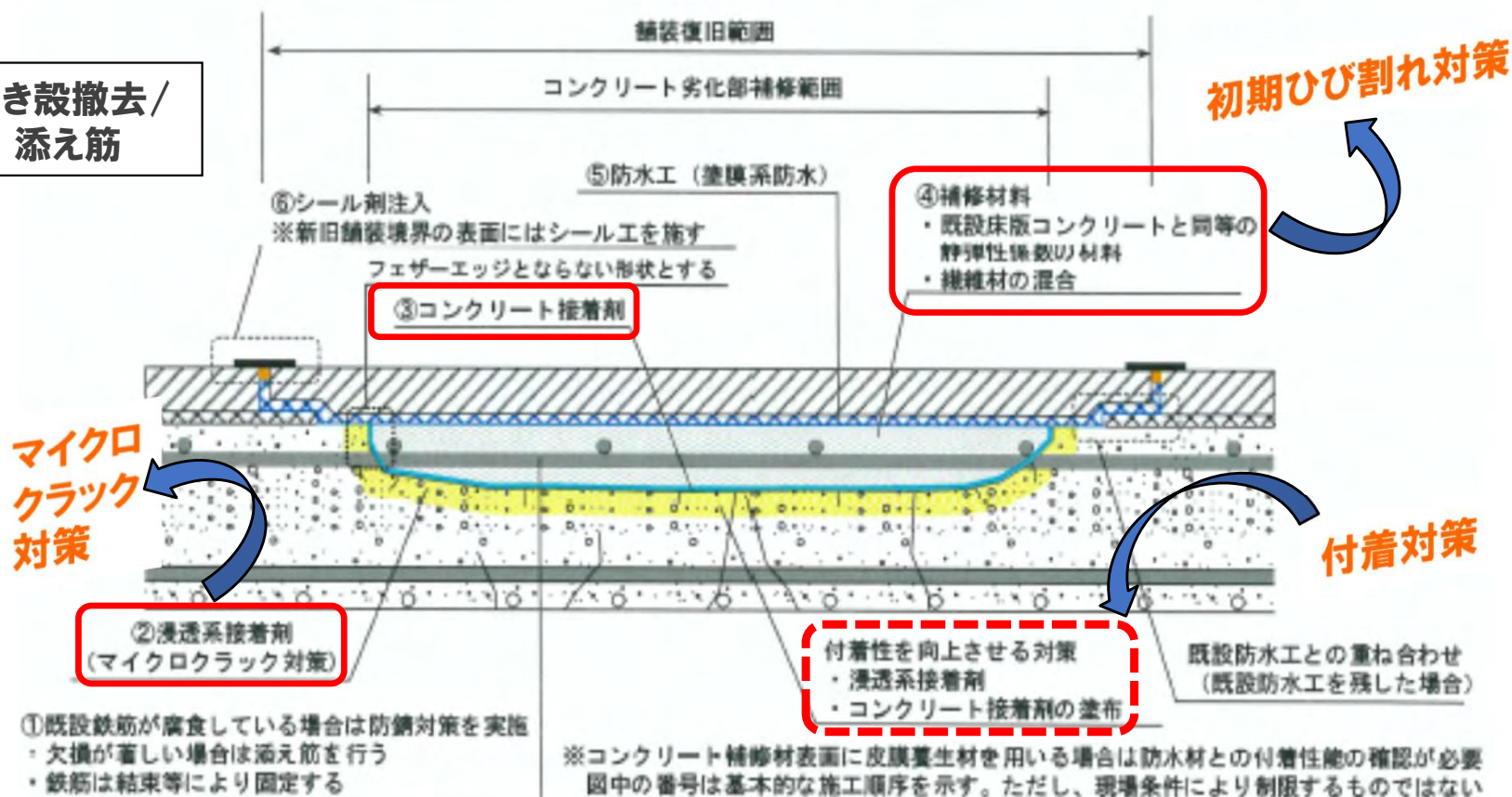
薄層補修（小規模）施工時の留意点

Co打設準備



浮き殻撤去/
添え筋

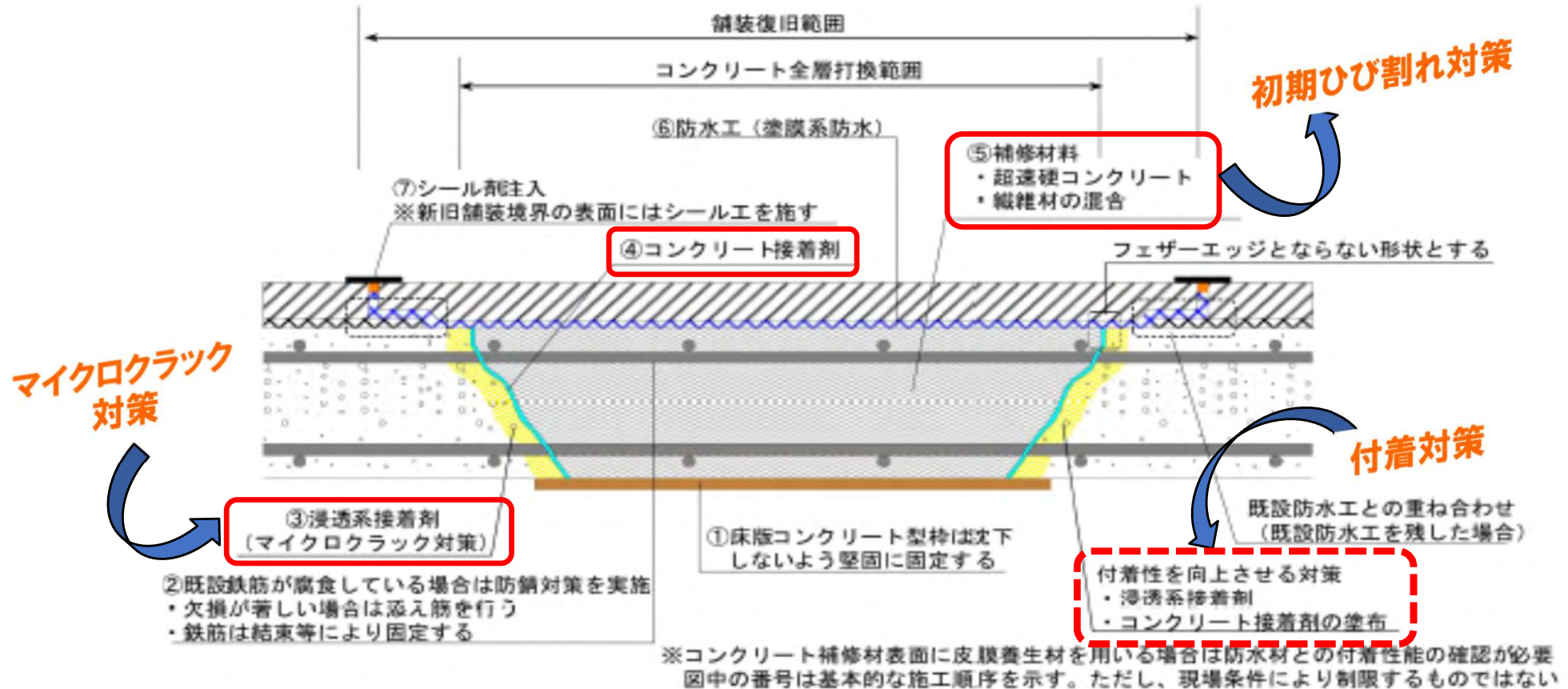
超速硬Co打設



○ 東北整備局で示された 道路橋の維持補修の手引き（案）H29.8
橋面舗装/既設床版劣化部撤去時の留意点

- 新旧コンクリートの付着向上を目的とし「浸透系接着剤」「コンクリート接着剤」を実施する
ウォータージェット使用の場合浸透系接着剤は省略
- 補修コンクリートは既設床版コンクリートと同等の弾性係数の材料とし、初期ひび割れ抑制対策としてポリプロピレン繊維等を使用する
- ※ あくまで全面的な補修を行うまでの応急的な措置となるが、次回補修までの期間を長く確保する
（早期再劣化防止対策）

局部打換え（小規模）施工時の留意点



○ 東北整備局で示された 道路橋の維持補修の手引き（案）H29.8 橋面舗装/既設床版劣化部撤去時の留意点

- 新旧コンクリートの付着向上を目的とし「浸透系接着剤」「コンクリート接着剤」を実施する
ウォータージェット使用の場合浸透系接着剤は省略
- 補修コンクリートは既設床版コンクリートと同等の静弾性係数の材料とし、初期ひび割れ抑制対策としてポリプロピレン繊維等を使用する
- ※ あくまで全面的な補修を行うまでの応急的な措置となるが、次回補修までの期間を長く確保する（早期再劣化防止対策）

復旧にあたっての記録事項

《復旧にあたっての記録事項》

- 復旧にあたっては、**必要事項**について確認
 - ・ 既設As舗装厚の確認・記録
 - ① 既設**鉄筋の径/ピッチ/かぶり/腐食状況**等の記録
 - ② 既設**床版厚(全厚打換の場合)**の記録
 - ③ **土砂化した既設床版Co塊、取り壊したCo塊は袋詰め等で保存**
(塩分量の測定等に使用)
 - ④ 複数個所の**上鉄筋までの純被り**
 - ⑤ 既設As版撤去範囲での**過去の補修歴有無**
 - ⑥ 鉄筋区分(**SR/SD**)、骨材区分(**川砂利/碎石**) 等



《早期再劣化を防止(遅らせる)としてどんなことに留意し、何をすべきか(対応) (広い視野で)》

- 補修の範囲、補修方法の妥当性の検証⇒設計・施工上の課題・留意点の抽出
 - ・ 着手前の三者会議や施工経験者を含めた打合せによる、着目点・チェックポイントの共有
 - ・ 受・発注者において、補修に関する文献等の熟読し、**本質の正しい理解のもと施工**
- 施工計画に基づく確実な施工
 - ・ 施工方法・その管理(作業工程含む)について、施工計画書(作業手順書)に明記し、現場で計画に基づき**確実な施工**
- 補修範囲変更に伴う施工対応の想定⇒規制時間内での対応想定の事前打合せ
 - ・ 既設As版撤去後の**損傷範囲拡大に対する対応**(具体的な施工図、施工可否)と書面手続き
- 過去の粗雑事例を活かし、応用することで再粗雑防止を図る(早期再劣化が粗雑との認識不足)

床版補修で留意してほしい気づき1/6

① 既設床版コンクリート施工年次の事前確認により構造特性の見極めが重要 ⇒ 施工年次※により既設床版の構造特性が判明①

昭和40年代と以前整備された橋梁が床版の損傷が著しい

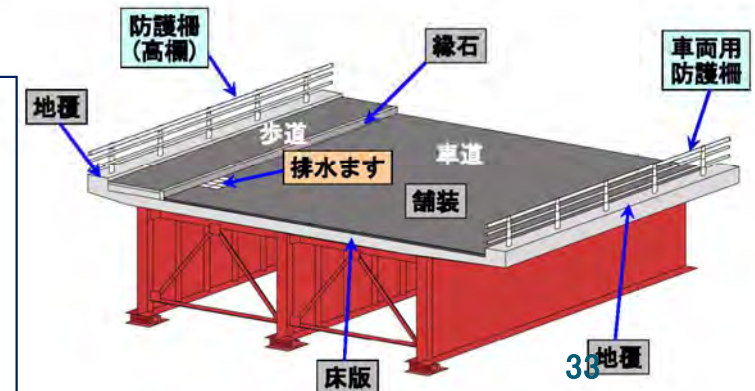
※ 適用道路橋示方書

①

- ☆ 橋面舗装厚⇒一層のみで厚4又は5cm
(S53以前は一層)
- ☆ 床版厚⇒最少厚16(14)cm
- ☆ 鉄筋⇒最少鉄筋量のみ 丸鋼から異形へ変更
- ☆ 骨材⇒川(海)砂利・砂から切込碎石に変更
- ☆ 生コン打設⇒人力からポンプ打設に変更
(慣れないため材料分離が発生)
- ☆ 防水工⇒施工無(S63以降支点部実施有)
(全面施工はH5.3以降)



【橋梁の橋面構成】



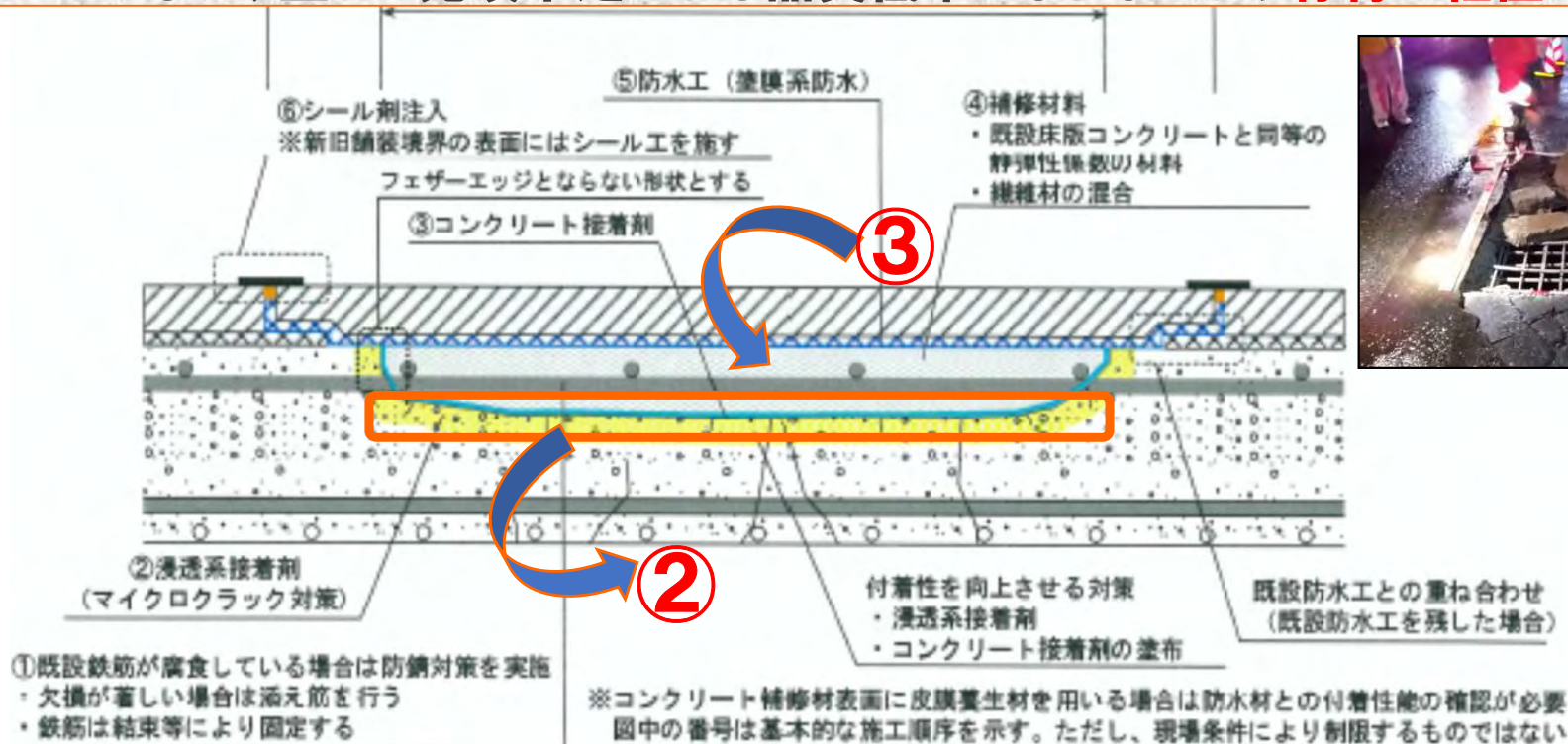
- As舗装版カッター時の深切りによる床版損傷防止
- 補強鉄筋準備、鉄筋さび落とし・さび止め剤準備、結束筋作業段取り
- ▲ 事前調査による損傷範囲を大幅に上回る範囲となることが想定

床版補修で留意してほしい気づき2/6

② 既設断面をはつり取ることによる弊害として、既設床版取り壊し過ぎによる損傷範囲の拡大 ⇒ **はつり過ぎ防止 薄い床版厚に配慮②**

※ 既設との一体化を図るため、**画一的**に上鉄筋の2～3cm下まではつり、健全な部分のコンクリートまで撤去することで新たなマイクロクラックの発生の懸念される

※ また、生コン充填不足による品質低下とならないよう**骨材の粒径**にも配慮が必要

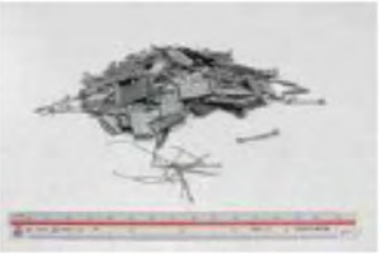

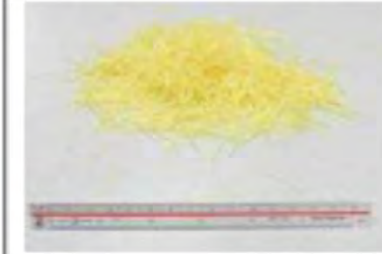



③ 既設床版コンクリートと同等の静弾性係数の材料（繊維材の混入）による確実な復旧 ⇒ **超速硬生コンでの復旧はNG ③**

※ 割高を理由に超速硬生コンでの復旧が散見 一次的に接着ボンドの効果により一体化するが再劣化を早める要因となる

床版補修で留意してほしい気づき3/6

④ 復旧の生コン（モルタル）は、**既設床版コンクリートと同等の静弾性係数の材料（繊維材の混入）**による確実な復旧④

	鋼繊維	アラミド繊維	ビニロン繊維	ポリプロピレン繊維
概要				
引張強度 [N/mm ²]	1000	3500	900	500
密度	7.85	1.44	1.30	0.91
材料の特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・使用実績は多い ・補修時の毛羽立ちにより防水損傷の恐れがある（写真・3.1.5） ・腐食環境では発錆の可能性はある 	<ul style="list-style-type: none"> ・引張強度は高い ・材料の入手性に劣る ・コスト面で比較的高額 ・耐アルカリ性が他の材料に比べ劣る 	<ul style="list-style-type: none"> ・引張強度は鋼繊維と同等 ・耐アルカリ性は高い ・2.0%混合により鋼繊維と同程度の曲げ靱性が期待できる 	<ul style="list-style-type: none"> ・引張強度は低い ・耐アルカリ性は高い ・2.0%混合により鋼繊維と同程度の曲げ靱性が期待できる
曲げ試験結果※ （曲げ靱性係数）	6.62[0.3%混合]	3.95[1.0%混合]	6.36[2.0%混合]	7.41[2.0%混合]
参考価格 （材料単価）	111,866 円[0.3%混合]	174,454 円[1.0%混合]	149,272 円[2.0%混合]	122,693 円[2.0%混合]
商品名称	NEXCO仕様 ドラミックス	ケブラー繊維 テクラーノ	ニュークリート クレテック	バルチップMK クラックバスター タフライトJr テレフタロンAC シムロックSX

※ コンクリート（モルタル）への**繊維材混入の目的は**
初期ひび割れ抑制対策であり防水工の補強となる

プレミックスタイプが
望ましい

⑤ 既設防水工の有無に係わらず、防水工の処理と既設舗装との目地部からの水の侵入を遮断する ⇒ 再劣化迄の期間を長期確保⑤

**局部防水工は規模・設備・
施工条件等制約があり、
常温シート防水が施工可**



舗装の打ち継ぎ目が弱点となり劣化を早めている要因となる

36

床版補修で留意してほしい気づき5/6

⑥ 既設床版の脆弱部のみを『平のみによる斫り』作業で⑥

※ ブレーカ取壊しは、健全部まで損傷（クラックも助長）させてしまい、復旧量も多くなり費用も増大する

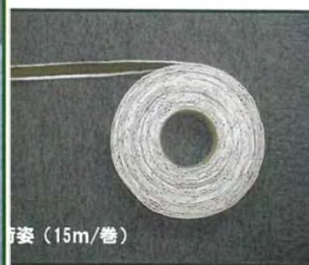
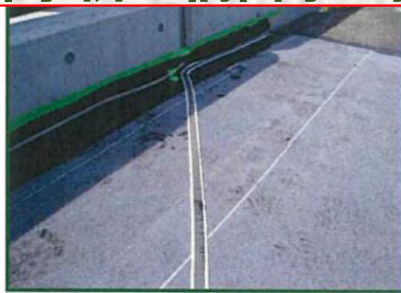


⑦ 橋面舗装一層の場合の補修での配慮⑦

床版全面防水は塗膜防水、端部は導水テープ使用
水抜きパイプの追加設置（排水誘導）

○ 床版仕上げ面⇒ほうき目仕上げ（防水工は未実施）

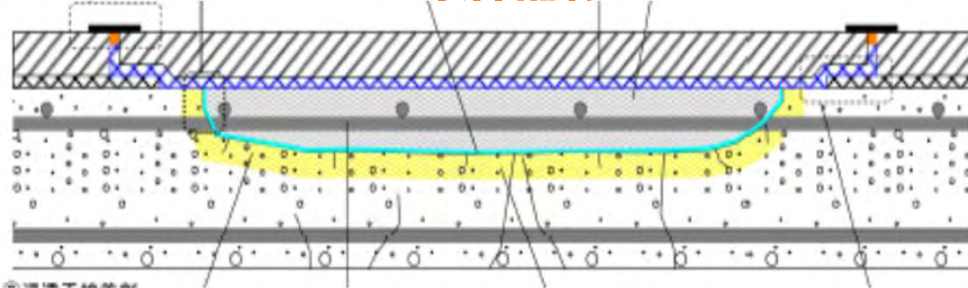
○ 排水柵⇒橋面水の排水処理（柵面が舗装面、排水穴未設置）



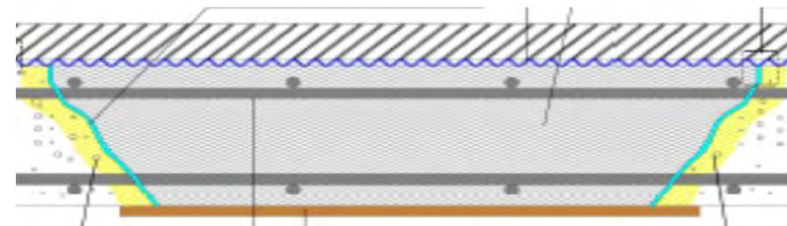
⑧ 最悪のケースを考慮し、作業に着手する ⇒ 補修範囲(厚)が事前調査時を上回ることとなった場合の緊急対応⑧

※ 取壊し範囲が拡大し復旧作業時間が増えても、事前取り決めた交通開放時間は守らなければならない(未補修での仮開放)

薄層補修



局部打換え(床版全厚)



補修材料の大幅増



敷き鉄板



足場・支保工・型枠

- ☆ 全断面(全厚)補修となった場合、仮交通開放を求められる
敷き鉄板の準備(主桁間に跨げる幅2.5~3.0mのものをストック)、摺付け合材確保
- ☆ 補修が床版全厚となった場合の段取り換えが必要となる
床版作業足場・支保工・床版下面型枠材料準備と作業期間確保

おわりに

土地柄（感）、地域の現状を一番知ってるのは「**そこに住んでる方々**」。今後、地域のインフラは「**地域は自分たちで守っていく**」という**強い意志**が求められています。

「**橋梁や構造物の補修設計**」においても、地元コンサルタントが「**構造物の持つ特性や損傷内容を把握し、最大限活かし設計に盛り込む**」ことで、地元施工会社が**ちゃんと理解し、無駄のない確実な補修工事**が行えるような仕組みづくりを確立すべきです。

そのためには、地元コンサルタント各社、地元建設会社が互いに切磋琢磨し、「**地域の一翼を担う活動を展開**」されるよう期待します。

「群マネ」とは、

「地域インフラ群再生戦略マネジメント」の略称で、広域・多分野のインフラを「群」として捉え、効率的・効果的にマネジメントする考え方。具体的には、道路、公園、上下水道など、既存の枠にとらわれず、複数のインフラをまとめて管理することで、老朽化対策やコスト削減を目指す

詳細:

・ **広域連携:**

複数の自治体が連携して、広範囲のインフラを一体的に管理することで、効率的なメンテナンスやコスト削減を図る

・ **多分野連携:**

道路、公園、上下水道など、異なる分野のインフラをまとめて管理することで、効率的な工事や予算の活用ができる

・ **持続可能なインフラメンテナンス:**

老朽化したインフラの維持管理だけでなく、将来を見据えたインフラの再編や更新、新設なども含めて検討し、持続可能なインフラ管理体制を構築する

群マネの目的:

- ・ 効率的なインフラ管理、老朽化対策、地域課題の解決


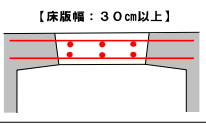
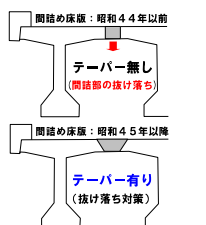
ご静聴ありがとうございました。

年次	技術基準等	荷重条件	構 造 部 位			耐 震 設 計 法	着 目 点				
			添接部の接合	主構造等	床版（鉄筋）		腐食	主構造	支承	床版	耐震
1926年（T15） 1923年（T12） 関東地震に対応	・道路構造に関する細則（T15.6）	・自動車荷重（1等橋） 12 tf 等分布荷重 600 kgf/m ²				・地震荷重が初めて制定					
1939年（S14）	・鋼道路橋設計示方書（S14.2）	・自動車荷重（1等橋） 13 tf 等分布荷重 500 kgf/m ²	・リベット接合		・鉄筋の許容応力度（SR24） 1200 kgf/cm2	・設計震度の標準化					
1955年（S30）					・鉄筋の許容応力度（SR24） 1300 kgf/cm2						
1956年（S31） 1948年（S23） 福井地震に対応	・鋼道路橋設計示方書（S31.5）	・TL－20荷重の規定 T荷重（床、床組の設計） 20 tf L荷重（主桁の設計） 20 tf			・鉄筋の許容応力度（SR24） 1400 kgf/cm2 ・最小床版厚 14cm以上 ・配力筋：主鉄筋の 25%以上	・地域、地盤条件に応じた設計震度の補正					
1964年（S39）	・鋼道路橋設計示方書（S39.8）		・高力ボルト規定（F7T、F9T、F11T、F13T）	・SS50、SM50A(500材)鋼材の追加規定	・鉄筋の許容応力度（SD30） 1800 kgf/cm2						
1966年（S41）	・高力ボルト摩擦接合設計施工指針（S41.9）		・高力ボルトの改訂（F9T、F11T）								
1967年（S42）	・床版設計に関する暫定指針(案)（S42.9）			・SM53、SM58(520、570材)鋼材の追加規定	・鉄筋の許容応力度（SD30） 1400 kgf/cm2 ・最小床版厚 16cm以上 ・配力筋：主鉄筋の 70%以上						
1971年（S46）	・鉄筋コンクリート床版の設計施工について（S46.3）				・曲げモーメント算出式の改訂（主鉄筋、配力鉄筋）	・道路橋耐震設計指針（S47） 落橋防止対策の規定 液状化判定法の導入					
1973年（S48） 1964年（S39） 新潟地震に対応	・道路橋示方書（S48.2）	・TT－43荷重の規定（特定路線にかかる橋梁の設計荷重）	・高力ボルトの改訂（F8T、F10T、F11T）		・床版厚の補正係数設定 大型車の交通量による補正（k1） 主桁の剛性による補正（k2） ・桁端部の車道部床版は、床版厚さをハンチ高だけ増し厚（範囲：床版支間長の1/2） 2倍の主鉄筋を配置（中間支間の必要鉄筋量の2倍）						
1978年（S53）	・鉄筋コンクリート床版の設計施工指針（S53.4）				・鉄筋の許容応力度（SD295） 1200 kgf/cm2						
1980年（S55） 1978年（S53） 宮城県沖地震に対応	・道路橋示方書（S55.2）		・高力ボルトのF11Tを削除（遅れ破壊による破断）		・桁端部の車道部床版は、2倍の曲げモーメントにより床版厚さを設計（2倍の主鉄筋を配置）	・液状化に対する設計法の合理化 ・主鉄筋段落とし部の設計法の改良（下部工）					
1987年（S62）	・鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料（S62.1）					・動的解析用入力の規定 ・RC橋脚の変形性能照査の規定 ・落橋防止対策の規定（SE、落橋防止装置）					

年 次	技 術 基 準 等	荷 重 条 件	構 造 部 位			耐 震 設 計 法	着 目 点				
			添接部の接合	主構造等	床 版 (鉄 筋)		腐 食	主構造	支 承	床 版	耐 震
1990 年 (H 2) <div>1982年(S57) 浦河沖地震に対応 ・ 1983年(S58) 日本海中部地震 に対応</div>	・ 道路橋示方書(H2.2) ・ スパイクタイヤ粉じんの発生 の防止に関する法律 (H2.6) → H3.4.1 脱スパイク法施行					・ 液状化判定法の改善 ・ 設計震度算出法の改善 ・ 動的解析による照査の明確化 ・ RC橋脚の保有水平耐力照査 法の明確化					
1994 年 (H 6)	・ 道路橋示方書(H6.2)	・ 25tf 荷重に変更 (B活荷重) T荷重、L荷重の載荷方法見直し			・ 主桁間隔による主鉄筋の曲げ モーメント割増し (2.5m<L≤4.0m)						
1996 年 (H 8) <div>1995年(H7) 兵庫県南部地震 に対応</div>	・ 道路橋示方書(H8.12)			・ 溶接鋼材はSM材に仕様変更 (溶接構造用圧延鋼材) (H9.10 どうかう154号) ・ 耐候性鋼材(裸仕様)の使用を 基本(腐食環境下では塗装仕 様を検討) (H12.4 橋梁マニュアル P1-30)		・ 内陸直下型地震を想定した設 計震度の規定 ・ RC橋脚の地震時保有水平耐 力法の改善 ・ 鋼製橋脚の地震時保有水平耐 力法の規定 ・ 基礎、支承部、落橋防止に関す る地震時保有水平耐力法の規 定 ・ 液状化判定法の見直しと流動 化に対する設計手法の規定 ・ 落橋防止システムの規定(桁 かかり長、落橋防止構造、変 位制限構造、段差防止構造)	<div>桁 端 の 腐 食 が 著 し く 進 行</div>				
2002 年 (H 14)	・ 道路橋示方書(H14.3)				・ 鉄筋仕様の変更(SD345) (H17.5 橋梁マニュアル P4-8)						

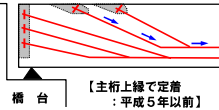
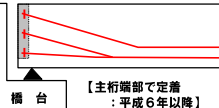
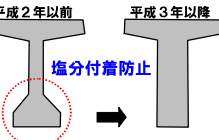
■道路橋の主な技術基準変遷と点検における着目点(直轄国道)

【コンクリート橋編】

年 次	技 術 基 準 等 (主なもの)	耐久性に係わる基準 等	荷 重 条 件	コンクリート橋の施工に伴う変遷			耐 震 設 計 法	着目点(さび汁の有無)							
				コンクリート打設に伴う変遷	鉄筋コンクリート橋	プレストレストコンクリート橋		RC	PC	定着部	塩害				
1926 年 (T 15) 1923年 (T12) 関東地震に対応	・ 道路構造に関する細則 (T15.6)		・ 自動車荷重(1等橋) 12tf 等分布荷重 600kgf/m ²	丸 鋼 (S R 2 3 5 以上) 現場練りコンクリート 骨材に「川砂・川砂利」を使用 工場練りコンクリート(レディミクストコンクリート) 骨材に「砕石」を主に使用 コンクリートポンプ打設 コンクリート打設 コンクリートの付着応力度が小さい(異形の1/2) 配筋不良(鉄筋かぶり不足や配筋不良 など) ポンプ打設により 低品質コンクリート(材料分離、コールドジョイント他) アルカリ骨材反応 使用による塩害 【防凍剤とは】 凍結温度の低下と硬化促進に混和剤として使用されていた。	ひび割れ・鉄筋露出(耐荷力と鉄筋付着が小)	・ 鉄筋の許容応力度 (SR235) 床版 : 1200 kgf/cm ² ・ 国道 RCT桁橋標準設計 (S6.4) ・ RCT桁橋標準設計 (S17.6) ・ RCスラブ橋標準設計 (S29.9)	 【床版幅 : 30cm未満】  【床版幅 : 30cm以上】	・ 地震荷重が初めて制定	せん断ひび割れ(支点部に着目)						
1931 年 (S 6)	・ 鉄筋コンクリート標準示方書 (S6)	・ 材令28日の圧縮強度を基準(最低基準強度値無し)				・ 設計震度の標準化									
1939 年 (S 14)	・ 鋼道路橋設計示方書 (S14.2) ・ 鉄筋コンクリート標準示方書 (S15, S24)		・ 自動車荷重(1等橋) 13tf 等分布荷重 500kgf/m ²		・ 鉄筋の許容応力度 (SR235) 床版 : 1300 kgf/cm ²										
1955 年 (S 30)	・ PC設計施工指針 (S30)				・ 鉄筋の許容応力度 (SR235) 床版 : 1400 kgf/cm ² ・ 最小床版厚 14cm以上 ・ RCT桁橋標準設計 (S32.3)										
1956 年 (S 31) 1948年 (S23) 福井地震に対応	・ 鋼道路橋設計示方書 (S31.5) ・ PC設計施工指針 (S36)		・ TL-20荷重の規定 T荷重(床、床組の設計) 20tf L荷重(主桁の設計) 20tf		・ 鉄筋の許容応力度 (SR235) 床版 : 1400 kgf/cm ² ・ 最小床版厚 14cm以上 ・ RCT桁橋標準設計 (S32.3)	 間詰め床版 : 昭和44年以前 デーバー無し (間詰め部の抜け落ち) 間詰め床版 : 昭和45年以降 デーバー有り (抜け落ち対策) 【S44まで】間詰め床版落下の恐れ 【H5まで】主桁シース内への漏水の恐れ	・ 地域、地盤条件に応じた設計震度の補正	中空床版橋の外桁劣化によるシースに沿ったひび割れ 排水孔の有無に着目し、漏水の有無と塩化物含有量を確認		横桁定着部の漏水・遊離石灰横断勾配の低い側に着目 H8以前はブリーディンググラウト使用	下フランジに塩分付着ひび割れの有無に着目				
1964 年 (S 39)	・ 鉄筋コンクリート道路橋設計示方書 (S39)	・ 材令28日の最低基準強度を規定			・ 鉄筋の許容応力度 (SD295) 床版 : 1800 kgf/cm ²										
1967 年 (S 42)	・ 床版設計に関する暫定指針 (S42.9) PC道路橋示方書 (S43) PC標準示方書 (S43)				・ 鉄筋の許容応力度 (SD295) 床版 : 1400 kgf/cm ² ・ 最小床版厚 16cm以上 ・ 床版配筋力 : 主鉄筋の 70% 以上										
1971 年 (S 46)	・ 鉄筋コンクリート床版の設計施工について (S46.3)				・ 床版曲げモーメント算出式の改訂 (主鉄筋、配力鉄筋)		・ プレテン単純T桁橋 標準設計制定 (S47 建設省)					・ 道路橋耐震設計指針 (S47) 落橋防止対策の規定 液状化判定法の導入			
1973 年 (S 48) 1964年 (S39) 新潟地震に対応	・ 道路橋示方書 (S48.2)		・ TT-43荷重の規定 (特定路線にかかる橋梁の設計荷重)		異形鉄筋 (SD295以上)		・ 床版厚の補正係数設定 大型車の交通量による補正 (k1) 主桁の剛性による補正 (k2)								
1978 年 (S 53)	・ 道路橋示方書コンクリート編 (S53.1) ・ 鉄筋コンクリート床版の設計施工指針 (S53.4)	・ 最低基準強度値が改訂 ・ 海砂の使用通知 (S53.5)			工場練りコンクリート(レディミクストコンクリート) 骨材に「砕石」を主に使用		・ 鉄筋の許容応力度 (SD295) 床版 : 1200 kgf/cm ²								
1980 年 (S 55) 1978年 (S53) 宮城県沖地震に対応	・ 道路橋示方書 (S55.2) ・ コンクリート標準示方書 (S55, S61)	・ 道路橋の塩害対策指針 (S59.2)					・ 片持版端部の床版は、2倍の曲げモーメントにより床版厚さを設計 (2倍の主鉄筋を配置)					・ PCホロー桁のボイド形状・埋設型枠変更 (S55) 昭和54年以前 木製型枠 → 昭和55年以降 コンクリート打設 骨造材 ※コンクリートが充填されにくい ・ プレテン単純床版橋 標準設計制定 (S56 建設省)	・ 液状化に対する設計法の合理化 ・ 主鉄筋脱落とし部の設計法の改良(下部工) ・ 動的解析用入力の規定 ・ RC橋脚の変形性能照査の規定 ・ 落橋防止対策の規定 (SE、落橋防止装置)		
1987 年 (S 62)	・ 鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料 (S62.1)	・ コンクリート中の塩化物総量規制及びアルカリ骨材反応暫定対策を通知 (S61.6)													

■道路橋の主な技術基準変遷と点検における着目点(直轄国道)

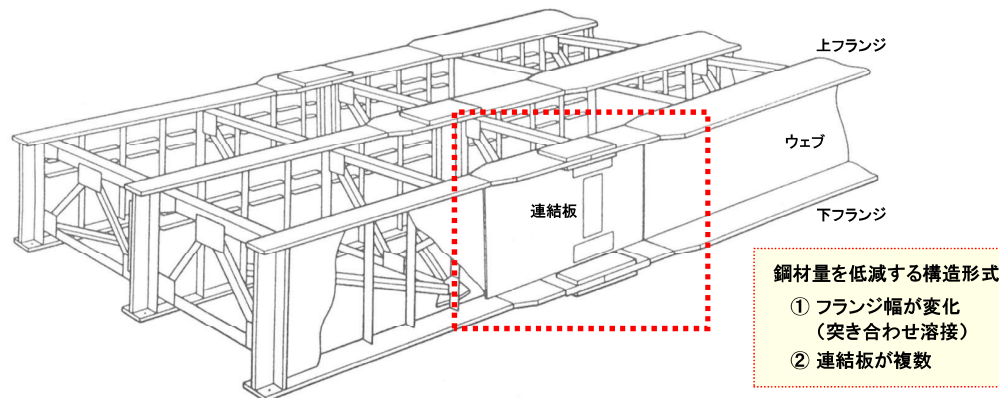
【 コンクリート橋編 】

年 次	技 術 基 準 等 (主なもの)	耐久性に係わる基準 等	荷 重 条 件	コンクリート橋の施工に伴う変遷			耐 震 設 計 法	着目点 (さび汁の有無)			
				コンクリート打設に伴う変遷	鉄筋コンクリート橋	プレストレストコンクリート橋		RC	PC	定着部	塩害
1990 年 (H 2) <div>1982年 (S57) 浦河沖地震に対応 ・ 1983年 (S58) 日本海中部地震 に対応</div>	・ 道路橋示方書 (H2.2) ・ スハイタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律 (H2.6) → H3.4.1 脱スハイタ法施行 ・ PC工法設計施工指針 (H3) ・ フレキャストブロック工法によるPCT桁道路橋設計施工指針 (H4)	・ アルカリ骨材反応抑制対策について (H1.7)		工場練りコンクリート (レディミクストコンクリート) 骨材に「砕石」を使用 異形鉄筋 (SD295以上) 凍結に抑制剤の飛散による塩害が顕著 H 8 年以降 初期のひび割れが顕著 過密配筋により単位水量が増加 H 10 H 11 異形鉄筋 (SD345以上)		<div>主桁滞水の恐れ</div> <div></div> <div>橋 台</div> <div>【主桁上縁で定着 ：平成5年以前】</div>	・ 液状化判定法の改善 ・ 設計震度算出法の改善 ・ 動的解析による照査の明確化 ・ RC橋脚の保有水平耐力照査法の明確化		<div></div>	<div></div>	<div></div>
1994 年 (H 6)	・ 道路橋示方書 (H6.2) ・ コンクリート道路橋設計便覧 (H6)		・ 25t 荷重に変更 (B活荷重) T荷重、L荷重の載荷方法見直し			・ 主桁間隔による支間方向の曲げモーメント割増し：床版 (2.5m < L ≤ 6.0m)	<div></div> <div>橋 台</div> <div>【主桁端部で定着 ：平成6年以降】</div>				<div></div>
1996 年 (H 8) <div>1995年 (H7) 兵庫県南部地震 に対応</div>	・ 道路橋示方書 (H8.12) ・ コンクリート道路橋施工便覧 (H10)	・ 使用材料の改訂 (どうこう159号 H10.12) コンクリート強度 24N/mm2 鉄 筋 SD345 ・ 水セメント比を規定 (H13.3) 鉄筋：55%以下 無筋：60%以下 ・ 土木コンクリート構造物の品質確保 (H13.3) テストハンマーによる強度推定 ひび割れ発生調査				・ 鉄筋の許容応力度 (SD345) 床版： 1200 kgf/cm2	<div>標準設計の変遷</div> <div>平成2年以前 平成3年以降</div> <div>塩分付着防止</div> <div></div>	・ 内陸直下型地震を想定した設計震度の規定 ・ RC橋脚の地震時保有水平耐力法の改善 ・ 鋼製橋脚の地震時保有水平耐力法の規定 ・ 基礎、支承部、落橋防止に関する地震時保有水平耐力法の規定 ・ 液状化判定法の見直しと流動化に対する設計手法の規定 ・ 落橋防止システムの規定 (桁かかり長、落橋防止構造、変位制限構造、段差防止構造)			<div></div>
2002 年 (H 14)	・ 道路橋示方書 (H14.3) ・ コンクリート標準示方書 (H14) ・ コンクリート標準示方書 (H20)	・ 高炉セメントの使用 (H14.9) ・ 単位水量の管理値を規定 (H15.10) 粗骨材 (20～25mm) 175kg / m3以下 ・ 配筋状態及びかぶり測定 (H17.5) ・ 骨材の収縮ひずみ 1000 μ m以下 (6ヶ月)									

【構造形式の着目点】

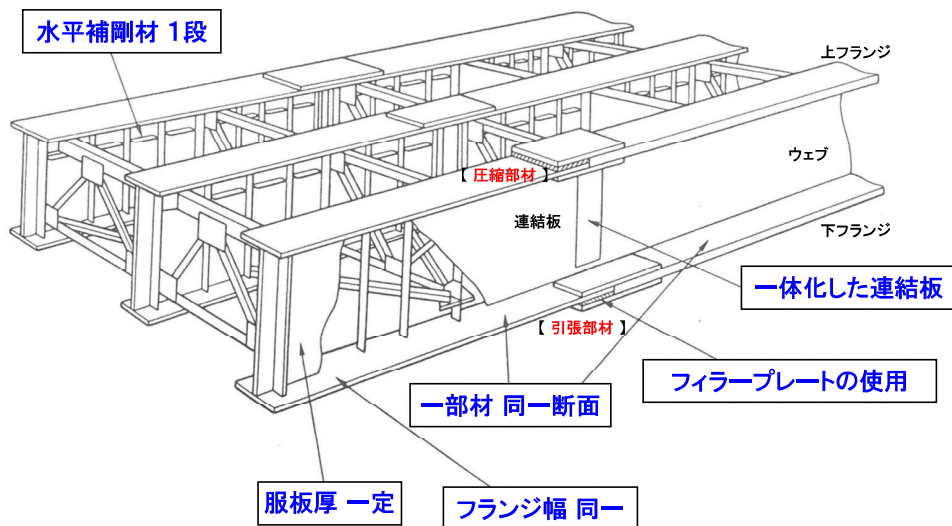
設計年次により上部工構造が異なる

■ 平成7年 以前の構造



■ 平成8年 以降の構造

平成7年10月に鋼道路橋設計ガイドライン(案)が策定され、**省力化できる構造形式に変更**された。適用範囲は、標準的なI形断面のプレートガーター橋(鈑桁橋)を対象に、工場製作および現場施工の省力化を図るために改訂された。



ここに着目！

- これまでの上部工構造は、鋼材の重量を低減することで安価に製作してきた。
【必要最小限の部材構成のため、許容応力度に余裕がなく、疲労等による損傷が懸念される】
- 近年は工場製作に際し、製作労務費と鋼材費用の割合が逆転する状況となったことから、鋼道路橋設計ガイドライン(案)(H7.10)により省力化できる構造形式に変更された。

【橋梁点検の要点】

床 版 編

■ H14 道路橋示方書(ⅡP254)

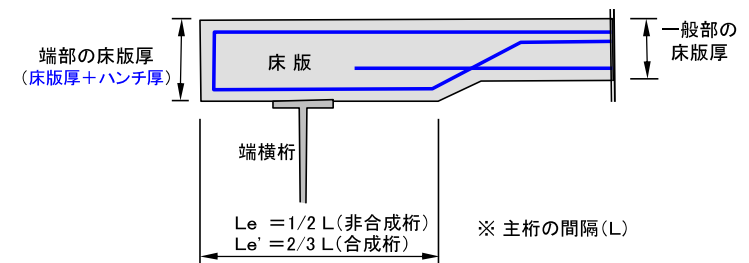
けた端部の車道部分の床版は、そこで連続性が断たれるので一般部の床版に比べて大きな曲げモーメントが生じる。

- 主鉄筋方向の発生曲げモーメント：一般部の2倍程度(有限要素法による解析結果)
- 伸縮装置付近は、不陸によって大きな衝撃がけた端部の床版に作用(床版増し厚)

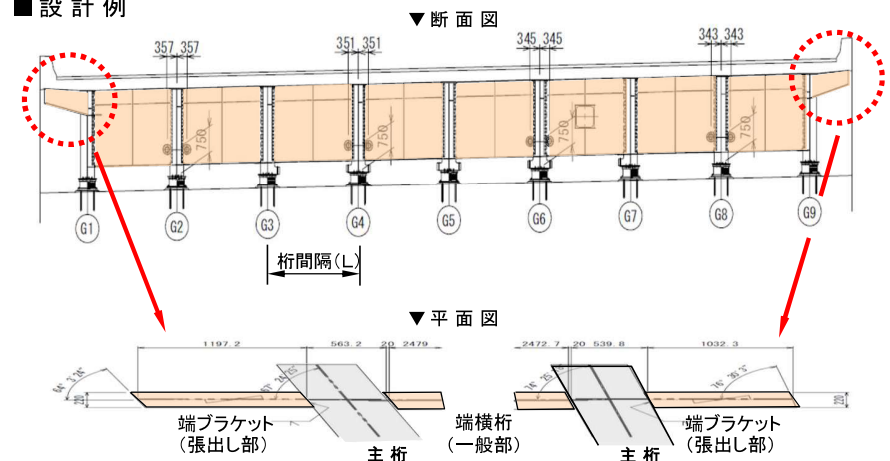


十分な剛度を有する端横けた、端ブラケット等で支持するのが望ましい

▼ 桁端部の床版厚(側面図)



■ 設計例



ここに着目！

- 昭和48年以前に竣工した橋梁は、**床版端部が耐荷力不足**
→ ひび割れ、遊離石灰、浮き等
【伸縮装置部の橋面に段差を生じさせないように管理する必要がある。】
- 斜角のある橋梁においては、**張出し部の床版端部に端ブラケットが無ければ応力超過**
→ ひび割れ、遊離石灰等