

第6編 参考資料

第1章 設計、施工時期に着目した損傷特性

本章は、国土交通省中部地方整備局 道路部道路管理課が取りまとめた「橋梁パトロールマニュアル(平成21年4月)」を参考とし、岐阜県の状況と照らし合わせて部分的に加筆・修正を加え作成した。

第2章 PC 橋の調査に関する事例

平成18年度に実施した橋長20m(昭和40年施工)のポステンT桁橋の調査事例

第3章 鋼橋の調査・補修に関する事例

平成19年度に実施した鋼トラス橋の調査・補修設計事例

第4章 橋脚及び橋台基礎の洗掘状況調査について

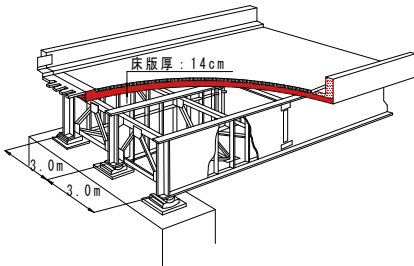
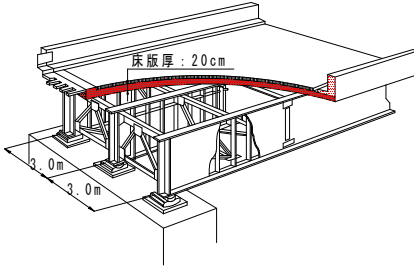
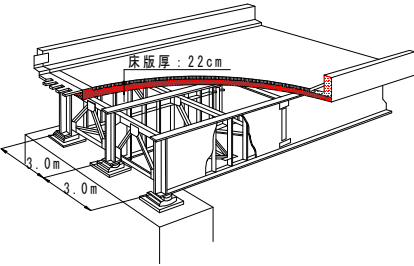
橋脚及び橋台基礎の洗掘状況調査の方法及び調査時の留意事項等

第5章 施設台帳管理システム

第1章 設計、施工時期に着目した損傷特性

1. RC 床版厚

RC床版の床版厚は、下表に示すように年代により基準(最小床版厚)が異なるため、古い年代(特に昭和42年以前)のRC床版は注意する必要がある。

	概要図	最小床版厚の規定
昭和42年以前		$t = 14 \text{ cm}$
昭和43年～昭和52年		$t = 3L + 11 \geq 16 \text{ cm}$ L : 床版支間 ※ $L = 3.0 \text{ m}$ とした場合 $t = 3 \times 3 + 11 = 20 \text{ cm}$
昭和53年以降		$t_0 = 3L + 11 \geq 16 \text{ cm}$ L : 床版支間 ※ $L = 3.0 \text{ m}$ とした場合 $t_0 = 3 \times 3 + 11 = 20 \text{ cm}$ $t = k_1 \times k_2 \times t_0$ k_1 : 交通量係数 k_2 : 付加モーメント係数 k_1 を最小の 1.10 とした場合 k_2 を最小の 1.0 とした場合 $t = (3 \times 3 + 11) \times 1.10 \times 1.0 = 22 \text{ cm}$

- ※ ・昭和42年以前の床版は、配力筋方向の曲げモーメントの式が規定されていなかったため注意する必要がある。
 ・昭和52年以前のRC床版端部は、一般部と同じ厚さであった。「道路橋鉄筋コンクリート床版の設計・施工について 昭和53年(建設省 企画課長)」より端部の増厚が明記された。昭和52年以前のRC床版は、注意する必要がある。

2. 鋼桁

2-1. 継ぎ手構造による損傷

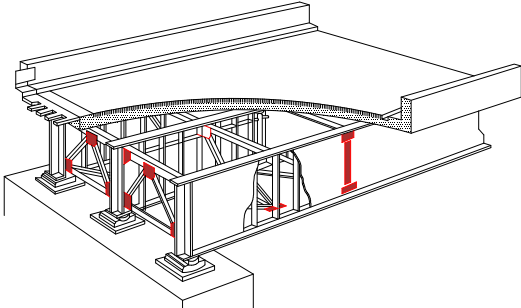
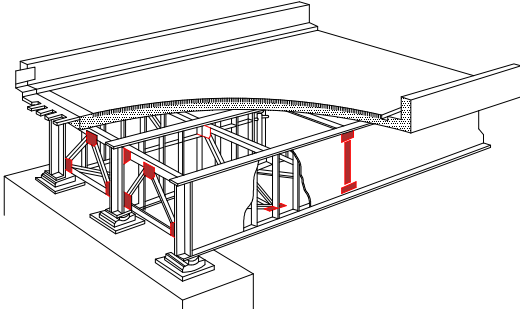
現場継ぎ手部の亀裂は、高力ボルト継ぎ手とリベット継ぎ手により発生する箇所が異なるため、点検時には注意する必要がある。

	継ぎ手の接合方法による亀裂の発生位置
昭和40年以前	リベット接合の場合は、リベット付近から亀裂が発生する。 <u>背面の部材に亀裂が発生</u>している事もあるため注意が必要となる。
昭和41年以降	高力ボルト接合の場合は、<u>接合面の端部より亀裂が発生する。</u>
上記継ぎ手は、アーチ橋の垂直材の継ぎ手部を記した。鈑桁橋の継ぎ手部でも、同じメカニズムで亀裂が発生する。	

※継ぎ手構造には、上記の構造の他に溶接継ぎ手がある。
溶接継ぎ手の注意点は、溶接部（主に溶接止端部）から亀裂が発生する事である。

2-2. 高力ボルトの遅れ破壊

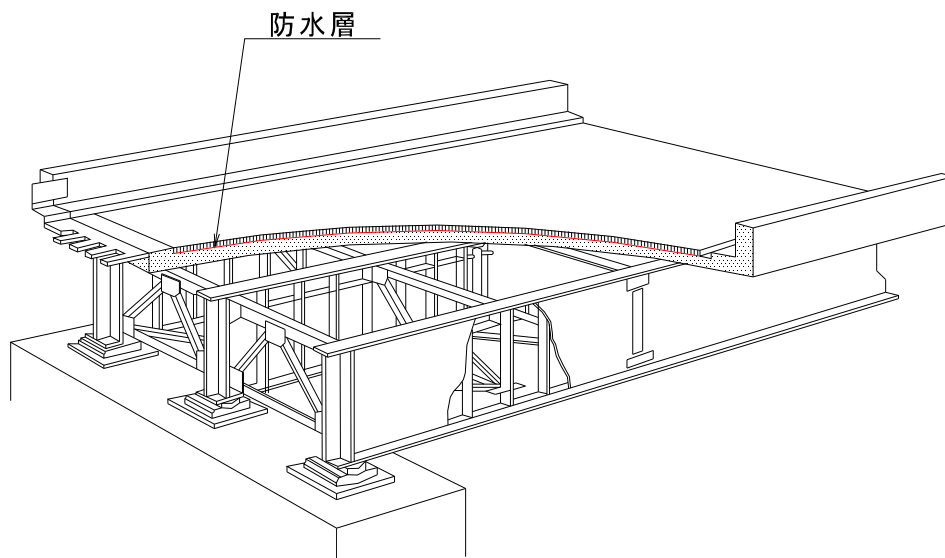
F11Tの高力ボルトを使用している場合は、遅れ破壊の可能性があるため注意する必要がある。

	高力ボルトについて
昭和41年～昭和54年	F11Tを使用していた時期なので、遅れ破壊によるボルトの破断・脱落が発生する可能性が高い。パトロール時には、高力ボルトの破断による脱落に対して特に注意する必要がある。  赤着色部は、鈑桁橋の継ぎ手位置を示す
昭和55年以降	道路橋示方書の改定により、F8T・F10Tのみの使用となったので、遅れ破壊によるボルトの破断・脱落が発生する可能性が低くなった。  赤着色部は、鈑桁橋の継ぎ手位置を示す

3. 防水層

岐阜県では、過去の設計要領の変遷をみると、昭和 62 年に「道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計施工資料」が作成された頃から、設計に防水工の設置が取り込まれたと推測される。

従って、昭和の時代に建設された橋梁は、竣工時には防水工が設置されなかったと考えられるため、舗装修繕工事の中で新たに防水工が設置されているか確認する必要がある。



(1) 岐阜県橋梁設計要領(平成 3 年 4 月)

鋼橋とコンクリート橋の違いに係わらず、以下に示す橋梁及びその範囲の鉄筋コンクリート床版には、防水層を設置するのが望ましいと規定している。

- 1) 冬期に凍結防止材を多量に散布する橋梁(全面)
- 2) 散水式消雪装置の設置されている橋梁(全面)
- 3) 下路トラス橋あるいは下路アーチ橋のように RC 床版が主構引張部材の変形の影響を受ける場合(全面)
- 4) 合成げた橋(車道部全面)
- 5) 床版の打換えが困難で、特に重要な路線にかかる橋梁(車道部全面)
- 6) 無塗装耐鋼性橋梁(車道部全面)
- 7) 連続げた橋中間支点付近の負の曲げモーメント領域
- 8) 床版拡幅時あるいは連結げた等の打継目
- 9) 縦断勾配がある場合の下側のけた端付近

(2) 岐阜県橋梁設計要領(平成 6 年 4 月)

鋼橋(鋼床版は除く)は、全て全面に設置し、コンクリート橋は上記の 1)2)7)8)9)に該当する場合に設置すると規定している。

(3) 岐阜県橋梁設計要領(平成 13 年 3 月)

鋼床版を除く全ての橋梁に床版防水工を設置すると規定している。

4. 塗装

(1) 塗装の耐久性

塗装の耐久年数は、環境及び仕様にもよるが下表(日本道路協会 鋼橋のライフサイクルコスト より)に記されているように 10 年以上となっている。下表に記されている耐久年数以上塗り替えが行われていない橋梁については、耐久性が失われている可能性がある。

また、早期に塗装が劣化している場合は、施工不良等、他の原因についても考慮する必要がある。

塗装系別推定耐久年数

初期仕様		A-1	B-1	C-1	C-2 (全工場塗装)	C-4 (全工場塗装)	I:薄膜形重防食 (全工場塗装)
塗替え仕様		a-1	b-1	c-1	c-1	c-3	c-1
塗装名称		長油性フタル酸樹脂塗装	塩化ゴム系塗装	ポリウレタン樹脂塗装	ポリウレタン樹脂塗装	ふっ素樹脂塗装	ポリウレタン樹脂塗装
環 境	一般環境 (山間部)	15年	20年	40年	40年	60年	30年
	やや厳しい環境 (市街地部)	10年	15年	30年	30年	45年	20年
	厳しい環境 (海岸部)	—	10年	20年	20年	30年	—

注) 塗装仕様の記号は、鋼道路橋塗装便覧による。

鋼橋の防食劣化は橋梁形式、部材形式、架橋地環境等によりその劣化進行速度が異なるので、ここの耐久年数とは、あくまでも防食皮膜の耐久年数であり、構造物の耐久年数ではありません。

(2) 耐候性鋼材の使用

岐阜県では平成になった頃から、維持管理コスト削減の観点から鋼桁に耐候性鋼材を採用されることが多くなり、平成 13 年 6 月の設計要領において、以下に示す条件をすべて満たす鋼橋は、耐候性鋼材を無塗装で使用することを標準とすると規定した。

- 1) 上路橋である。
- 2) 美観に配慮して塗装する必要がない。

耐候性鋼材は、施工後 3 年程度で鋼材表面に緻密なさび層が形成され、このさび層(保護性さび)が保護被膜となり、空気中の水分や酸素の進入を阻害して腐食速度を低減する。しかし、点検の結果からは、伸縮装置や排水管等の影響による水かかりが原因となって、層状剥離が発生しており、点検時には注意が必要である。

(3) 最近の塗装

平成 17 年 2 月発刊の「鋼道路橋塗装・防食便覧」では、新設時の一般外面塗装系は LCC を考慮する必要がない場合を除き、C-5(ふっ素樹脂塗装) 塗装系を使用することが基本となっている。これは、重防食塗装を採用することで、橋梁のライフサイクルコスト(LCC)を最小にする考え方がベースとなっている。

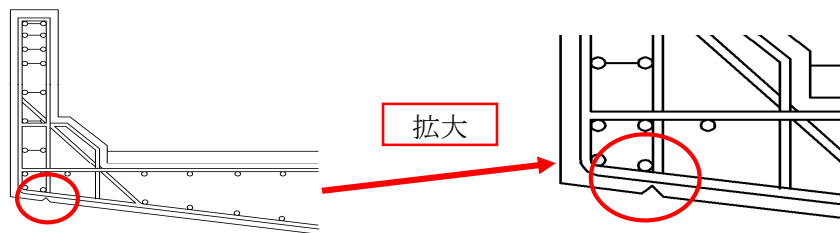
既設橋梁の塗装塗り替えについても、A 系塗装から C 系塗装に塗り替えるケースがみられるため、橋梁点検においては塗装の仕様について確認する必要がある。

塗装系の変更に際して、素地調整は 1 種とすることが原則であるが、施工上の制約によって 3 種とする場合は、塗膜の耐久性が大幅に劣るため、推定耐久年数より短期間で塗り替えが必要になることを踏まえて採用しなければならない。

5. 床版水切り

床版の水切りの形状は、岐阜県橋梁設計要領(平成 13 年 3 月)において、下図のように規定しているが、それまでは主に V カット式の水切りを多く採用していた。

V カット式(切り欠き式)の水切り形状の場合は、かぶり不足により損傷しやすいため、注意する必要がある。



最近の橋梁では、鉄筋のかぶりを確保するために、水切りの形状を下図のように変えている。

床版の張出部下面には図 2. 2. 8 に示す形状の水切りを設ける。

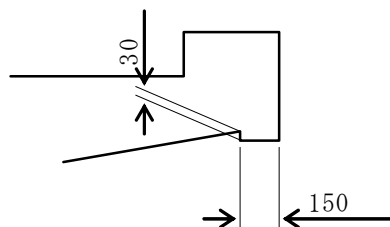


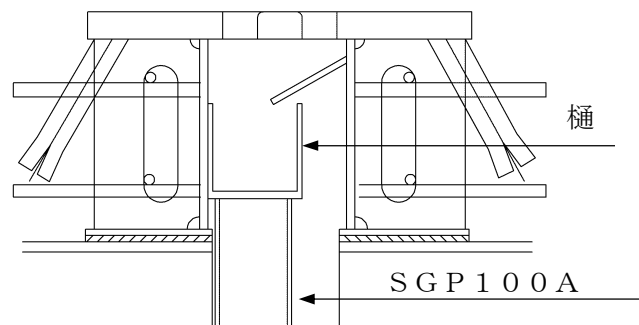
図 2. 2. 8 水切り形状

岐阜県橋梁設計要領 (平成 13 年 3 月)

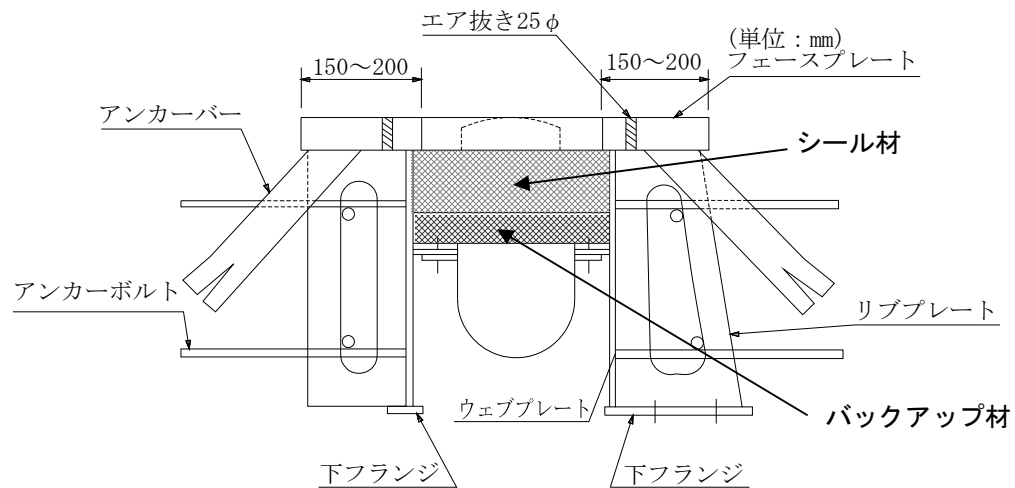
6. 伸縮装置

伸縮装置は、岐阜県橋梁設計要領(平成3年4月)において、非排水型を原則としている。

また、中部地方整備局の設計要領でも、平成元年より非排水化が標準とされた経緯をみると、昭和に建設された橋梁は、鋼製フィンガージョイントで排水型を使用している可能性が高い。



鋼製フィンガージョイント（排水型の例）

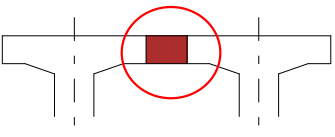
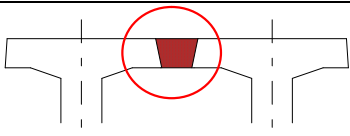
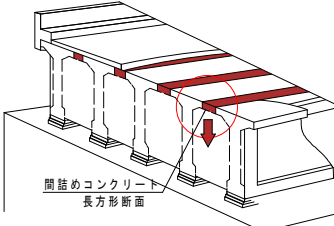
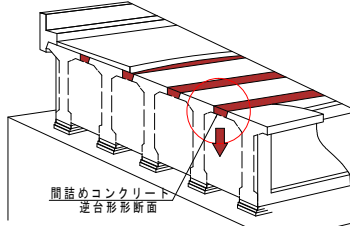


鋼製フィンガージョイント（非排水型の例）

7. PC 桁

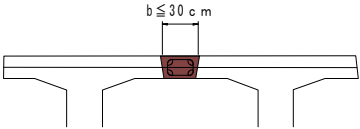
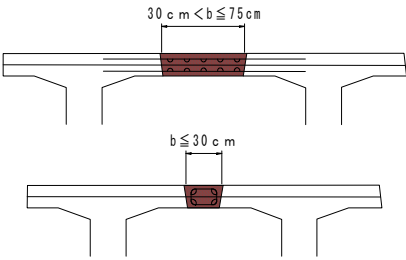
7-1. 床版間詰め部のコンクリート落下

(1)間詰めコンクリートの断面形状が、長方形(現在は逆台形:クサビ形)となっている。

ポ ス ト	ブ レ ー ン	間詰めコンクリートの形状
昭 和 43 年 以 前	昭 和 45 年 以 前	 間詰め形状が長方形であり、落下しやすい形状となっていた。
昭 和 44 年 以 後	昭 和 46 年 以 後	 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。
		 間詰めコンクリート 長方形断面  間詰めコンクリート 逆台形断面

上記の表より、標準設計が発刊する前となる昭和 45 年以前のプレテン桁や、昭和 43 年以前のポステン桁は、間詰め部のコンクリート落下に注意する必要がある。

(2) 床版から間詰め部への鉄筋定着がされていない。

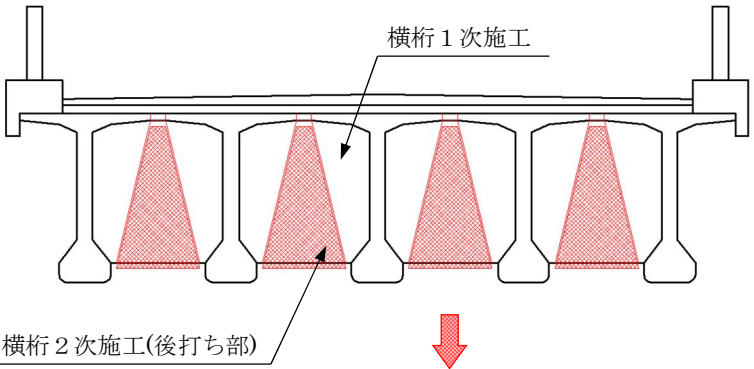
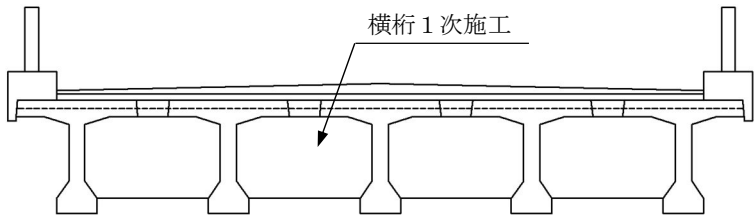
間詰め部への鉄筋定着	
プレテン桁	間詰めの幅が 30 c m 以下であることおよび、フルプレストレス状態で引張応力が生じない事より、床版から間詰め部への鉄筋は、年代を問わず設置されていない。 
ポステン桁	最初に制定された標準設計（昭和 44 年）は、床版から間詰め部への鉄筋が設置されていた。 右図に示すように間詰めコンクリート幅が 30 c m 以下の場合には現在でも鉄筋は設置されていない。 

上記の表より、プレテン桁全般や、間詰め部の幅が 30cm 以下のポステン桁は、間詰め部のコンクリート落下に注意する必要がある。

7-2. ポステン横桁の形状

施工が古いポステン桁の横桁は、後打ち部を斜めに施工していた場合がある(下表参照)、昭和44年に制定した標準設計では、現在と同様の横桁形状となっている。

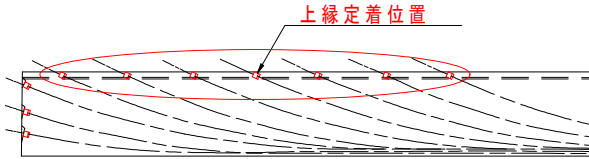
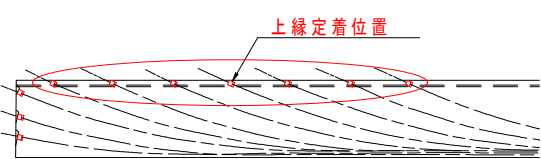
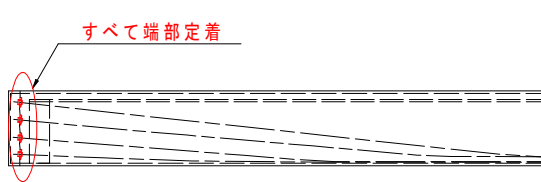
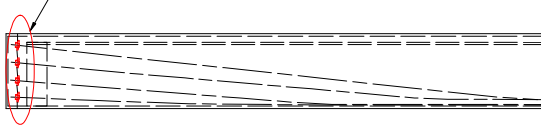
横桁が斜めに施工されているポステン桁の場合は、横桁の打ち継ぎ目から損傷が発生する事があるため、昭和43年以前の橋梁については注意する必要がある。

横桁形状	
昭和43年以前	
昭和44年以降	

7-3. ポステン桁の床版上縁での PC ケーブルの定着

ポステン桁の場合は、下表に示す年代別でPCケーブルの定着位置が変更になっている。上縁定着となっている橋梁は、活荷重により定着部が損傷し舗装に異常が発生することが考えられる。

よって、昭和 54 年以前の設計および昭和 55 年～平成 5 年の設計で桁長 27m以下のポステン桁は、舗装に異常が有った場合定着部の損傷が考えられるため、注意する必要がある。

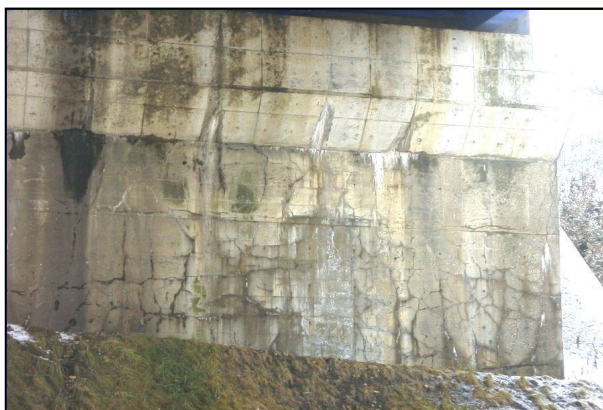
	PC ケーブル定着方法
昭和 54 年 以 前	 PCケーブルの一部を、主桁上縁（床版上面）で定着している。
昭和 55 年 ～ 平成 5 年	 桁長が 27m以下の場合は、PCケーブルの一部を、主桁上縁（床版上面）で定着している。  桁長が 28m以上の場合は、主桁端部で PC ケーブルを定着している。
平成 6 年 以 降	 桁長に関係なく、主桁端部で PC ケーブルを定着している。

8. コンクリート構造

8-1. アルカリ骨材反応によるひび割れ

岐阜県内では、過去の点検の結果から昭和 40 年代後半から昭和 50 年代前半の橋梁で、アルカリ骨材反応に伴う被害例が多い。また、被害の発生地域は、東濃地域と飛騨地域に多く見られ、特に注意が必要である。

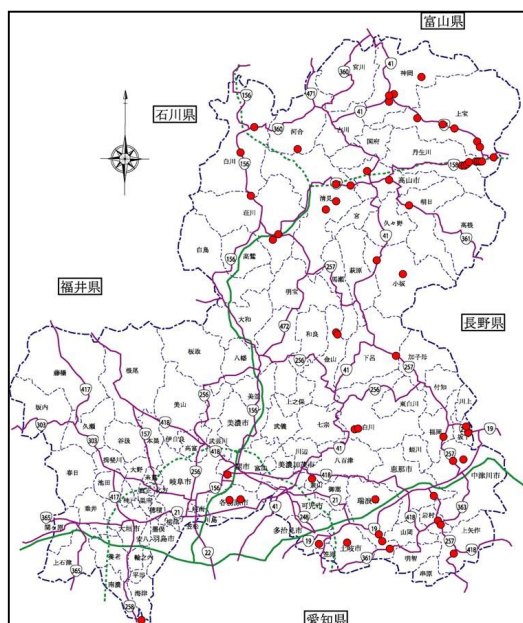
全国的には、「アルカリ骨材反応暫定対策」(1986 年)によって、コンクリート中の骨材にアルカリ・シリカ反応を起こす反応性骨材が使用される可能性は低くなり、それ以後に建設された橋梁については、問題がほとんど発生していない。



橋台に発生したひび割れ（飛騨地域の事例）



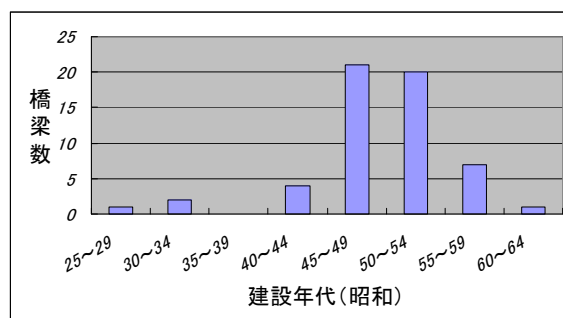
橋脚に発生したひび割れ（東濃地域の事例）



アルカリ骨材反応で問題がある橋の分布(注1)

注 1) 地図は H14.4.1 現在のものを使用している。(市町村合併は未対応です)

注 2) 点検結果は、H17 年度までの結果を使用している。



アルカリ骨材反応で問題がある橋の年代(注 2)

8-2. 凍害によるコンクリートの断面欠損

寒冷地域では、橋台の水かかりが多い下部工端部や、上部工の地覆、高欄などで、凍害によりコンクリートの断面欠損が多く見られる。



橋台端部が断面欠損している状況



高欄天端がスケーリングしている状況

凍害が発生する要因は、①内部の空隙が水で満たされている。②その水が凍結・融解して水圧の発生が繰り返されている。③その繰り返し作用がコンクリートの抵抗能力を上回る。の3つの条件が揃った場合である。(これらの要件のうち1つでも欠落すれば、凍害は、発生しない。)

一般にコンクリートは、内部の空隙が適切な間隔で分布することにより、凍害に対する抵抗性が高くなる。AE 剤が普及する昭和 40 年代以前は注意が必要である。

9. 設計荷重の変遷

9-1. 橋梁の設計自動車荷重の変遷

輸送効率を上げるため自動車は重量が増加している。
その結果として設計自動車荷重は、下記に示すように変遷している。
活荷重による繰り返し荷重の影響は橋梁の疲労損傷の要因となる。

名称	橋の等級		活荷重	
	道路の種類	等級	車道	
			車両荷重	
			自動車	転圧機
1926(大15)年 6月 道路構造に関する細則案	街路	一等橋	12tf	14tf
	国道	二等橋	8tf	11tf
	府県道	三等橋	6tf	8tf
1939(昭14)年 2月 鋼道路橋設計示方書案	国道および小路 (Ⅰ)等以上の街路	一等橋	13tf	17tf
	府県道および小路 (Ⅱ)等以上の街路	二等橋	9tf	14tf
1956(昭31)年 5月 鋼道路橋設計示方書	一級国道 二級国道 主要地方道	一等橋	20tf(T-20)	
	都道府県道 市町村道	二等橋	14tf(T-14)	
1993(平5)年 11月 道路橋示方書Ⅰ 共通編	高速自動車国道 一般国道 都道府県道 幹線市町村道等		25tf	荷重の区分
				B活荷重
	その他の市町村道			A活荷重

9-2. 橋梁の耐震設計の変遷

橋梁の耐震設計は、昭和55年道路橋示方書において、初めて体系的に整理され、現在の耐震設計の基礎が確立した。平成8年には、兵庫県南部地震による甚大な被害の経験を踏まえ、マグニチュード7級の内陸直下型で発生する地震動に対しても、必要な耐震性を確保することを主な内容とする改定を行った。

	設計水平震度
大正15年 道構細則	最強地震力
昭和14年 鋼道示(案)	$kh=0.2$ (架橋地点に応じて増減)
昭和31年 鋼道示	$kh=0.1\sim0.35$ (地域と地盤条件により増減)
昭和39年 下部指針 杭基礎	
昭和39年 鋼道示	
昭和41年 下部指針 調査設計	
昭和43年 下部指針 橋脚・直接基礎	
昭和45年 下部指針 ケーソン	
昭和47年 耐震設計指針	$kh=0.1\sim0.30$ (設計水平震度の標準化、修正震度法の導入)
昭和48年 下部指針 場所打ち杭	
昭和51年 下部指針 杭基礎	
昭和55年 道路橋示方書	(修正震度法の適用範囲の改訂)※耐震補強の目安となる指針
平成 2年 道路橋示方書	(震度法と修正震度法の統合)
平成 8年 道路橋示方書	震度法に加え地震地保有水平耐力法に用いる設計水平震度を導入(プレート境界型海洋性地震type I、内陸直下型地震type II)
平成 13年 道路橋示方書	性能規定型の基準を目指し、橋の耐震性能、設計地震動の設定方法及び耐震性能の照査方法に関して、基本的な要求事項を明示した。