

第3章 米国における橋梁床版と橋面舗装の現状

日本に先駆けてインフラの維持更新に取り組んできている米国では、日本と同様、床版の損傷に長年苦慮してきている。1970年代の米国の道路橋の損傷事例は、現在の日本の損傷状況に類似した状況にあった。損傷原因としては過積載車両、海浜部の飛来塩分による塩害、融雪剤による塩害、アルカリシリカ反応（ASR）による劣化等があげられる。そのため、床版の損傷対策として、鉄筋のかぶり量の増加、橋面コンクリート舗装、使用材料の改善、エポキシ被覆鉄筋などの耐腐食性の高い鉄筋の使用などが採用されるようになってきた。

また、米国では州やその地域により、比較的温暖で雨の少ない地域や融雪材の散布が著しい地域、飛来塩分が多い海浜環境、コンクリートに使用する骨材が ASR を生じる有害なものを多く含むなどのように環境条件が異なる。そのため州ごとに採用工法が異なる場合もある。そのような環境下で米国の各州では、道路の維持管理に関する予算の 50～85%が道路橋床版の維持管理に費やされている。全米での道路橋床版の総量は 28 億平方フィート（約 2.8 億 m²）であり、年間で 50 億ドルの予算が床版の維持管理に使われている。

道路橋床版の舗装面の対策工法は、大きく分けて 3 つのタイプがあり、約 5cm のアスファルト舗装をする場合、ラテックス改質コンクリート（Latex Modified Concrete, 以下、LMC）等で表面をオーバーレイする場合、そして橋面コンクリート舗装もしくはコンクリート床版と舗装の一体打ちとする場合である。米国の橋面舗装の種類別橋梁数比較を表-3.1、橋面舗装の種類別面積比較を表-3.2 に示す。また、表中のカリフォルニア州のデータを図-3.1 と図-3.2 に示す。アスファルト舗装とコンクリート舗装（表中のアスファルト舗装以外）の面積割合はそれぞれ 30, 70%程度である。アスファルト舗装が少ない理由として、1970 年代に施工された床版防水で、防水効果に乏しいものが多く、アスファルト舗装の橋梁において水分や塩分がコンクリート床版に蓄積されて、床版の早期劣化の原因となったことから、アスファルト舗装をしないほうがよい、という考え方が定着したためである。

以上のことを背景に、米国連邦道路局をはじめ、比較的温暖で雨の少ない地域であるカリフォルニア州交通局、また、東部で融雪材の散布が著しい地域として、ニュージャージー州交通局、ニューヨーク市交通局の橋梁床版に対する取組みを調査した。具体的な内容として、橋面コンクリート舗装、防水・排水機能の考え方、ひび割れ対応、防水層・摩耗層の考え方などを以下に詳述する。

表-3.1 米国の橋面舗装種類別橋梁数比較（米国連邦道路局 2015 年 単位 橋）

州	床版と舗装の 一体打ち	コンクリート 舗装	LMC	低スランプ コンクリート	エポキシ 樹脂舗装	アスファルト 舗装
California	3,489	885	10	5	66	7,371
New Jersey	2,263	33	661	7	17	2,618
New York	2,325	4,679	216	0	152	9,182

表-3.2 米国の橋面舗装種類別面積比較 (米国連邦道路局 2015年 単位 m²)

州	床版と舗装の 一体打ち	コンクリート 舗装	LMC	低スランプ コンクリート	エポキシ 樹脂舗装	アスファルト 舗装
California	6,963,882	1,238,558	17,825	3,801	608,609	4,139,635
New Jersey	2,586,723	70,693	1,142,400	1,656	8,562	2,449,885
New York	2,022,964	6,110,764	535,541	0	158,221	3,607,399

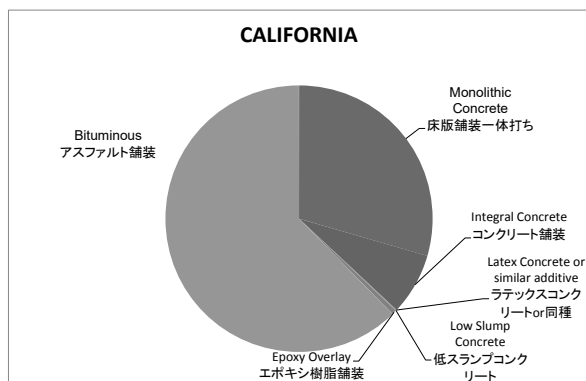


図-3.1 米国の橋面舗装種類別橋梁数比較
(米国連邦道路局 2015年)

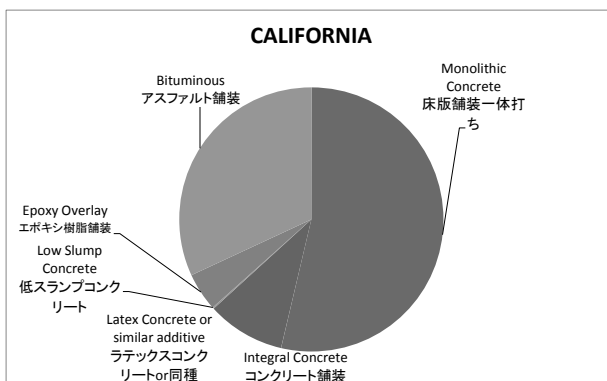


図-3.2 米国の橋面舗装種類別面積比較
(米国連邦道路局 2015年)

3.1 コンクリート舗装

3.1.1 カリフォルニア州交通局

カリフォルニア州交通局 (California Department of Transportation, 以下, CALTRANS) は, カリフォルニア州を 12 の地区に分け, 各地区に地区拠点となる事務所を設置している。

道路の路面は, 歩道や駐車場・駐車帯はコンクリート舗装, 都市内の車道はアスファルト舗装が主流である。歩道は現場打ちコンクリートとコンクリート製品が多く, 歩道でもほうき目仕上げが施されている場所もある。横断歩道ではプレキャストコンクリート製品の舗装版も使用されている。高速道路では橋面上はコンクリート舗装であるが, 土工部はアスファルト舗装も多い。基本的にはコンクリート舗装を用いているが, 騒音低減などが必要な場合やコンクリート舗装の表面補修などでアスファルト舗装が増えている。

CALTRANS では, 劣化損傷した RC 床版は上面からメタクリル樹脂 (Methacrylate) とポリエステルコンクリート (Polyester Polymer Concrete, 以下, PPC) を用いた補修を行っている。補修方法は, 劣化損傷したコンクリートの調査を行い, 浮きなどがある範囲を特定し,



写真-3.1.1 PPCによるパッチング (出典 CALTRANS)



写真-3.1.2 Methacrylateの塗布 (出典 CALTRANS)

上側鉄筋まで完全に除去する。そして、除去した部分は PPC を用いてパッチングを行う(写真-3.1.1)。その後、表面の汚れなどを除去する目的でショットブラスト処理を行い、表面の清掃と乾燥を行う。メタクリル樹脂は湿気があると付着性状が低下するため、相対湿度 85%以下とする。次に、メタクリル樹脂を 0.45~0.54l/m² (75~90 sq.ft.per gallon) の範囲となるようにレーキやローラ刷毛などを用いて敷均す(写真-3.1.2)。メタクリル樹脂はひび割れ内部への充填性が高いことをコアで確認しており(写真-3.1.3)、面的なひび割れの補修が可能である。最後に、表面にすべり抵抗を向上させるために砂を散布して終了となる。

さらに、塩化物の浸透防止や耐摩耗性を向上させる場合には、PPC を表層として敷設する場合もある。PPC はポリエステルポリマー樹脂に骨材を混ぜて硬化させたもので、セメントコンクリートの 10 倍の耐摩耗性を有し、すべり抵抗性が高く、硬化時間が 4 時間と速硬性があるため、急速施工が可能な材料である。また、弾性係数がコンクリートの 1/4~1/3 程度であり、じん性があるためひび割れが発生しにくい。ただし、PPC の樹脂材料はセタ密閉式引火点が 32℃ (華氏 89 度) と引火性が高いことから、危険性物質 (HAZMAT) となっており、保管などの取扱いには十分な注意が必要である。PPC は移動式で容積計量可能なミキシングトラック(写真-3.1.4)で混合する。メタクリル樹脂で処理した後、ペーバを用いて 3~10 cm の薄層で敷設する(写真-3.1.5)表面はすべり抵抗の向上を目的としたタイングルーピングを行う場合もあるが、仕上げ後、速やかに行う必要がある。砂散布は、表面の光沢がなくないうちに行うことが肝心である。硬化後、表面の清掃を行った後、交通開放となる。これらを米国では“表面はすべり抵抗の向上を目的 ce”や“表面はすべり抵抗の向と呼称しており、構造設計上では日本における「橋面舗装」と同様に強度部材ではなく橋面の摩耗層となる。CALTRANS では、この補修技術はカリフォルニア州内で現在施工実績を増やしており、今後は米国内にも普及するものと考えている。

3.1.2 ニュージャージー州道路局

ニュージャージー州道路局 (State of New Jersey Department of Transportation, 以下, NJDOT) は、橋面上の舗装については、やはりコンクリート舗装が主体であり、都市部ではアスファルト舗装も増えてきたものの、全体の 7 割はコンクリート舗装である。この理由として、床版の点検が容易であること、床版上面とアスファルト舗装の間に水を滞水させる心配がないことが挙げられる。また、アスファルト舗装の場合

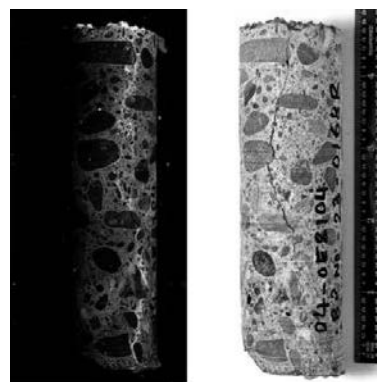


写真-3.1.3 メタクリル樹脂の充填性(出典 CALTRANS)



写真-3.1.4 ミキシングトラック(出典 CALTRANS)



写真-3.1.5 PPC の敷均し(出典 CALTRANS)

の滞水の問題を解決するためには防水層の施工が必要であり、施工費用の面でもコンクリート舗装のほうが優位と考えられている。コンクリート舗装の乗り心地の悪さについては、ニュージャージー州でもさほど問題に挙がってきていないとの調査結果である。

なお、コンクリート舗装は約 38 mm (1.5inch) 以上の厚さで施工するよう定められているが、新設の場合は床版と舗装を分割した 2 層打ちはせずに、床版と舗装を同時に 1 層で打設するケースが多い。一方、既設床版上のコンクリート舗装の打換えの場合は、LMC が多く用いられている。

コンクリート床版の補修方法は、その損傷程度に応じて①表層だけを削るケース、②鉄筋下まではつるケース、③全厚を打ち直すケースの 3 ケースに大別される。表層だけを削った場合は、その後に LMC やセメントを用いないポリマーコンクリート (Polymer Concrete) などで増厚される。早期開放が必要な場合は、速硬コンクリート (Rapid hardening Concrete) が使われる場合もある。

点検で鉄筋の腐食が確認された場合には、鉄筋の下までコンクリートをはつる。腐食した鉄筋はサンドブラストでさびを除去し、エポキシコーティングしてからコンクリートを打設する。鉄筋の断面欠損が 25% 以上の場合は、新しい鉄筋を継ぎ足すようにする。断面修復には、近年、高性能コンクリート (High Performance Concrete, 以下、HPC) が適用されるケースも多い。この HPC は、一般に水セメント比 (W/C) が小さな密実なコンクリートであり、ポリマーやシリカヒューム等を混入するような数種類の HPC が存在している。

また近年、ニュージャージー州でも床版の更新件数が増えてきている。これは、床版のみでなく鋼桁等も含めて劣化損傷が激しい場合が多く、その主要因はジョイント部からの漏水であるとの話であった。とくに凍結防止剤を散布した後に、塩水がジョイント部を通して桁にまで流れることが原因であり、NJDOT では桁端部を高圧水で洗浄する対策がとられている。

3.1.3 米国連邦道路局 研究開発技術事務所

米国連邦道路局 (Federal High-Way Administration, 以下、FHWA) 研究開発技術事務所は、日本で言えば国土技術政策総合研究所あるいは土木研究所に相当する。米国交通省高速道路庁 (US Dep. of Transportation) に属し、米国全土を対象に高速道路の重要な課題に対して研究開発を行い、その結果を行政に反映させる機関である。

米国でのコンクリート床版では、排水の観点や点検の容易性から橋面コンクリート舗装を摩耗層 (wearing surface) としており、床版の鉄筋にはエポキシコーティングを施し、また、水セメント比を小さく (40~45%) した高性能コンクリート (HPC) を用いている。この HPC は、米国では水セメント比を上述程度に抑え、圧縮強度が 28~41N/mm² 程度の硬練りコンクリートを言う。鉄筋はエポキシ被覆鉄筋が使用されているのが多く、ほかにステンレス等の鉄筋も使用されている。

3.2 防水・排水

3.2.1 国道共同研究プログラム (National corporate Highway Program) NCHRP2004 年版の内容

米国における 1960~70 年代に増加した鉄筋腐食によるコンクリート床版の劣化により、塩分が鉄筋に到達しない技術、到達を抑止する技術に関心が集まった。その結果、鉄筋かぶり増加、スランプの小さいコンクリート (HPC)、オーバーレイ、LMC、橋面舗装、防水層、アスファルト合材、エポキシ被覆鉄筋が用いられることになった。

さらに、フライアッシュ、シリカヒュームおよび高炉スラグ微粉末がセメント混和材として用いられるようになり、塩分等の浸透性能の小さいコンクリートが用いられるようになった。今や、密実性の高いコンク

リートの使用で、塩分の浸入をかなり抑制できることを多くの橋梁管理者は認識できるようになってきている。

橋梁床版の防水システムは、コンクリートや鉄筋をその劣化から守るシステムである。オーバーレイ、防水層、シーラント、電気防食などが含まれる。ラテックス改質コンクリート（LMC）の橋面舗装、スランブの小さい硬練りの高性能コンクリートのオーバーレイがよい結果を示している。この結果は防水層との併用の場合も含まれている。しかし、防水システムは防水層のみの寿命ではなく、防水層を覆っている材料の寿命によってその寿命が決まるものである。

コンクリート表面のシーラント（浸透材や表面被覆剤）は劣化を遅らせる目的には沿うものである。シーラントの性能評価は室内試験と現場での性能とに差が見られる。国家レベルの試験方法や基準もないので判断が難しい。シーラントはコストが安価であり、使われることも多い。電気防食も採用されて来ているが、メンテナンスフリーであるとか、経済的であるといった証明はできていない。設計上の取組みから床版の性能や経済性の改善が図られてきている。コンクリートの収縮を小さく抑えること、鉄筋のサイズを小さくしてピッチを密にすること、適切なかぶりを設けること、などがその具体的な例である。施工においては適切な養生を行うことが、耐久性のある床版を得るためにぜひとも必要なこととしている。

現在の実施例や研究結果では、以下の材料の使用や実施がコンクリート床版の耐久性の向上に役立っている。

床版コンクリートには、

- ①タイプⅠ（ポルトランドセメント）、タイプⅡ（中耐硫酸塩セメント）、タイプⅠP（ポゾラン混合セメント）を使用する。
- ②フライアッシュを 35%まで用いる。
- ③シリカヒュームを 8%まで用いる。
- ④高炉スラグ微粉末を 50%用いる。
- ⑤骨材にヤング係数が小さいもの、線膨脹係数が低いもの、熱伝導率が高いものを使用する。
- ⑥減水剤、高性能減水剤を用いる。
- ⑦気泡間隔を 0.20mm 以下、気泡表面積を 23.6mm²/mm³以上のコンクリートを使用する。
- ⑧水セメント比は 0.40～0.45 のコンクリートを使用する。
- ⑨圧縮強度は 28～41N/mm²とする。
- ⑩塩化物浸透抵抗性は AASHTO T 277 基準で 1500～2500 クーロンとする。
- ⑪鉄筋はエポキシ被覆鉄筋を使用し、主筋のサイズの小さいものを用い、ピッチも選ぶ。

設計や施工に関しては、

- ①64mm（2.5inch）以上のかぶりを確保する。
- ②適切な温度を確保して打設する。
- ③風や霧が当たらないようにして打設する。
- ④最低限の仕上げ設備を準備して施工を行う。
- ⑤仕上げ作業直後から最低7日間の湿潤養生を行う。
- ⑥湿潤養生の後、養生剤を用いて乾燥収縮を抑える。
- ⑦LMC あるいは密実なコンクリートで舗装を行う。

などが記述されている。また最新の技術の進展を踏まえ、5年ごとに総合的な報告書に取りまとめられる予定である。



写真-3.3.1 ブルックリン橋アプローチの塩害損傷

3.3 残存型枠

3.3.1 ニューヨーク市交通局

ニューヨーク市交通局（New York City Department of Transportation：以下、NYCDOT）では、ブルックリン橋等で床版打設時に鋼製残存型枠を使用している。日本においては、鋼製残存型枠のデメリットとして、水が溜まりやすいことや橋梁下面からの目視調査が行えないことが懸念されているが、NYCDOTの見解としては、かぶりコンクリートの剥落による第三者被害防止の方が重要との判断である。



写真-3.3.2 床版の漏水跡と錆汁

1) ブルックリン橋アプローチの塩害損傷

ブルックリン橋の建設は1883年であり、現在も交通量が多くRC床版の傷みも激しく、アプローチでは幾度も修復が繰り返されている。写真-3.3.1に示すアプローチ部では、鋼桁部の橋梁架替え区間と補修工事区間があり、補修工事区間では桁端部の補修が行われている。この桁端部は、伸縮装置からの漏水により鋼桁が腐食しており、下部工の鋼材の腐食にまで影響を及ぼしている。また、写真-3.3.2に示す床版下面には、鋼製残存型枠が用いられており、型枠の境界部からは漏水跡および錆汁が見られ、床版下面部での溜水が推測された。

2) 278号線高架橋の鋼製残存型枠と第三者被害防止

写真-3.3.3はマンハッタン島からヒュー・L・キャリー・トンネルを抜けて南に向かう278号線の高架橋であり、拡幅工事を繰り返すたびに、RC床版も補修工事を施しているとのことである。ここでも下面には鋼製残存型枠が設置されていた。写真に示すように、ところどころに漏水や遊離石灰等が確認でき、一部では鋼製残存型枠自体の腐食が激しい箇所も見受けられる。

写真-3.3.4は、ニューヨーク市郊外のジャマイカ地区の、道路交差部の鉄道橋（鋼橋）RC床版である。建設年は不明だが、鉄筋の腐食が激しく、鉄筋に沿ってかぶりコンクリートがはく離しており、中性化によるものと思われる。このような劣化の現状が、一般市民に目に見える形として現れており、上記の見解が理解できる。



写真-3.3.3 278号線高架橋と鋼製残存型枠



写真-3.3.4 道路交差点の道路橋のRC床版

3.4 エポキシ被覆鉄筋

3.4.1 カリフォルニア州交通局

カリフォルニア州においても冬期に凍結防止剤を散布するため、塩害による鉄筋腐食が生じている。その対策として、現在ではエポキシ被覆鉄筋を標準使用としており、問題となることは少ない。ひび割れなどの劣化損傷が生じた場合には前述した補修方法による対応を行っている。米国基準におけるRC床版の設計上の純かぶり厚は、上側鉄筋で約50 mm、下側鉄筋で約25 mmである。しかし、米国では橋梁上の舗装はコンクリート舗装を標準として設計しており、新設時には舗装を一体打ち施工するため、かぶり厚はこの基準より大きくなっており、塩害に対してはより安全側である。

3.4.2 ニュージャージー州道路局

ニュージャージー州は、北東でニューヨーク、南西でフィラデルフィアと接しており、古くよりこの2大都市を結ぶ回廊として道路が整備され、主要道では1日30万台を越す通行量がある。開拓が早かった東部海岸側は橋梁建設の一次ピークが1930年代前後であり、供用70～80年を越す橋梁も少なくない。また冬季には、氷点下を下回る日が続くため、大量の凍結防止剤が散布される。このような事情から、橋梁構造物にとって過酷な使用環境であり、とくにコンクリート床版の維持管理に関し、古くより悩まされてきた地域である。

コンクリート床版の劣化・損傷対策として、ニュージャージー州では新設の床版に用いる鉄筋は、エポキシ被覆鉄筋を標準仕様としている。また、エポキシ被覆鉄筋以外にも、ステンレスクラッド鉄筋(MMFX鋼)、亜鉛めっき鉄筋、ステンレス鉄筋などもあり、それらの使い分けは場所や目的によるものである。

3.4.3 ニューヨーク 678 号線の橋梁架替え工事のエポキシ被覆鉄筋

678 号線の橋梁架替え工事は、床版の劣化対策によるものとのことである。現場は写真-3.4.1 に示すような橋脚施工時であり、使用されている鉄筋はエポキシ被覆鉄筋であった。この現場以外でも、移動中に見掛けた工事では、床版あるいは壁高欄の鉄筋にもエポキシ被覆鉄筋が使われており、NJDOT と同様に標準使用であることがうかがえる。価格については鉄筋の 2~3 割増しとの情報である。



写真-3.4.1 橋梁架替中の下部工施工現場

3.5 高性能コンクリートによるコンクリート床版

わが国では、岡村ら^{例え、4)}が所要の耐久性能を確保するためには、施工や設計詳細などの影響を受けない締固め不要のコンクリートを用いることが最も有効な方法であると考え、「ハイパフォーマンスコンクリート」を開発した。ハイパフォーマンスコンクリートは、締固め不要だけでなく、コンクリートの耐久性に悪影響を及ぼす温度ひび割れや乾燥収縮の初期欠陥を生じにくくし、硬化後の外的要因の影響も受けにくい、密実性も有するコンクリートとして定義された。現在の日本における「高性能コンクリート」は従来のコンクリートに新たな機能を付加したコンクリート全般の呼称であり、日本で最初に呼称された「ハイパフォーマンスコンクリート」は高性能コンクリートの一つである「高流動コンクリート」に近いものと考えられる。

一方、米国の TRB⁵⁾では、SHRP プロジェクトの目的のために“High Performance Concrete (以下、HPC)”を最初に以下の 3 つの要求性能で定義した。これらの定義より、米国における HPC は日本の高性能コンクリートとはほぼ同義であることから、本報では高性能コンクリート (HPC) と訳した。

- ①水結合材比 (w/cm) の最大値 : 35%
- ②ASTM C 666 (促進凍結融解試験方法) の A 法 (水中凍結融解試験) における耐久性指数の最小値 : 80%
- ③圧縮強度の最小値 : a. 打設後 4 時間以内 20.7MPa (3.0ksi)、b. 24 時間以内 34.5MPa (5.0ksi)、または c. 28 日以内 69.0MPa (10.0ksi)

ここでは、耐久性と強度に関連した定義である。その後の報告書では、コンクリートの高強度化から開発された“High Strength Concrete”が HPC と混同しやすいことを警告し、HPC で定義された耐久性は強度よりも重要となる多くの要因があるとした。プロジェクト完了により、HPC の定義は表-3.5.1 に示すように分類された。

表-3.5.1 HPC の基準

HPC の分類	圧縮強度の最小値	水セメント比の最大値	耐久性指数の最小値 (凍結融解抵抗性)
超速硬 (VES)			
Option A	13.8MPa (6 時間)	0.40	80%
Option B	17.2MPa (4 時間)	0.29	80%
早強 (HES)	34.5MPa (24 時間)	0.35	80%
高強度 (VHS)	69.0MPa (28 日)	0.35	80%

米国では 1993 年に 13 の州で 18 の橋梁で HPC を用いた実証が行われた。この中で、オハイオ州の 1 つ

道路橋床版の橋面コンクリート舗装

の橋梁以外は、18～23cm (7.0～9.0inch) 厚の現場打ち (CIP) 床版を使用した。床版コンクリートで指定されたコンクリートの事例を表 3.5.2 に示す。材齢 28 日の圧縮強度は、27.6～55.2MPa の範囲であり、多くは 27.6～41.4MPa である。急速塩化物浸透性試験 (Rapid Chloride Permeability Test, RCPT) の結果は、材齢 28 日で 1,500～2,000 クーロン、材齢 56 日で 1,000～2,000 クーロンであり、参考として RCPT ratings を表-3.5.3 に示す。この床版に用いられた HPC は、低水セメント比のコンクリートである Low クラスの範囲である。FHWA (Federal Highway Administration) は、表-3.5.4 に示すように 11 の性能を 4 段階に区分した高性能構造コンクリート (High Performance Structural Concrete、HPSC) の性能等級を示している。

表-3.5.2 HPC 実証橋と床版コンクリートの特性

州	橋の名称	床版コンクリートの指定された特性	
		28 日圧縮強度 (MPa)	急速塩化物浸透量 (coulombs)
Alabama	Highway 199	41.4	—
Colorado	Yale Avenue	35.2	—
Georgia	SR-920	50.3	2,000 (56days)
Louisiana	Charenton Canal Bridge	29.0	2,000 (56days)
Nebraska	120 th Street	55.2	1,800 (56days)
New Hampshire	Route 104, Bristol	41.4	1,000 (56days)
New Hampshire	Route 3A, Bristol	41.4	1,000 (56days)
New Mexico	Rio Puerco	41.4	—
North Carolina	US-401	41.4	—
South Dakota	I-29 Northbound	31.0	—
South Dakota	I-29 Northbound	31.0	—
Tennessee	Porter Road	34.5	1,500 (28days) ^{注1}
Tennessee	Hickman Road	34.5	1,500 (28days) ^{注1}
Texas	Louetta Road	27.6, 55.2	—
Texas	San Angelo	41.4, 27.6	—
Virginia	Route 40, Brookneal	27.6	2,500 (28days) ^{注1}
Virginia	Virginia Avenue, Richlands	34.5	2,500 (28days) ^{注1}
Washington	State Route 18	27.6	—

(注 1) 37.6°C で 21 日間養生を含む。

表-3.5.3 RCPT ratings⁶⁾

塩化物浸透性	急速塩化物浸透量 (coulombs)	コンクリートの例
High	> 4,000	高 W/C (>0.6)
Moderate	2,000 – 4,000	中 W/C (0.4-0.5)
Low	1,000 – 2,000	低 W/C (<0.4)
Very Low	100 – 1,000	Latex modified concrete, Internally sealed concrete
Negligible	< 100	Polymer impregnated concrete, Polymer concrete

表-3.5.4 高性能構造コンクリート(HPSC)の性能等級

性能	標準試験方法	FHWA HPC 性能等級		
		1	2	3
凍結融解抵抗性 F/T: 相対動弾性係数(300回)	AASHTO T 161 (ASTM C666)	$70\% \leq F/T < 80\%$	$80\% \leq F/T < 90\%$	$90\% \leq F/T$
スケーリング抵抗性 SR: 目視評価基準(50回)	ASTM C672	$3.0 \geq SR > 2.0$	$2.0 \geq SR > 1.0$	$1.0 \geq SR \geq 0.0$
摩耗抵抗性 AR: 平均深さ(mm)	ASTM C944	$2.0 > AR \geq 1.0$	$1.0 > AR \geq 0.5$	$0.5 > AR$
塩化物浸透抵抗性 (CP=coulombs)	AASHTO T 277 (ASTM C1202)	$2,500 \geq CP > 1,500$	$1,500 \geq CP > 500$	$500 \geq CP$
アルカリシリカ反応性 ASR: 膨張率(%、56日)	ASTM C441	$0.20 \geq ASR > 0.15$	$0.15 \geq ASR > 0.10$	$0.10 \geq ASR$
硫酸塩抵抗性 SR: 膨張率(%)	ASTM C1012	$SR \leq 0.10$ (6ヶ月)	$SR \leq 0.10$ (12ヶ月)	$SR \leq 0.10$ (18ヶ月)
流動性(SL: スランプ、 SF: スランプフロー)	AASHTO T 119 (ASTM C143) SF試験を提案	$SL > 19\text{cm}$ $SF < 51\text{cm}$	$51\text{cm} \leq SF \leq 61\text{cm}$	$61\text{cm} \leq SF$
強度 fc: 圧縮強度(MPa)	AASHTO T 22 (ASTM C39)	$55 \leq fc < 69$	$69 \leq fc < 97$	$97 \leq fc$
弾性 Ec: 弾性係数(GPa)	ASTM C469	$34 \leq Ec < 41$	$41 \leq Ec < 48$	$48 \leq Ec$
乾燥収縮 S: ひずみ($\times 10^{-6}$)	AASHTO T 160 (ASTM C157)	$800 > S \geq 600$	$600 > S \geq 400$	$400 > S$
クリープ C: 単位クリープひずみ($\times 10^{-6}/\text{MPa}$)	ASTM C512	$75 \geq C > 55$	$55 \geq C > 30$	$30 \geq C$

【参考文献】

- 1) 大田孝二, 谷倉 泉, 橋 吉宏, 塩永亮介, 大久保藤和, 梶尾 聡: 米国における鋼道路橋版板損傷への取組み (その1), 橋梁と基礎 (2015.7)
- 2) B・ヤネフ著, 藤野陽三ほか訳: 橋梁マネジメントー技術・経済・政策・現場の統合ー, 技報堂出版 (2009.9)
- 3) 大田孝二, 谷倉 泉, 橋 吉宏, 塩永亮介, 大久保藤和, 梶尾 聡: 米国における鋼道路橋版板損傷への取組み (その2), 橋梁と基礎 (2015.8)
- 4) 岡村甫, 前川宏一, 小澤一雄: ハイパフォーマンスコンクリート, 技報堂, 1993.9
- 5) Transportation Research Board (TRB): High Performance Concrete Specifications and Practices for Bridge. NCHRP Synthesis Report, 441, 2013
- 6) Caijun Shi: Another Look at the Rapid Chloride Permeability Test (ASTM C1202 or ASSHTO T277)