

道路と橋の寿命と再生 —米国の経験に学ぶ—

和田憲昌*

アメリカの道路や道路橋が荒廃している。本稿では、第一に、連邦交通省による欠陥調査を紹介し、物理的荒廃の外に、機能的欠陥が大きなウエイトを占めていることを明らかにする。第二に、道路と橋の経年劣化と寿命についての若干の情報を紹介する。第三に、アメリカの経験を踏まえて、わが国のとるべき途を考えてみる。

Life Expectancy and the Rejuvenation of Roads and Bridges

—Based on Experiences in the U. S. A. —

Norimasa WADA*

The roads and bridges in America are in poor condition. In this article, I will first review research by the U. S. Department of Transportation on road and bridge deficiencies, and will demonstrate that functional deficiencies, in addition to physical deterioration, are the most important problems. Secondly, I will examine the aging process and the life expectancy of road and bridges. Thirdly, based on experiences in America, I will discuss the policies and measures Japan should take.

1. アメリカの道路・橋梁の荒廃

1-1 主要道路の7割に欠陥

米国の道路延長距離は、1983年末現在624万 km ある。日本の5.5倍にあたる(ただし、車線数の差は考慮していない)。このうち、地先道路(Local Road)を除く主要道路は193万kmである。主要道路は、大部分が連邦補助道路で延長距離は全体の3割であるが、輸送量では9割近くをカバーしている。連邦交通省は、83年末現在で、この主要道路のうち未舗装分を除く166万 km¹⁾について欠陥状況を調査した。その結果72%の道路に欠陥のあることが判明した。道路の種類別に欠陥状況をみると欠陥比率がとくに高いのは地方部の幹線道路と集散道路である。これに対して、都市部の幹線道路と集散道路の欠陥比率は相対的に低い。最も重要な州際高速道路でも欠陥比率が39%に上っている。とくに都市部の州際高速道路欠陥比率は52%と、地方部州際高速道路の欠陥比率を

上まわっている²⁾(Table 1)。

欠陥は、①舗装(舗装の状態、舗装の種類) ②幾何構造(平面線形、縦断線形) ③断面性状(幅員、右路肩幅、路肩の種類) ④走行性(速度、混雑度) ⑤出入制限、の5つのカテゴリーについて判定する。道路の等級に応じて、括弧内の項目ごとに一定の基準を定め、それに達しないものを欠陥道路とする。たとえば、断面性状のなかの判定項目の1つである幅員についてみると、最低幅員は最も重要な州際高速道路で3.6m、主要道路のなかでは低規格の都市部の集散道路で2.4mとなっている。また舗装状態については、州際高速道路では小さなひび割れがあっても欠陥とされる。一方、都市部の集散道路だと、ちいさなひび割れや、ところどころに小さなみぞがある位ならば合格で、少し大きなみぞ、デコボコ、割れ目があると欠陥とされる。ラッシュ・アワーに走れるスピードは、都市部の州際高速道路では48km/H以上なければならない。また、ラッシュ・アワーでも、交通量は設計交通容量以下でなければならない。都市の中心部などでは混雑の指標として、実際の交通量を交通容量で割った値が用いられる。これが都市部の州際高速道路では0.9以下、都

*財団法人エネルギー経済研究所研究理事
Associate Director for Research and Senior Assistant
to President, The Institute of Energy Economics,
Japan.
原稿受理 昭和62年1月29日

市部の集散道路では0.95以下であることが最低基準となっている。総じて厳しい基準である。

わが国でこのような厳しい基準を設けて、欠陥調査をすれば、都市内の道路は欠陥比率が相当高いと思われる。大都市だけでも、こういう調査をぜひ実施してもらいたいものである。

次にどのような種類の欠陥が多いかをみることとする (Table 2)。調査対象道路全体では、断面性状の欠陥比率が最も高く57%である。つまり、道路幅が狭いか、路肩に問題のある道路が半分を超えているということである。とくに地方部集散道路では、断面性状に欠陥のある道路距離の比率は71%に及んでいる。欠陥比率の第二位は幾何構造である。つまり、カーブや勾配がきつすぎる道路の割合が26%ある。断面性状と幾何構造の欠陥は、車の大型化、高速化によって古い道路が時代の要求に合わなくなったことを示すものといえよう。州際高速道路ではこの二つの欠陥は少ない。この道路が1956年から建設された高規格道路であることによる。

欠陥比率の第3位は舗装の23%である。道路の専門家でなければ、道路の欠陥というと舗装状態だけを考えるのが普通かも知れない。舗装だけであれば欠陥比率はそう高くはないのである。とくに、都市部の集散道路の舗装の欠陥比率は10%を切っている。道路の等級が上るほど舗装の欠陥比率が高いのは、等級が上になるほどに基準が厳しくなることを反映している。しかし、基準が妥当とすれば連邦補助金の不足がひびいているといえよう。

欠陥比率の第4位は走行性の8%である。都市部州際高速道路の混雑が最も問題である。出入制限の欠陥比率は最も低い²⁾。

1-2 4割強は欠陥橋

米国の道路橋は575千橋ある。これは6.1m (20フィート) を超える橋で、鉄道橋などは含まない。連邦交通省の85年末現在の調査によれば³⁾、このうち136千橋、23.6%が構造的欠陥橋である。他に機能的老朽化橋が108千橋、18.8%ある。合せて244千橋が欠

陥橋とされている。欠陥橋の比率は42.4%に上る (Table 3)。構造的欠陥橋とは、老朽化のために通行が軽量車に限られている橋、閉鎖されている橋、直ちに補修すべき橋をいう。いわば重症患者である。機能的老朽化橋とは、設計強度は保っているものの、床板の構造、荷重能力、クリアランス (橋桁と下を通過する自動車などとの間の空間) アプローチ道路の平面線形などの面で、その橋のある道路システム

Table 1 米国主要道路欠陥道路比率(1983年)¹⁾²⁾
1983 major highway deficiencies in the U. S.
(1,000 km, %)

		舗装道路開示 距離 計	欠陥道路 距離	欠陥比率
道 路 計		1,664	1,204	72.4
州 部	州 際 高 速 道 路	69	27	39.2
	幹 線 道 路	566	369	65.2
	集 散 道 路	1,028	808	78.5
地 方 部	州 際 高 速 道 路	53	19	35.2
	幹 線 道 路	368	278	75.5
	集 散 道 路	914	760	83.1
小 計		1,335	1,056	79.1
都 市 部	州 際 高 速 道 路	17	9	52.2
	幹 線 道 路	198	91	46.0
	集 散 道 路	115	48	42.2
小 計		329	148	45.0

Table 2 米国主要道路における道路種類別、欠陥種類別比率 (1983年末)

1983 major highway deficiencies, percent of miles in the U. S. by highway type and by deficiency type

		(1,000 km, %)				
道路の種類		欠陥の種類 距離	舗 装	幾何構造	断面性状	走行性
地 方 部	州 際 高 速 道 路	53	27.8	1.2	4.1	6.0
	幹 線 道 路	368	30.4	19.5	58.1	15.8
	集 散 道 路	914	21.8	39.6	71.2	4.1
小 計		1,335	24.4	32.5	64.9	7.4
都 市 部	州 際 高 速 道 路	17	36.6	-	9.0	23.6
	幹 線 道 路	198	19.6	-	22.2	14.3
	集 散 道 路	115	9.6	-	33.7	4.4
小 計		329	17.0		25.6	11.4
計	州 際 高 速 道 路	69	29.9	0.9	5.3	10.2
	幹 線 道 路	566	26.6	12.7	45.6	15.3
	集 散 道 路	1,028	20.4	35.2	67.0	4.1
合 計		1,664	22.9	26.1	57.2	8.2

Table 3 米国道路橋の欠陥状況 (1985年末)³⁾
Deficient bridges in the U. S. (December 31, 1985)

				数 (1,000 橋)			欠陥橋比率 (%)		
				連邦補助橋	連邦非補助橋	計	連邦補助橋	連邦非補助橋	計
道	路	橋	計	270	305	575	100	100	100
欠 陥 橋	構 造 的 欠 陥 橋	機 能 的 欠 陥 橋	計	35	100	136	13.1	32.9	23.6
			計	41	68	108	15.0	22.2	18.8
	計			76	168	244	28.1	55.1	42.4

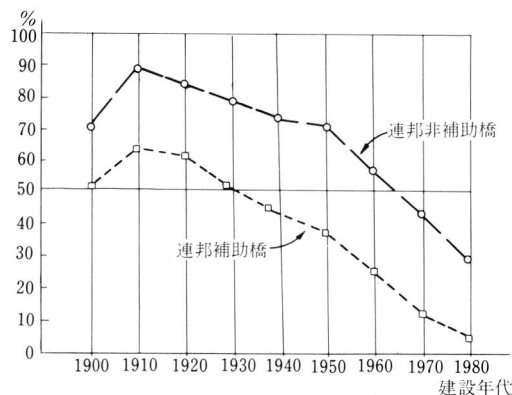


Fig. 1 米国橋梁の建設年代別の欠陥橋比率⁴⁾
Percent deficient bridges versus decade built in the U. S.

の通常の基準に満たなくなったものをいう。時代遅れの橋といえよう。構造的欠陥橋は機能的欠陥があることが多いが、構造的欠陥橋はより重大な欠陥があるので機能的欠陥橋には含めない。

道路橋は連邦補助橋 (Federal-aid) と連邦非補助橋 (Off-system) に分類される。連邦非補助橋の方が欠陥比率が高い。また、建設年次の古いものほど欠陥比率が高いことは当然である。ただ80年代に建設した橋でも、連邦非補助橋の30%がすでに欠陥橋になっていることが注目される⁴⁾ (Fig. 1)。

道路橋の欠陥橋比率は84年の45.3%から85年には42.4%へと低下した。欠陥橋比率の低下は近來はじめてのことである (Table 4)。「道路橋リプレース・改修計画」をはじめとする特別対策がようやく効果をみせてきたものである。

2. 道路と橋の寿命

2-1 物理的耐用年数

アメリカの道路と橋の荒廃の最大の原因は経年劣化である。いわば高齢化現象である。そこで経年劣化と耐用年数 (寿命) についての若干の情報を集めた。

道路の舗装の耐用年数は、舗装の種類と使用状況

などによって大幅に変る。州際高速道路の舗装は、20年で大々的な改修を必要とするように設計されている。舗装後12-13年を過ぎると急速に劣化すると考えられている^{6,7)}。ニューヨーク州交通省の85年の資料はもう少しめが細かい。すなわち、舗装材料と道路の種類に応じて技術的平均耐用年数 (technical service average) を考えている。アスファルト・コンクリート (A/C) 舗装、またはポルトランド・セメント・コンクリート (PCC) の上にアスファルトをオーバーレイした構造 (AC/PCC) の場合には、技術的平均耐用年数は12±6年である。いずれの場合にも、高規格道路ほど耐用年数は短い。再舗装までの年数は次のとおりである。

- 州際高速道路 10年
- 連邦補助一級道路 12年
- 連邦補助二級道路 14年

一方、ポルトランド・セメント・コンクリート (PCC) 舗装の場合には、技術的平均耐用年数は25±5年とされている。道路の等級に応じた耐用年数の区別はしていないようである。

同じ資料によれば、舗装の悪化の基本的要因は年数の経過である。交通量と気候の力が、時の経過とともに累積して路面を悪くする。この他、悪化を加速する要因として、次の点をあげている。

- ① 舗装の設計——舗装の厚さ、下部の基盤 (路床の土の弱さ、排水不良)
- ② 材料——悪い骨材、アスファルトの性状、混合上の欠陥
- ③ 工事——締め不充分 (ACの場合)、コールド・ジョイント、冬場近くの工事

舗装の悪化が大問題になってから久しい。それにもかかわらず、舗装の長期的パフォーマンスについての総合的調査研究は、1960年以降は実施されていない。州道路技術者協会 (AASHTO) が、1960年まで約10年の歳月をかけた大規模な道路試験があるが、気候の影響、維持、管理実態、長期にわたる荷重の影響などについては触れられていない^{8,9)}。なお、舗

Table 4 米国道路橋の欠陥状況推移 (1981-85)⁵⁾
Deficient bridges in the U. S. 1981-85

		数 (1,000 橋)					構成比 (%)				
		1981	82	83	84	85	81	82	83	84	85
道	路	558	564	571	574	575	100	100	100	100	100
欠陥橋	構	127	132	136	141	136	22.7	23.4	23.8	24.6	23.6
	造	122	121	124	119	108	21.8	21.5	21.7	20.7	18.8
	的										
	小	248	253	260	260	244	44.4	44.9	45.5	45.3	42.4

装の設計、工事が適切で、メンテナンスも良ければ、舗装の寿命を3-5年延長することができるというのが、経験の深い舗装技術者の多数説である⁹⁾。

高架道路の構造物の物理的耐用年数については、鋼橋と同様に考えて良いと思われる。

橋の平均耐用年数については、50年説が有力である。アメリカ建設業協会はこの説をとっている¹⁰⁾。ペンシルバニア州、リーハイ (Lehigh) 大学のフィッシャー教授も同じ説のようである。同教授の下で研究された東工大三木千寿助教授 (82年当時) が50年説を紹介されている¹¹⁾。なおフィッシャー教授は、鉄の腐食による割れ (fracture) 問題などの最高権威者であると、連邦道路庁の橋の専門家が教えてくれた。一方、80年説もある。メンテナンスが良ければ、橋の寿命は80年とするのが、一般に認められた説である、というのが、ウォルター・D・マン氏 (Highway & Heavy Construction 誌編集部次長) の説である¹²⁾。どちらが妥当か判断するデータを持ち合せていない。ご教示頂ければ大変ありがたい。なお、1984年に全米の橋の3/4はすでに経年50年を超えている。また、経年80年を超えた橋は、1986年現在約4万橋と推定される¹³⁾ (Fig. 2)。

リプレースまでの間に何回かの改修 (rehabilitation) が必要である。何回必要かについてのデータは乏しい。前記のマン氏は、少なくとも一回は必要だろうとしている¹⁴⁾。

床板は、大きな改修なしに40年もつように設計される。しかし、コンクリート床板に凍結防止の塩をまくと、5-10年で大改修が必要になり、15年で寿命がくることが多い¹⁵⁾。カソード防食 (cathodic protection) が、塩による床板の腐食を防ぐ唯一の改修方法である、というのが連邦道路庁のレイ・バーンハート長官の見解といわれる¹⁶⁾。

ここで有名な2つの橋の改修について触れておきたい。ブルックリン橋は1983年に生誕100年を迎えた。荒廃が著しかったので、これを機に大改修が行われた。メインケーブルは使用に耐えることがわかったが、アンカレッジ部、支柱、サスペンダー、歩道は補修が必要であった。すでに危険な箇所の改修は終わったが、改修は90年まで続く予定である¹⁷⁾。

サンフランシスコオークランド・ベイ・ブリッジは1936年に開通した。陸上部を含む橋の長さは13KM、水面上は約7KMである。152,000トンの構造用鋼と18,500トンのケーブル・ワイヤ、76万トンのコンクリートなどが使われた。当時の技術の粋を集

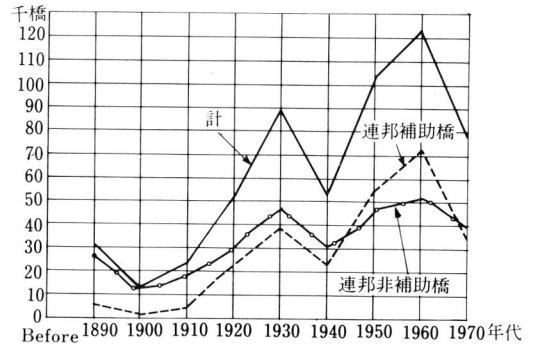


Fig. 2 米国の年代別橋梁建設数¹³⁾

Number of bridges constructed by decade in the U. S.

めて建設された。それにもかかわらず、完成後わずか22年で大改修を迫られる。交通需要の変化に対応するためである。すなわち使われなくなった鉄道線路を撤去し、増大する自動車交通需要に対処することになった。この橋は二層から成る。二階は6車線、一階は狭いトラック用道路3車線とセンターレーンの他、鉄道の複線が通っていた。これを一、二階とも、幅員を広げて5車線ずつの道路専用とする大改修が実施されたのである。二階は乗用車だけが通るという設計だったものを、大型トラックも通行できるようにした。橋を強化できるかどうかについては専門的論議があったが、ノーマン・C・ラブ氏が可能だと主張し、その案が採用された。主な構造物は当初のものが使えることが分かった。改修工事は1958-63年に実施された。63年からは、一階は西行き、二階は東行きの一方通行となった¹⁸⁾。建設後50年を経た今も健在であるが、この橋の歴史は、経済情勢の変化によって意外に早く大改修が必要になった好例であろう。

2-2 経済的・機能的耐用年数

アメリカの道路と橋は、戦前に建設されたものが大きな比率を占めている。道路橋についてみると、20年代以前に建設されたものが全体の約20%を占めている。30年代以前に建設された橋は約35%に及ぶ¹⁹⁾ (Fig. 2)。当時の乗用車は今に比べると小型が多く、速度も遅かった。とくにトラックは小さかった。交通量も少なかった。貨物は鉄道が主体であった。当時建設された道路や橋が、今日の自動車交通に不十分であるとしても不思議ではない。

道路の欠陥比率の大部分は、幅員や線形などの欠陥である。これらは、道路の規格が経済情勢の進展に合わなくなったもので、経済的・機能的欠陥とい

えよう。道路橋の方では機能的欠陥橋が多いことを見た。このことは、物理的寿命と並んで経済的・機能的寿命が重要であることを示している。

3. アメリカの経験に学ぶ

わが国でも、道路や橋の維持補修、さらには更新が大きな課題として登場しようとしている。86年の経済白書は、社会資本の維持・更新コストの割合が長期的に激増することを指摘し、問題の重要性を訴えた²⁰⁾。これに先立って、勸建設経済研究所は道路投資に占める維持管理費と更新投資の割合を長期的に予測した。これによれば維持管理費と更新投資の割合の合計は、1980年度の30%から2000年度には43%に上昇するものと予測されている²¹⁾。対策を誤れば、アメリカのようになる可能性なしとしない。そこでこの問題について簡単に私見を述べ、ご批判を仰ぐこととしたい。

① 維持補修、更新を重視する。

アメリカの道路や橋は維持補修に十分な費用をかけなかったために荒廃が加速された。連邦の補助は、長い間新設分に限られていたことが、その重要な要因となった。現在でも、こまめに補修をするよりも、放置しておいてリプレースする方が連邦の補助金をもらい易いという話もある。政治家もテープカットのないような仕事には熱心にならない。華やかさのない事業にどのように予算をつけて行くか、そのコンセンサス形成の仕組みをどうするかが重要な課題となろう。ニューヨーク州では、Rebuilding New York initiative というプログラムを創設し、社会資本の改修に取り組んでいる。大きな改修工事にはテープ・カットをする。また、古い交通施設などの記念祭を催す。イベントで人々を集め、改修工事の重要性をアピールする。こうしたPRも参考にすべきであろう。

検査費も充分かける必要がある。アメリカでは、6.1m (20フィート) を超える道路橋は2年に1回検査することを、連邦が義務づけている。しかし検査費が充分でなく、時に思いがけない倒壊による事故が起こる。なお、都市では上下水道管の事故で道路の地下の土がさらわれ、道路の陥没を起こすことがある。上下水管の検査も重要である。

維持補修や検査の技術開発も重要である。この面の技術開発は、世界的にも歴史が新しいだけに、開発の余地が大きいと思われる。開発課題は多い。まず検査を科学的に、かつ安い費用でスピーディーに

行うこと。橋の検査はアメリカでは目視検査によって行っている。今後は非破壊検査などの新しい技術と客観的な診断技術の開発が急務とされよう。舗装状態についても、全米の道路を迅速に調査する効率的な方法が必要である。次に、現状の調査結果と予算等に基づいて、維持補修・改修計画を作る必要がある。計画立案には、気象条件などを含みさまざまな要素を考慮する必要がある。ところが熟練したスタッフは少ない。そこで人工知能の活用が研究されている。第三に急速施工法や耐用年数の長い資材の開発が行われている。たとえば橋の床板や重要な道路には、鉄筋コンクリートに代えて、エポキシコート鉄筋が大幅に使われるようになってきている。

アメリカの道路資産は1兆ドルといわれる。大規模で、高額の資産であるにもかかわらず、道路の維持補修の調査研究は意外に進んでいない。そこで国立研究審議会 (National Research Council) の交通研究委員会 (Transportation Research Board) は1984年に、1億5千万ドルの戦略的研究計画を提案した。研究分野は舗装の長期パフォーマンスなど6分野である。舗装問題は15カ年、他の5分野の研究には5カ年を計画している²²⁾ (Table 5)。

② 工事中の交通をどうするか。

大規模な改修となると、道路や橋の閉鎖が必要になる。最も良いのは一車線分子備の敷地を確保しておくことである。アメリカでは、側に一車線分の道路を新設して、一車線ずつ大規模な改修をした例がある。交通量の多い車線の隣りの車線で、舗装工事をして、舗装性能に悪影響がないという研究が発表されているくらいである²³⁾。立地条件によっては、橋の改修工事中は floating bridge を設けて交通の流れをさばくこともある。

一般的な交通混雑対策として、バス専用レーンを

Table 5 米国の戦略的道路研究5ヶ年計画²⁴⁾
A 5-year strategic transportation research program of the U. S.

調査研究の分野	(百万ドル)	
	年間支出額	合計支出額
アスファルト	10.0	50
舗装の長期パフォーマンス	10.0	50
メンテナンスのコスト効率	4.0	20
コンクリート橋部材の保護	2.0	10
道路舗装と構造物のセメントとコンクリート	2.4	12
雪水対策の化学薬剤	1.6	8
計	30.0	150

設けるとか、ラッシュ・アワー時にセンターラインを移動する（交通量の多い方向への交通の車線を増やす）とか、相乗りを奨励するシステムが実施されていることは周知のとおりである。

東京のように交差点の多い都市では信号システムに工夫の余地があるのではないか。古い調査だが、東京区部には1960年代の初めごろで15万もの交差点があった²⁴⁾。信号のゴー・ストップが自動車の流れを悪くしている。短い距離で停車しないですむように信号の運転システムを工夫すれば、交通の流れがスムーズになると考えられる。専門家の研究をお願いしたいものである。

幹線道路などで、他の手段で交通がさばけない場合で近くに道路用地が確保できないところではどうするか。二階建て道路や地下道路をいかに安く作るかが課題となると思われる。

③ 安定的に投資を増加する。

アメリカの道路投資は、インフレ率を調整した実質値では1960年代後半をピークに急減した。80年代初めにはピーク時の半分近い水準にまで低下した²⁵⁾。これが物理的荒廃を加速したことは既に述べた。同時に投資の減退は道路や橋の経済的・機能的劣化の原因にもなった。この間に、トラックはますます大型化し、交通量も増加した。道路を拡幅し、橋を補強、更新しなければ経済の進展に対応できなくなったのである。わが国でも、大都市を中心に経済的・機能的欠陥道路は激増している。幅の狭い道路、混雑した道路が欠陥道路だという意識が薄いだけのことである。アメリカのような欠陥調査をすれば、日本の都市の道路の欠陥比率は相当高いと考えられる。時代の進展に応じて行くためには、投資の増加が必要である。とくに都市の交通混雑を少しでも良くするための対策が望まれる。

④ 更新に備えたグランド・デザインを描き、コンセンサスを形成しておく。

ニューヨーク市のハドソン川沿いに行くと、閉鎖された高架道路が放置されたままになっている。ウエストサイド・ハイウェイの残がいである。この道路は1930年に建設された。当時は夢のプロジェクトともはやされた。43年後の1973年に一部が倒壊しトラックが転落し、道路は閉鎖された。1987年1月現在、まだ、建設プランが固まっていない。どういう形でリプレースするかについて十年以上にわたって論争が続き、コンセンサスが得られないからである。わが国でも将来、価値感の一層の多様化が予想

される。ウエストサイド・ハイウェイのリプレースと似たような事態が起こりうる。広い視野から、国土や都市のグランド・デザインを描き、コンセンサスを形成することが望まれる。大きくは遷都論から小さくはストリートの再開発まで課題は多い。都市再開発のレベルでは、アメリカにも参考になる例がある。シカゴ市イリノイ・センターの四層から成る立体道路も一例としてあげられよう。また、アメニティの点では、ミネアポリス市のニコレット・モールが有名である。四車線あった車道のうち二車線を歩道にして、道路を線状公園 (linear park) とした。その上、主なビルの二階をスカイウェイで結んだ。これは全天候型の通路である。

21世紀の社会経済の変化をリードするような大胆な発想に立ったプランも検討したいものである。

この他、資金問題やマネジメント・システムなども重要な課題であるが、べつの機会に譲る。

筆者は最近数年間、アメリカの社会資本の荒廃を調査しているが、道路や橋の専門家ではない。思い違いなどご指摘頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) U. S. Department of Transportation : Highway Statistics, U. S. Government Printing Office, 1983. P. 107
- 2) Report of the Secretary of Transportation to the Congress : The Status of the Nation's Highways : Conditions and Performance, U. S. Government Printing Office, 1985, p. 69
- 3) U. S. Department of Transportation Federal Highway Administration : Seventh Annual Report to Congress Highway Bridge Replacement and Rehabilitation Program, 1986, p. 6
- 4) 前掲書1983年版, p. 10
- 5) 前掲書1982~1986年版
- 6) Congress of the U. S. Congressional Budget Office : Financial Options for the Highway Trust Fund, 1982, P. 10
- 7) Congress of the U. S. Congressional Budget Office : Public Works Infrastructure : Policy Considerations for the 1980s, 1983, p. 24
- 8) 駄竹清志「米国の道路—技術革新のための調査の促進」『高速道路と自動車』Vol.29, No. 5, 1986年5月, pp. 63-70
- 9) Transportation Research Board, National

- Research Council (TRB, NRC): America's Highways—Accelerating the Search for Innovation, TRB, NRC, 1984, P. 11, 80, 108
- 10) アメリカ建設業協会、和田憲昌訳『3兆ドルのアメリカ再生策』1986年、P. 47
 - 11) 三木千寿「米国における道路橋の破損と保守」『道路』1982年11月、P. 26
 - 12) Walter D. Munn: Bridge Market Grows as Ailing Spans Age, HIGHWAY & HEAVY CONSTRUCTION, Sep. 1984, P. 31
 - 13) OECD: Bridge Rehabilitation and Strengthening, OECD, 1983, P. 23
 - 14) 12) に同じ
 - 15) 9) に同じ
 - 16) Virginia Fair Weather: Clearing the Decks, CIVIL ENGINEERING ASCE, Sep. 1985, pp. 56-59
 - 17) Rita Robinson: Repairing New York's Historic Bridges, CIVIL ENGINEERING ASCE, Sep. 1984
 - 18) Arthur L. Elliott & Charles Seim: Celebrating a Conquest, CIVIL ENGINEERING ASCE, Oct. 1986, pp. 54-59
 - 19) 13) に同じ
 - 20) 経済企画庁『昭和61年度 年次経済報告』大蔵省印刷局、1986年、pp. 315-318
 - 21) 財建設経済研究所『建設市場の展望と建設産業の方向に関する研究』Vol. 1、1984年、p. 70
 - 22) 8) 9) に同じ
 - 23) David G. Manning: Avoiding the Costs of Closures and Detours During Bridge Deck Rehabilitation, TR NEWS, No. 116, Jan.-Feb. 1985, pp. 8-9
 - 24) 正夫泰夫『都市の環境—日本の都市像』三省堂、1971年、p. 169
 - 25) 和田憲昌『アメリカ社会資本のメンテナンス市場』(財)開発問題研究所、1987年