

ここに、 γ_L =活荷重係数

W^* =トラック重量ヒストグラム (TWH) の上位 20%の平均トラック重量

σ^* =TWH の上位 20%の標準偏差

t^{ADTT} =2~4.5 (典型値)、年平均日トラック交通量に依存する係数

期待寿命 75 年間にわたって推測されるトラック重量制限の変化について、NCHRP レポート 495 (2003, p.22) は t^{ADTT} を調整し、活荷重係数 γ_L を次のように修正している。

(式 A31.2a)

集中荷重については、オンタリオ道路橋設計基準 (OHBD, 1983) は衝撃係数として (第 1 モード固有振動数が 1~6Hz の構造物については) 0.20~0.40、それよりも高い振動数に対しては 0.30、それよりも低い振動数に対しては 0.20 を推奨している。Taly (1998, 第 3.3.1 項) は、OHBD (1993) は 1 車軸、2 車軸、および 3 車軸に対して DLA をそれぞれ 0.4、0.3、0.25 に戻したと指摘している。

疲労をそれほど許容せず、動的影響が大きい鉄道橋については、AREMA はディーゼル機関車と電気機関車に対して以下の衝撃係数 I を推奨している。

支間長	衝撃係数 (%)	SI
(式)	(式)	(式)
(式)	(式)	(式)

ここに、 S =桁、トラス、または床桁の間隔、単位 ft (m)

L =支間長、単位 ft (m)

最大値に関する推奨値は $I=60\%$ である。

コンクリート構造について、AREMA は $I=100/(1+\text{死荷重}/\text{活荷重})$ を推奨している。

付録 32. 橋梁および道路構造物の耐震設計基準

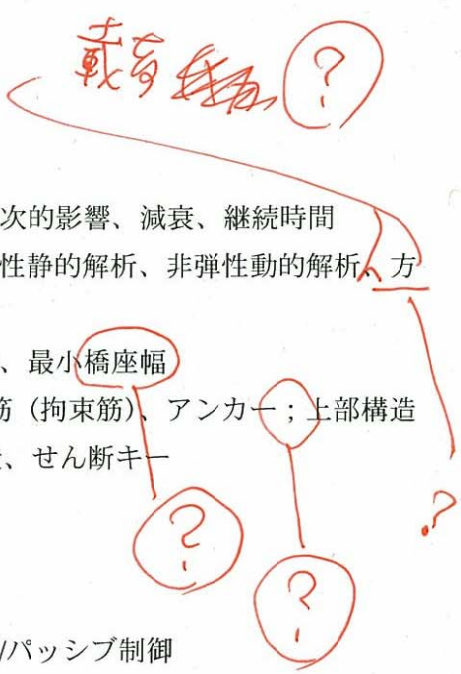
FHWA をスポンサーとして、全米地震工学研究センター (NCEER) と応用技術協議会 (ATC) によって調査が実施された。その所見の一部として、Rojahn ら(1997)は以下の情報源から得られた耐震設計基準を比較して表にまとめた (表 4~6, pp.78-96)。

- AASHTO, 2002, I-A 編
- LRFD AASHTO (1998a)
- Caltrans (カリフォルニア州交通局)

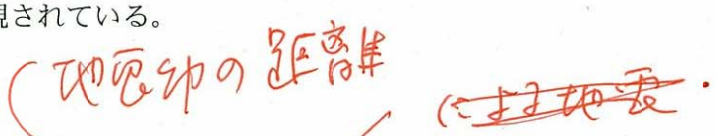
- ATC-32
- 主要交通路管理機関 (Transportation Corridor Agencies) (TCA)
- ニュージーランド
- ユーロコード 8
- 日本

精査した規定は以下のとおりである。

1. 一般：性能基準、設計理念、設計アプローチ
2. 地震荷重：再現期間、地理的変化、重要度の考慮、副次的影響、減衰、継続時間
3. 解析：選定指針、等価静的解析、弾性動的解析、非弾性静的解析、非弾性動的解析、方向の不確定性、荷重組合せ
4. 地震の影響：設計諸力、延性部材、非延性部材、変位、最小橋座幅
5. コンクリートの設計：柱-曲げ、せん断、スパイラル筋（拘束筋）、アンカー；上部構造と柱の継手、キャップ、橋脚、フーチング、上部構造、せん断キー
6. 柱の添接
7. 鋼の設計
8. 基礎の設計：直接基礎、杭基礎、液状化
9. そのほかの設計：抑制装置、基礎の免震、アクティブ/パッシブ制御



橋梁設計者にとって、地震地帯における構造安全性に対して重要と考えられる問題に焦点をあてて比較がなされている。破局的な破壊の防止、冗長性とじん性、弾性および非弾性設計、動的解析、設計の詳細、地盤の性質、1段階および2段階の設計アプローチの採用、および再現期間の推定が重視されている。



付録 33. 地震脆弱性の優先順位付け

Caltrans

Caltrans は、以下のステップからなるレベル 1 リスク解析により橋梁の補強の優先順位付けをしている (Roberts, 1991)。

1. 地震発生確率が高い主要断層を特定する (優先順位 1 の断層)
2. ステップ 1 で特定された断層における減衰関係を求める。
3. 橋梁構造物に重大な損傷を引き起こす最小地動加速度を定義する。
4. ステップ 2 の減衰モデルとステップ 3 の臨界加速度境界によって定義された高リスク地帯にある橋梁をすべて特定する。
5. 重みづけした橋梁構造特性および交通特性のスコアを合計して、危険な橋梁の優先順位を決定する。

長期リスクの係数は、以下のようなマクロ要素とマイクロ要素に基づいて計算される。

マクロ要素	マイクロ要素
荷重係数（地震活動度）	マグニチュード、加速度、継続時間（長、中、短）、地盤（高リスク、低リスク）
構造係数（脆弱性）	ヒンジ数、ラーメン式橋脚（bent）の柱数、建設年、アウトリガなど
社会的係数（重要度）	ライフライン上の橋梁、立体交差、平均日交通量、路線のタイプ、迂回長さなど

構造脆弱性は、主として次のような因子の関数とみなされる。

コンポーネント／要素	関連する要因
支承	斜角、支承のタイプ、支持長さ
柱、橋脚、フーチング	柱の有効長さの関数としてのせん断および曲げ耐力ラーメン式橋脚のタイプ、鉄筋比、横方向鉄筋と軸方向鉄筋、斜角
橋台	橋台のタイプ、橋台における盛土の沈下、斜角
基礎	地盤条件、加速度、上部構造の不連続性、斜角、冗長性

この手順は、交通に大きく依存している高地震リスク地帯と人口密集市街地を対象としている。従って、地理的データと台帳データが決め手になり、構造的な劣化は必須要素というわけではない。

Bas#z and Kiremidhian (1996)

Bas#z and Kiremidhian は、ATC-6-2（1983、カリフォルニアおよびワシントン）などの主要な優先順位付け手順を見直し、図 A33.1 に示すように、地震ハザードと構造脆性解析を組合せた脆弱性評価を開発した。

このフローチャートは、ほとんどの耐震優先順位付け手順に用いられるツールの模範的組合せを示す。脆性解析は確率的手順であり、一般には構造的な劣化を考慮しない（Mullen and Cakmak, 1997）。

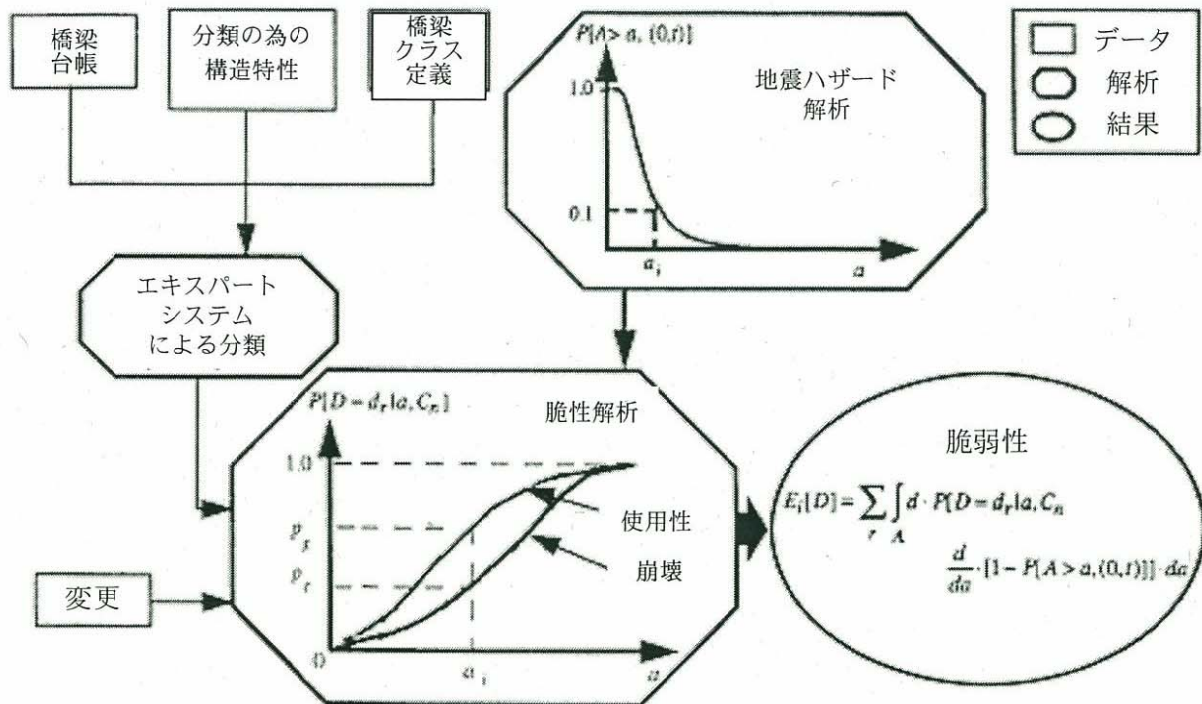


図 A33. 1 脆弱性評価 (Bas#z and Kiremidjian, 1995, p.3-6)

ニューヨーク州交通局

1990年にニューヨーク州交通局は地震荷重に関する AASHTO 設計基準を補足する技術基準を発行した。この基準は 1992年に EI92-046 として改訂された。耐震補強の判定基準が以下のように特定された。

- サイトの地震活動度
- 機能的重要度
- 構造物のタイプとディテール
- 補強プロジェクトの範囲

耐震補強対策に関する指針が定められた。たとえば、例 7 に示す改修は耐震とは無関係に計画されたが、その範囲に耐震補強を加えなければならなかった。

設計岩盤加速度は 0.19g に設定された。2 支間以上の橋梁について、詳細地震解析の実施が定められた。鋼製すべり支承 (図 14.10) の使用は禁止された。支承面積が拡大され、アンカーボルトが改良され、補強用添接板の詳細が示され、たとえば図 A33.2 に示すように、一次部材を添接板で接合して連続性を確保することが推奨された。

1995年にニューヨーク州交通局は耐震補強マニュアルを発行し、2002年にこれを改訂した。このマニュアルでは、以下の 3 ステップからなる耐震補強優先順位付けの手順が導入

された。

スクリーニング: 重要度も含めて、地震に対して脆弱性を考慮して台帳のスクリーニングを行い、橋梁の振動特性から4つのグループに分ける。

分類: スクリーニングによって決定された順番で、橋梁を詳細に調査する。橋梁の分類スコアを算定し、それに応じて地震に対する脆弱性大、中、小の三つのクラスに分類する。分類スコアは、構造物の脆弱性 (V) と地震ハザード (E) の積である。

脆弱性評価: 優先順位付けに適した統一評価を求める。破壊尤度スコアは脆弱性クラスに従うものとし、期待破壊のタイプと危険度に従って破壊影響スコアが加算される。

?

スコア?

脆弱性スコア (V) は次のような確定的推論によって求められる (NYS DOT, 1995, p.3-2)。

橋梁の性能はそのすべての部材の相互作用にもとづいているが、過去の地震では、特定の部材が他の部材よりも損傷しやすいことがわかった。それらは、(a) 接合部、支承、橋座、(b) 橋脚、(c) 橋台、(d) 地盤である。そのうち、支承を改良するのがもっとも経済的であると思われる。そこで、分類過程に用いる脆弱性スコアは、接合部、支承、および橋座のディテールを構造物のほかの部分とは別に調べて算定する。接合部については、上部構造が連続しているか、あるいは継手によって断続しているかを調べる。これらの部材については、別個に脆弱性スコア V1 を算定する。

橋脚、橋台、および地盤の脆弱性はスコア V2 を構成する。橋梁全体のスコアは、耐震性能カテゴリー (SPC) と構造物の重要度クリティシティに応じて 0、V1、または V2 と等しくなる。

意味不明?

脆弱性スコアは 0-10 である。手順の実施には工学的判断がかなり要求され、それを助けるために、ステップ・バイ・ステップの指示がマニュアルに示されている。

マニュアルに取り上げられている地震ハザードは中程度であり、それに鋼の重要なディテールと劣化に対する脆弱性が重なる。従って、手法と目的は次のように組み合わせられる。

確定的な仕様手続きと確率的リスク評価

通常使用条件と極大イベント事象に対する改良

脆弱箇所としてターゲットになった特定の支承については、図 A33.3a、b、c に示すように、劣悪な状態にあったので緊急改良がおこなわれ、のちに恒久的改修がおこなわれた。

NBI 基準 (FHWA、2005a)

スクリーニングと評価を FHWA (1995a) に従っておこなう。地震に対して脆弱ということは、橋梁の部材が設計地震で崩壊する、あるいは機能を喪失する可能性があることを意味する。以下のような地震脆弱性コードが提案されている。

- U 耐震評価を実施しない。
- 8 橋梁は地震加速度係数 ≤ 0.09 の場所に所在するので、地震による崩壊または機能喪失に対して脆弱ではない。
- 7 橋梁は地震加速度が 0.09 を超える場所に所在し、現行の耐震性能基準を満たしていると判定されている。当初の耐震設計に不十分な部分があっても、新設計基準に適合するように改良されている。
- 6 橋梁の上部構造は設計地震に対する性能が満足のゆくものであると判定されており、必要な改良が完了している。上部構造または基礎部材は現行の耐震設計基準を満たしていないが、橋梁の機能は喪失しない。
- 5 橋梁の上部構造は設計地震に対する性能が満足のゆくものであると判定されており、必要な改良が完了している。上部構造または基礎部材の性能は未知である。
- 4 橋梁は地震に対して脆弱である。橋梁の改良は一部しか完了していない。設計地震に対して満足の性能を確保するために、追加改良が必要である。
- 3 橋梁は地震に対して脆弱である。どの部材も改良されていない。
- 2 橋梁は地震に対して脆弱である。過去の地震で構造的破たんまたは損傷が発生した。
- 1 橋梁は地震に対して脆弱である。地震による構造的損傷により、橋梁または橋梁部材の一つが不安定になっており、破壊の予兆がある、あるいはすでに破壊が発生している。

REDARS 2 ソフトウェア (FHWA-MCEER プロジェクト 094、S. Werner ら、2000)

REDARS 2 ソフトウェアは、FHWA がスポンサーとなっているプログラムのもとで地震の影響を受ける運輸関連の構造物の信頼性・安全性向上を目的として学際的地震工学研究センター (MCEER) により提供される。その目的は、仮想地震による潜在的損失と地震後の実際の代替案を推定することである。Werner ら (2000) によって開発されたリスクにもとづく方法論を用いている。最初は New Madrid 断層帯を対象として校正されていたこのソフトウェアは汎用化され、どのような人口密集地にも適用できる。交通ネットワークはライフライン (Chang ら、1996) や地震に対して脆弱なその他の資産とあわせて検討される。

インプットには、橋梁と道路のトポロジー、属性、起終点 (O-D) ゾーン、トリップ表、経済的損失データ、全米地震ハザード軽減プログラム (NEHRP) によるサイト地盤条件を

訳
工
事

研究で用途は長
77124449

4/24/2017 OK

含めなければならない。

ユーザーは次のようなオプションを利用できる。

- 任意の地震事象のもとでの損失の解析方法として確定的解析または確率的解析を選択
- 改良された構造物と現状の構造物の損失を比較
- 混雑依存トリップ需要を推定

ソフトウェアを予備（1次）適用すれば、ユーザーはもっと精緻な解析がよいか、もっと詳細なデータベースがよいかを判断できる。

このようなソフトウェアの開発者とユーザーにとっての課題は、他の情報源から詳細な情報が入手可能になった場合、あるいは特定の目的のために詳細な情報を取得した場合に、それらの情報を追加しながら既存台帳のデータやマネジメントシステムを活用することである。

例 14 は、都市の橋梁ネットワークにおいて、脆弱な構造部材や重要な構造物を明確にするために、既存の橋梁台帳に対する予備調査を行う方法を示している。

（図タイトル）

図 A33. 2 改修時の鋼桁添接による支間の連続性確保

図 A33. 3 (a) 脆弱な支承、(b) 暫定的改良

図 A33. 3 (c) 改修

付録 34. 橋梁のライフサイクルコスト分析 (BLCCA)

NCHRP レポート 483 (2003) は、BLCCA 過程の基本ステップ (p.21) を次のように記述している。

- ・ 橋梁とその部材の特性を評価
- ・ 計画の対象期間、分析シナリオ、および基本ケースを定義
- ・ 橋梁マネジメントの戦略案を定義
- ・ 適切な劣化モデルとパラメータを指定・選定
- ・ コストの見積り（再見積り）
 - －管理機関、日常維持管理
 - －利用者、関連業務、その他
 - －脆弱性、管理機関および利用者
- ・ 正味現在価値を計算
- ・ 結果の見直し
- ・ 戦略の選定、あるいは戦略を修正しコストを再見積り