

### 鋼橋に用いる圧縮部材の連成座屈強度に関する海外基準との比較調査

大日本コンサルタント 正会員 ○平山 博  
 首都大学東京大学院 フェロー 野上 邦栄  
 首都大学東京大学院 正会員 岸 祐介

横河ブリッジ(研究時 国総研) 正会員 水口 知樹  
 長崎大学大学院 正会員 中村 聖三  
 横河ブリッジホールディングス 正会員 池末 和隆  
 国土技術政策総合研究所 正会員 白戸 真大

#### 1. はじめに

鋼橋の圧縮部材の座屈挙動において、柱部材全体の座屈と局部的な座屈の連成挙動については各国で基準が設けられている。我が国の道路橋示方書(以下、「道示」という)では、柱の耐荷力と板の耐荷力の積によって連成座屈強度を評価するものとしている<sup>1)</sup>。しかし、連成座屈挙動は現象として複雑であり、海外の基準では積公式とは異なった連成座屈強度式が示されている。そこで本研究では、圧縮部材の連成座屈強度を対象に、American Institute of Steel Construction (以下、「AISC」という)のQファクター法<sup>2)</sup>及びDASt-Richtlinie012 (以下、「DASt012」という)の有効幅法<sup>3)</sup>を調査し、これらの比較検討を行う。

#### 2. 各基準における連成座屈強度

##### (1)道示 (積公式)<sup>1)</sup>

道示の積公式を式(1)に、柱の座屈に関する細長比パラメータ $\bar{\lambda}$ を横軸に局部座屈に関するパラメータ $R$ を縦軸として降伏応力で無次元化した連成座屈強度 $\bar{\sigma}_{cr}$ を図1にそれぞれ示す。積公式とは、柱部材としての座屈強度と、柱断面を構成する板の局部座屈強度の積により連成座屈強度を求めるものである。

$$\bar{\sigma}_{cr} = \bar{\sigma}_{crg} \cdot \bar{\sigma}_{crl} \quad \dots \dots \dots \text{式 (1)}$$

ここに、 $\bar{\sigma}_{cr}$  : 降伏応力で無次元化した連成座屈強度、  
 $\bar{\sigma}_{crg}$  : 降伏応力で無次元化した局部座屈を考慮しない柱の座屈強度、  
 $\bar{\sigma}_{crl}$  : 降伏応力で無次元化した局部座屈強度とする ( $\bar{\sigma}_{crg}$ 、 $\bar{\sigma}_{crl}$ の詳細は文献4)参照)。

##### (2)AISC (Qファクター法)<sup>2)</sup>

AISCのQファクター法を式(2)に、図1と同様に整理した連成座屈強度 $\bar{\sigma}_{cr}$ を図2にそれぞれ示す。Qファクター法は、局部座屈が生じるような薄肉の柱と同断面の短柱強度 $QF_y$  ( $Q \leq 1.0$ )をまず求め、これをその柱の仮想の低減された降伏応力と考えて、次に既存の柱設計強度式の降伏応力 $F_y$ を $QF_y$ に置換して強度式として用いるものである。

$$\bar{\sigma}_{cr} = Q \cdot f(\sqrt{Q} \cdot \bar{\lambda}) \quad \dots \dots \dots \text{式 (2)}$$

ここに、 $Q$  : 低減係数、 $\bar{\lambda}$  : 細長比パラメータ、 $f$  :  $Q$ と $\bar{\lambda}$ の関数とする ( $Q$ 、 $f$ の詳細は文献4)参照)。

##### (3)DASt012 (有効幅法)<sup>3)</sup>

DASt012の有効幅法を式(3)に、図1と同様に整理した連成座屈強度 $\bar{\sigma}_{cr}$ を図3にそれぞれ示す。有効幅法は、圧縮部材を構成する板の有効幅を考慮して算出する剛性を用いて座屈パラメータを求める方法である。

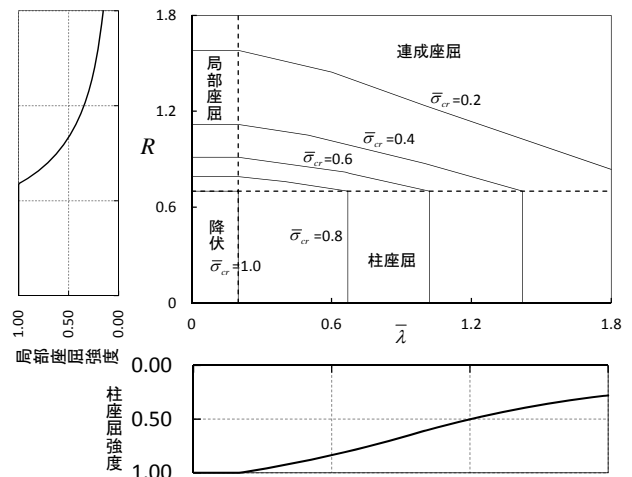


図1 道示 (積公式) の連成座屈強度

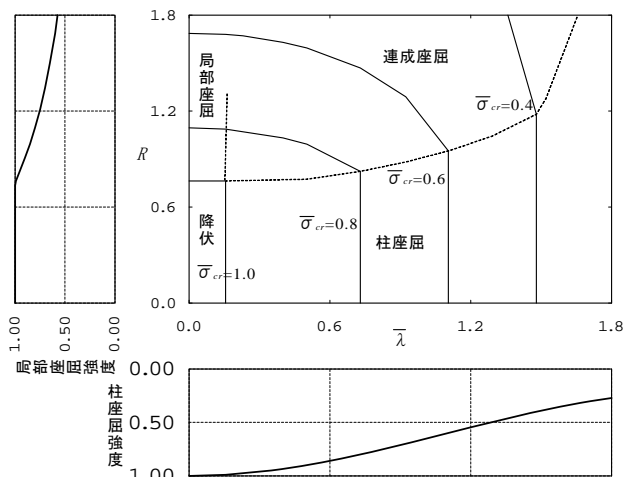


図2 AISC (Qファクター法) の連成座屈強度

キーワード 柱部材, 連成座屈, 積公式, Qファクター法, 有効幅法

連絡先 〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1 大日本コンサルタント(株) TEL03-5394-7604

$$\bar{\sigma}_{cr} = \left( \frac{1}{1 + \bar{\lambda}_m^{2.8}} \right)^{0.75} \dots \dots \dots \text{式 (3)}$$

ここに、 $\bar{\lambda}_K$  : 柱部材の細長比パラメータ,

$$\bar{\lambda}_m = \bar{\lambda}_K + \frac{(3.8 - \bar{\lambda}_K)(\bar{\lambda}_V - \bar{\lambda}'_V)}{3.4 + \bar{\lambda}_V - 0.1\bar{\lambda}_K}, \quad \bar{\lambda}'_V = 0.1\bar{\lambda}_K + 0.68,$$

$\bar{\lambda}_V$  : 座屈パネルの比較細長比パラメータとする ( $\bar{\lambda}_K$ ,  $\bar{\lambda}_V$  の詳細は文献4) 参照).

**3. 連成座屈強度の比較**

局部座屈により連成座屈強度が低減しない  $R=0.7$ , あるいは低減する  $R=1.1$  に固定した場合における, 細長比パラメータ  $\bar{\lambda}$  に対する各基準の降伏応力で無次元化した連成座屈強度  $\bar{\sigma}_{cr}$  を図4に示す. 図4より,  $R=0.7$  では各強度式はほぼ一致しているものの,  $R=1.1$  では違いが生じ, 特に道示は  $\bar{\lambda}$  全般にわたって小さい値を示している.

次に, 柱の座屈により連成座屈強度が低減しない  $\bar{\lambda}=0.2$ , あるいは低減する  $\bar{\lambda}=1.0$  に固定した場合における, 幅厚比パラメータ  $R$  に対する  $\bar{\sigma}_{cr}$  を図5に示す. 図5より,  $\bar{\lambda}$  に関係なく,  $R \geq 0.7$  の範囲で道示は小さい値を示している.

これらは, 道示の基準耐荷力曲線  $\bar{\sigma}_{cr}$  は座屈強度に対して  $R$  の大きい領域では安全余裕を考慮している<sup>5)</sup> ことが原因と考えられる.

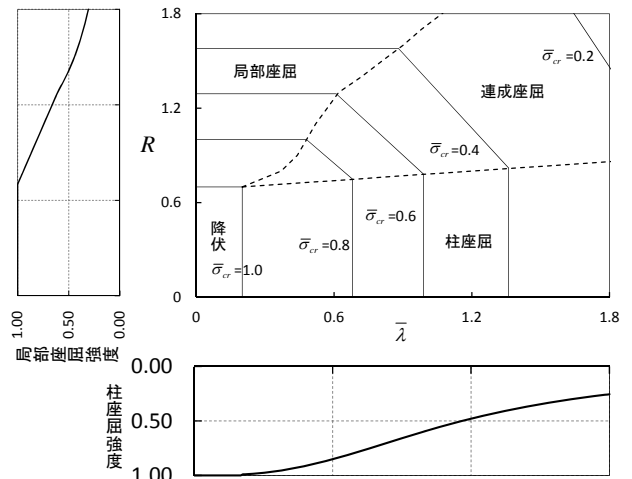
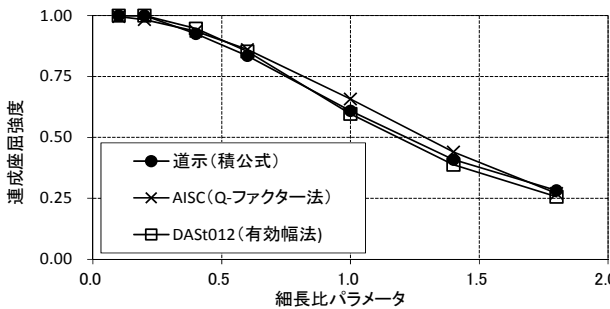
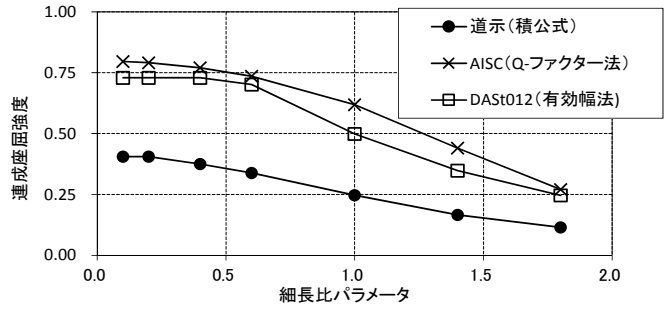


図3 DAST012 (有効幅法) の連成座屈強度

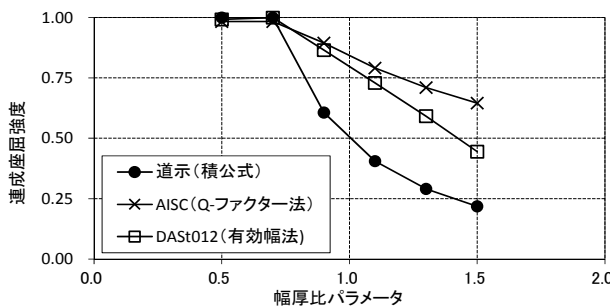


(a)  $R=0.7$  の場合

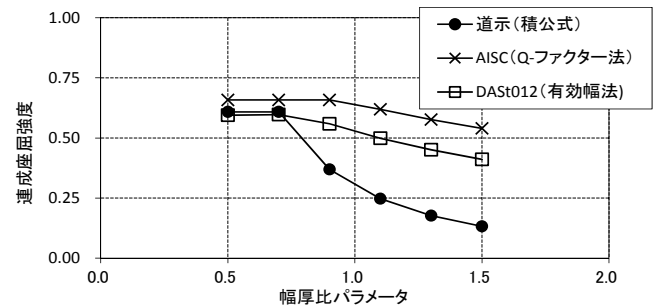


(b)  $R=1.1$  の場合

図4 細長比パラメータと連成座屈強度の関係



(a)  $\bar{\lambda}=0.2$  の場合



(b)  $\bar{\lambda}=1.0$  の場合

図5 幅厚比パラメータと連成座屈強度の関係

**4. まとめ**

各基準における鋼橋の圧縮部材の連成座屈強度の比較を行った. その結果, 局部座屈が生じない幅厚比  $R \leq 0.7$  の範囲では各強度式はほぼ一致したものの,  $R > 0.7$  の範囲では各強度式に違いが見られた.

参考文献: 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・解説, 2012.3, 2) American Institute of Steel Construction: Specification for Structural Steel Buildings, 2010.6, 3) DAST-Richtlinie 012, 1980., 4) 土木学会: 鋼構造委員会鋼橋の合理的な構造設計法に関する調査研究小委員会報告書, 2015.3, 5) 佐伯彰一ほか: 道路橋示方書II 鋼橋編一改訂の背景と運用, 橋梁と基礎, pp.11-16, 1981.2