

第1章 序論



名古屋大学大学院 伊藤 義人

内容

- 1.1 座屈問題の重要性
- 1.2 性能照査型設計における終局限界状態と座屈設計
- 1.3 構造物の座屈安定と変形性能照査
- 1.4 座屈設計指針の各国の現状
- 1.5 本書の構成

1987年10月 「座屈設計ガイドライン」 (旧版)

2002年 5月

アンケートの実施

- 1) 座屈設計ガイドラインの役割
- 2) 座屈設計ガイドラインの使われ方

アンケートの結果(7社から回答)

- 体系的に勉強するときに必須
- 示方書に規定されていない座屈・耐荷力に関しての貴重な参考資料

性能照査型設計への移行(高度な判断)＋最新の研究成果

→改訂版 (第2版) の必要性

1.1 座屈問題の重要性

1774年 EULERの中心軸圧縮

架設・仮設時の座屈に起因する事故

1907年 ケベック橋の落橋

1970年 West Gate Bridgeの落橋

激震による座屈問題の再認識

1995年1月 阪神大震災における耐震における座屈問題
板, パイプの局部座屈(座屈設計が不十分)
変形性能(ダクティリティー)の重要性

1.2 性能照査型設計における 終局限界状態と座屈設計

性能照査型設計

構造物の目的とそれに適合する機能を明示し、機能を備えるために必要とされる性能（要求性能）を規定し、規定された性能を構造物の設計供用期間中確保することにより機能を満足させる設計方法

技術者の役割

要求性能を満足させるために、技術者が責任を持って最新の研究成果に基づく新技術や新材料の適用

例：柱の複数設計曲線

座屈設計

信頼性, 実験データベース, 解析のベンチマーク

1.3 構造物の座屈安定と変形性能照査

座屈安定の分類

局部座屈
部材座屈
全体座屈
連成座屈



阪神大震災後の耐震設計と座屈

座屈と変形性能(ダクティリティ)の重要性

1.4 座屈設計指針の各国の現状

ヨーロッパ: Eurocode

米 国 : SSRC

日 本 : 土木学会, 建築学会の動向

第3章で詳述



1.5 本書の構成

1章. 序論

2章. 記号と座標

3章. 設計基準・性能設計

4章. 構造物の安定・不安定

5章. 材料特性

6章. 初期不整

7章. 数値解析手法

8章. 柱

9章. はり

10章. はり一柱

11章. 板要素

12章. プレートガーダー・ボックスガーダー

13章. パイプ・シェル

14章. トラス

15章. ラーメン

16章. アーチ

17章. 吊構造

18章. 複合構造

19章. 変形性能

20章. 鋼製橋脚

まとめと今後の展望

対象

- 技術者，研究者，大学院学生

著者らの希望

- 実務と学習の両方に使える権威ある
座屈設計のガイドライン
- 座屈設計に関する座右の書

第2章 記号と座標

広島大学

岡澤 重信

内容

- 2.1 座標
- 2.2 記号
- 2.3 用語の定義

内容

- 本ガイドラインで用いる記号と座標について説明
- 構造力学公式集(第2版, 1986年発行) に従う

2.3 用語の定義

- 分岐荷重(臨界荷重), 分岐モーメント(臨界モーメント)
 - 英語ではBifurcation Load (Critical Load) などに相当
 - 固有値計算によって得られる荷重
- 座屈荷重, 座屈強度, 座屈モーメント
 - 英語ではBuckling Load, Buckling Strengthなどに相当
 - 分岐荷重の最小値
- 最大荷重, 耐荷力, 極限強度
 - 英語ではMaximum Load, Ultimate Strengthなどに相当
 - 構造物の最大抵抗能力
- 限界荷重
 - 英語ではLimit Loadに相当
 - アーチなどの飛び移り座屈の最大荷重

第3章 設計基準・性能設計

名古屋大学
首都大学東京

宇佐美 勉
野上 邦栄

内容

- 3.1 設計基準の変遷と動向
- 3.2 鋼構造物の設計基準
- 3.3 鋼構造物の性能設計
- 3.4 まとめと今後の展望

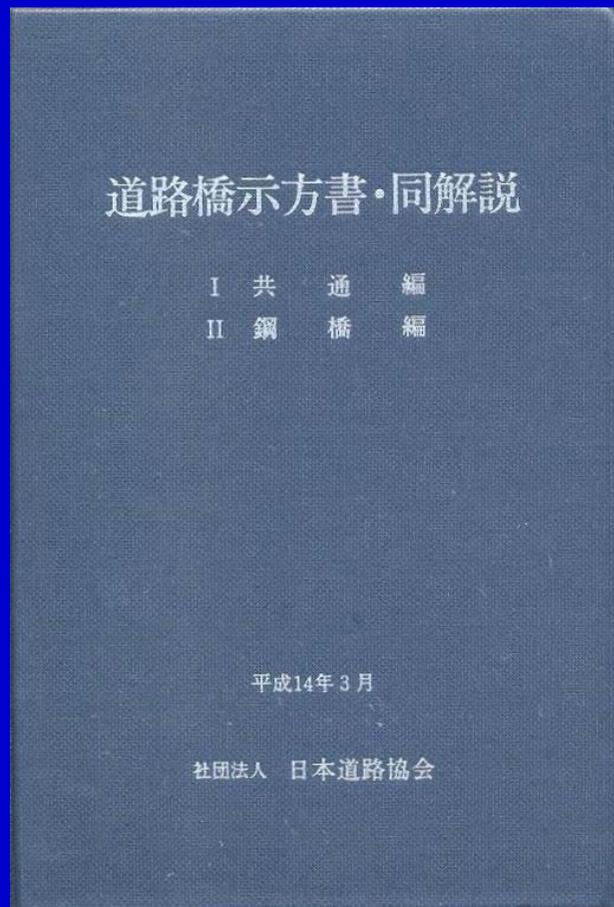
3.1 設計基準の変遷と動向

3.2 鋼構造物の設計基準

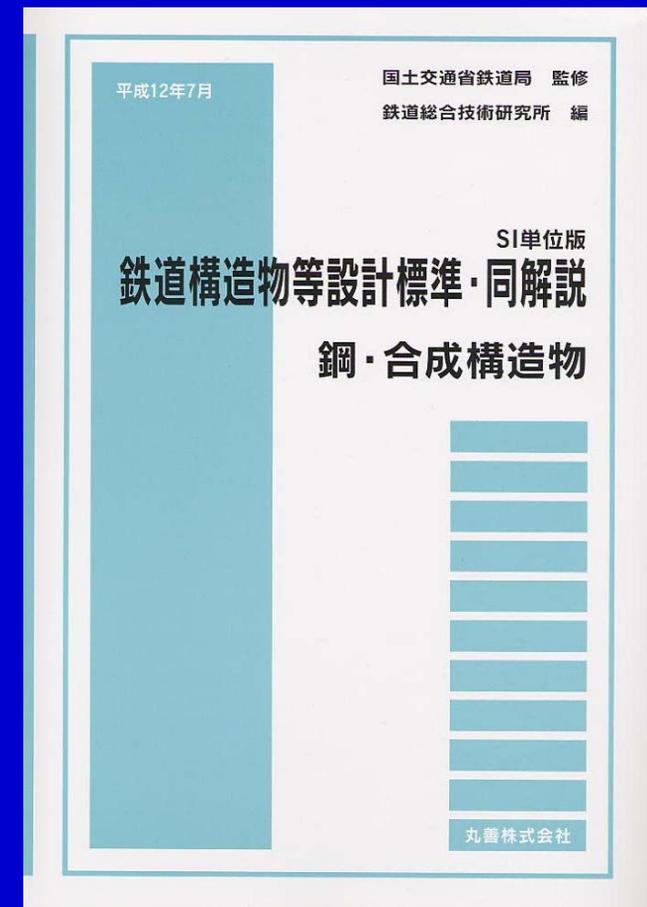
部分係数法＋限界状態設計法

わが国の設計基準類

● 道路橋示方書



● 鉄道橋設計標準



道路橋示方書の変遷

1939年 鋼道路橋設計示方書案

1964年 鋼道路橋設計示方書

1965年 合成ゲタ設計施工指針

1966年 鋼道路橋高力ボルト摩擦接合設計施工指針

1972年 鋼道路橋設計示方書(統合)

1972年～1980年 道路橋示方書

I 共通編、II 鋼橋編、III コンクリート橋編、
IV 下部構造編、V 耐震設計編

1993年 道路橋示方書 (A,B活荷重)

1996年 道路橋示方書 V 耐震設計編(兵庫県南部地震)

2002年 道路橋示方書 (II 鋼橋編(疲労)、性能規定化など)

2004年 道路橋示方書の改訂開始(2008年完成予定?)

鉄道構造物設計標準の変遷

- 1912年 鋼鉄道橋設計示方書
- 1928年 鋼鉄道橋設計示方書
- 1940年 鋼鉄道橋標準示方書(土木学会)
- 1956年 鋼鉄道橋設計示方書解説
- 1959年 高張力鋼鉄道橋設計示方書案
- 1960年 溶接鉄道橋設計示方書(案)
- 1962年 新幹線鋼鉄道橋設計基準(案)
- 1963年 合成桁鉄道橋設計示方書案
- 1970年 建造物設計標準(鋼鉄道橋)
- 1972年 全国新幹線網建造物設計標準(東北、上越、成田用)
- 1974年 建造物設計標準(鋼とコンクリートの合成桁鉄道橋)
- 1983年 建造物設計標準(鋼鉄道橋、鋼とコンクリートとの合成鉄道橋)
- 1992年 鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)
- 2007年 鉄道構造物等設計標準・同解説(鋼・合成構造物)改訂予定?

土木学会の設計基準類

鋼構造物設計指針

PART-A ; 一般構造物

1987年: 1st ed.

1997年: 2nd ed



PART-B ; 合成構造物

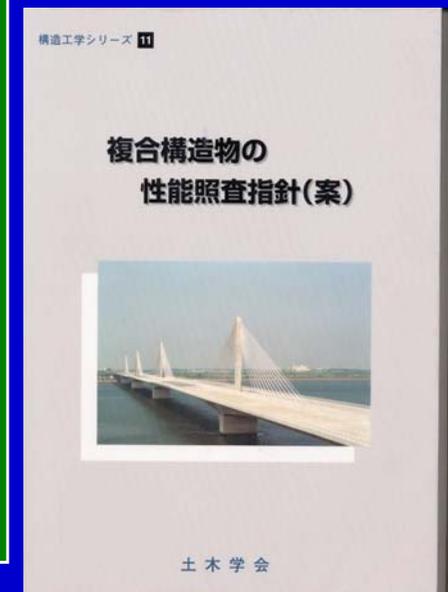
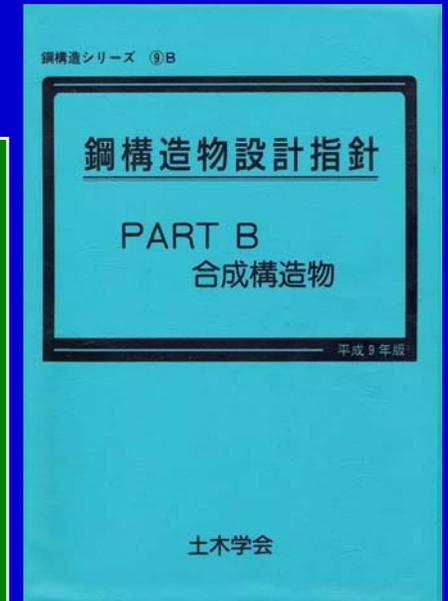
1987年: 1st ed.

1997年: 2nd ed



2002年:
複合構造物の
性能照査指針(案)

- 限界状態設計法
- 部分係数法



鋼・合成構造標準示方書

2004年：作成開始

2006~2008年：完成？

- 総則編
- 構造計画編
- 設計編
- 耐震設計編
- 製作・施工編
- 維持管理編

- 限界状態設計法
- 部分係数法
- 性能照査型設計

海外の設計基準類

- **Eurocode**
- **OHBDC** (カナダオンタリオ州基準)
- **AASHTO LRFD**
- **AREMA** (アメリカ鋼鉄道橋基準)

安全性照査の概念

設計耐力

材料強度の特性値 f_k

γ_m |

設計材料強度

$$f_d = \frac{f_k}{\gamma_m}$$

断面耐力

$R(f_d)$

γ_b |

設計断面耐力

$$R_d = \frac{R(f_d)}{\gamma_b}$$

断面力

荷重特性値 F_k

γ_f |

設計荷重

$$F_d = \gamma_f F_k$$

断面力

$S(F_d)$

γ_a |

設計断面力

$$S_d = \sum \gamma_a S(F_d)$$

γ_i

照査式

$$\gamma_i \frac{S_d}{R_d} \leq 1$$

海外基準の比較

設計基準	<i>Eurocode</i>	<i>AASHTO</i>	<i>OHBDC</i>
設計法	限界状態設計法	荷重抵抗設計法	限界状態設計法
β	3.8	3.5	3.5
設計寿命	100年	75年	75年
限界状態	終局、使用	終局、供用、疲労、 極限事象	終局、使用、疲労
書式	$E_d \leq \frac{R_k}{\gamma_{Rd}}$	$\sum \eta_i \gamma_i Q_i \leq \phi R_n$	$\sum \alpha_i \gamma E_i \leq \phi R_n$
適用範囲	CEN加盟国	48州(2007年)	全州

3.3 鋼構造物の性能設計

1 背景と定義

ISO 規格との関連, 定義, 機能と性能,
ライフサイクルを考えた性能設計

2 基本フロー

3 長所と短所

4 要求性能の階層化

わかりやすい表現, 上位, 中位, 下位の表現

5. 要求性能マトリックス

構造物にグレードを付ける, 耐震要求性能マトリックス

なぜ性能設計か？

- 構造物の設計規準は、ISO規格との整合性が要求されるようになってきている
- WTO協定の付属書4 「政府調達協定（1996.1）」に基づき、ISO規格の遵守が土木構造分野でも求められるようになる
- “政府機関の定める技術仕様については、デザイン又は記述的に示された特性よりも、**性能に着目し**、国際規格が存在するときにはそれを使用すること”（第6条2項）
- 従って、近い将来には、**国際整合性**の点から好むと好まざるに関わらず、性能設計への移行が義務づけられることになる
- 道路橋示方書(2002)は性能設計のスタイルに書き換えられた。

性能設計の長所

- 新材料や新工法, 新構造解析手法の導入など
設計者の創意工夫を活かすことができる
- 工期短縮・建設コスト縮減が期待できる
- 構造物が保有している性能を 設計者, 発注者,
利用者が知ることができる
- 発注者は, 構造物のライフサイクルを通してどの
ような性能を確保するのが最適かを, LCCや
LCCO₂等の観点から選択することができる

性能設計の課題

- 要求性能水準 (e.g. 安全係数) の算定方法
- 設計された構造物が保有する性能の検証方法
- 精度の良いLCC/LCCO₂の算定方法
- 検証・認証を行う(第三者)機関
- 性能設計を受け入れることのできる社会体制(入札・契約制度, リスク管理・情報公開制度, 保険制度等)の整備に関する社会的なコンセンサス

要求性能の表現

一般原則
(技術の進歩に無関係)

上位の表現

一般の人が理解できるように表現した要求性能

中位の表現

標準的技術者が理解できるように定性的に表現した要求性能

性能照査
(技術の進歩により改訂)

下位の表現

標準的技術者が理解できるように定量的に表現した要求性能

適合みなし規定

要求性能を満足していると見なされる具体的な「解」を例示したもの。示方書の設計基準式等も含める

要求性能の表現の例（座屈・耐荷力）

荷重	上位	中位
設計供用期間中に作用する静的荷重	損傷しない	<ul style="list-style-type: none"> ① 要素・部材が降伏しない ② 要素が局部座屈しない ③ 部材が曲げ座屈しない ④ 部材が横ねじれ座屈しない ⑤ 構造物（トラス，アーチ，ラーメン等）が全体座屈しない

要求性能の下位の表現

基本性能	限界状態	評価性能	照査指標	照査 ($S \leq R$ または 相関式 $f(S, R) \leq 1.0$)	
				応答値 S	限界値 R
構造安全性	降伏限界 (中位の①)	降伏耐力	応力	作用応力	降伏応力
	座屈限界 (中位の②～⑤)	座屈耐荷力	応力	作用応力	限界応力
			断面力	作用断面力	限界断面力
			荷重	外力	限界荷重

要求性能マトリックスの例(道路橋示方書:耐震設計編)

耐震性能水準	耐震性能1	耐震性能2	耐震性能3
地震動	無損傷	限定的損傷 $\delta_{\max} \leq \delta_a$ $\delta_R \leq h / 100$	致命的損傷防止 $\delta_{\max} \leq \delta_a$
レベル1			容認不可
レベル2			



重要橋梁
(B種の橋)



普通橋梁
(A種の橋)

まとめと今後の展望

- 国際規格との整合性から性能設計は必須の設計コンセプト
- 性能設計の基本は限界状態設計法
- 要求性能は制約条件, コスト・環境負荷・美観・景観などは目的関数(意志決定要素).
- 要求性能は階層化をするのが便利. 下位の表現のみupdate.
- 構造物にグレードを付けるために要求性能マトリックスを利用
- 土木学会鋼構造委員会で性能設計を基本とした鋼構造物の標準示方書を作成中.