

# JIS A3305:2020

## 建築・土木構造物の信頼性に関する 設計の一般原則

### の発刊にあたり

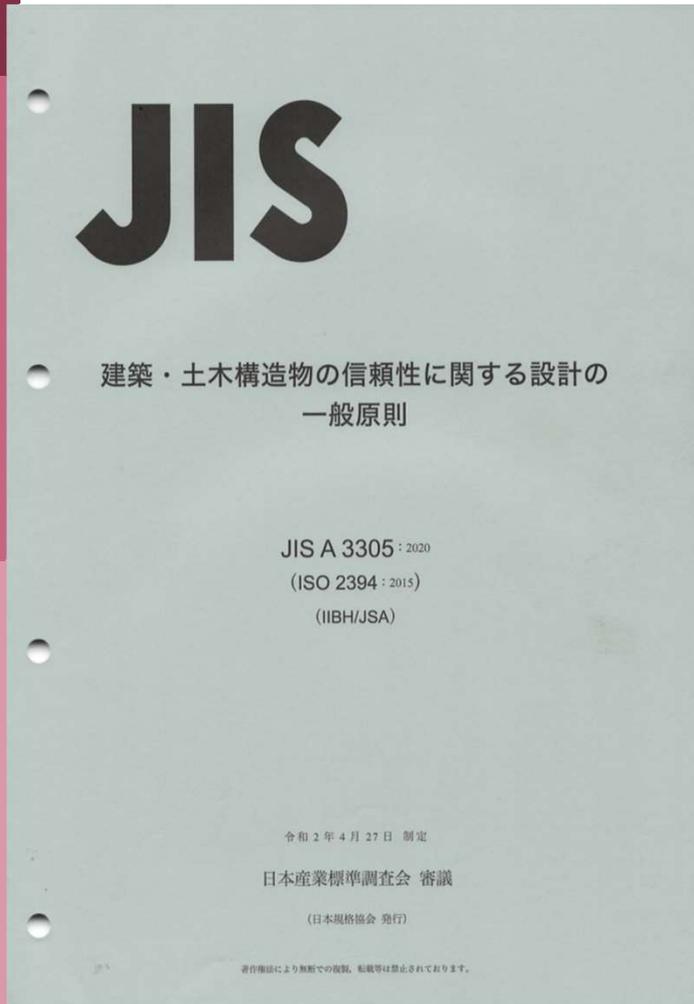
名古屋大学大学院 環境学研究科

森 保 宏

構造物の設計の基本 - 構造物の信頼性JIS原案作成委員会 幹事  
ISO/TC98/SC2/WG1(信頼性に関する一般原則), WG6, WG11 委員  
ISO/TC98/SC2/WG8(構造設計の一般的枠組み) 主査

# JIS A3305:2020<sup>[1]</sup> とは

## □ 国際規格 ISO2394:2015<sup>[2]</sup> の IDT規格



## □ JISと国際規格との整合性<sup>[3]</sup>

### ■ IDT(一致)

- ✓ 技術的内容、構成及び文言上において一致
- ✓ 最小限の編集上の変更は許容

### ■ MOD(修正)

- ✓ 許容される技術的差異が明記され, 説明されている
- ✓ 国際規格の構成を反映
- ✓ 両規格の内容が容易に比較できる場合は構成の変更を許容

### ■ NEQ(同等でない)

- ✓ 技術的内容および構成において、国際規格と同等でない
- ✓ 変更点が明記されていない
- ✓ 国際規格との明確な対応が見られない

# 制定の趣旨

## □ ISO2394:2015<sup>[2]</sup>

(General principle on reliability for structure 構造物の信頼性に関する一般原則)

- 各国が構造設計基準を作成する際、構造種別を横断する「基本的考え方」を示すバイブル (**Code for code writers**)

- ✓ 構造設計の方法は、自然環境条件にも強く依存することから 国・地域によって異なりうる
- ✓ 条件の違いや構造種別等に左右されず、様々な外乱も統一的に取り扱うことのできる基本的な考え方を共有することが重要



- **EN1990** (Eurocode (欧州規格) – Basis of Structural Design) ← 1998年版
  - ✓ Eurocode: 欧州における唯一の強制的統一構造基準
- **ASCE 7-16** (Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures)
  - ✓ 多くの米国の自治体で採用される設計基準
- **BCA** (Building Code of Australia)
  - ✓ オーストラリアの国内基準

- 旧植民地も倣う
- 中国も調和の方向

等に反映されている

日本は？

# 制定の趣旨 2

- わが国では,
  - ISO2394の活動に初期の段階から積極的に関与
    - ✓ 我が国からのコメントの多くが2015年版に反映
    - ✓ 1998年版, 2015年版の対訳版 刊行
  - 「土木・建築にかかる設計の基本」(2002.3)
    - ✓ 日本版ISO2394として策定
    - ✓ 「国土交通省が所掌する設計にかかわる技術標準については、この基本に沿って、今後の整備・改訂を進める」 ..→ ??
  - 日本建築学会指針:
    - ✓ 建築物の限界状態設計指針
    - ✓ 鋼構造限界状態設計指針
    - ✓ 木質構造限界状態設計指針(案)
    - ✓ 建築物荷重指針・第1, 2章
- 機械製品の設計の基本としてJIS化 (JIS B9955)
- 建築・土木分野の統一的な規格不在

# 制定の趣旨 3

---

## □ JIS化することによって<sup>[1]</sup>

- 我が国の事業者及び技術者が共通の「基本的考え方」を熟知
  - ➡ 海外展開に貢献
- 「基本的考え方」にしたがって我が国の構造規定を点検し、各種既定の意義・構成等を再確認
  - ➡ 建築・土木構造物の性能向上に寄与

## □ JIS化にあたって

- 構造設計の「基本的考え方」を示す規格が存在しないことからIDT(一致)規格とする

# 特に問題となった事項<sup>[1]</sup>

---

- 内容の整合性が問題となる規格・基準は存在せず
- 建築基準法例の用語との整合性
  - 厳密に意味が一致しない場合は用いない
  - 同等の定義である場合には「〇〇に相当」と注記
- 我が国に存在しない概念も、我が国の事業者・技術者の海外での活動の助けになることを念頭にそのまま記載
  - 例：地震を変動荷重ではなく偶発荷重として取り扱う場合

# JIS A3305 目次<sup>[1]</sup>

1. 適用範囲
  2. 用語及び定義
  3. 記号
  4. 基本事項
    1. 一般事項
    2. 構造物に対する要求事項
    3. 概念的基礎
    4. 方法
    5. 文書化
  5. 性能のモデル化
    1. 一般事項
    2. 性能モデル
    3. 限界状態
  6. 不確定性の表現及びモデル化
    1. 一般事項
    2. 構造解析のためのモデル
    3. 結果のモデル
    4. モデルの不確定性
    5. 実験モデル
    6. 確率モデルの更新
  7. リスク情報を活用した意思決定
    1. 一般事項
    2. システム同定
    3. システムのモデル化
    4. リスクの定量化
    5. 決定の最適化及びリスク受容
  8. 信頼性に基づく意思決定
    1. 一般事項
    2. 更新された確率尺度に基づく決定
    3. システム信頼性及び部材信頼性
    4. 目標とする破壊確率
    5. 破壊確率の計算
    6. 確率に基づく設計の実現
  9. 準確率論的手法
    1. 一般事項
    2. 基本原則
    3. 代表値及び特性値
    4. 形式化された安全性検証法
    5. 累積破壊の検証
- 附属書(すべて参考)
- A) 品質マネジメント
  - B) 構造健全性のライフタイムマネジメント
  - C) 観測及び実験モデルに基づく設計
  - D) 地盤構造物の信頼性
  - E) コードキャリブレーション
  - F) 構造のロバスト性
  - G) 人命に対する安全に関する最適化及び基準

# JIS A3305の概要

1. 適用範囲<sup>[1]</sup>
  2. 用語及び定義
  3. 記号
  4. 基本事項
    1. 一般事項
    2. 構造物に対する要求事項
    3. 概念的基礎
    4. 方法
    5. 文書化
  5. 性能のモデル化
    1. 一般事項
    2. 性能モデル
    3. 限界状態
  6. 不確定性の表現及びモデル化
    1. 一般事項
    2. 構造解析のためのモデル
    3. 結果のモデル
    4. モデルの不確定性
    5. 実験モデル
    6. 確率モデルの更新
- 建築・土木構造物に関する規準類の作成, 並びにその設計及びアセスメントに関する意思決定のための, リスク情報及び信頼性情報の基礎に関する一般的な原則について規定
  - 用途の特性又は使用される材料の組合せにかかわらず, 大部分の建物, インフラ構造物及び土木構造物に適用
  - 供用期間中の構造物及び構造物を含むシステムの設計及びアセスメントに関する意思決定に必要な, リスク及び信頼性の原則の活用方法について規定
  - 構造物全体, 構造物を構成する構造要素及び接合部の設計に適用

# JIS A3305の概要

## 1. 適用範囲

## 2. 用語及び定義

## 3. 記号

## 4. 基本事項

1. 一般事項
2. 構造物に対する要求事項
3. 概念的基礎
4. 方法
5. 文書化

## 5. 性能のモデル化

1. 一般事項
2. 性能モデル
3. 限界状態

## 6. 不確定性の表現及びモデル化

1. 一般事項
2. 構造解析のためのモデル
3. 結果のモデル
4. モデルの不確定性
5. 実験モデル
6. 確率モデルの更新

## □ 構造物に要求される基本事項の明確化

- 社会的機能を支え、持続可能な発展を促進させるよう、設計・運営・維持管理・撤去<sup>[1]</sup>
  - ✓ 使用期間全体を意識
  - ✓ 社会との関わりや地球環境を強く意識

- 使用性、安全性、ロバスト性を適切な水準のリスク及び信頼性で確保



性能の差別化  
建物用途、収容人数

vs 建築基準法

- … 最低の基準 (第1条)
- … 安全な構造 (第20条)

## □ 限界状態の概念の導入

- 好ましい状態と好ましくない状態の境界
- 各要求性能ごとに設定

## □ 不確かさを確率統計的に取り扱う

# 目標性能水準の設定／構造設計の方法

## 7. リスク情報を活用した意思決定

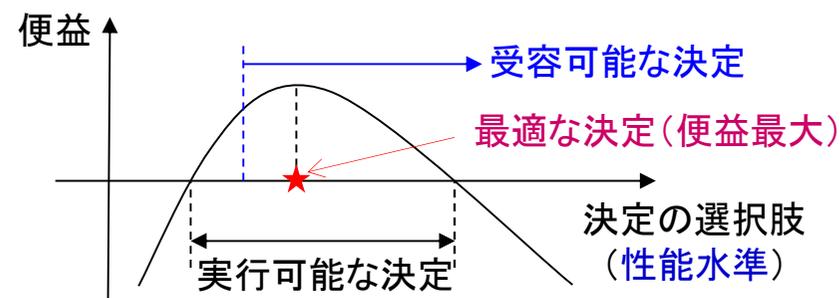
1. 一般事項
2. システム同定
3. システムのモデル化
4. リスクの定量化
5. 決定の最適化及びリスク受容

## □ 想定されるリスクに関する情報の活用を基本

- 人命の喪失・負傷, 環境の質に対する被害, 金銭的損失等のリスクを評価し, リスク低減のために必要な費用等を考慮しながら**便益が最大化となる選択肢**を選ぶ<sup>[1]</sup>

## ■ 制約条件

- ✓ 受容可能な安全性 ⇨ 社会的, 環境保全
- ✓ 建築主により決定される機能性に関する基準



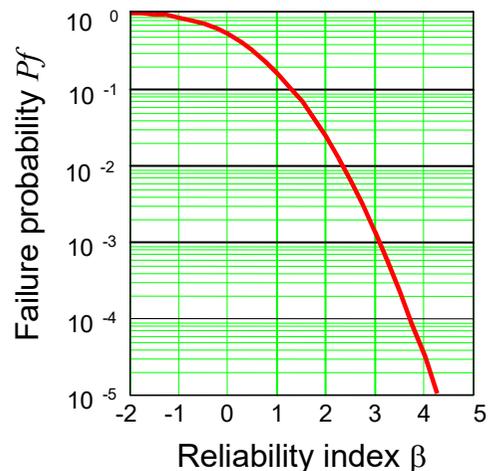
便益最大化による最適化原則の図<sup>[1]</sup>

# 目標性能水準の設定／構造設計の方法

## 7. リスク情報を活用した意思決定

## 8. 信頼性に基づく意思決定

1. 一般事項
2. 更新された確率尺度に基づく決定
3. システム信頼性及び部材信頼性
4. 目標とする破壊確率
5. 破壊確率の計算
6. 確率に基づく設計の実現



## □ 信頼性に基づく意思決定<sup>[1]</sup>

- リスク情報の活用 の代替として
- コストの最小化 及び／又は 資源利用の最小化

## □ 設計規範式

- $P_f \leq P_{ft}$

- ✓  $P_f$ : 限界状態超過確率

- ✓  $P_{ft}$ : 目標とする限界状態超過確率

- $\beta \geq \beta_T$

- ✓  $\beta = -\Phi^{-1}(P_f)$ : 信頼性指標

- $\Phi^{-1}(x)$ : 標準正規確率分布関数の逆関数

- ✓  $\beta_T$ : 目標信頼性指標

- 信頼性解析が必要

# 目標性能水準の設定／構造設計の方法

7. リスク情報を活用した意思決定

8. 信頼性に基づく意思決定

9. 準確率論的手法

1. 一般事項
2. 基本原則
3. 代表値及び特性値
4. 形式化された安全性検証法
5. 累積破壊の検証

## □ 準確率論的方法

破壊の結果に加えて破壊モード及び不確定性が標準化されている場合<sup>[1]</sup> (一般の構造物)

- 部分係数法, 荷重耐力係数設計法
- 事象の再現期間(発生確率)で荷重の大きさを定める方法
- 欧州規格, ASCE等で採用
- これまでの設計法と同形式の**実用的検証方法**

## □ 設計規範式 (部分係数法, 荷重耐力係数設計法)

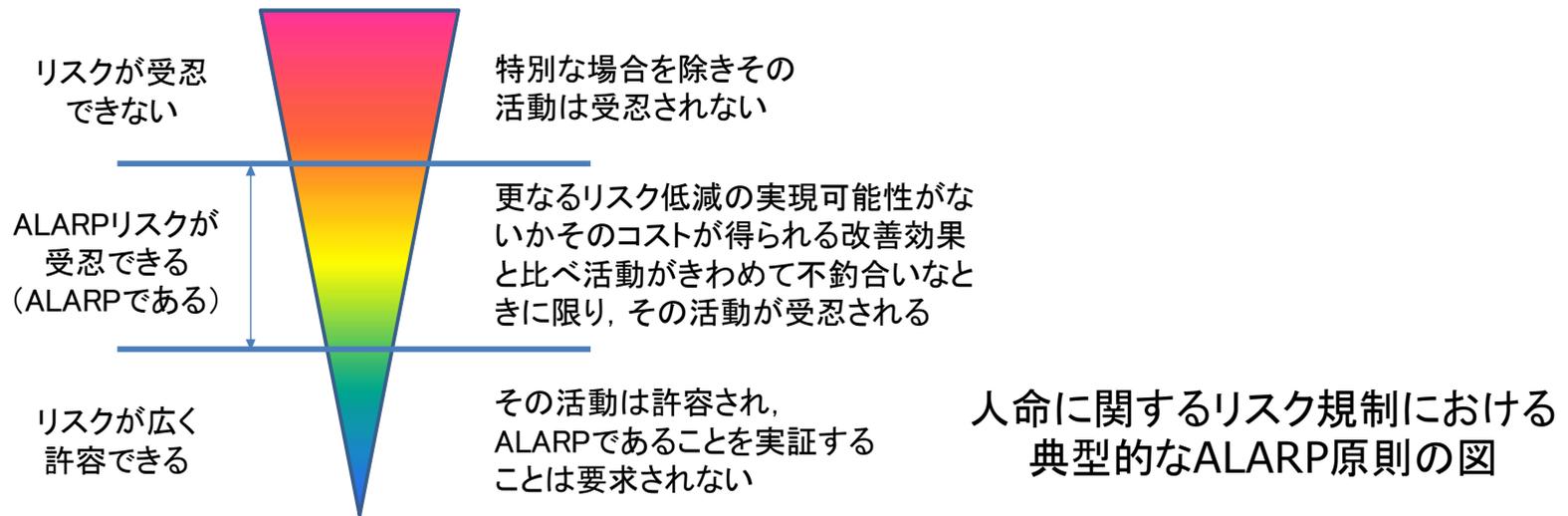
- $$\frac{R_k}{\gamma_R} \geq \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{rep}$$

- ✓  $R_k$ : 耐力の公称値,
- ✓  $G_k$ : 永続荷重の基本値,
- ✓  $Q_{rep}$ : 変動荷重の基本値
- ✓  $\gamma_R$ : 耐力のばらつきに応じた 安全率
- ✓  $\gamma_G, \gamma_Q$ :  $G_k, Q_{rep}$  に乗ずる安全率

- 目標性能水準を考慮して安全率を設定

# 人命に関する基準

## □ ALARP (as low as reasonably possible) の原理<sup>[2]</sup>



## □ 追加人命救出費用の基本的原則<sup>[1]</sup>

- もう一人の命を救うのに必要なコストが、**社会の支払意思額 (SWTP)**を下回っていれば改善すべき
- 一国の生活の質を測る指標 (LQI: Life Quality Index) により SWTPを評価 → 受任できる安全性の水準を決定 (LQI規準)

✓  $LQI = f(g, e, q)$

- ✓ 附属書Gに国別SWTPを例示

$g$ : 一人当たりのGDP

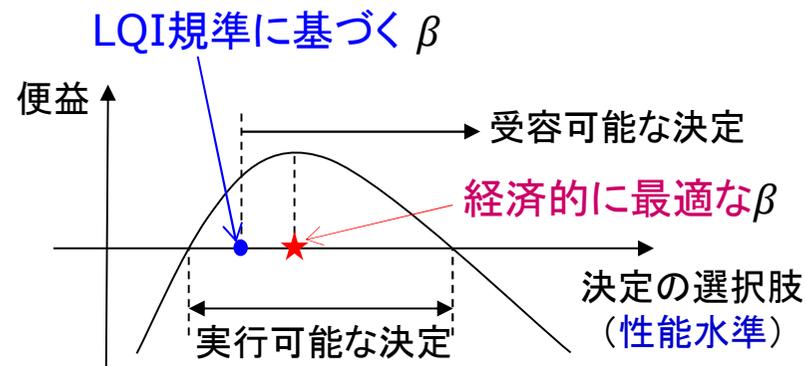
$e$ : 平均寿命

$q$ : 消費に使用できる資金と健康寿命とのトレードオフに関する尺度

# 人命に関する目標信頼性指標(暫定値)

LQI規準に基づく終局限界状態に対する  
1年あたりの最低限の目標信頼性指標[1]

| 安全性の向上に必要なコスト | LQI規準に基づく目標信頼性指標                        |
|---------------|---|
| 大             | $\beta = 3.1$ ( $P_f \approx 10^{-3}$ ) |
| 普通            | $\beta = 3.7$ ( $P_f \approx 10^{-4}$ ) |
| 小             | $\beta = 4.2$ ( $P_f \approx 10^{-5}$ ) |



経済性の最適化に基づく終局限界状態に対する  
1年あたりの目標信頼性指標[1]

| 安全性の向上に必要なコスト | 倒壊等による結果の重大性  |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
|               | 軽微            | 中程度           | 重大            |
| 大             | $\beta = 3.1$ | $\beta = 3.3$ | $\beta = 3.7$ |
| 普通            | $\beta = 3.7$ | $\beta = 4.2$ | $\beta = 4.4$ |
| 小             | $\beta = 4.2$ | $\beta = 4.4$ | $\beta = 4.7$ |

# 海外の構造設計規準

## □ 基本的要求事項／構造要求性能

- EN1990:2.1節<sup>[4]</sup> (ASCE7, BCAも基本的に同様)

✓ 「適切な水準の信頼性および経済的な方法」で、供用期間中に起こりうるすべての荷重および影響に耐え、また、構造物や構造部材に要求される使用性に関する規定を満足するように設計・施工

## □ 「適切な水準」 ⇔ 構造物が損傷や破壊に至った場合の被害の大きさ

- EN1990: Annex B<sup>[4]</sup>, 3つの結果の重大性クラス (Consequence class, CC)

| RC  | 結果の重大性クラス | 解説                                     | 例                                   |
|-----|-----------|--|-------------------------------------|
| RC1 | CC1       | 生命や経済の損失小, 社会や環境に与える影響が小さいかあるいは無視できる程度 | 農業施設など普段は人が立ち入らない建物, 温室             |
| RC2 | CC2       | 生命や経済の損失中程度, 社会や環境に与える影響が無視できない        | 住居, 事務所, 結果の重大性が中程度の公共建築物           |
| RC3 | CC3       | 生命や経済の損失重大, 社会や環境に与える影響が非常に大           | 競技場の観客席, 結果の重大性が高い公共建築物(コンサートホールなど) |

- ASCE7: 4つのリスクカテゴリー (Risk category)

✓ リスクに曝される人数に基づいて区分

- BCA: 4つの重要度レベル (Importance level)

# 海外の構造設計規準 2

## □ 性能の差別化

- 終局限界状態超過確率  $P_f$  の上限の推奨値 (EN1990: Annex B<sup>[4]</sup>)

| 信頼性クラス | 信頼性指標の下限値            |                      |
|--------|----------------------|----------------------|
|        | 基準期間1年               | 基準期間50年              |
| RC1    | $1.3 \times 10^{-5}$ | $4.8 \times 10^{-4}$ |
| RC2    | $1.3 \times 10^{-6}$ | $7.2 \times 10^{-5}$ |
| RC3    | $1.0 \times 10^{-7}$ | $8.5 \times 10^{-6}$ |

基準期間：  
信頼性を評価する対象期間

- 地震以外を対象とした許容  $P_f$  (ASCE7: Chapter C1<sup>[5]</sup>, 基準期間1年)

|                                     | Risk Category         |                      |                       |                      |
|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|
|                                     | I                     | II                   | III                   | IV                   |
| 前兆があり, かつ損傷が広範囲に<br>至らない損傷・破壊       | $1.25 \times 10^{-4}$ | $3.0 \times 10^{-5}$ | $1.25 \times 10^{-5}$ | $5.0 \times 10^{-6}$ |
| 前兆がないか, あるいは, 損傷が<br>広範囲に進行しうる損傷・破壊 | $3.0 \times 10^{-5}$  | $5.0 \times 10^{-6}$ | $2.0 \times 10^{-6}$  | $7.0 \times 10^{-7}$ |
| 前兆がなく, かつ, 損傷の広範囲に<br>進行しうる損傷・破壊    | $5.0 \times 10^{-6}$  | $7.0 \times 10^{-7}$ | $2.5 \times 10^{-7}$  | $1.0 \times 10^{-7}$ |

# 海外の構造設計規準 3

## □ 準確率論的方法

### ■ 荷重耐力係数法, (ASCE7, 荷重指針(AWS, USD))

#### ■ ASCE7: 2.4.1節 基本的荷重組合せ<sup>[5]</sup>

✓  $1.4D$

✓  $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ or } S \text{ or } R)$

✓  $1.2D + 1.6(L_r \text{ or } S \text{ or } R) + (L \text{ or } 0.5W)$

### ■ 再現期間 (ASCE7, BCA, 荷重指針(AWS, USD))

#### ■ ASCE7: 26.5.1節 基本風速<sup>[5]</sup>

| リスクカテゴリー | I   | II  | III, IV |
|----------|-----|-----|---------|
| 再現期間(年)  | 300 | 700 | 1700    |

#### ■ BCA: Table B1.2b 安全性確保の際に考慮する事象<sup>[6]</sup> (再現期間に換算)

| 重要度<br>レベル | 風荷重     |       | 雪荷重 | 地震荷重 |
|------------|---------|-------|-----|------|
|            | サイクロン以外 | サイクロン |     |      |
| 1          | 100     | 200   | 100 | 250  |
| 2          | 500     | 500   | 150 | 500  |
| 3          | 1000    | 1000  | 200 | 1000 |
| 4          | 2000    | 2000  | 250 | 1500 |

# おわりに

---

- JIS A 3305:2020「建築・土木構造物の信頼性に関する設計の一般原則」は ISO 2394:2015 の IDT(一致)として2020年4月に制定
- ISO 2394:2015は、各国が構造設計基準を作成する際の「**基本的考え方**」を示すバイブル
  - 多くの国々における構造設計規準に反映
- 我が国の事業者及び技術者が共通の「基本的考え方」を熟知し、海外展開に活用することを期待
- 「基本的考え方」にしたがって我が国の構造規定の点検・再確認することにより建築・土木構造物の性能向上に寄与することを願う



---

ご静聴ありがとうございます。  
ございます。

# 参考文献

---

- [1] JIS A3305:2020, 建築・土木構造物の信頼性に関する設計の一般原則, 日本規格協会, 2020.4
- [2] ISO2394, General Principles on Reliability for Structures, International Organization for Standardization, 2015.3
- [3] JISと国際規格との整合化について, JIS等原案作成マニュアル(別添), 経済産業省産業技術環境局産業標準調査室, 2029.7
- [4] EN 1990:2002 E, Eurocode – Basis of Structural Design, Comité Européen de Normalisation, 2001.11
- [5] ASCE7-16, Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers, 2017
- [6] NCC 2015 Volume one: Building Code of Australia – Class 2 to Class 9 Buildings, Australian Building Codes Board, 2015