

パネルディスカッション

テーマ:信頼性・安全性に関する 基規準の制定プロセスと普及

司会	三好哲也(運営委員長・阪南大学)
パネリスト	
機械分野	酒井信介(横浜国立大学)
建築分野	西嶋一欽(京都大学)
リスク評価分野	高田毅士(東京大学)
土木分野	佐藤尚次(中央大学)
船舶分野	有馬俊朗(日本海事協会)
衝撃分野	園田佳巨(九州大学)
火災分野	鍵屋浩司(建築研究所)

JCOSSAR2019

Panel Discussion

パネルディスカッション 主旨

- ・ 構造物に関する設計法として、従来用いられてきた許容応力設計法から信頼性設計法・限界状態設計法への転換が進められている。
- ・ ISO2394(1998)の制定を受けて、土木学会では、種々のWGで限界状態設計法導入の議論が進められている。
※ISO2394(2015)に改定 **General principles on reliability for structures.**
- ・ 土木、建築領域では、「土木・建築にかかる設計の基本(2002)」が制定され、土木、建築構造物設計の基本原則となっている。
- ・ 機械分野でも信頼性設計導入の機運が高まり、2017年にJIS規格が制定。
- ・ 海外の土木、建築分野では、ISO,Eurocode, AASHTOなど限界状態設計が規定されており、限界状態設計・信頼性設計が世界標準となる中で各業界での制定プロセスや普及について議論を深める。

JCOSSAR2019

Panel Discussion

パネリストからの話題提供

- ・ 高田毅士氏(東京大学)
リスク評価とその周辺
- ・ 佐藤尚次氏(中央大学)
土木分野における基準類の制定プロセス
- ・ 西嶋一欽氏(京都大学)
建築分野における設計荷重の算定方法に関する基規準
- ・ 園田佳巨(九州大学)
衝撃作用に対する構造物の設計に関する国際標準の現状
- ・ 鍵屋浩司(建築研究所)
建築物の火災安全に関する基準とその運用
- ・ 酒井信介(横浜国立大学)
機械分野における信頼性工学関連規格の動向
- ・ 有馬俊朗(日本海事協会)
船舶の船体構造規則とその開発について

JCOSSAR2019

Panel Discussion

進め方

- ・ 14:40-16:00 パネリストから話題提供
休憩
- ・ 16:15-17:30 ディスカッション
※会場からの質問・ご意見の受付
・ WEBサイトから収集
<http://sli.do> event code: **N535**
・ 質問時間

JCOSSAR2019

Panel Discussion

リスク評価とその周辺

高田毅士

東京大学大学院工学系研究科建築学専攻・教授

ISO/TC98国内委員会主査

ISO/TC98/SC3主査

ISO/TC98/SC2/WG11主査



話題提供の概要



- 1 自己紹介
- 2 ISO/TC98(設計の基本)の活動について
- 3 ISO2394(構造物の信頼性に関する一般原則)
- 4 ISO13824(構造物のリスク評価に関する一般原則)
- 5 論点

自己紹介(高田毅士)



昭和54年3月 名古屋大学建築学科修士課程 修了
 昭和54年4月 建設会社入社
 平成10年4月 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 助教授
 平成16年2月 東京大学大学院工学系研究科建築学専攻 教授

専門分野:

耐震工学、構造力学、確率論的リスク評価、地震ハザード評価、確率論的構造力学、信頼性設計法、性能設計、地震リスク解析、リスクコミュニケーション、等

所属学会:

日本建築学会、日本地震工学会、原子力学会、米国原子力学会、保全学会、等

委員:

国際原子力構造工学協会(IASMiRT)・副会長、国際構造物の安全性と信頼性協会(IASSAR)・理事、ISO/TC98/SC3主査、ISO/TC98委員、他多数

ISO/TC98(構造物の設計の基本)の歴史



ISO/TC98(構造物の設計の基本)は1960年に設置

主旨: 構造材料、構造形式によらず、構造物の設計の基本を標準化する。これには、用語、記号、荷重、外力や他の作用、変形制限などを含む

構造物全体として、信頼性の基本要求的考慮と方向づけがなされる。

TC/SC1(Terminology and symbols) P(24), O(37)

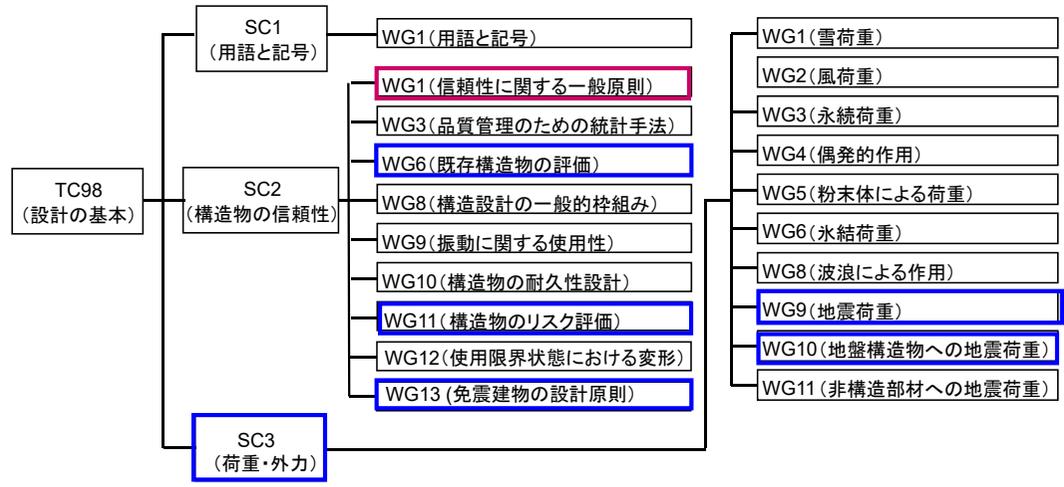
TC/SC2(Reliability of Structures) P(14), O(18)

TC/SC3(Load, Forces and other actions) P(19), O(19)

Total number of published ISO standards:21



ISO/TC98 (設計の基本) の活動



TC98が発行したISO規準(21)



ISO2103:1986	Loads due to use and occupancy in residential and public buildings	
ISO2394:1998	General Principles no reliability of structures	
ISO2633:1986	Determination of imposed floor loads in production buildings and warehouses	
ISO3010:2001	Basis for design of structures -- Seismic actions on structures	
ISO3898:2013	Loads due to use and occupancy in residential and public buildings	
ISO4354:2009	Wind actions on structures	
ISO4355:1998	Bases for design of structures -- Determination of snow loads on roofs	
ISO4356:1977	Bases for the design of structures -- Deformations of buildings at the serviceability limit states	
ISO8930:1987	General principles on reliability for structures -- List of equivalent terms	
ISO9194:1987	Bases for design of structures -- Actions due to the self-weight of structures, non-structural elements and stored materials – Density	
ISO10137:2007	Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations	
ISO11697:1995	Bases for design of structures -- Loads due to bulk materials	
ISO12491:1997	Statistical methods for quality control of building materials and components	
ISO12494:2001	Atmospheric icing of structures	
ISO13033:2013	Bases for design of structures -- Loads, forces and other actions -- Seismic actions on nonstructural components for building applications	
ISO13822:2010	Bases for design of structures -- Assessment of existing structures	



ISO2394(2015)の概要



- 旧ISO2394(1998)にある基本的考え方や内容を包含
 - Eurocode 0 等への配慮
- 構造物の要求条件の拡張
 - 社会的機能を支え**社会の持続的発展**を高めるよう**設計**され、**維持管理**され、そして**解体**されなければならない
 - ✓ 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
- リスク、ロバスト性の概念の導入
 - **使用性**、**安全性**、**ロバスト性**を適切な水準の**リスク**あるいは**信頼性**でもって満たさなければならない

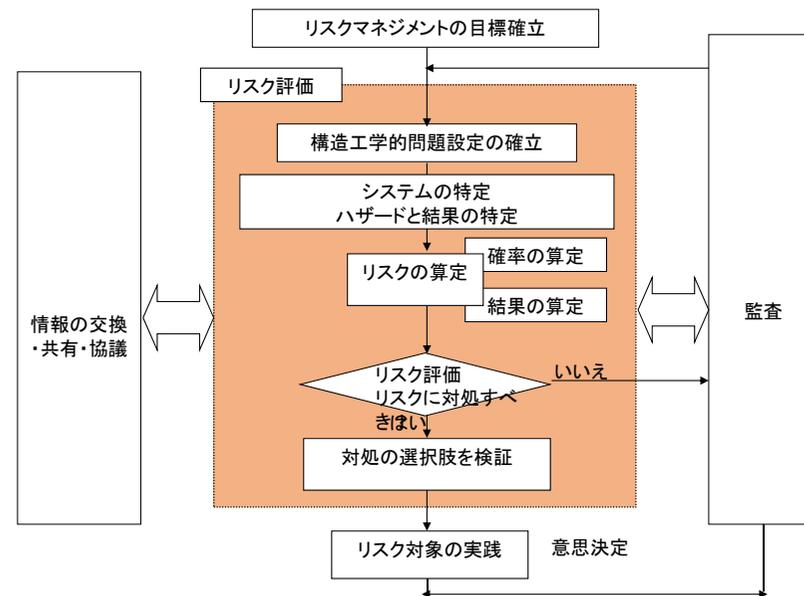


ISO2394(2015)の目次



第1章 適用範囲	第7章 リスク に基づく意思決定	附属書A 品質管理と品質保証
第2章 定義	7.1 一般事項	附属書B 構造健全性のライフタイムマネジメント
第3章 記号	7.2 システムの同定	附属書C 観測、実験モデルに基づく設計
第4章 基本条項	7.3 システムのモデル化	附属書D 地盤構造物の信頼性
4.1 一般事項	7.4 リスクの定量化	附属書E コードキャリブレーション
4.2 構造物への要求条件	7.5 決定の最適化とリスク受容	附属書F 構造ロバストネス
4.3 基本概念	第8章 信頼性 に基づく意思決定	附属書G 人命安全に関する最適化と規範
4.4 方法論	8.1 一般事項	
4.5 文書化	8.2 更新された確率測度に基づく決定	
第5章 性能のモデル化	8.3 システム信頼性と要素信頼性	
5.1 一般事項	8.4 目標破壊確率	
5.2 性能を表すモデル	8.5 破壊確率の計算	
5.3 限界状態	8.6 確率に基づく設計の実施	
第6章 不確定性の表現とモデル化	第9章 準確率的方法	
6.1 一般事項	9.1 一般事項	
6.2 構造解析のためのモデル	9.2 基本原則	
6.3 影響評価のためのモデル	9.3 代表値と特性値	
6.4 モデル化不確定性	9.4 安全性照査形式	
6.5 実験に基づくモデル	9.5 累積損傷の場合の検証	

1 適用範囲	8 リスク算定
2 参考文献	8.1 リスク算定の種類
3 語句と定義	8.2 算定のためのデータ
4 構造物を含むシステムのリスク評価の一般的枠組	8.3 リスクの表現
4.1 構造物を含むシステムのリスク管理の概要	8.4 確率の算定
4.2 リスク評価の適用範囲	8.5 結果の算定
5 構造工学的問題設定の確立	8.6 リスクの算定
5.1 設計の基本の設定	8.7 感度解析
5.2 既存構造物の評価	9 リスク評価
5.3 例外的構造物や異常事象の評価	9.1 リスクの受容
6 システムの定義	9.2 リスク規準
6.1 システムの表現	10 リスク対象の選択肢の評価
6.2 サブシステムの設定	10.1 選択肢の決定
7 ハザードとその結果の特定	10.2 リスク対処の選択肢の評価
7.1 起こりうるハザードの特定	10.3 リスク対応の遂行
7.2 シナリオ範囲の特定	11 報告
7.3 結果の特定	



- (1) ISO2394の関係分野に与える影響は？
 日本のように基規準が存在し長年利用されている国においてISO2394をどう位置付けるか？
 ISO2394に整合した欧州設計規格 (EUROCODE)との基準の調和は？
 日本の基規準の海外への輸出か？ 海外規準の輸入か？
 ISO2394のJIS化が現在進行中(年内にJIS A3306となる予定)
 そもそも日本が海外にどのように進出してゆくかの見通しは？
- (2) 海外では建築構造物と土木構造物は同じ規準でカバーされている
 建築と土木分野の共通基準？ 土木分野の中でも、規準の共通化が必要？
- (3) ISOとJISの整合化
 モノを造るための規準 ⇒ 加えて、性能が見える、説明できる、フェアな競争ができる規準
- (4) 日本の建築構造物の設計においては、耐震設計が極めて重要であり、かならずしも海外基準が参考にならない
- (5) 建築の場合、建築基準法等があるが、それ以外に学会規準、業界規準 (JAS)などが利用されている

END

「信頼性・安全性に関する基規準の 制定プロセスと普及」

土木分野からの話題提供

中央大学 理工学部 都市環境学科
佐藤尚次

2019年10月24日 日本学術会議

1

【自己紹介】

1979 東京大学・土木 / 81 修士修了 / 84 工学博士

1982-85 東京大学 / 85-97 関東学院大学 / 97-99 筑波大学

1999-現在 中央大学

土木の構造工学(橋など鋼構造の耐荷力・設計)を出発点に
信頼性設計(博士学位), 性能設計, 防災, リスク評価,
リスクコミュニケーション, 保険, 政策などなど (何でも屋)

職場では河川や海岸, 地盤, 都市計画など, 土木系全体の人と
リスクの話題を交わしています. 教育面では最適化やデザインも

2

【各業界での学術分野における基規準の制定プロセス】

- (a) 関係する法規, ガイドライン, 規準
- (b) 形成過程における職能団体(学者、実務者、法律家、行政官、政治家等)の関わり方

Code hierarchy としては 法律 > 行政規格 > 業界規格 > 学会規格

- ・建築基準法のような「骨格」の法律はない
- ・行政規格(道路橋示方書, 港湾施設基準)それに近い権威の
業界規格(鉄道標準)などの支配力が強い
- ・土木学会基準(〇〇標準示方書) > ガイドライン
基本的には「教科書, 参考書」 実質的に強い影響力のあるもの
あり(コンクリート標示など)

3

【各業界での学術分野における基規準の制定プロセス】

- (a) 関係する法規, ガイドライン, 規準

一応

Code hierarchy としては 法律 > 行政規格 > 業界規格 > 学会規格

- ・建築基準法のような「骨格」の法律はない
- ・行政規格(道路橋示方書, 港湾施設基準)それに近い権威の
業界規格(鉄道標準)などの支配力が強い

と書いた, その「上位規程」として

国交省「土木・建築にかかる設計の基本」(2002)はある
ISO2394「設計の基本」への対応規程

4

【各業界での学術分野における基規準の制定プロセス】

(b) 形成過程における職能団体(学者、実務者、法律家、行政官、政治家等)の関わり方

・行政規格(道路橋示方書, 港湾施設基準)それに近い権威の業界規格(鉄道標準)

政治家・法律家の関わりは認識していない エンジニアである行政官、公共企業体職員のイニシアチブ。

学識経験者＋一般実務者の意見も反映

・土木学会基準(〇〇標準示方書)＞ガイドライン

形成のための組織は学者が中心。実務者・行政;自由に入って議論
「示方書」=方法を示す書だから・・・「誰にでも使える丁寧な内容に」というのと「先進的な考え方を思い切って紹介」というのと 両面あり

5

【各業界での学術分野における基規準の制定プロセス】

(c) 学術の進展・災害などの事柄があった際にその経験の取り組み方
(d) 国際基準との整合性の確保の必要性(分野による程度差や決定プロセスへの影響)

「知見や経験の取込み」は, 土木学会基準, (>)ガイドラインのレベルで熱心に取組んでいる。

「示方書」=「誰にでも使える丁寧な内容に」の場合はじっくりと
とい「先進的な考え方を思い切って紹介」の場合は積極的に
この動きを見つつ, 上位の行政規格も (上位先行のケースもあり)

「国際基準との整合性」も熱心にやっている

行政の「土木建築」 学会の「ISO対応特別委員会」 ←2000年頃

6

【さてそれが、「信頼性・安全性に関する基規準」となると・・・】

前記

国交省「土木・建築にかかる設計の基本」2002年

この冒頭に

「構造物の安全性等の**基本的要求性能**と構造物の性能に影響を及ぼす**要因**を**明示的に扱う**ことを基本とし、**要求性能を満たすことの検証方法**として**信頼性設計**の考え方を基礎とする。」

→「港湾の施設の技術上の基準」2007版:レベル1信頼性設計法
2018版にて見直し(簡略化)

→「道路橋示方書」2017版 LRFDフォーマットの取入れ

7

【さてそれが、「信頼性・安全性に関する基規準」となると・・・】

学会レベルでの基準類, ガイドラインでは,

・1970年代から

「構造物の安全性・信頼性(1976)」「構造物のライフタイムリスクの評価(1988)」などの出版物を経て,

・「性能設計における土木構造物への作用の指針(2008)」
(↑「建築物荷重指針」へのカウンターパート)

「土木構造物共通示方書(性能・作用編)(2010,16)」

「信頼性設計法に基づく土木構造物の性能照査法ガイドライン(2018)」

↑codewriter だけでなく一般設計者へのガイド

8

【さてそれが、「信頼性・安全性に関する基規準」
となると・・・ → 3)業界内での普及方法の状況】

一連の学会活動で見えてきた課題, 問題点
・教科書的に「構造物の安全性・信頼性」を論ずる段階から
「基準に反映させる」活動に行こうとすると・・・

★土木構造物の多様性

道路/鉄道/河川/港湾/上下水道/発電電・・・

橋/トンネル/ダム/塔/タンク/地下構造・・・

支配的な作用も, 要求性能も, 想定供用期間も,

付加価値(合理的な投資規模)も皆異なる →作用指針

★目標信頼度水準の明示の困難さ

→信頼性設計法に基づくガイドライン2018の議論

9

【他分野との協調に関する提案】

「前向きな提案」は出来ないのですが,
土木の中でも, 今後こういう議論をやっていくべきでは,
というものがああり, 以下に述べてみたいのです.

10

【他分野との協調に関する提案】

「総合評価方式」「VE(Value Engineering)提案」 などなど・・・

「AIの活用」も近い将来への課題

ビッグデータ, 多層学習 ←キーワード

人工知能が人間に代わって「判断を下す」のみならず

「この判断の確信度は〇〇だ」という情報も

付加されるケースが増えてくる

だとすれば, 設計における「照査」が〇×の二値判断でなく,

「確信度情報を付加したもの」になってもおかしくない!

↑これは実は「信頼性設計」そのもの(というか目指す姿)

「目標安全性(信頼性)水準」や「現在利用可能なデータベース」の
勉強をしておくことは必ず有益! [2018ガイドライン講習会で話したこと](#)

11

【他分野との協調に関する提案】

「防災」 ←総合科学 人文・社会分野も巻き込む
と

「構造物の安全性・信頼性」 ←設計工学

とは

関連分野でありながら, 必ずしも連携がうまくなかった
ここを努力.

「知識総合」「マネジメント」が出来る人材育成のための方法論

「役割分担の縦割り化」に抵抗するパワー, テクニック, 哲学

当面, 防災側面からの地球温暖化(IPCCレポート)対応が

土木学会でスタート→設計作用の設定への反映,

目標信頼度水準の議論

12

以上です.

ご清聴有難うございました.

建築分野における設計荷重の算定方法に関する規基準

西嶋一欽 京都大学防災研究所
nishijima.kazuyoshi.5x@kyoto-u.ac.jp



自己紹介

2001.3 東京大学工学部**建築学科**卒業
2003.3 東京大学新領域創成科学研究科**環境学**専攻修了
2009.3 スイス連邦工科大学チューリヒ校**土木学科**博士号
2009.4 同大学上級研究員
2011.1 デンマーク工科大学**土木学科**准教授
2013.9～ 京都大学**防災研究所耐風構造研究分野**准教授
2016.9～ ウォータールー大学**機械学科**客員准教授

日本学術会議連携会員、外務省科学技術外交推進会議委員、ISO TC98国際対応委員、日本風工学会事務局長、他

後の議論の際に共有しておくべき事項(その1)

•国内外の建築分野と土木分野における「構造」

日本

建築分野と土木分野**それぞれに構造に関するグループ**が存在する。

→例えば、建築学科の中にも土木学科の中にも「構造」分野がある。

海外の多くの国

区別がなく**一つの構造分野**があるのみ。

後の議論の際に共有しておくべき事項(その2)

•各国において卓越する自然外乱の違い

日本

超高層建築物を除いて、**地震荷重が卓越**

ヨーロッパ、アメリカ

一部地域を除いて**地震危険度は低め**

→耐震設計が「標準」なのか「特殊」なのかによって考え方が大きく変わる印象 (variable load or accidental load)

各業界での学術分野における基規準の制定プロセス

•ヨーロッパ : EUROCODE

- EUROCODE 0 (基本原則)
- EUROCODE 1 (作用)
- EUROCODE 2以降 (各種構造)
- 国別アネックス (ここで具体的な数値を与える)

•アメリカ : ASCE/SEI7 (Minimum Design Loads for Buildings and other structures)

→法律がコードや規基準を参照・採用することで実質的な法的効力を持つ

= 職能集団が作った合意事項 (code)、職能集団の知識の集約としての規基準 (standard) が、法としての性質を付与される

各業界での学術分野における基規準の制定プロセス

•日本 : 建築基準法/施行令/告示、日本建築学会荷重指針その他刊行物

→建築物の荷重評価に関して、学会が作成した指針あるいは規基準が法としての性質はない。

→学術的な成果を先取りした学会指針の内容が、後になって建築基準法/施行令/告示に反映される。

→現状、国際基準との整合性はない。

→EUROCODEやASCE/SEI7 (の考え方) は諸外国で採用されており、これらの国々では欧米の建設業界が活動しやすい環境になっている？

各業界での学術分野における基規準の制定プロセス

- 学術の進展・災害などの事柄があった際にその経験をどのように取り込むか

日本 : 構造骨組用風荷重の算定の場合

- 昭和9年室戸台風→昭和25年建築基準法施行令
- 超高層ビル建設→昭和56年建築基準法施行令
- 1961年『等価静的荷重』→2000年建築基準法施行令

ISO(2394,22111)/EUROCODE:

- Reliability-based, Risk-based, Robustnessに関する最新の知見が改定ごとに盛り込まれる。

業界内での普及方法の状況

- ...

『専門業界が分業しつつ国民の一般意思の形成に資するサイクルを持っているのが先進国、そうでないのが後進国』

池内恵・中東イスラム学の風姿花伝 2014年10月20日

<http://ikeuchisatoshi.com/i-1216/>

建造物の耐風設計用設計風速の変遷と現状

西嶋一欽
京都大学防災研究所
nishijima.kazuyoshi.5x@kyoto-u.ac.jp

詳細は日本風工学会誌2016, 41巻, 2号参照



参考資料

目的 = 分野横断的に変遷を見比べてみる

参考にした規基準

- 道路橋示方書
- 道路橋耐風設計便覧
- 建築基準法
- 日本建築学会荷重指針・同解説
- 日本建築学会建築物の振動に関する居住性能評価指針・同解説
- 電気学会送電用支持物設計基準
- 電気学会送電用鉄塔設計標準
- 土木学会風力発電設備支持物構造設計指針・同解説

目的 = 分野横断的に変遷を見比べてみる

- どう見比べるか？

$$\text{荷重効果: } S_D = \gamma_S f(X_D)$$

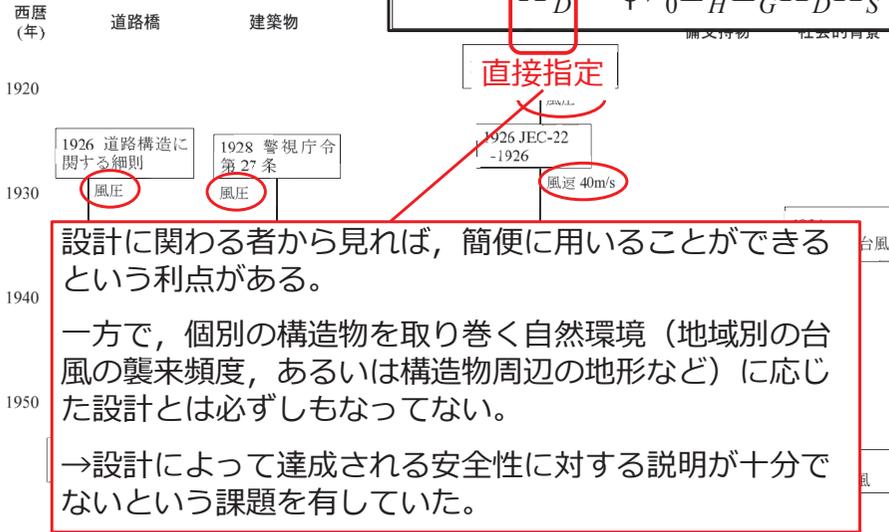
$$\text{設計風速: } X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$

V_0 : 基本風速 (平均風速もしくは瞬間風速) K_S : 季節ごとの違いを表す係数
 E_H : 高さ方向の変化を表す係数 ϕ : 倍率 (再現期間換算係数)
 E_G : 小地形の効果を表す係数 γ_S : 荷重係数
 K_D : 風向ごとの違いを表す係数

1950年代まで

$$S_D = \gamma_S f(X_D)$$

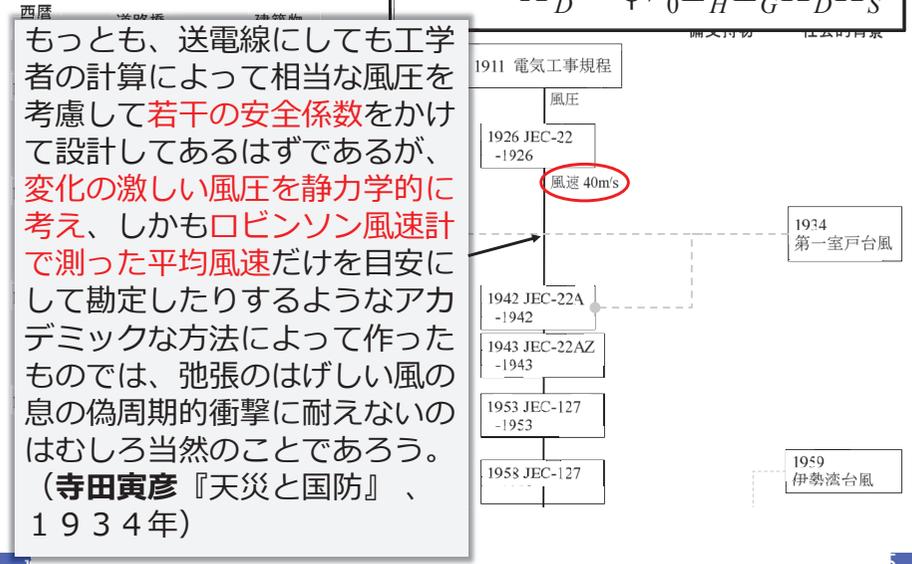
$$X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$



1950年代まで

$$S_D = \gamma_S f(X_D)$$

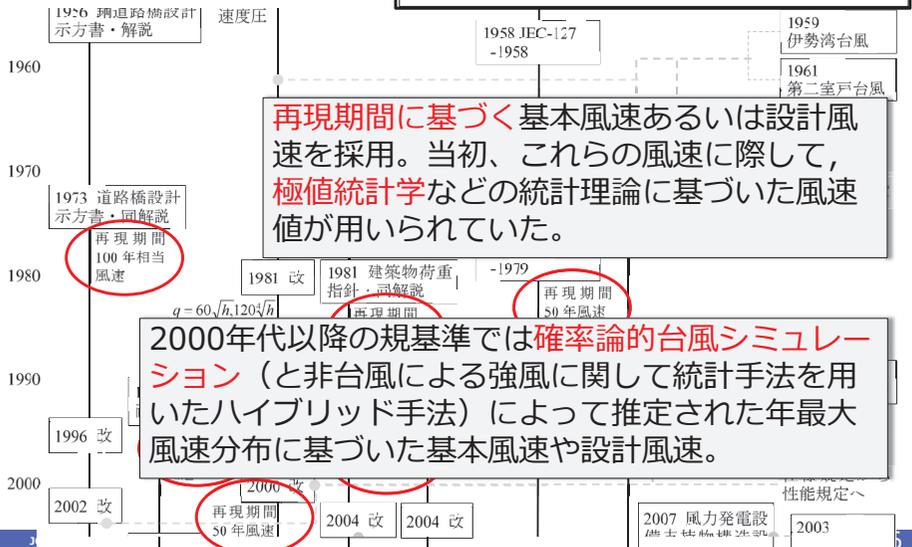
$$X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$



2000年代まで

$$S_D = \gamma_S f(X_D)$$

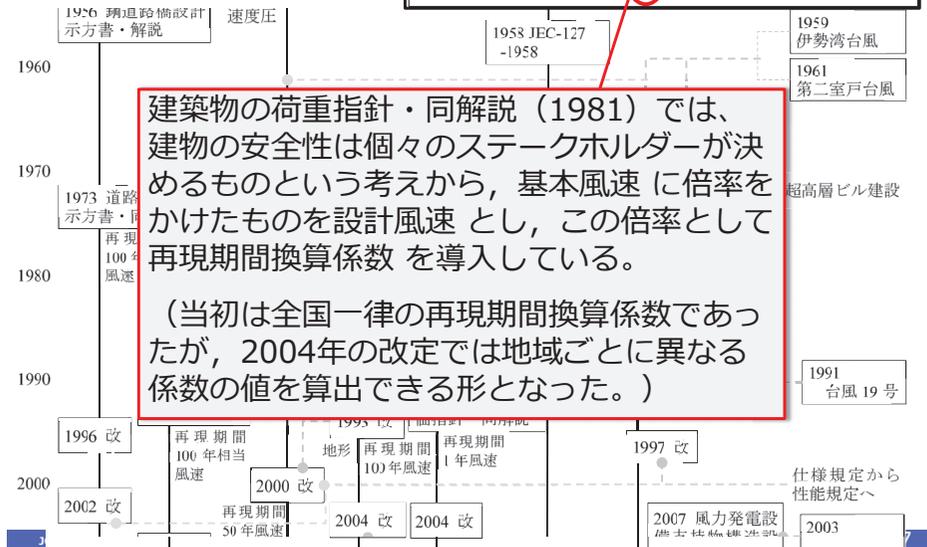
$$X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$



2000年代まで

$$S_D = \gamma_S f(X_D)$$

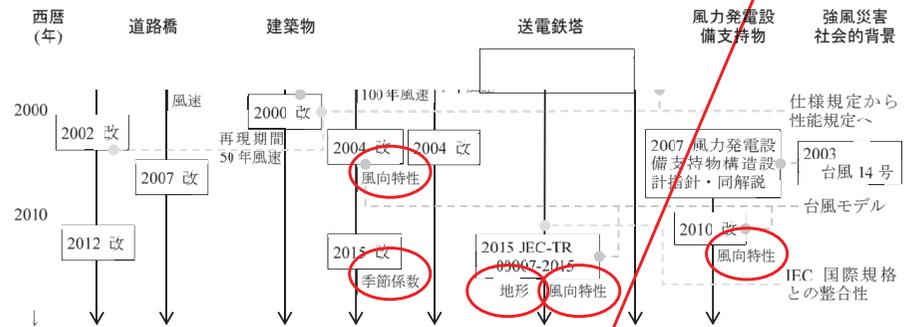
$$X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$



今日まで

$$S_D = \gamma_S f(X_D)$$

$$X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$

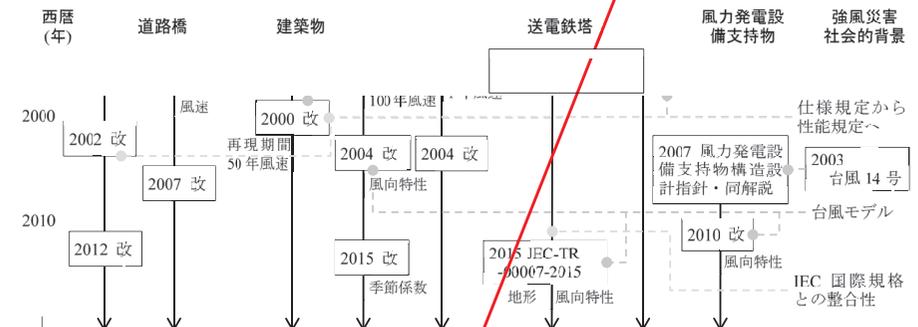


風速の高さ方向の変化を表す係数、小地形の効果を表す係数、風向ごとの違いを表す係数、季節ごとの違いを表す係数を導入することで、個々の構造物の設計条件を反映したきめ細かい耐風設計が可能になってきた。

今日まで

$$S_D = \gamma_S f(X_D)$$

$$X_D = \phi V_0 E_H E_G K_D K_S$$



電力や風力の分野では、信頼性設計手法に基づく荷重係数の導入など、より合理的な設計体系へと移行している

まとめ

- 設計風速の変遷は、設計に用いる風速をいかに**合理的かつ精度よく**評価し、また**客観的に説明するか**という観点からの発展であると見ることが出来る。
- 各分野の設計風速の変遷は独立なものではなく、巨大強風災害の発生や基礎となる理論・技術の進展、あるいは社会の要請など**共通の影響を受けつつ**、また分野間で**相互に影響をおぼしつつ**発展してきたものである

日本建築学会荷重運営委員会信頼性工学利用小委員会・公開小委員会
「建築物に関する不確実さの取り扱いと対処技術の最新動向」

各国の構造設計における不確実さの取り扱い (荷重耐力係数の比較を通じて)

Kazuyoshi Nishijima,
Disaster Prevention Research Institute
Kyoto University
nishijima.kazuyoshi.5x@kyoto-u.ac.jp



Today's talk

1. Comparison of design codes for structures in selected revision and countries
 - Europe (EUROCODE)
 - USA (ASCE 7-10)
 - Canada (CSA)
 - Australia (AS)

2. Benefits and motivation to introduce more numbers of partial factors:

Discussion-based

- Through examples in two industries:
 - (1) Electricity
 - (2) Wind energy
- Robustness, target reliability and partial factors

1. Comparison of design codes for structures

2. Benefits and motivation to introduce more numbers of partial factors

(1) Electricity industry

- Necessity to develop codes consistent with international tread
Note: international trend = reliability-based design
e.g. IEC60826 Design criteria of overhead transmission lines

- Safety checking format (石川(2009))

$$\phi R_n \geq \gamma_W W_n + \gamma_D D_n$$

- Safety checking format considering response modeling uncertainty

$$\phi R_n \geq \gamma_W \eta_W W_n + \gamma_D D_n$$

R_n : Nominal resistance
 W_n : Wind-induced response
 D_n : Response under no wind
 ϕ : Resistance factor
 γ_W : Load factor (wind)
 γ_D : Load factor (others)

η_W : Modeling uncertainty

石川智巳, 送電用鉄塔の耐風信頼性設計法に関する検討(その2)― 風向特性を考慮した荷重・耐力係数法に基づく設計式の提案―, 電中研報告.2009.7

電力中央研究所, <http://criepi.denken.or.jp/jp/env/outline/2007/64.pdf>

(2) Wind energy

- IEC61400-1 (Wind turbines - Part 1: Design requirements)

e.g. blade corrosion failure:

$$M = X_{capacity} R - X_{demand} S$$
$$R_c \geq \gamma_n \gamma_m \gamma_f S_c \quad X_{demand} = X_{exp} X_{st} X_{aero} X_{str} X_{sim} X_{ext}$$

R_c : characteristic capacity (clearance)

S_c : characteristic demand (deflection)

γ_n : partial safety factor accounting for consequence of failure

γ_m : partial safety factor accounting for material uncertainty

γ_f : partial safety factor accounting for load uncertainty

Dimitrov, N.K. (2013), Structural Reliability of Wind Turbine Blades - Design Methods and Evaluation, PhD dissertation, Technical University of Denmark

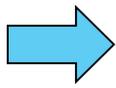
Robustness, target reliability and partial factors

- Structural elements to structure
 - ASCE 7-10 (brittle, progressiveness)
- Structure to society and economy
 - Consequence class (ISO2394)
 - Risk Category (ASCE 7-10)

Discussion

- Why more number of partial factors?
- Different nature of different hazards; how to differentiate in reliability-based design formats?
 - Need to consider different affected sizes by different hazards for some load combinations?

分野



西暦
(年)

道路橋

建築物

送電鉄塔

風力発電設
備支持物

強風災害
社会的背景

1920

1930

1940

1950

1960

1970

1980

1990

2000

2010

1926 道路構造に
関する細則

1940 鋼道路橋
設計示方書案

1956 鋼道路橋設計
示方書・解説

1973 道路橋設計
示方書・同解説

1996 改

2002 改

2012 改

1928 警視庁令
第27条

1950 建築基準法

1981 改

2000 改

2015 改

1911 電気工事規程

1926 JEC-22
-1926

1942 JEC-22A
-1942

1943 JEC-22AZ
-1943

1953 JEC-127
-1953

1958 JEC-127
-1958

1965 JEC-127
-1965

1979 JEC-127
-1979

2004 改

2004 改

2015 JEC-TR
-00007-2015

1934 第一室戸台風

1959 伊勢湾台風

1961 第二室戸台風

1991 台風19号

2003 台風14号

2010 改

$$q = 60\sqrt{h}$$

速度圧

$$q = 60\sqrt{h} \cdot 1.20 \sqrt{h}$$

速度圧

再現期間
100年相当
風速

再現期間
100年相当
風速

再現期間
50年風速

再現期間
50年風速

再現期間
100年風速

再現期間
1年風速

風向特性

季節係数

再現期間
50年風速

1965 電気設備技
術基準・同解釈

風速 40m/s

超高層ビル建設

仕様規定から
性能規定へ

風向特性

IEC 国際規格
との整合性

年代



設計風速年表

1. Limit states, design situations, values for loads (actions), load factors and load combinations for ordinal structures

	Eurocode EN 1990	ASCE Standard 7-10	CSA	Australian code																													
Limit state	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ultimate limit state (ULS) ■ Serviceability limit state (SLS) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Strength limit state ■ Serviceability limit state 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ultimate limit state (ULS) ■ Fatigue limit state (FLS) ■ Serviceability limit state (SLS) 																														
Design situation	<ul style="list-style-type: none"> ■ Persistent situation ■ Transient situation ■ Accidental situation ■ Seismic design situations 																																
Classification of actions (loads)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Permanent action, G ■ Variable action, Q ■ Accidental action, A 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Permanent load ■ Variable load 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Permanent load, G ■ Variable load, Q ■ Rare loads, E 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Permanent action ■ Imposed action ■ Wind, snow and ice & earthquake action 																													
Values of actions (loads)	<ul style="list-style-type: none"> ■ For permanent action <ul style="list-style-type: none"> - Characteristic value, G_k ■ For variable action <ul style="list-style-type: none"> - Characteristic value, Q_k - Combination value, $\Psi_0 Q_k$ - Frequent value, $\Psi_1 Q_k$ - Quasi-permanent value, $\Psi_2 Q_k$ ■ For accidental action <ul style="list-style-type: none"> - Characteristic value, A_k 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Nominal load, Q_n 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Specified loads <ul style="list-style-type: none"> - For permanent load the mean value - For variable action <ul style="list-style-type: none"> $R \geq 50$ years (or $P_{AE} \leq 0.02$) - For rare load <ul style="list-style-type: none"> $R \approx 2500$ years (or $P_{AE} \approx 0.0004$) R : return period P_{AE} : annual exceedance probability 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Design events for safety <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Importance Level</th> <th colspan="4">Annual probability of exceedance</th> </tr> <tr> <th>Wind Non-cyclonic</th> <th>Wind Cyclonic</th> <th>Snow</th> <th>Earthquake</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1:100</td> <td>1:200</td> <td>1:100</td> <td>1:250</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>1:500</td> <td>1:500</td> <td>1:150</td> <td>1:500</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>1:1000</td> <td>1:1000</td> <td>1:200</td> <td>1:1000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>1:2000</td> <td>1:2000</td> <td>1:250</td> <td>1:1500</td> </tr> </tbody> </table>	Importance Level	Annual probability of exceedance				Wind Non-cyclonic	Wind Cyclonic	Snow	Earthquake	1	1:100	1:200	1:100	1:250	2	1:500	1:500	1:150	1:500	3	1:1000	1:1000	1:200	1:1000	4	1:2000	1:2000	1:250	1:1500
Importance Level	Annual probability of exceedance																																
	Wind Non-cyclonic	Wind Cyclonic	Snow	Earthquake																													
1	1:100	1:200	1:100	1:250																													
2	1:500	1:500	1:150	1:500																													
3	1:1000	1:1000	1:200	1:1000																													
4	1:2000	1:2000	1:250	1:1500																													
Partial factors for actions (load factors)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Partial factors for actions, γ_f 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Load factor, γ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Load factor, α 	<ul style="list-style-type: none"> ■ None 																													
Design value of action (factored load)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Design value ($F_d = \gamma_f F_r$) 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Factored load, γQ_n 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Factored load 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Design value of action 																													
Combination of actions (load combinations)	<ul style="list-style-type: none"> ■ For example Varied by limit state and design situation (for example) $\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1}$ $+ \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} G_{k,i}$ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Load Combination $\sum_i \gamma_i (Q_n)_i$ 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Basic Combination $\sum \alpha_{G_i} G_i + \alpha_{Q_j} Q_j + \sum_{k \neq j} \alpha_{C_k} Q_k$ ■ Rare Load Combination $\sum G_i + E + \sum_{k \neq j} \alpha_{C_k} Q_k$ α_{Q_j}: Principal load factor α_{C_k} : Companion load factor 																														

Prepared by Lee Seung Han

2. Target reliability for ordinal structures

	Eurocode EN 1990	ASCE Standard 7-10	CSA	Australian code																																																																																															
Target Reliability	<p>■ Minimum values for reliability index β (ULS)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Reliability Class</th> <th colspan="2">reference periods</th> </tr> <tr> <th>1 year</th> <th>50 years</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>RC3</td> <td>5.2</td> <td>4.3</td> </tr> <tr> <td>RC2</td> <td>4.7</td> <td>3.8</td> </tr> <tr> <td>RC1</td> <td>4.2</td> <td>3.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>■ Target reliability index β for Class RC2 structural members</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Limit state</th> <th colspan="2">reference periods</th> </tr> <tr> <th>1 year</th> <th>50 years</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>USL</td> <td>4.7</td> <td>3.8</td> </tr> <tr> <td>Fatigue</td> <td colspan="2">1.5-3.8</td> </tr> <tr> <td>SLS (irreversible)</td> <td>2.9</td> <td>1.5</td> </tr> </tbody> </table>	Reliability Class	reference periods		1 year	50 years	RC3	5.2	4.3	RC2	4.7	3.8	RC1	4.2	3.3	Limit state	reference periods		1 year	50 years	USL	4.7	3.8	Fatigue	1.5-3.8		SLS (irreversible)	2.9	1.5	<p>■ Acceptable reliability (maximum annual probability of failure) associated reliability indexes for load conditions that do not include earthquake</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Basis</th> <th colspan="4">Risk Category</th> </tr> <tr> <th>I</th> <th>II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>b1</td> <td>2.5</td> <td>3.0</td> <td>3.25</td> <td>3.5</td> </tr> <tr> <td>b2</td> <td>3.0</td> <td>3.5</td> <td>3.75</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>b3</td> <td>3.5</td> <td>4.0</td> <td>4.25</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>- b1: failure that is not sudden and does not lead to widespread progression of damage - b2: failure that is either sudden or leads to widespread progression of damage - b3: failure that is sudden and results in widespread progression of damage</p> <p>■ anticipated reliability (maximum probability of failure) for earthquake</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">Risk Category</th> </tr> <tr> <th>I & II</th> <th>III</th> <th>IV</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f1</td> <td>10%</td> <td>6%</td> <td>3%</td> </tr> <tr> <td>f2</td> <td>25%</td> <td>15%</td> <td>10%</td> </tr> </tbody> </table> <p>- f1: total or partial structural collapse - f2: failure that could result in endangerment of individual lives</p>	Basis	Risk Category				I	II	III	IV	b1	2.5	3.0	3.25	3.5	b2	3.0	3.5	3.75	4.0	b3	3.5	4.0	4.25	4.5		Risk Category			I & II	III	IV	f1	10%	6%	3%	f2	25%	15%	10%	<p>■ CAN/CSA-S6-06 : $\beta = 3.50$ - for bridges with a 75-year design life</p> <p>■ Bartlett et al. (2003) : $\beta \geq 3.0$ - normal building components with a 50-year design life for ductile failures</p> <p>■ CSA(1981) - steel and concrete buildings for ULS based on 30-year life</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Safety Class</th> <th colspan="2">Type of Failure</th> </tr> <tr> <th>Gradual</th> <th>Sudden</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Not serious</td> <td>2.5</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>Serious (normal buildings)</td> <td>3.5</td> <td>4.0</td> </tr> <tr> <td>Very serious</td> <td>4.0</td> <td>4.5</td> </tr> </tbody> </table> <p>■ CSA S408-81 : $\beta=3.5$ for brittle failures with a ??-year design life</p> <p>■ Bartlett (2007) : $\beta=4.0$ for brittle failure of concrete element with a ??-year design life</p> <p>■ CISC 2010 : $\beta=4.5$ for fracture of steel on net section with a ??-year design life</p>	Safety Class	Type of Failure		Gradual	Sudden	Not serious	2.5	3.0	Serious (normal buildings)	3.5	4.0	Very serious	4.0	4.5	<p>■ Annual structural reliability indices (β) for structural components and connections</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Importance Level</th> <th>Permanent & imposed actions</th> <th>Wind, earthquake & snow actions</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td></td> <td>3.2</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td rowspan="2">3.8</td> <td>3.4</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>3.6</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td>3.8</td> </tr> </tbody> </table>	Importance Level	Permanent & imposed actions	Wind, earthquake & snow actions	1		3.2	2	3.8	3.4	3	3.6	4		3.8
	Reliability Class		reference periods																																																																																																
1 year		50 years																																																																																																	
RC3	5.2	4.3																																																																																																	
RC2	4.7	3.8																																																																																																	
RC1	4.2	3.3																																																																																																	
Limit state	reference periods																																																																																																		
	1 year	50 years																																																																																																	
USL	4.7	3.8																																																																																																	
Fatigue	1.5-3.8																																																																																																		
SLS (irreversible)	2.9	1.5																																																																																																	
Basis	Risk Category																																																																																																		
	I	II	III	IV																																																																																															
b1	2.5	3.0	3.25	3.5																																																																																															
b2	3.0	3.5	3.75	4.0																																																																																															
b3	3.5	4.0	4.25	4.5																																																																																															
	Risk Category																																																																																																		
	I & II	III	IV																																																																																																
f1	10%	6%	3%																																																																																																
f2	25%	15%	10%																																																																																																
Safety Class	Type of Failure																																																																																																		
	Gradual	Sudden																																																																																																	
Not serious	2.5	3.0																																																																																																	
Serious (normal buildings)	3.5	4.0																																																																																																	
Very serious	4.0	4.5																																																																																																	
Importance Level	Permanent & imposed actions	Wind, earthquake & snow actions																																																																																																	
1		3.2																																																																																																	
2	3.8	3.4																																																																																																	
3		3.6																																																																																																	
4		3.8																																																																																																	
Factor for importance of structure (reliability modification)	<p>■ K_{FI} factor for actions,</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">K_{FI}</th> <th colspan="3">Reliability Class</th> </tr> <tr> <th>RC1</th> <th>RC2</th> <th>RC3</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>0.9</td> <td>1.0</td> <td>1.1</td> </tr> </tbody> </table>	K_{FI}	Reliability Class			RC1	RC2	RC3		0.9	1.0	1.1	<p>■ load modifier, η_i a factor relating to ductility, redundancy, and operational importance</p>	<p>■ Importance factor, I</p>																																																																																					
K_{FI}	Reliability Class																																																																																																		
	RC1	RC2	RC3																																																																																																
	0.9	1.0	1.1																																																																																																

衝撃作用に対する構造物の設計に関して

九州大学工学研究院 社会基盤部門
園 佳 巨



自己紹介

1985年 九州大学工学部 土木工学科卒業
1987年 九州大学大学院土木工学専攻 修士修了
1987年 戸田建設株式会社
1989年 防衛大学校土木工学科助手
1994年 博士(工学), UC San Diego客員研究員
1995年 防衛大学校土木工学科講師
1998年 九州大学工学部助教授
2005年 九州大学工学部教授
2008年~2012年 土木学会構造工学委員会 衝撃問題研究小委員会委員長
2013年~2014年 構造工学論文集 編集小委員会委員長
2016年~ 防衛施設学会理事
2018年~ Board member of International association of protective structures

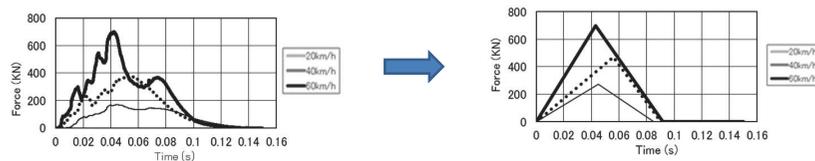
ISO/TC98/SC3 WG4 (Accidental actions) member

Accidental actionとは (定義)

Scope

Accidental actions may be subdivided into accidental actions with a natural source and **accidental actions due to human activities**. This International Standard constitutes information for risk and reliability based decision making concerning design and assessment of structures under Accidental Actions induced by human activities. Fire, and earthquake, however are not included.

当初は、構造物に衝撃作用が働く事象として、主にhuman error (海外ではテロ等の故意なケースも含む) が想定されていた。それら人為的な事象の中で、爆発荷重を除く衝突荷重 (航空機・鉄道・乗用車等) については、日本建築学会の「建築物荷重指針・同解説」の中の衝撃荷重の内容をベースに議論が進められ、取り入れられた。



Accidental actionの対象範囲について

Scope

Accidental actions may be subdivided into **accidental actions with a natural source** and **accidental actions due to human activities**.



Earthquake (1995, January)

一方、自然災害による作用を対象範囲に入れてもらうには、かなりの時間と説明を必要とした。

自然災害は国・地域の特殊性が高く、他の国々との共通理解が難しい。



Tsunami (2011, March)



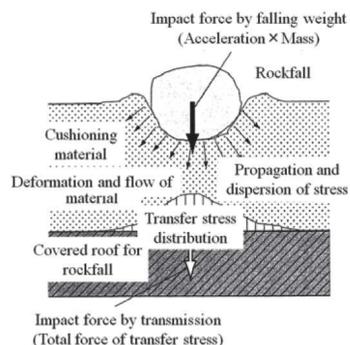
Rock fall



Debris flow

自然災害による衝撃作用

日本の特殊性（世界的にも稀な自然災害大国）を説明し、急峻な地形に豪雨が多い環境下で、特に地盤災害が多い点を各国委員に理解してもらった。その上で、日本には落石・土石流などの衝撃作用に対する防護工の設計に関する研究成果が数多く蓄積されており、他国にも活用できることを説明、成果の一部をAnnexに反映させた。



サンドクッションの衝撃緩衝効果に関する実験 (旧北海道開発局土木研究所 提供動画)

サンドクッション介した衝撃荷重

衝撃作用を対象とした構造物の設計



落石覆工 (荷重設計)



落石防護ネット(エネルギー設計)



上記2つの落石対策工の設計は、落石対策便覧(日本道路協会)に基づいて行う。両者の設計は全く異なる考えに基づいている。



鋼製砂防堰堤(荷重・エネルギー設計)

鋼製砂防堰堤の設計は、鋼製砂防構造物設計便覧(砂防・地すべり技術センター)に基づいて行う。



* 土木構造物の設計基準は、それぞれ異なる。

橋梁：道路橋示方書
落石覆工・防護ネット：落石対策便覧
砂防堰堤：砂防構造物設計便覧

信頼性設計における衝撃作用の課題

人為的なミス等による衝撃作用は、設計条件(例えば、衝突物重量・速度)を確定すれば構造物の設計は可能



Derailment Accident

The occurrence of a derailment leading to a possible collision with a structural object, can be modelled as an (inhomogeneous) Poisson process with failure intensity $\lambda(x)$, in a similar way as for road traffic. This failure intensity, together with other relevant parameters like the traffic intensity **should be estimated on the basis of national or regi, taking care of local circumstances** seasonal statistics like curvatures, switches and grades. **If no detailed local information is available**, the derailment rate for passenger trains (in the absence of switches) may be taken as [A8]:

$\lambda = 0.25 \times 10^{-8}$ per km running of train

問題は、Accidental actionの発生頻度・確率を確定できるだけの信頼性の高い統計データが得られにくい。

自然災害対象の衝撃作用に関するもう一つの課題

最近では薄れてきているが、インフラ施設(税金で設計・施工)の場合には安全・安心に対する絶対神話=管理者の無限責任に近い意識が未だに残っている。

「管理者はリスクの定量評価を行いつづら」現状の改善が望まれる。

数少ない例外として・・・

鋼製砂防堰堤の設計では、上流の巨礫調査を綿密に行い、礫径の累加曲線を求めて95%粒径 (D_{95}) を最大礫径として設計条件に用いている。

建築物の火災安全に関する基準とその運用



国立研究開発法人 建築研究所
 防火研究グループ 鍵屋 浩司

1

- ◆ 1969年生まれ、東京都出身
- ◆ 専門分野: 建築火災安全工学、都市環境工学
- ◆ 1998年早稲田大学大学院理工学研究科博士後期課程修了、博士(工学)
- ◆ 1999年に建設省建築研究所採用後、20年間にわたって建築防火基準、都市計画に関する研究に従事。
- ◆ その間、国土交通省国土技術政策総合研究所都市研究部主任研究官、SPスウェーデン国立技術研究所客員研究員を経て、
- ◆ 2017年～国立研究開発法人建築研究所防火研究グループ上席研究員
- ◆ 日本火災学会理事、東京消防庁火災予防審議会委員
- ◆ ISO/TC92(火災安全)/SC4(火災安全工学)国内委員会幹事

2

建築物の火災安全に関する学術分野における 基標準の制定プロセスと普及

- ◆ 建築基準法(建築物)、消防法(消防用設備等)
 - ❖ 建築物が火災安全上有すべき**最低基準**を規定
 - ❖ これに準拠した標準的仕様や設計法を解説したガイドラインが行政・学会・業界団体等から発行
 - ❖ 新築・増改築、用途変更時の建築確認に適用、その後は適切に維持管理されることが前提(消防法は遡及適用あり)
- ◆ 制定プロセスにおける職能団体の関わり方
 - ❖ 行政が社会的要請に基づき有識者の意見を受けながら制定
- ◆ 学術の進展・災害などの事柄があった際にその経験の取り組み方
 - ❖ 新たな火災危険が顕在化するたびに、これを教訓に規制強化
 - ❖ 技術革新や社会的要請によって規制が合理化(例: 木材利用促進)

3

主な防火関連規定の変遷①

年	火災	建築基準法	消防法
1948		建築基準法制定	消防法制定
1953 ～ 1959	劇場等の火災 (スバル座、神田共立講堂、明治座、東京宝塚劇場、北海道銀映座)	防火区画の配管貫通 防火戸、耐火、簡易耐火構造、 準不燃、難燃材の規定	
1961 ～	百貨店の火災 (大阪大丸百貨店、池袋西武百貨店、松屋銀座店、山崎百貨店、渋谷東急ビル)	部位毎の耐火時間 高さ31m超の避難、区画	消防用設備設置・維持すべき 特定防火対象物を指定、同技 術基準、特防11階以上にス プリンクラー(SP)設置
1966 ～ 1969	旅館大火災(煙火災) (菊富士ホテル、大伊豆ホテル、池 之坊満月城、磐光ホテル、熱川大 和館、つるやホテル)	内装制限拡大、避難階段 屋外への歩行距離規定 堅穴区画、スプリンクラー(SP)	消防設備士の創設 共同防火管理制度新設 ホテル、病院に消防設備等設 置義務強化
1970 ～ 1974	百貨店の大火災頻発 (宇都宮福田屋、水戸市中央ビル、 姫路市国際会館、田端百貨店、千 日ビル、西武高槻SC、大洋デパー ト、神戸デパート)	防排煙規定 避難規定 非常用照明 非常用進入口 非常用エレベータ	消防設備士の創設 共同防火管理制度新設 ホテル、病院に消防設備等設 置義務強化

※河野守、山名俊男、五頭辰紀、既存不適格建築物の防火性能診断法に関する調査、国土技術政策総合研究所資料、No.369、2007をもとに作成

4

主な防火関連規定の変遷②

年	火災	建築基準法	消防法
1975 ～ 1979	雑居ビル火災 (池袋朝日会館、国松ビル、 三沢ビル、新潟今町会館)	仮使用規制・防火措置	消防設備の検定制度、点検 基準公布、特定複合防火対 象物の設置基準強化
1980 ～ 1986	地下街ガス爆発 (ゴールデン地下街爆発) ホテル旅館火災 (川治プリンス、ホテルニュージ ャパン、熱川温泉大東館)	防火区画貫通ダクトダンパー： 煙感知連動 防災計画評定制度	地下街規制強化 避難器具規定の整備 自火報の規格省令改正 政令別表第1改正、消防用機 械器具等の検定制度の改正
1987	社会福祉施設火災 (特養 松寿園)	排煙・内装制限合理化 総合防災設計法	福祉施設・病院でのSP・屋内 消火栓設置義務強化
1990 ～ 1997	物販店舗火災 (長崎屋尼崎店)	準耐火構造・建築物導入 ハートビル法	物販等のSP設置基準の引下 げ、消防設備・機器の基準整 備
1998 ～ 2000		基準法の改正(性能規定化) 性能設計の導入	総合操作盤の整備 SP設備の合理化 消防行政規制緩和策定
2001 2002	小規模雑居ビル火災 (新宿雑居ビル)	2以上の直通階段の設置基準 拡大	風営法店舗等の規制強化 消防法の改正(性能規定化)
2006	グループホーム火災		住宅用SPの設置義務

5

規制強化による既存不適格事項とその問題

課題となる主な不適格事項 (数字は法改正年)	改修・増築時の問題
避難階段・階段室の防火区画 (1970)	区画の難しい階段あり
特別避難階段 (15階以上、地下3階)	地階の改修は困難
物品販売店舗の避難階段 (1970)	敷地にゆとりがないと難しい コストが掛かる
防火区画(1959)異種用途区画	建物の用途転用時の課題
排煙設備・排煙区画(1970)	改修が難しく、コストが掛かる 排煙垂れ壁の設置が困難(天井高)
スプリンクラー (基準法、消防法遡及適用)	消火効果は高いがコスト高

※河野守, 山名俊男, 五頭辰紀, 既存不適格建築物の防火性能診断法に関する調査, 国土技術政策総合研究所資料, No.369, 2007をもとに作成

6

国際基準との整合性の確保の必要性

- ◆ 試験法の国際的調和
 - ❖ 建築資材、設備等の輸出入
- ◆ 近年は諸外国の建築基準の性能規定化に伴い
火災安全設計法についても議論
 - ❖ ISO/TC92(火災安全)/SC4(火災安全工学)で議論
 - ❖ 火災安全設計に係る計算法の適用方法
 - ❖ リスクの考え方、火災シナリオ(外力となる設計火源)
の設定、リスク評価方法についても検討

7

信頼性・安全性に関する 基標準の制定プロセスと 普及

機械分野

横浜国立大学 酒井信介

1

自己紹介

- S55.4月 東京大学工学部 講師 (船用機械工学科)
- S56.4月 東京大学工学部 助教授 (船用機械工学科)
- H7.4月 東京大学大学院工学系研究科 助教授 (機械工学専攻)
- H9.4月 東京大学大学院工学系研究科 教授 (機械工学専攻)
- H25.4月 東京大学大学院工学系研究科 特任教授
(航空宇宙工学専攻)
- H30.4月 横浜国立大学客員教授(リスク共生社会創造センター)
現在に至る

東京大学名誉教授, 日本機械学会名誉員, 日本工学アカデミー会員
建設荷役車両安全技術協会会長, 日本高圧力技術協会参与

2

学術分野における基標準 の制定プロセス

職能団体

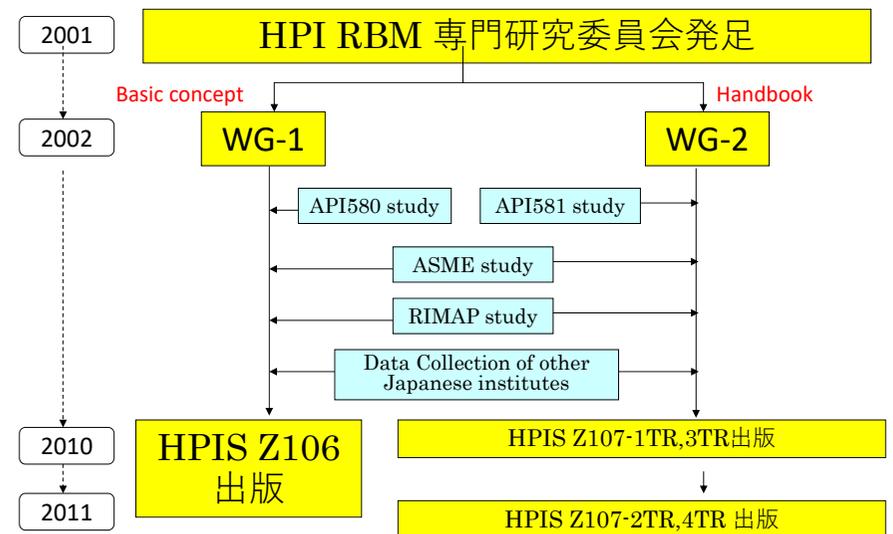
日本高圧力技術協会(HPI)
日本クレーン協会
日本機械学会(JSME)

関係する法規, ガイドライン, 規準

- 1.HPIS Z106:2010 「リスクベースメンテナンス」
- 2.HPIS Z107-1TR:2010 「リスクベースメンテナンスハンドブック
第1部:一般事項」
- 3.HPIS Z107-2TR:2011 「リスクベースメンテナンスハンドブック
第2部:減肉の損傷係数」
- 4.HPIS Z107-3TR:2010 「リスクベースメンテナンスハンドブック
第3部:応力腐食割れの損傷係数」
- 5.HPIS Z107-4TR:2011 「リスクベースメンテナンスハンドブック
第4部:その他の損傷係数」
- 6.HPIS Z109 TR:2016 「信頼性に基づく圧力設備の減肉評価方法」
- 7.JIS B 9955:2017 「機械製品の信頼性に関する一般原則」
- 8.JCAS2008-2018 「移動式クレーンの構造部分に限界状態設計法を適用
する場合の指針」
- 9.日本機械学会基準 JSME S018-2018 「部分安全係数法を用いた機械製品の信頼性
評価に関する指針」

3

HPI RBM専門研究委員会活動



4

学術の進展・災害などの事柄があった際にその経験の取り組み方

- RBMに関する**産業界の要請**が出発点となり、日本高圧力協会内に委員会設置、国内外調査を10年以上継続後に規格化 (RBM規格)
- クレーン協会内での構造規格改編作業中に、**問題点を認識**し、他分野でも類似の問題をかかえていたことから、産官学に働きかけをし日本機械学会内で分科会活動を開始。その後、学会基準へと発展。一方で、信頼性の原則に関するJIS規格については、日本高圧力技術協会内で開発。(JIS規格)
- プラントの局部減肉評価の健全性評価に対する**産業界からの要望**があり、信頼性のJIS規格化に合わせて、HPI規格を開発した。(減肉規格)

5

国際基準との整合性の確保の必要性

移動式クレーン規格の課題



6

移動式クレーン・構造規格の問題

- 欧州で限界状態設計法が加速する一方で、我が国は旧来の許容応力設計法が継続されている。
- 我が国の構造規格は、相当の長期間に渡って本質的な改定が行われておらず、柔軟な最新技術導入の仕組みができていない。
- このままでは、我が国の構造規格は、技術上著しく立ち遅れたものとなり、国際的にも取り残されたものとなることが懸念される。
- 我が国の移動式クレーンメーカーが、高性能の製品開発に著しく不利な状況となっており、国際競争力を失っていくことが懸念される。

7

限界状態設計の推進に寄与

General principles on reliability for structures
ISO2394 Third edition



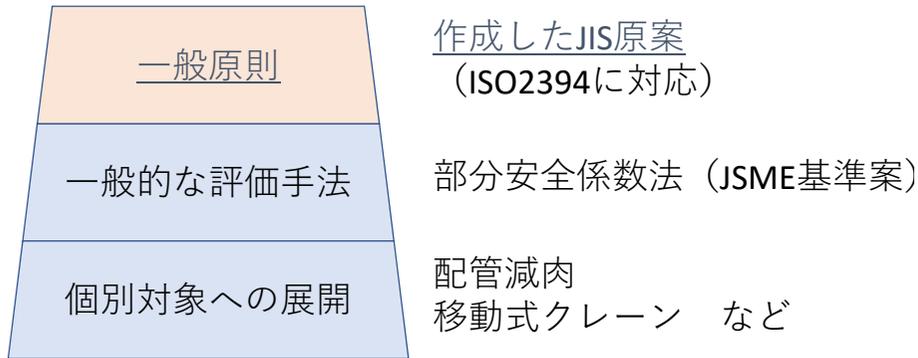
ISO 8686-1(1989)
[Cranes-Design principles for loads and load combinations:Part1 General

ISO 8686-2(2004)
[Cranes-Design principles for loads and load combinations:Part2 Mobile cranes

機械製品の信頼性に関する一般原則
JIS規格が必要

8

業界内での普及方法の状況



今回作成したJIS原案が、規格基準体系を構築する上で基盤として活用されることを期待

他分野との協調に関する提案

- JIS B 9955の手本となったISO2394は、**長年建築学会で検討が行われてきたものであった**
- JIS規格開発にあたっては、**建築分野の高田先生にご参加いただき、建築学会での検討状況、課題の情報提供いただき、効率的な開発が可能となった**
- **類似課題をかかえる学協会関係での情報交換は極めて重要で、規格開発の起点になることが期待される**

船舶の船体構造規則とその開発について

(一財)日本海事協会 執行役員 開発本部長
船体開発部長(兼務)
デジタルトランスフォーメーションセンター長(兼務)

有馬 俊朗

1

1989年3月 東京大学大学院工学系研究科 博士課程満期退学(9月工学博士)
1989年4月 財団法人 日本海事協会入会 技術研究所
2004年4月 開発部 主管(船体関連規則担当)
2009年4月 国際室 室長
2014年4月 海上技術安全研究所 構造安全評価系長
2017年4月 開発本部長 + 船体開発部長(兼務)
2018年4月 執行役員 開発本部長 + 船体開発部長(兼務)

- 東大大学院博士課程では、半潜水式リング状構造体によるビジネス空間創出の概念設計をテーマに、設計荷重設定、強度評価、安全評価迄を考慮する構造計画学を研究。
- 1990年後半~2000年代初頭には、国際海事機関(IMO)に於ける“ばら積貨物船の安全強化策(構造規則含む)”検討にリスク評価(Formal Safety Assessment, FSA)の専門家として参画。
- 2000年代後半~現在は、IMOの船体構造に関する目標志向型基準(GBS: Goal Based Standard)の開発及び導入に関して、国際船級協会連合(IACS)の専門家グループ(EG/GBS)の議長として活動。
- 日本海事協会“鋼船規則C編(船体構造等)”の全面改正プロジェクトを推進中
- 横浜国立大学 客員教授、大阪大学大学院工学研究科 招へい教授、東京大学生産技術研究所 研究顧問等

2

1. 船級協会とは

3

船級協会(Classification Society)



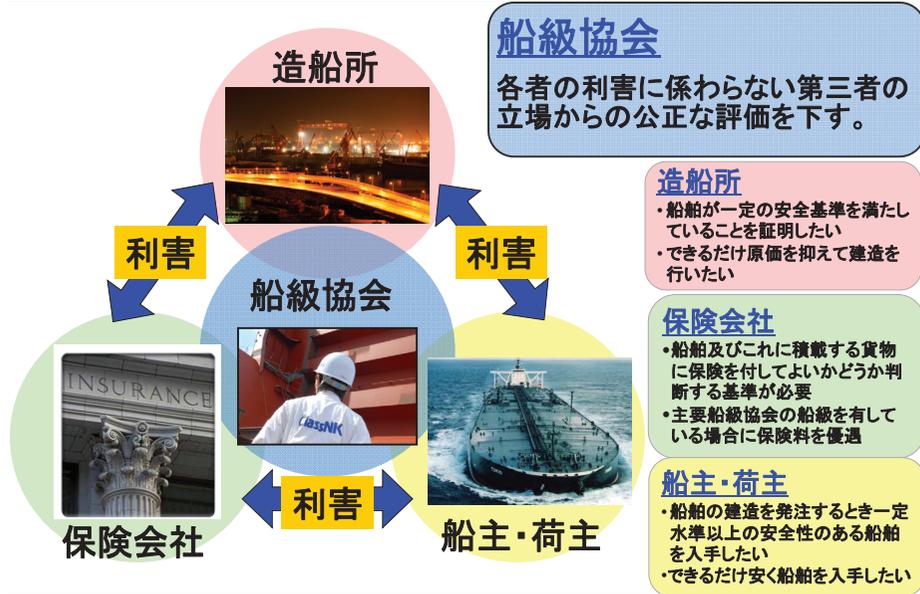
Q どういう役割を負った機関なの？

- A. **船級とは船舶の安全性を検査・証明する中立的な第三者機関**です。
自動車に車検があるように、船舶は船級協会が検査を行います。
主な検査として、船舶の図面審査及び現場検査があり、これらの検査を通して、船舶の安全性を確認すると共に、海洋環境の保全に寄与しています。

船級協会の最大目標

人命と財産の安全確保
海洋環境の保護

4

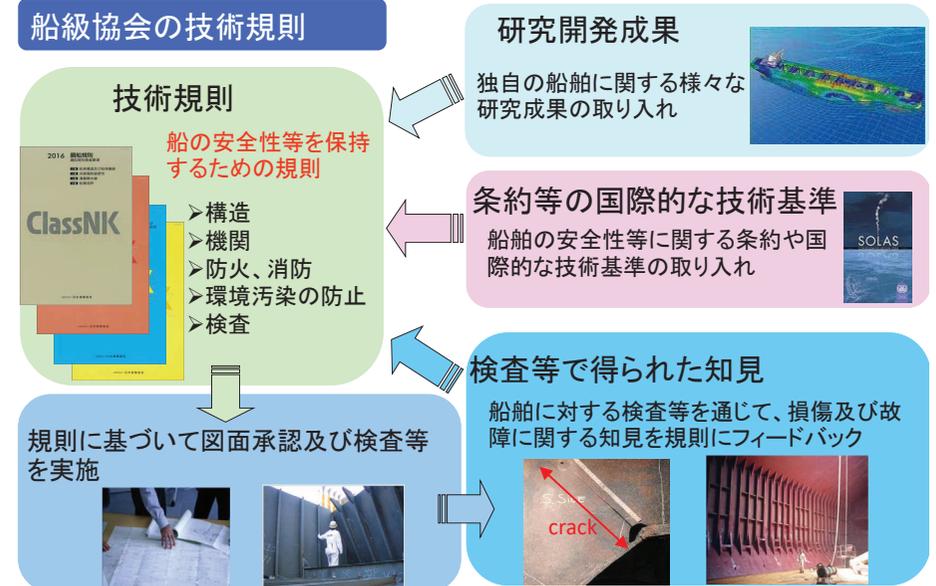


2. 日本海事協会の紹介

船級協会の基本的な業務



規則開発



3. “ばら積貨物船及び油タンカー”用 IMOの船体構造に関するGBSと IACS 共通構造規則(CSR)

背景

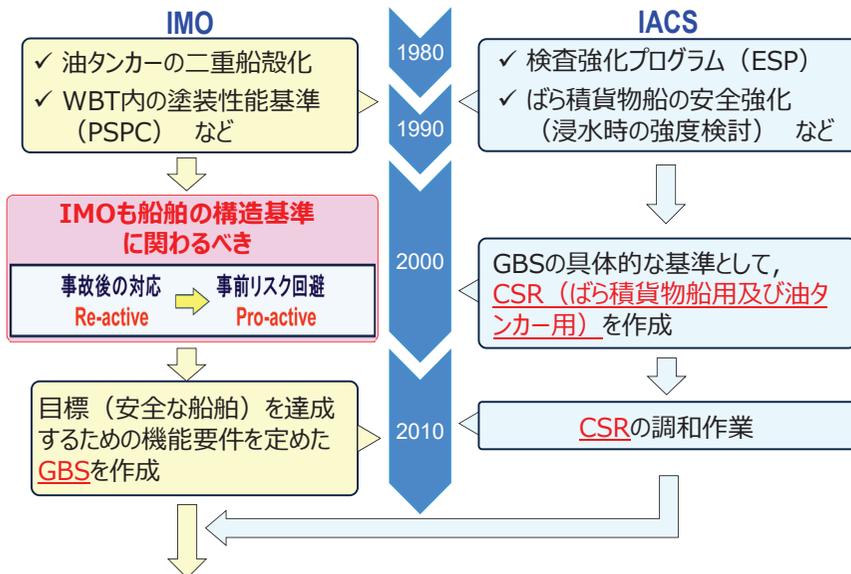
- 1990年代に大型船の海難事故が頻発
 - ✓ 油タンカーの大規模な油流出事故
 - ✓ 疲労強度不足に起因する構造損傷
 - ✓ ばら積貨物船の倉内浸水や沈没
- 2000年代に入っても海難事故が発生
 - ✓ プレステージ号（タンカー）の沈没



IMOにおける審議

- 2002年 バハマ及びギリシャがGBSを提案
- 2004年 MSC78より, GBSの検討開始
- 2010年 MSC87において, GBSを導入するためのSOLAS条約改正案を採択
- 2016年7月1日以降建造契約の長さ150m以上の油タンカー及びばら積貨物船に適用

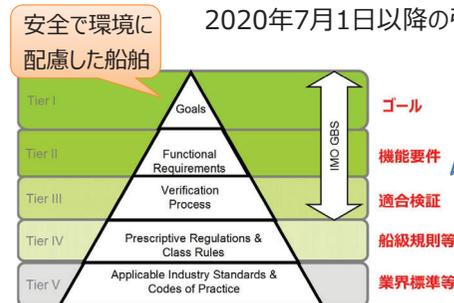
船体構造に関する規制の変遷



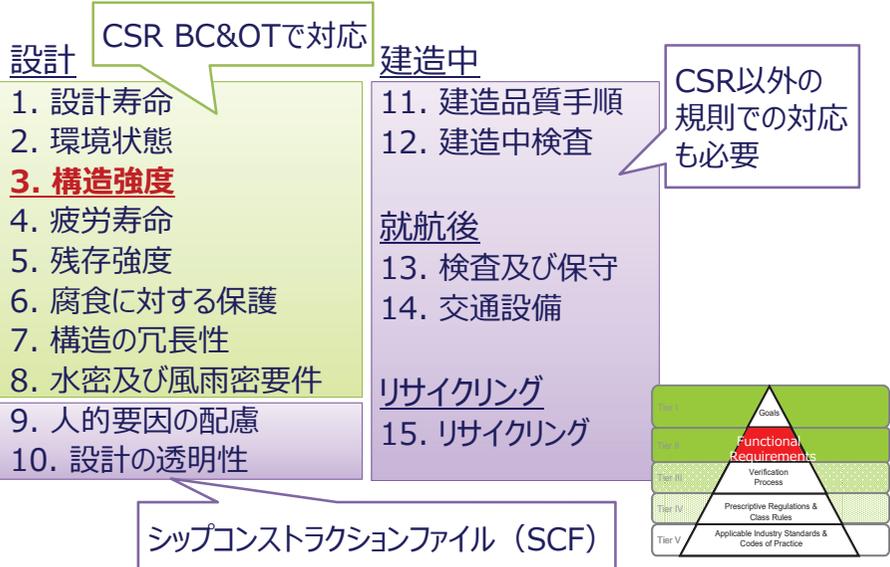
Goal-Based Standards (GBS) とは

☆ Goal-Based Standards (GBS) ☆

- 船の安全性を高め, 事故を未然に防ぐためにIMOが定めた規則制定のための枠組み
- 1990年代から相次ぐ大型船の海難事故を受け, **船体構造に関する目標指向型の安全基準 (GBS)** 及びGBSを導入するためのSOLAS条約の改正案(第II-1章第3-10規則)を採択
 - ✓ 対象: 船の長さ (乾舷長さ) 150m以上のばら積貨物船及び油タンカー
 - ✓ 適用: 2016年7月1日以降 建造契約船
2017年7月1日以降の起工船 (建造契約がない場合)
2020年7月1日以降の引渡し船



- ✓ IACSはTier IVとして, GBSに対応した船級規則(CSR-B&T編)の開発のため, まずはバルカー及びタンカーそれぞれの専用規則(CSR-B編, CSR-T編)を作成しそれらを調和させていく段階的な対応を実施
- ✓ IMOはTier IIIとして, 上記規則がGBS要求を満足しているか適合検証を実施



4. 鋼船規則C編(船体構造)の全面改正プロジェクト

2.1 2018年の進捗状況(C編全面改正)

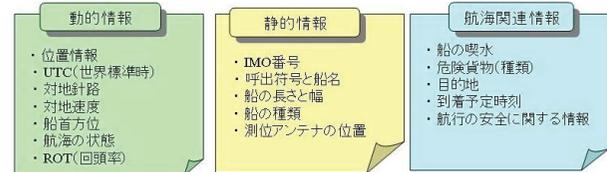


AISを用いた遭遇海象の検討

AISとは? 自動船舶識別装置 (Automatic Identification System)

船舶の安全航行やテロ対策等を目的に、以下の船舶に搭載が義務付けられた船舶を自動識別する装置

- (1) 国際航海に従事する300総トン以上の全ての船舶
- (2) 国際航海に従事する全ての旅客船
- (3) 国際航海に従事しない500総トン以上の全ての船舶



古野電機Webサイトより

構造設計用設計荷重の設定に関する検討

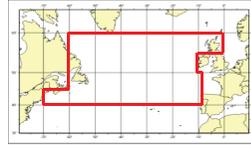
船舶の遭遇海象の検討(最大荷重)

AISを用いた検討事例(船速と遭遇有義波高の関係)

対象期間: 2016年9月～2017年8月(1年間)

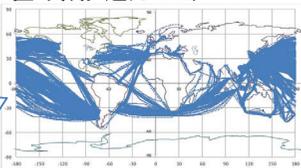
対象海域: 北大西洋 (IACS Rec.34対象海域)

隻数: 5157(バルク: 2601、油タンカー1231、コンテナ船1325)



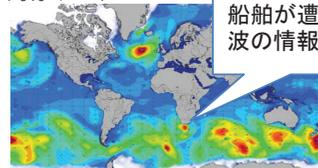
各種検討用データ

AIS(位置・針路・速力 etc.)

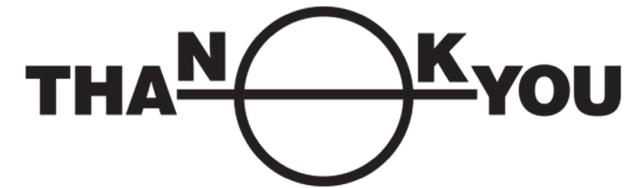
船舶の
実航路
情報を
取得

+

海象データ

船舶が遭遇する
波の情報を取得

17



for your kind attention

18