

建設副産物技術講習会
2017年2月20日 か での 2・7

コンクリート構造物の サステナビリティ設計

北海道大学大学院工学研究院
横田 弘



講演の内容

2

- サステナビリティ思考の必要性
- サステナビリティ設計法とは
- 環境をめぐる課題とコンクリートのリサイクル
- サステナビリティ設計の事例
 - 設計の余裕度とロバストネス
 - 感度分析
 - 環境影響評価
- 課題とまとめ

サステイナビリティ思考の勧め

3

地球環境と人間社会は、その不確実性を増している。地球人口が**70**億人を超えて、さらに数十億人増加すると予測されている。人口の増加は、インフラ・建築物の建設が促進され、その結果、他産業の経済活動の推進も含めて資源・エネルギー消費が増大し、地球環境問題が惹起される。建設産業における資源消費量は突出して多く、かつ温室効果ガス排出も全体の**40~50%**を占めると考えられる。この事実は、建設産業がその活動規範を変えることが求められていることを意味する。そのキーワードは「サステイナビリティ」である。

「コンクリート構造物のサステイナビリティ設計」リーフレット

サステイナビリティとは

4

Sustain-ability

Sustain = to keep sb/sth alive or in existence

Ability = power or skill required to do sth

Sustainability => 持続可能性

人間活動(文明活動)が将来にわたって持続できるか否か

有限の資源・容量

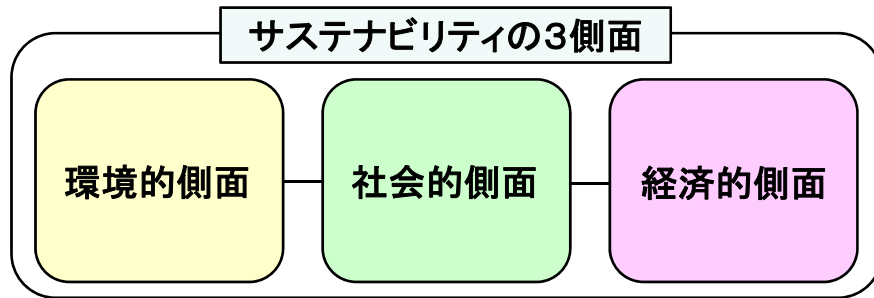


時間的公平性(世代間)
空間的公平性(地域)

物理的資産, 人的資産, 経済的資産, 無形資産, 情報資産

サステナビリティを評価する3つの側面

5



サステナビリティを評価する3つの側面

6

環境的側面

- ・気候変動
- ・天然資源の消費
- ・環境汚染
- ・生物多様性
など



- ・エネルギー
- ・資源消費
- ・CO₂等の排出
- ・各種汚染, 騒音・振動
- ・廃棄物管理 など

社会的側面

- ・生活・働く場所としての建造物の品質
- ・安全・安心・使用性
- ・利用者に必要なサービスのアクセス
- ・文化的特徴・文化遺産の保護
- ・社会的まとまりや繋がり
- ・利用者の需要や満足度 など



- ・安全性
- ・使用性
- ・アクセス
- ・適応性
- ・健康・快適性
- ・雇用創出
- ・人口の変化 など

経済的側面

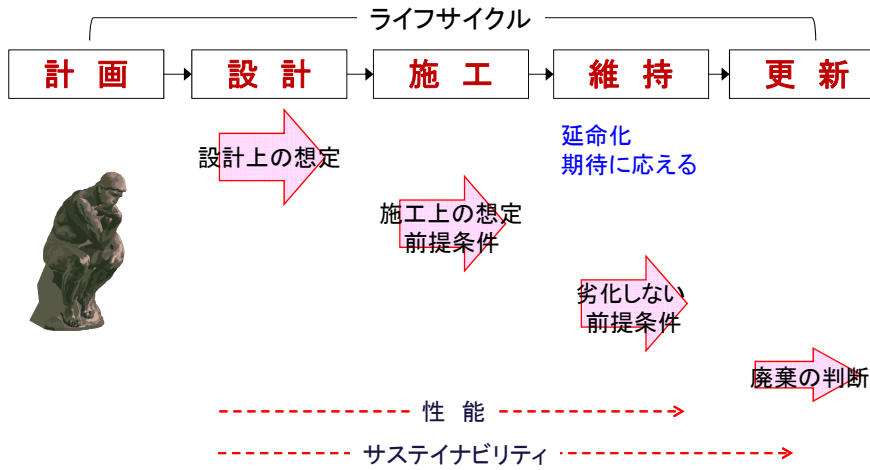
- ・性能
- ・場所
- ・エネルギー効率
- ・メンテナンス
- ・機能性 など



- ・コスト
- ・財産価値
- ・直接便益
- ・間接的経済効果
- ・外部コスト など

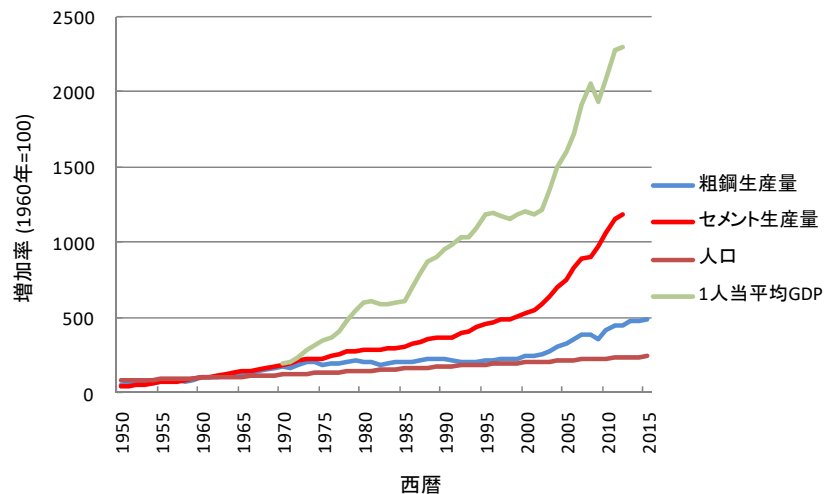
これらを指標としてシナリオを評価し, 選定する.

7 建造物のライフサイクルとサステナビリティ



- ライフサイクルの各段階における適切なマネジメント
- 各段階相互の連携とライフサイクル全体の適切なマネジメント
- マネジメントのための指標の一つが**サステナビリティ**

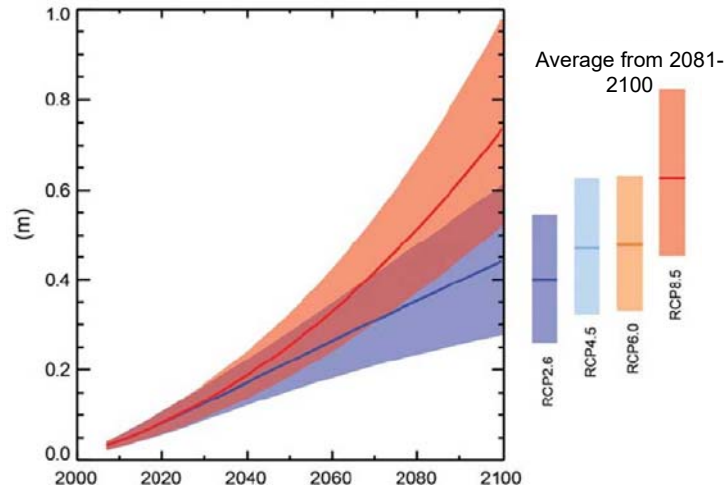
8 粗鋼・セメントの生産量、人口、GDPの推移



1. World Steel Organization: Steel Statistical Yearbook, 2015
2. Source from Japan Cement Association
3. UN Department of Economic and Social Affairs: World Populations Prospects, 2015
4. UN ESCAP: The Statistical Yearbook for Asia and Pacific 2014

海面水位上昇シナリオ

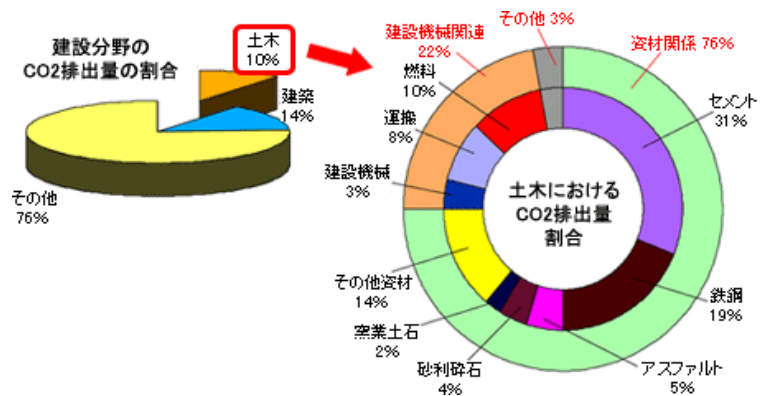
9



SPM - IPCC Report "Climate Change 2013 - The Physical Science Basis"

建設分野の二酸化炭素排出量(2001年度)

10



コマツ建機販売株式会社HP

CO₂排出原単位

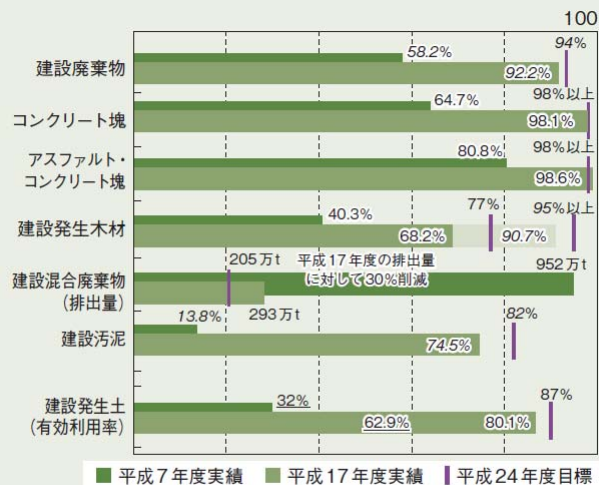
11

大分類	小分類	CO ₂ 排出量(kg-CO ₂ /*)
構成材料	ポルトランドセメント(t)	766.6
	高炉セメントB種(t)	458.7
	天然粗骨材(砕石)(t)	2.9
	天然細骨材(砕砂)(t)	3.7
	形鋼(t)	1256
燃料	石炭(輸入一般炭)(kg)	2.36
	燃料用LPG(kg)	3.03
	ガソリン(L)	2.31
	軽油(L)	2.64
	購入電力(kWh)	0.407
輸送	ディーゼル10トントラック(t/km)	0.122

土木学会:コンクリートライブラリー125

建設材料の再資源化率・利用率

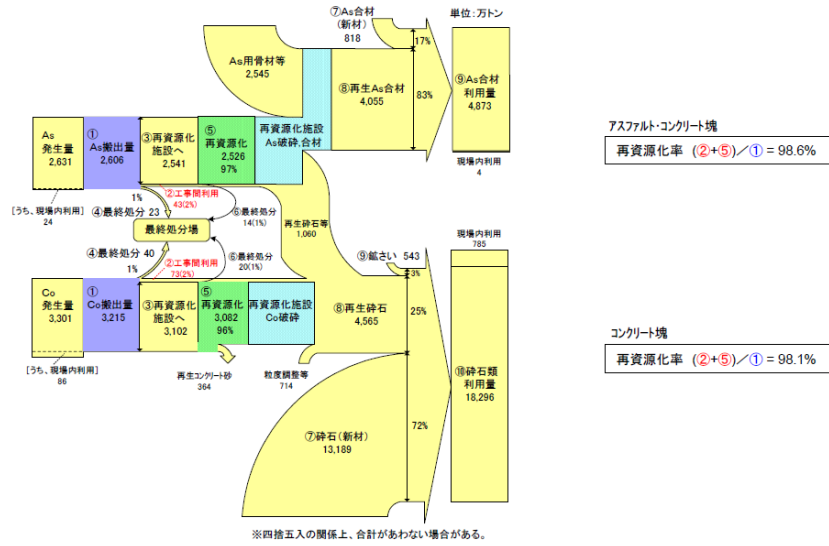
12



資料:国土交通省

コンクリート塊の再資源化率

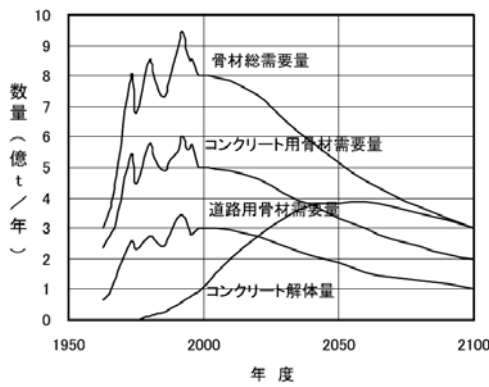
13



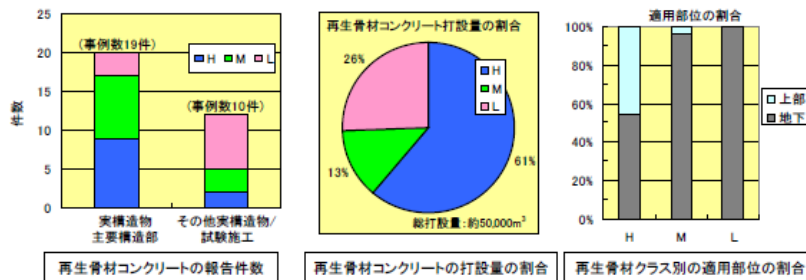
出典：平成17年度建設副産物実態調査（国土交通省）

コンクリート廃棄量と骨材需要量の推計

14



北海道開発土木研究所月報 No.632, 2006



日本建設業連合会資料

設計→施工→供用・維持→廃棄の全ライフサイクルにおいて、サステナビリティ(環境・社会・経済的側面)の観点からの合理的な意思決定の手段を構築すべきである。

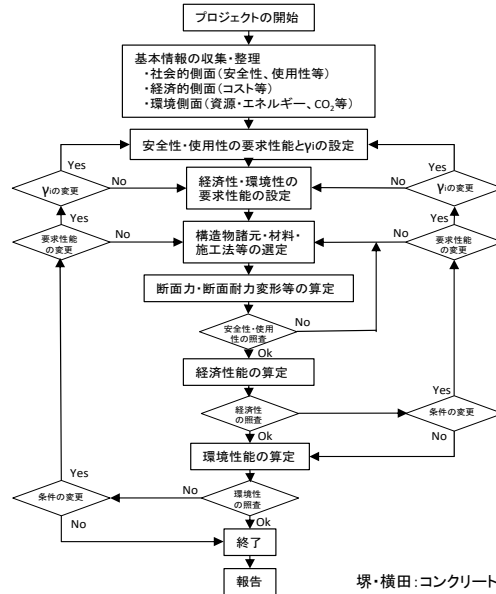
ただし、

- 環境的側面
- 社会的側面
- 経済的側面

の3要素の重み付けをどうするか、などが課題

サステナビリティ設計のフロー

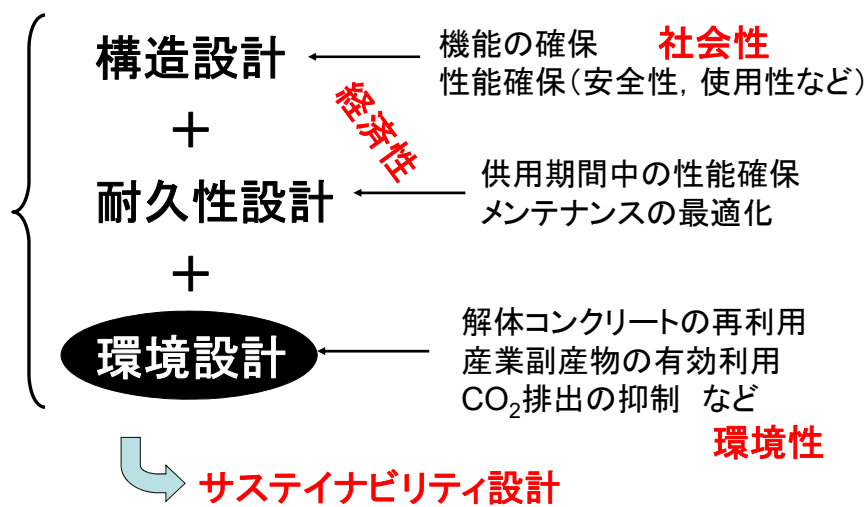
17



塚・横田:コンクリート構造物のサステナビリティ設計

ライフサイクルデザイン

18



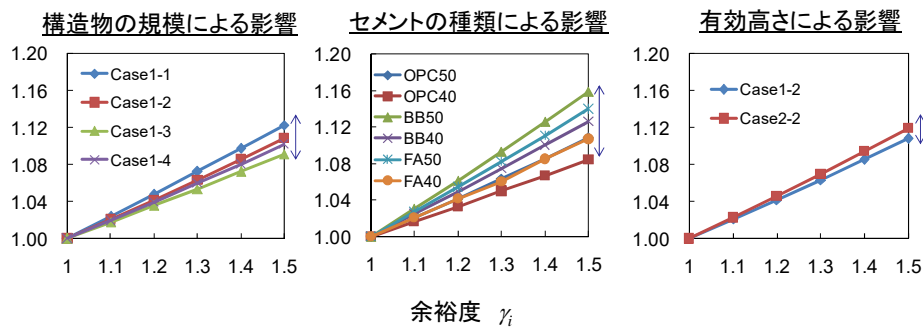
$$\gamma_i S_d / S_r \leq 1.0$$

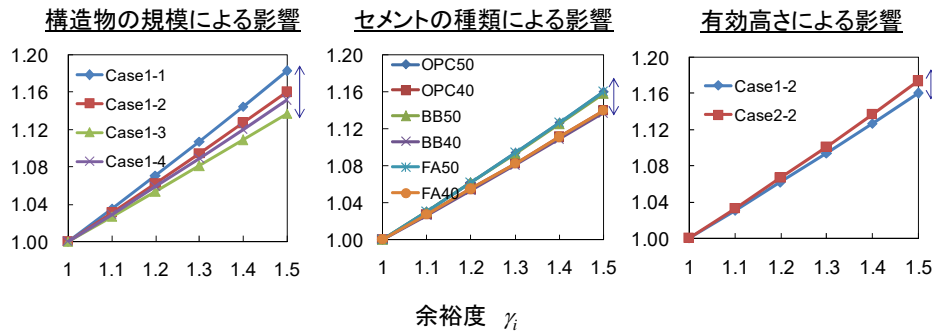
γ_i : 構造物係数 (余裕度)

S_d : 作用の設計用値
(作用係数, 構造解析係数)

R_d : 保有性能の設計用値
(材料係数, 部材係数)

- γ_i については, 明確な規定がなされていないことが多い





- 偶発的な(設計荷重として想定する以上の)事象に 対してもある一定以上の重大な損傷に至らない能力
- 限界状態の超過が極めて甚大な結果を及ぼす場合
 - ロバストネス指標 I_{rob}

$$I_{rob} = \frac{R_{dir}}{R_{dir} + R_{ind}}$$

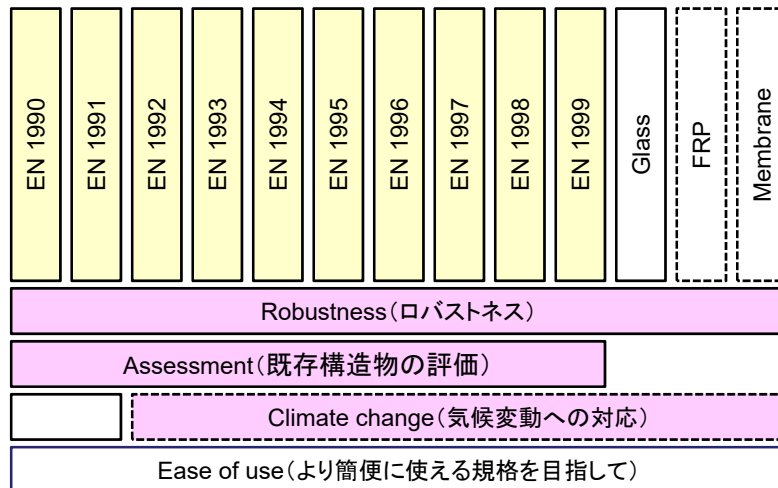
R_{dir} : その部材・構造物の破損・破壊による直接的な損害のリスク

R_{ind} : その部材・構造物の破損・破壊による間接的(波及的)損害のリスク

ISO 2394: 2015 General principles on reliability for structures

Structural Eurocodesの次なる進化

23

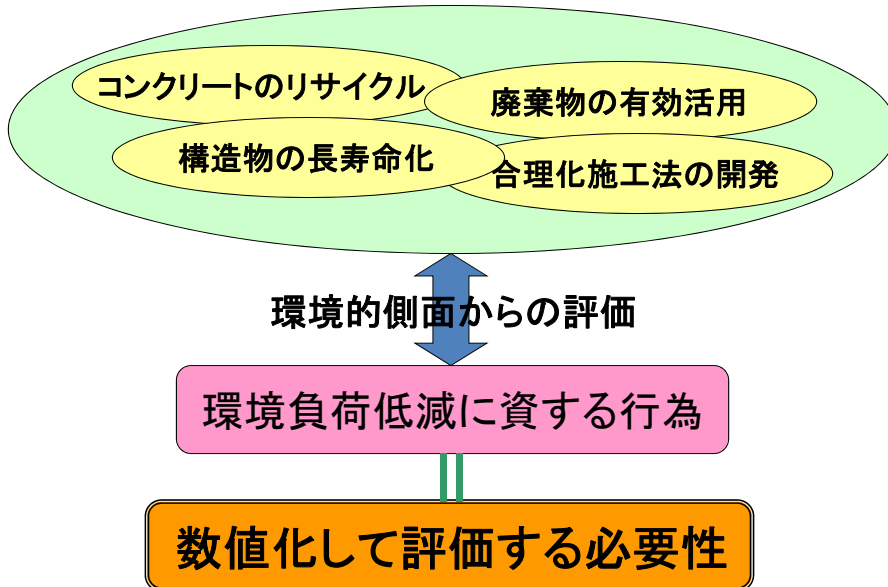


Courtesy of Prof. Steve Denton (CEN/TC250 Chair)

サステナビリティのコア・インディケータ(例)

24

- エネルギー資源の使用 (Use of energy resources)
- 材料資源の使用 (Use of material resources)
- 水の使用 (Use of water)
- 土地の使用 (Land use)
- 大気中への放出 (Emissions to air)
- 騒音と振動 (Noise and vibrations)
- 水への放出 (Emissions to water)
- 土への放出 (Emissions to soil)
- 廃棄物の生産と管理 (Production and management of wastes)
- 種とエコシステム (Species and ecosystem)
- 風景 (Landscape)
- コストと経済的反響 (Cost and economic repercussion)
- コミュニティ及び地域システム (Community and territorial system)
- 人口 (Population)
- 社会的一体性 (Social inclusion)
- 外部リスク (External risk)
- 健康と快適性 (Health and comfort), など



環境負荷を定量的に評価するためのツール

