

土木と世界のための 維持補修とその技術

上田多門
北海道大学大学院工学研究院

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリートへ、2018年8月21日、土木学会講堂

1

連載「天声人語」

（天声人語）高架橋の崩落

1994年8月21日（土）天声人語

前回「やまのかいし」

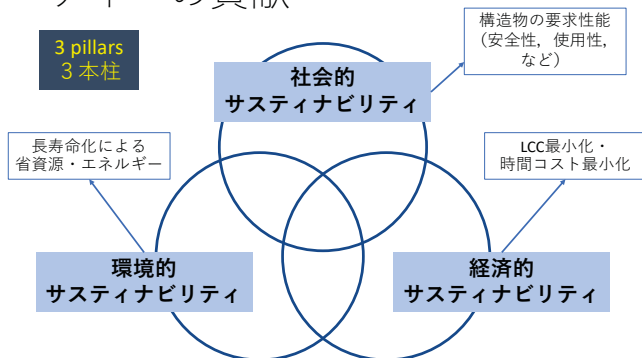
連載一覧

コンクリートの歴史は意外と古い。古代ローマ帝国は、独自のコンクリート技術を用いて、水道や道路、神殿などを建設していた。今も残るドーム形の神殿パネオンが造られたのは2世紀の前半。日本はまだ弥生時代だった▼そんなインフラ建設は2000年にわたって続いたが、しだいに帝国にとって重荷になった。老朽化である。ローマが誇る水道網も激しい漏水に悩まされていたと小林一樹（かずすけ）著『コンクリートの文明誌』にある▼朽ちていくインフラは、時代を超えた課題なのか。イタリアのジェノバで高架橋が突然崩落し、40人以上の命を奪う大事故があった。1967年に造られた橋である。以前からコンクリートの破片が落ち、ひび割れが目立っていたという▼「道路と一緒に落ちていくのを感じた。この世の終わりを描いた映画のようだった」とは、奇跡的に助かった人の声だ。道崩の原因は修繕の不十分さ。もともとの設計が、世界の崩壊が来るのは、どの国にとっても、ひとつではないからだ▼1960年代といえば日本も高度成長期で、多くのインフラが造られた。古くなった道路や橋、建物を点検し、修繕に予算をつけていくことができるのか。「造る」から「直す」へと、軸足を大きく変えることが求められている▼ローマ帝国が滅亡した背景として、インフラの老朽化を指摘する声もある。修繕の負担がかさんで、国力を奪ってしまったのだと。コンクリートで覆われた現代社会も同じ挑戦を受けている。

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリートへ、2018年8月21日、土木学会講堂

2

建設産業のサステナビリティへの貢献



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリートへ、2018年8月21日、土木学会講堂

3

Life Cycle Management for Sustainability サステナビリティを達成するためのLCM

Sustainable world 持続可能な世界

- Saving resources and energy together with two other pillars 資源とエネルギーの節減（他の2本柱に加え）

Construction industry 建設産業

- Constructing structures with long lives, or 長寿命な構造物の構築
- Extending service life of existing structures 既存構造物の延命化

Life cycle management ライフサイクルマネジメント (LCM)

- Optimizing cost and impact-to-environment during service life 要求性能を満足する供用期間中の費用と環境影響度の最適化

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリートへ、2018年8月21日、土木学会講堂

4

エコな維持補修は土木と世界を救う

Maintenance and repair
- making civil engineers and world sustainable -

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリートへ、2018年8月21日、土木学会講堂

5

様々な理由で構造物は劣化 —それが現実—

Structures Deteriorating
due to Various Reasons
- Reality -

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリートへ、2018年8月21日、土木学会講堂

6

腐食 Corrosion

腐食は Corrosion makes

- 美観を損なう Appearance spoiled
- 鋼材面積の損失 Steel section loss
- 構造物の崩壊 Structural collapse

鋼構造物
Steel
structures



コンクリート
構造物
Concrete
structures



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

7

疲労 —コンクリート橋梁床版— Fatigue – case of concrete bridge deck –

ひび割れ進展
Crack propagation



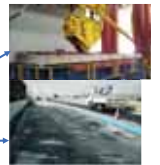
押抜きせん断破壊
Punching out



押抜きせん断耐力の減少

Reduction in punching shear strength

- 移動輪荷重下 Under traveling load
- 湿潤環境下 Under moist condition



<https://www.kozobutsu-hozen-journal.net>

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

8

アルカリ骨材反応 (ASR) Alkali Aggregate Reaction

ASRによるひび割れ
Crack induced by ASR



鉄筋破断
Breakage of
reinforcement



反応後の膨張による, コンクリートと鉄筋と双方の破壊
Causing deterioration of both concrete and reinforcement due to volume increase after ASR

- コンクリートのひび割れ Cracking of concrete
- 鉄筋の引張破断 Tension fracturing of reinforcement

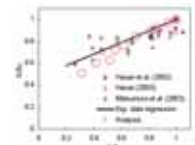
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

9

凍害 Frost Attack



材料強度低下
Material strength
reduction



種々の劣化現象

Degradation in various ways

- ひび割れ, ポップアウト, スケーリング Cracking, pop-out, scaling
- 強度・剛性 Strength/stiffness reduction
- 緻密性低下 Reduction in tightness

構造物崩壊
Structural collapse



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

10

疲労と凍害による複合劣化 Combined Effects of Fatigue and Frost Attack



モルタル分の流出
Discharged mortar



押抜きせん断耐力がさらに減少

Punching shear strength is reduced further.

- 押抜きせん断破壊が, 交通量が少ない道路橋でも発生 (北海道など) Punching shear failure happens in highways with less traffic (such as Hokkaido)

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

11

各国の維持補修工事量 Maintenance & Repair Works in Counties

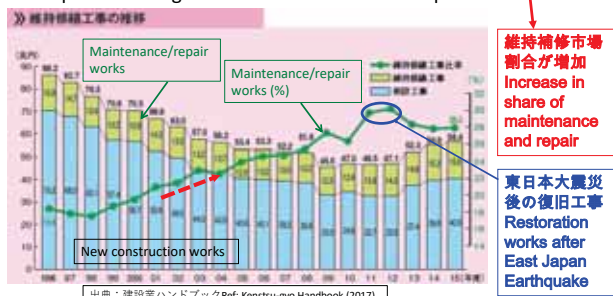
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

12

日本の維持補修仕事量

Maintenance and Repair Works in Japan

- 日本では建設市場は減少しているが、維持補修市場は減少していない No shrinking of maintenance/repair market despite shrinking of construction market in Japan



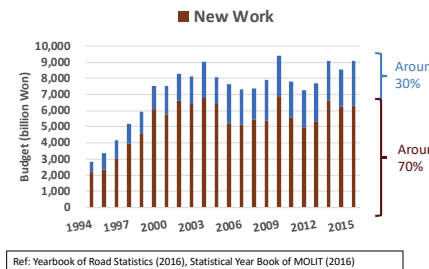
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

13

韓国の維持補修仕事量

Maintenance and Repair Works in S. Korea

道路では約30%が維持補修市場
30% for maintenance/repair in South Korea (Road only)



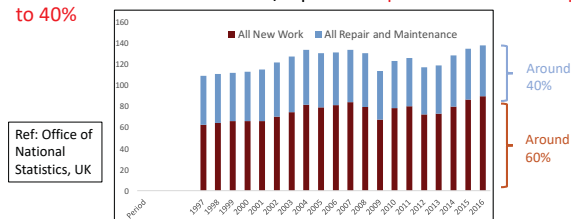
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

14

英国の維持補修市場

Maintenance and Repair Works in UK

- 約40%が維持補修市場(億ポンド) 40% for maintenance/repair in UK (in billion pound)
- 日本と韓国では約30%で英国より少ない→40%程度に増えることが予想される In Japan less than 30% and in Korea around 30% for maintenance/repair → expected to increase up to 40%



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

15

維持補修に関わる課題 Issues for Maintenance and Repair

課題 Issues

3つの不足 Lacking 3 points

- 専門技術者 Qualified engineers
- 標準化工法・指針類 Standardized methods and codes
- 政府の長期戦略 Long strategic plan by government

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

17

維持補修：高度な専門家が必要

Maintenance and Repair Works: requiring excellent engineers and technology

- 人間に対する医療と同じ Same as medical treatment for human
 - 延命化のための健康維持, 病状からの回復 To keep human healthy and recover from sickness for longer life
 - 医師は高度な知識と技量を保有 Medical doctor is expert with good skill and knowledge
 - 医師は高給 Medical doctor is paid well
- 維持補修 Maintenance and repair
 - 延命化のために機能を維持, 劣化損傷から回復 To keep structure serviceable and restore from deterioration for longer life
 - 維持補修技術者も高度な知識と技術が必要 Maintenance engineer is also with good skill and knowledge
 - 維持補修技術者も正当な対価が支払われるべき Maintenance engineer should be paid well



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

18

学校での課題 Problems in school

維持補修に関わる系統だったカリキュラムがない
Lacking systematic curriculum for maintenance and repairs, which require

- 次の専門知識を統合した知識が必要 **Synthetic knowledge combining**
 - 構造力学 Structural mechanics
 - 材料科学 Material science
 - 建設マネジメント, など Construction management, etc
- 現場での体験が必要 **Experience on site needed**
 - 教室内では体験できない Class lessons cannot provide it

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリート〜, 2018年8月21日, 土木学会講堂

19

業界での課題 Problems in industry

- 過去は劣化損傷は**あってはならない**ことであった
In the past, damages and deteriorations in structures were **"not supposed to be"**
 - それゆえ, 劣化損傷を隠蔽する体質があった Thus, they tried to **hide the facts**
 - 専門技術者に劣化損傷を**教育する環境がなかった** No environment to educate qualified engineers on damages and deteriorations
 - 維持補修は**副次的業務でしかなかった** Maintenance and repairs are **secondary business**
- それゆえ, 現在では At present, therefore
 - 特に地方政府において, **技術者不足** Lack of engineers, especially in municipal governments
 - 技術者は**正当な対価が支払われていない** Engineers not paid well

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリート〜, 2018年8月21日, 土木学会講堂

20

維持補修工法 Methods for maintenance and repair

- 既存構造物の性能評価 Assessment of existing structures
 - 指針類**→整備不足** Codes **→not well established yet**
- 多数の維持補修工法 Many methods for repair and prevention
 - 多様な構造詳細, 多様な材料**→標準化工法が未確立** Many detailing and many material types **→no standardized method yet**

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリート〜, 2018年8月21日, 土木学会講堂

21

既存構造物の指針類 Code for existing structures

既存構造物の維持補修に必要な指針類 Code necessary for maintenance and repair of existing structures

- 既存構造物の性能評価 Performance assessment of existing structures
- 維持補修工法の設計・施工 Design and construction of intervention for existing structures

既存構造物の性能評価 Performance assessment of existing structures

- 新設構造物の性能照査と類似 Similar to performance verification of new structures
- 劣化と損傷の影響の評価 Assessment of influence of deterioration and damage
- 現状の指針類との材料や構造詳細の差異の考慮 Consideration of difference in materials and structural details from current code

維持補修工法の設計と施工 Design and construction of interventions

- 新設構造物の場合の材料や構造詳細との差異の考慮 Consideration of difference in materials and structural details from new structures
- 施工空間や時間の制限の差異の考慮 Consideration of difference in constraints of construction (space and time)

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリート〜, 2018年8月21日, 土木学会講堂

22

fib モデルコード 2020 fib Model Code 2020

- 現行のfibモデルコード (MC2020) は国際的に参照
The present fib Model Code as an international reference (MC2010)



改定作業中
Under revision



- 新設と既存構造物の双方を扱う最初のコード First international code for **both new and existing structures**

fib: 国際構造コンクリート連盟 International Federation for Structural Concrete

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリート〜, 2018年8月21日, 土木学会講堂

23

補修補強とその後に関わる指針類の不足 Lacking standards for repairs and after repairs

- 標準化補修補強工法がない No standardized method for repairs
 - 多様な現存の工法から良質の工法を探る必要性 Need to identify good method among many available methods
 - 補修補強後の構造物の長期性能の解明 Long-term performance after repairs still needs to be clarified
 - 補修補強された構造物の再補修補強工法の確立 Method for repair of repaired structures
- 国際標準 (ISO) がない No ISO standard
 - コンクリート構造物の維持補修に関するアンブレラコード (ISO 16311-3と4) のみが存在 Only umbrella code (ISO 16311-3 and 4 Maintenance and repairs of concrete structures: Part 3 Design of repairs and prevention, Part 4 Execution of repairs and prevention)

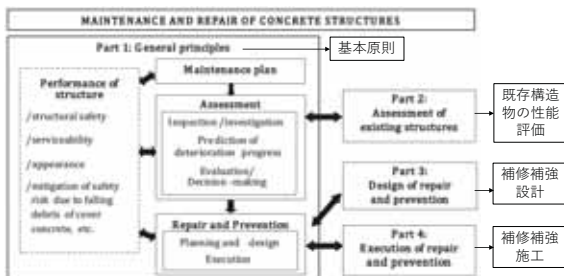
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー〜鋼とコンクリート〜, 2018年8月21日, 土木学会講堂

24

ISO標準

• ISO/TC71/SC7

- コンクリート構造物の維持補修に関する分科会
- 「ISO 16311: コンクリート構造物の維持補修」は、維持補修に関するアンブレラコード



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

25

ISO標準

• 補修補強工法に関する個別のISO標準はほとんどない

- 地下構造物用の漏水補修材料に関するものがあるのみ
- 今後, 各種補修補強工法のISO標準化が計画されている
- 日本発の技術の国際展開ともなりうる

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

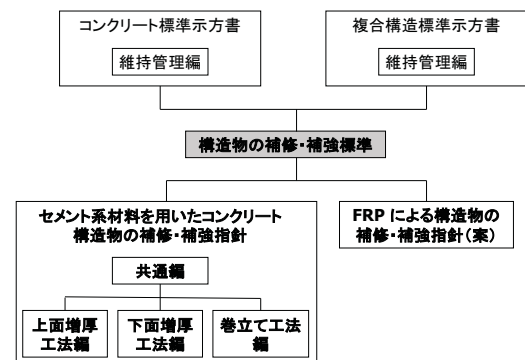
26

土木学会指針

- 「構造物の補修・補強標準」
 - コンクリート標準示方書, 複合構造標準示方書に共通
- 「セメント系材料を用いたコンクリート構造物の補修補強工法に関する指針」(2018年発刊)
 - 補修補強工法としての標準化工法としての位置付けを目指す
 - 英文化し, *fib*モデルコードへの包含, ISO標準化を予定
- 「FRPによる構造物の補修・補強指針(案)」(2018年発刊)

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

27



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

28

政府の長期戦略

Long strategic plan by government

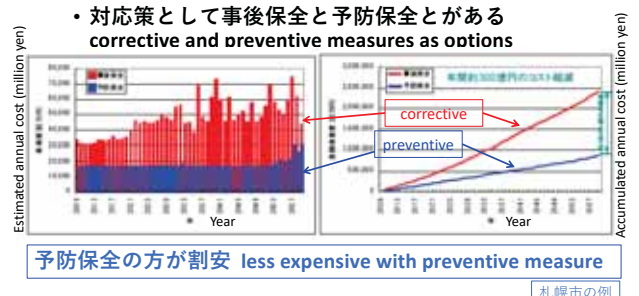
- 予防保全 Preventive maintenance
 - 劣化損傷が顕在化する前に維持補修 repair before deterioration and damage become obvious
 - 費用(税金)の節約となる Saving cost (tax)
- 長期予算化計画 Long-term budget plan
 - 年度間の予算均等化 averaging fiscal budgets over years
 - 予防保全は長期計画が前提 Preventive maintenance necessary for long-term plan

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

29

ライフサイクルマネジメントに係る政策 Public Policy for Life Cycle Management

- 維持補修は将来必ず必要となる maintenance and repair would be needed in the future
- 対応策として事後保全と予防保全とがある corrective and preventive measures as options



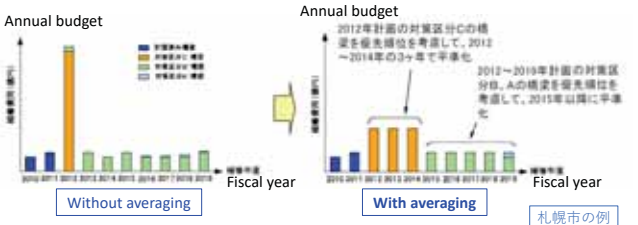
札幌市の例

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

30

ライフサイクルマネジメントに係る政策
Public Policy for Life Cycle Management

- 予算の平滑化が必要 **averaging budget needed**
 - 事後保全（劣化後対策）では、費用が年度ごとに偏る危険性がある **risk of unequal distribution of necessary budget if reactive measures would be taken**



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂 31

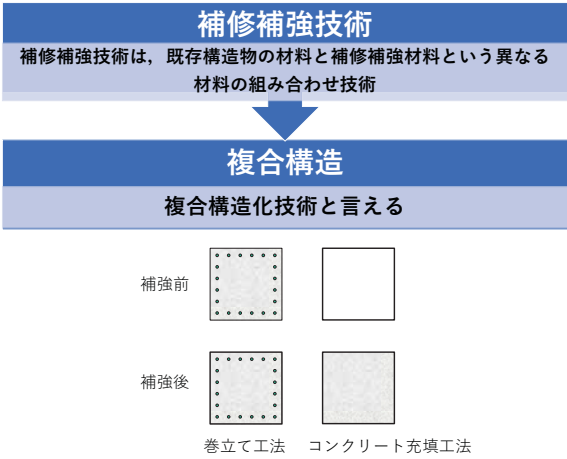
維持補修の新技术

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂 32

維持補修の新技术

- 超音波CTによる内部損傷分布推定
 - 伸張性のある繊維による補強工法
 - 天然繊維による補強工法
 - 柔軟な樹脂による接着工法
 - 繊維織布補強無機複合材料
 - 繊維ロープによる補強工法
 - 多機能補修補強工法
- 劣化推定・評価
- 補修・補強

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂 33

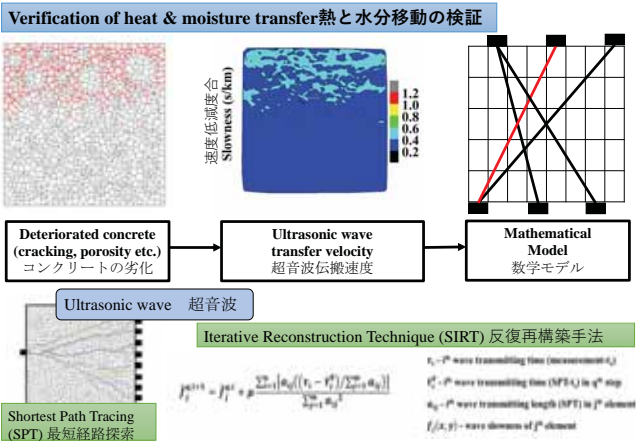


第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂 34

超音波CTによる内部損傷分布推定

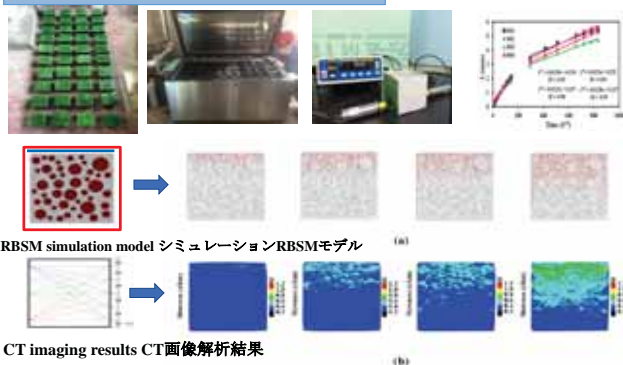
- **Computed Tomography (CT)**
 - 内部を貫通する波を使って、内部の様子を画像化する技術。通常、貫通する波によって得られる情報に基づく計算プロセスがある。
- **コンクリートの内部探査**
 - 超音波などが使われる
 - 現場でのハンドリング性と精度の両立が課題

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂 35



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂 36

Test and RBSM simulation verification 実験とRBSMシミュレーションによる検証



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

37

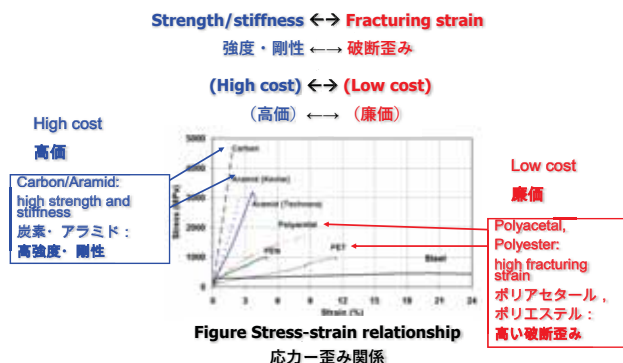
伸張性のある繊維による補強工法

- 構造物に必要なのは、強度だけでなく、変形性能もある
- 従来、材料の強度が強調され過ぎていた

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

38

Strength/Stiffness or Deformability? 強度・剛性か変形性能か？



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

39

Strength/Stiffness or Deformability? 強度・剛性か変形性能か？

High strength/stiffness can be replaced
高強度・剛性は置き換えることができる



High deformability cannot be replaced
高い変形性能は置き換えられない

- Material with deformability of 10% strain cannot be replaced by material with deformability of 1% strain 歪み10%の変形性能の材料は、歪み1%の変形性能の材料に置き換えられない

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

40

New Retrofit Method 新しい耐震補強法

- PET sheet shows good performance
PETシートは高い性能を示す
 - Confining cover concrete かぶりコンクリートを拘束
 - No fracturing 破断しにくい

In a specimen we found a fracture of steel tie reinforcement but no fracture of PET sheet

一つの供試体では、鋼材の帯鉄筋が破断したにもかかわらず、PETシートは無破断

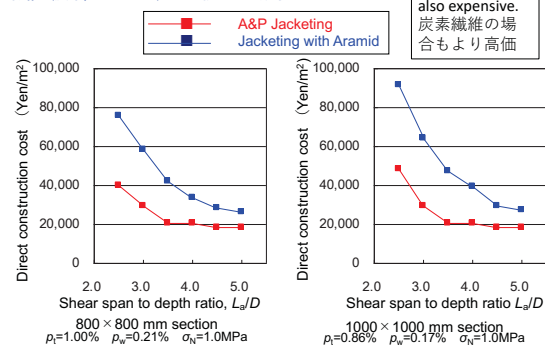


第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

41

Cost Comparison for New Retrofit Method 新しい耐震補強工法との費用比較

Competitive to conventional fiber material (carbon and aramid)
通常の繊維（炭素、アラミド）と比較すると競争力がある



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

42

Practical Application of New Retrofit Method 実構造物への新しい耐震補強工法の適用

There are practical applications. 実構造物への適用実績がある

- Seismic retrofit of railway viaduct 鉄道高架橋の耐震補強
- Design guidelines 鉄道高架橋用の設計指針



Tobu Line
東武鉄道



JR Osaka station
JR大阪駅



JR Shin-Sapporo station
JR新札幌駅

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

43

天然繊維による補強工法

- 人工繊維と比較して
 - 安価
 - 地球に優しい
- 研究対象となっている繊維
 - 亜麻 (flax)
 - 黄麻 (jute)
 - 他



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

44

天然繊維による補強工法

❖ 植物性繊維



亜麻

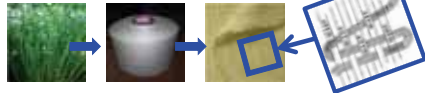
麻

ジュート

パナナ

パイナップル

❖ 製造工程 (亜麻)



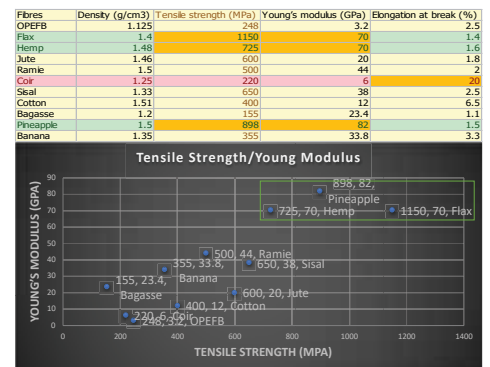
天然繊維による補強工法



ココヤシ皮の繊維



サイザル麻 (Wikipedia)



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

45

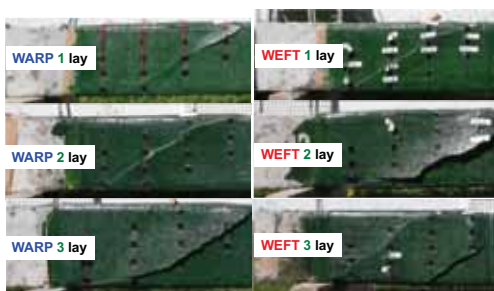
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

46

天然繊維による補強工法 — 亜麻 —

せん断補強

- 亜麻シートが破断して破壊



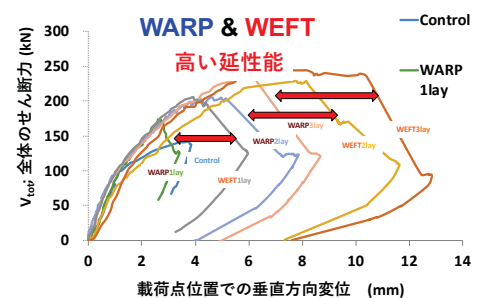
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

47

天然繊維による補強工法 — 亜麻 —

せん断補強

- 耐力と変形性能が向上



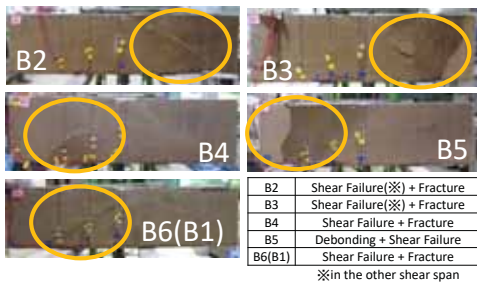
第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

48

天然繊維による補強工法 —黄麻（ジュート）—

せん断補強

- 黄麻シートが破断または剥離して破壊

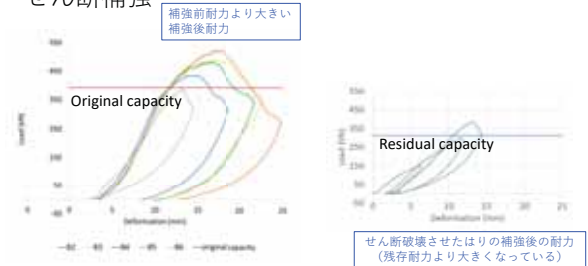


第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

49

天然繊維による補強工法 —黄麻（ジュート）—

せん断補強

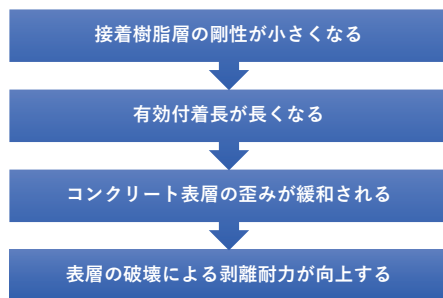


第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

50

柔軟な樹脂による接着工法

- コンクリートへの接着工法の場合

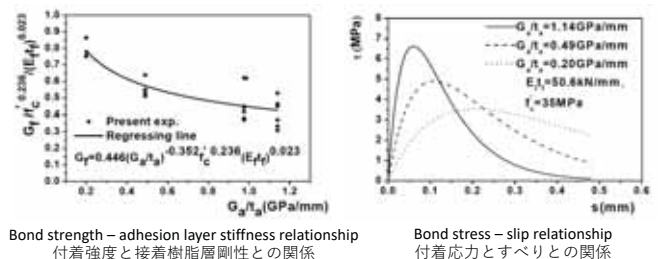


第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

51

柔軟な樹脂による接着工法

Softer **adhesion layer** stiffness gives greater debonding strength **柔らかい接着樹脂層**の場合, 剥離耐力が向上している



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

52

柔軟な樹脂による接着工法

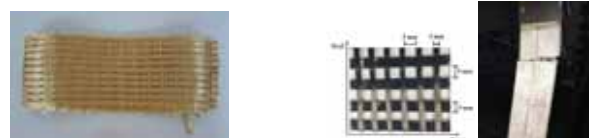
- FRP補強材とコンクリートとの間に**ウレタン樹脂層**を挿入する工法
 - 国内外で広く研究と適用の模索
- 接着樹脂層が厚くなる**と, 接着樹脂層のせん断剛性が小さくなり, 剥離耐力が向上する
 - 現場での接着樹脂層厚さの管理が重要

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

53

繊維織布補強無機複合材料

- 繊維織布（テクスタイル textile）で補強された無機系複合材料（textile-reinforced inorganic composite）
 - 無機系複合材料で覆われた繊維織布**という表現が適切
 - 傷つきやすい繊維を, 無機系材料が保護
 - 熱に弱い有機系材料の代わりに, 熱に強い無機系材料を繊維のマトリックスとして使用



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

54

繊維織布補強無機複合材料

- 繊維とマトリックスとの付着特性が、有機系材料の場合と比較すると劣る
- その結果、繊維とマトリックスとの滑りで強度が決まる
- 変形性能は、上記の滑りにより、有機系材料の場合と比べ向上する



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

55

繊維ロープによる補強工法

- 通常の連続繊維補強材の場合、現場での接着樹脂施工を伴う。これは、施工後の品質のばらつきを与える要因の一つ
- 接着樹脂施工を省略できる工法の一つとして、繊維ロープによる補強工法がある。
- 現場作業が容易になることから、後進国での廉価な補強工法となる可能性もある



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

56

多機能補修補強工法

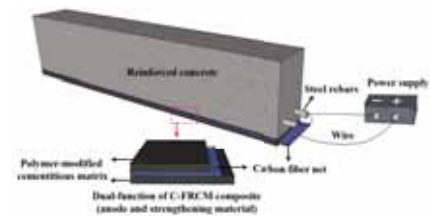
- ある目的のための補修工法であったり、補強工法であるのが普通である。
 - 電気防食は、腐食対策のための補修工法
 - 接着工法は、力学的特性向上のための補強工法
- 例えば、腐食対策としての補修工法と、力学特性向上のための補強工法の両方を兼ね備えた工法があっても良い。

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

57

多機能補修補強工法

- ICCP-SS工法 (Impressed Current Cathodic Protection – Structural Strengthening)
 - 接着工法としての連続繊維補強材を、電気防食に使用するアノード材としても併用する



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

58

多機能補修補強工法

- ICCP-SS工法の特徴
 - 電気防食工法としてICCPが選択された際に、材料費が安価で、多機能なので、有利
 - 腐食環境下での接着工法による補強の際にも、魅力的
- 通電による材料、接着面の特性変化を明らかにする必要性

第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

59



第2回 若手技術者のための温故知新セミナー～鋼とコンクリート～, 2018年8月21日, 土木学会講堂

60