

ASR による RC 床版の劣化と その対策

鳥居和之
金沢大学

RC床版のASR劣化の実態と対策の動向

金沢大学理工研究域
環境デザイン学系教授
鳥居 和之

本講演の発表内容

1. 反応性骨材と反応性鉱物とは何か
2. わが国の地質構造と反応性骨材の分布
3. 北陸地方のRC床版のASR劣化の実態
4. 北陸地方のRC床版のASR劣化対策
5. 高耐久PC床版の開発動向と今後の課題

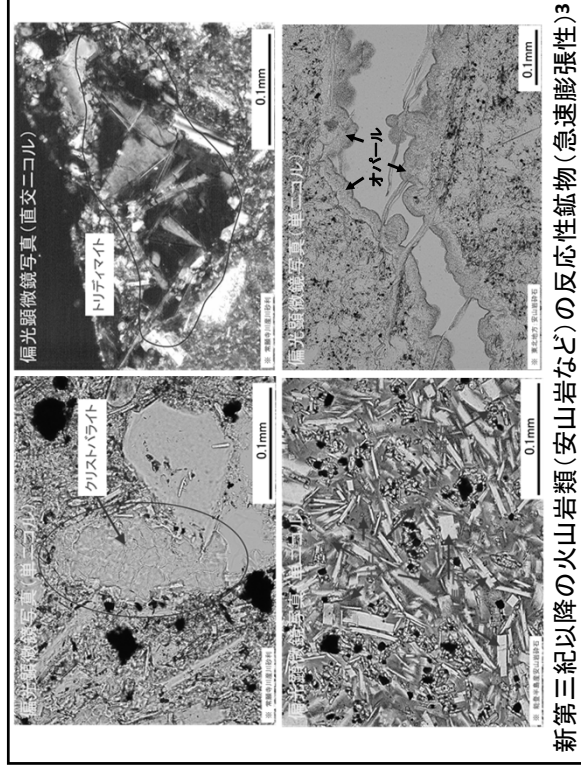
1

1-1. 急速膨張性反応性鉱物

| | 代表的なASR反応性の岩石 変質を受けた岩石 (火山岩類を含む) | 急速膨張性 |
|------------------------------------|---|-------|
| オパール (水を含んだ非晶質) | 新第三紀以降の火山岩類 (新第三紀以降の安山岩, 流紋岩など) | 急速膨張性 |
| クリストパライト トリディマイト | 新第三紀以降の火山岩類 (新第三紀以降の安山岩, 流紋岩など) | |
| ガラス (隠微晶質石英 カルセドニー 微晶質石英) | 新第三紀以降の火山岩類 (新第三紀以降の安山岩, 流紋岩など) 様々な岩石(チャート・珪質頁岩, ホルン フェルス, 広域変成岩, 断層岩類...) | 遅延膨張性 |

カルセドニー: 繊維状で微細な石英の集合体
隠微晶質: 偏光顕微鏡でも個々の鉱物粒子が見えないほど細粒な組織
微晶質: 偏光顕微鏡で個々の鉱物粒子がようやく見える程度の細粒な組織

2



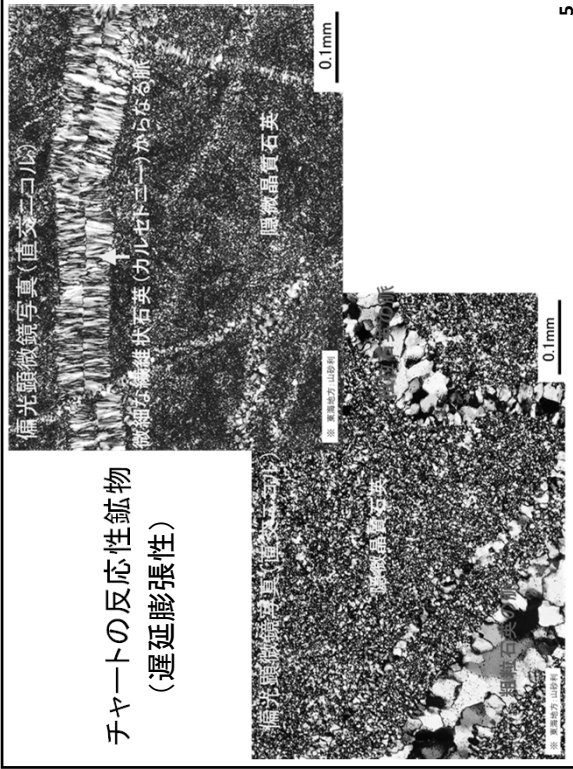
新第三紀以降の火山岩類(安山岩など)の反応性鉱物(急速膨張性)³⁾

1-2. 遅延膨張性反応性鉱物

| 代表的なASR反応性の岩石 | |
|-----------------------------|---|
| オパール (水を含んだ非晶質) | 変質を受けた岩石 (火山岩類を含む) 急速膨張性 |
| クリストバライト トリディマイト | 新第三紀以降の火山岩類 (新第三紀以降の安山岩, 流紋岩など) |
| ガラス | 新第三紀以降の火山岩類 (新第三紀以降の安山岩, 流紋岩など) |
| 隠微晶質石英 カルセドニー (微晶質石英) | 様々な岩石(チャート・珪質頁岩, ホルン フェルス, 広域変成岩, 断層岩類...) 遅延膨張性 |

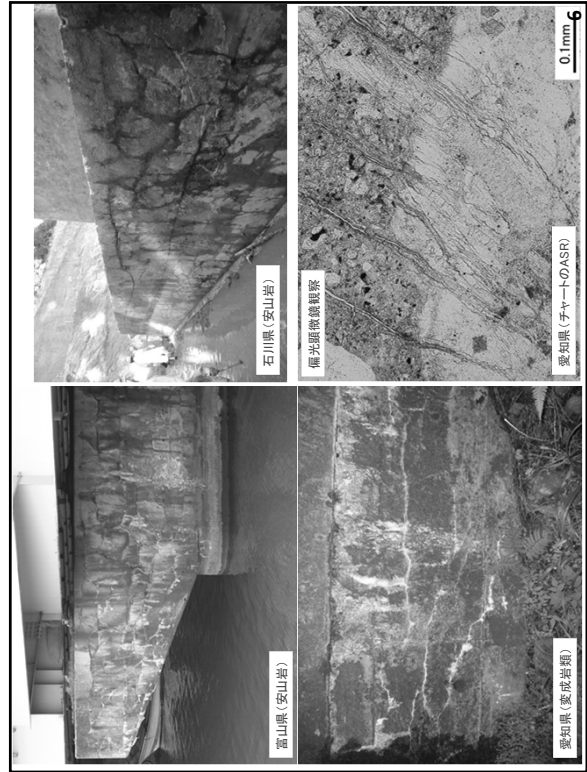
カルセドニー: 繊維状で微細な石英の集合体
 隠微晶質: 偏光顕微鏡でも個々の鉱物粒子が見えないほど細かな組織
 微晶質: 偏光顕微鏡で個々の鉱物粒子がようやく見える程度の細かな組織

4



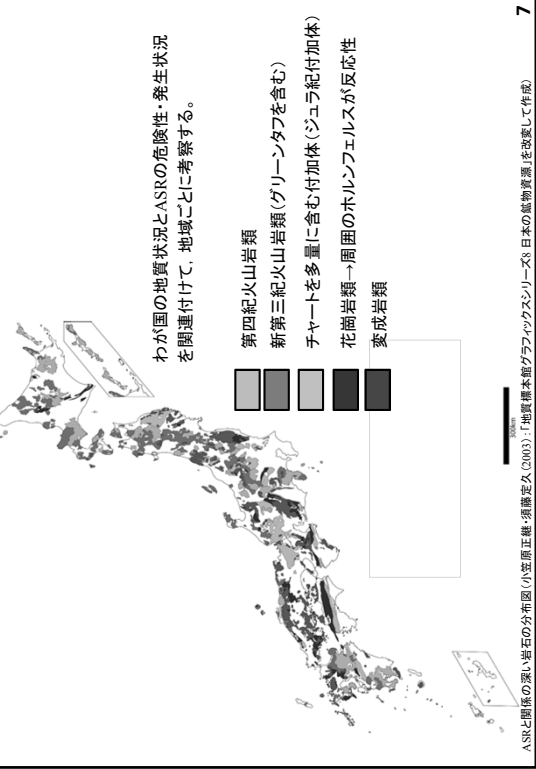
チャートの反応性鉱物
(遅延膨張性)

5

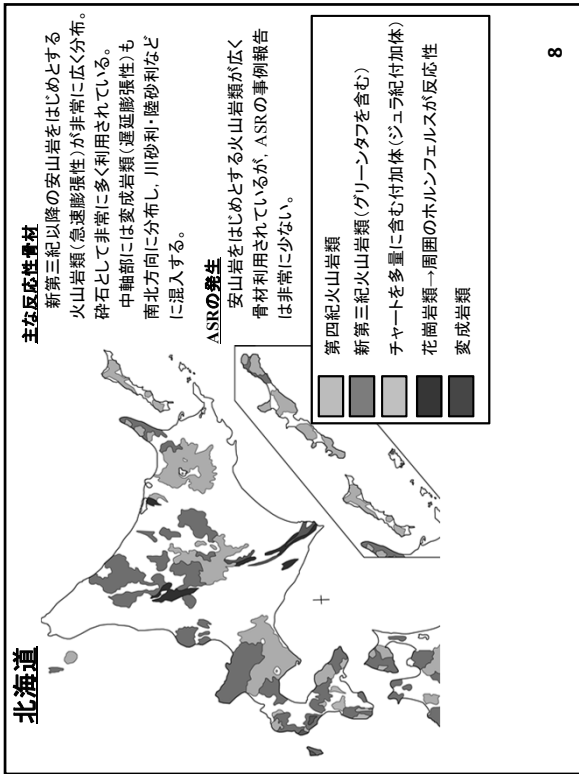


6

2-1 わが国の代表的な反応性骨材の分布



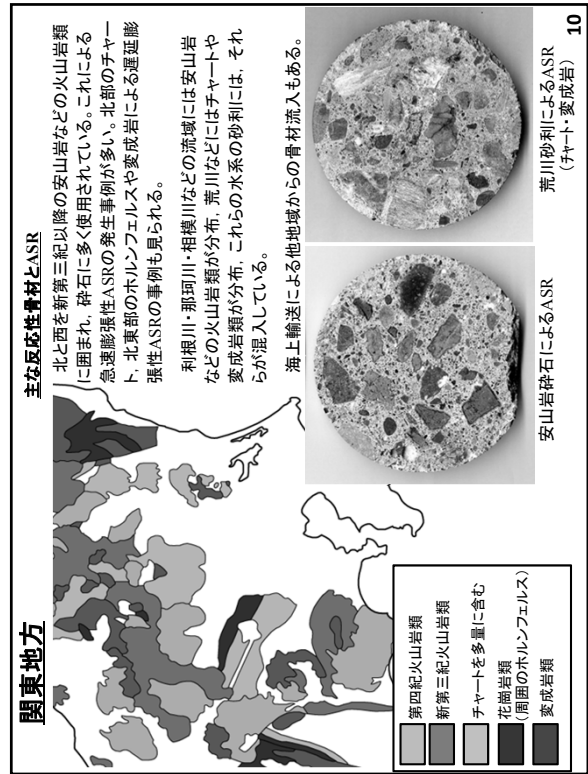
7



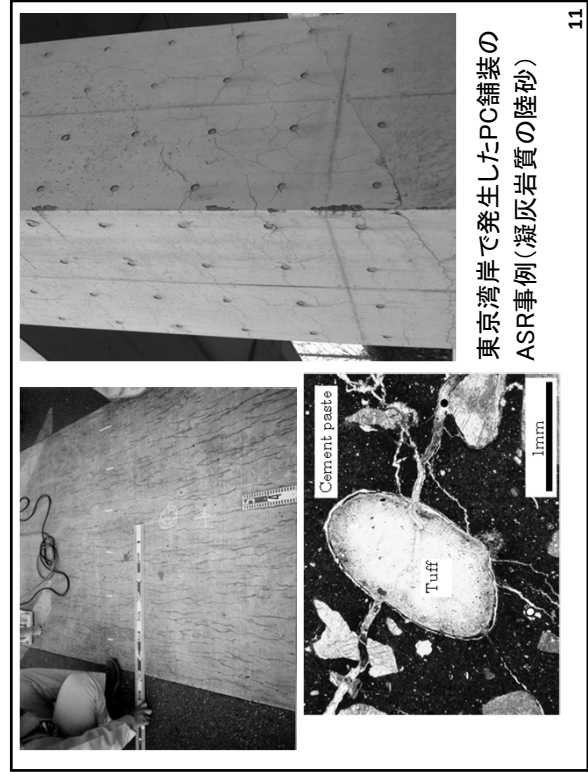
8



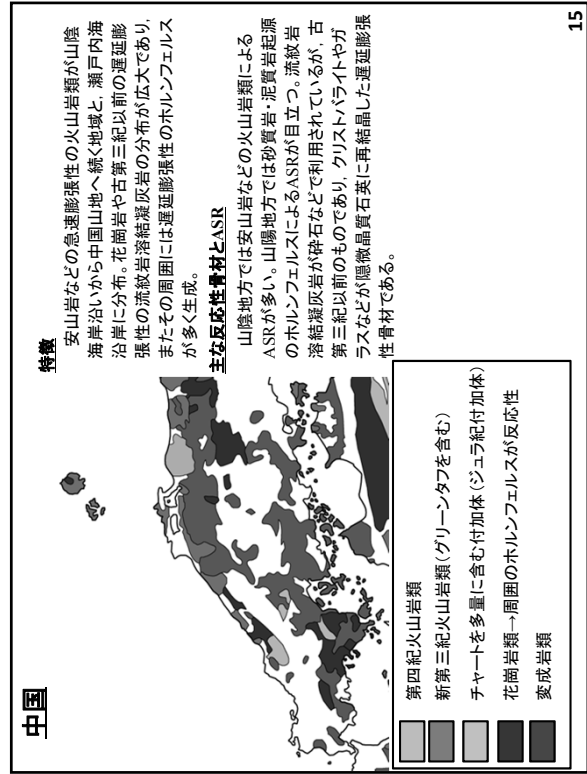
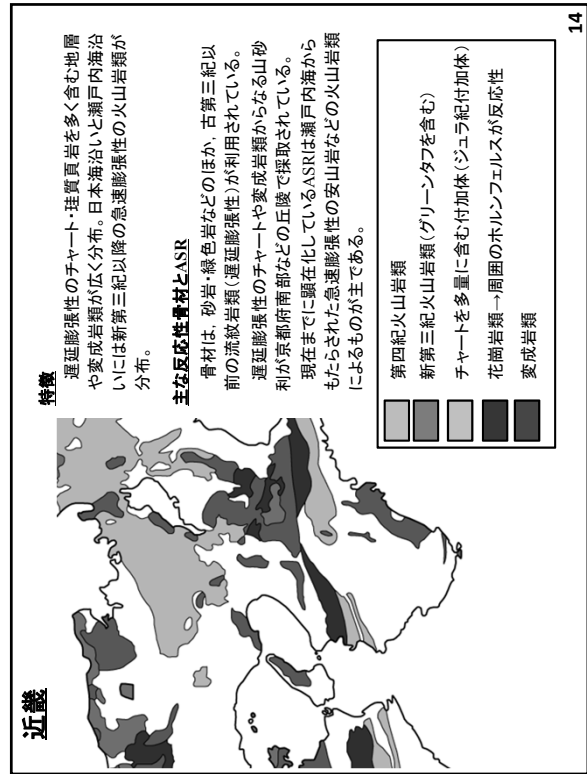
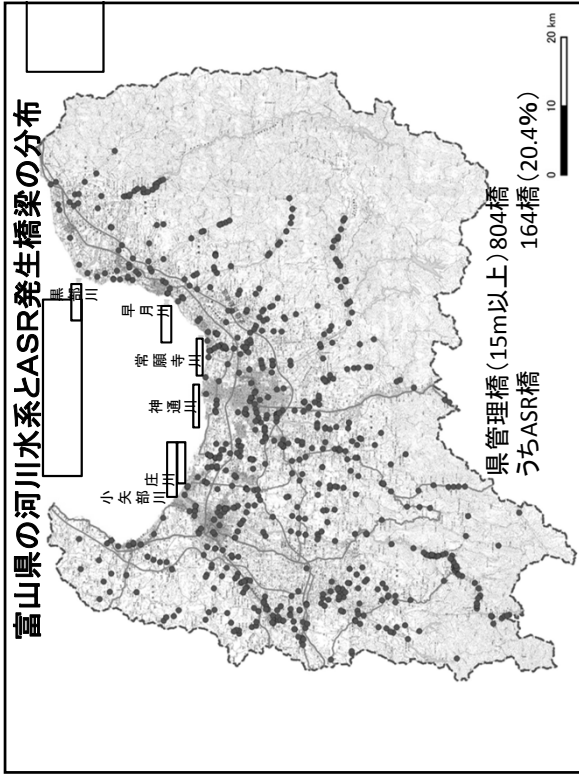
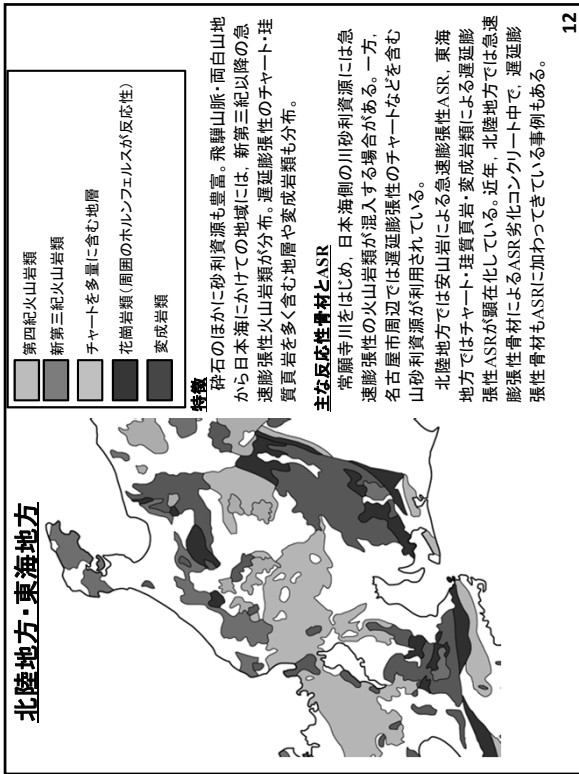
9

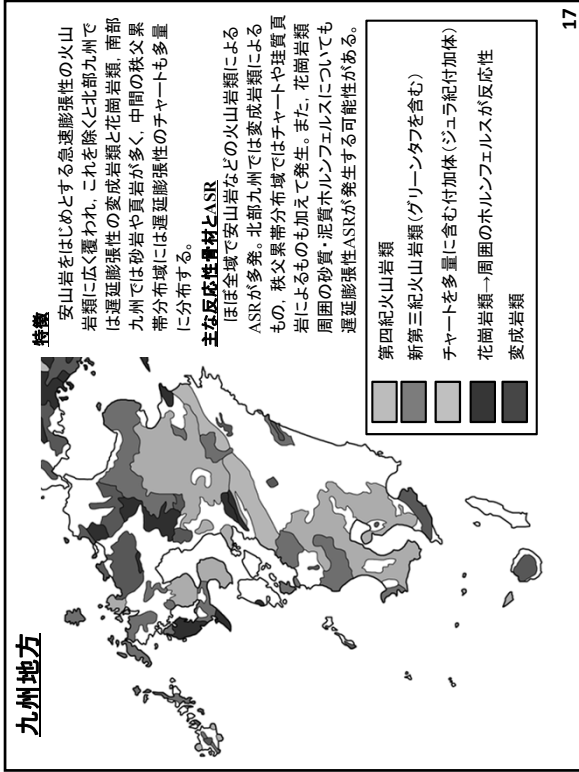
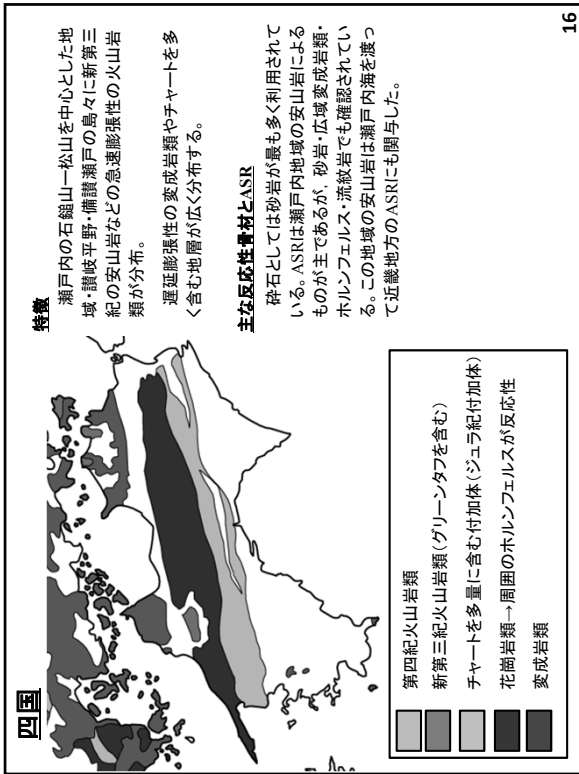


10



11





3-1.北陸地方でのRC床版劣化橋梁の特徴(その1)

- 国道156号、国道157号、国道158号などでは、S31年またはS39年の示方書に基づき建設されている。これらの路線は、当時の電源開発株式会社が手取川ダム(国道157号)、九頭竜川ダム(国道158号)などの取り付け道路として建設した。その後、道路の管理が県に移管されている。
- 建設当時から乾燥収縮によるひび割れが発生していた。
- 橋梁の構造形式は3本主桁の鋼鈹構造(+RC床版(17cm))であり、すべて合成桁として設計されている。
- このため、RC床版の撤去の際には、主桁及び下部工の補強が必要になる。
- さらに、山越えの国道では迂回路の建設ができないために、供用しながらの急速施工(POa床版)が必要となる。

18

3-2.北陸地方でのRC床版劣化橋梁の特長(その2)

- 反応性骨材(庄川、手取川、九頭竜川など)が使用されている。火山系岩石(安山岩や流紋岩質凝灰岩など)によりASRが発生している。その劣化程度は路線毎に相違する。
- とくに、山越えの路線では、標高の高い場所に架橋されていることから、複合的な劣化(ASRと凍害、塩害)が発生している。ASRによるひび割れ(水持ち)が凍害を誘発している。
- 一方、北陸自動車道では、とくに富山地区にて、高い反応性の骨材(常願寺川、神通川など)が使用されている。一部の橋梁では深刻なASRが発生している。ただし、平地のために凍害は発生していない
- 平成5年頃に上面増厚補強を実施したが、補強部と既設部の境界面での剥離が発生した。このため、石川県内と福井県内の2橋梁(渋江川、日野川)にてRC床版の打ち替えを実施した。

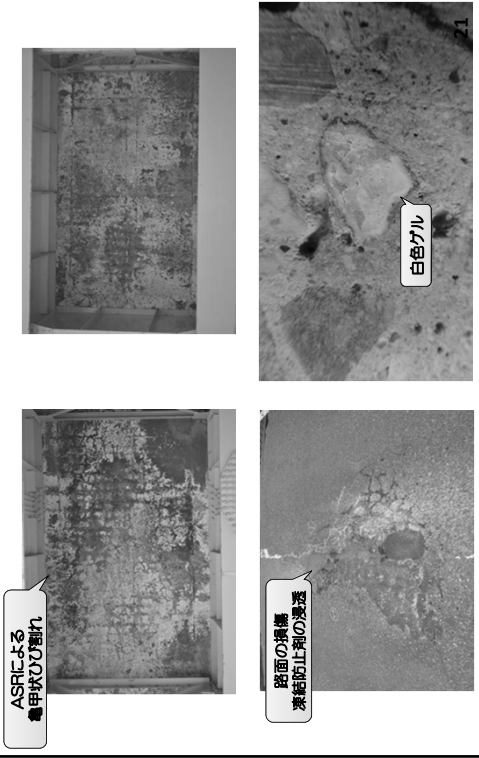
19

3-3. ASR劣化RC床版のコア観察時の着目点(その3)

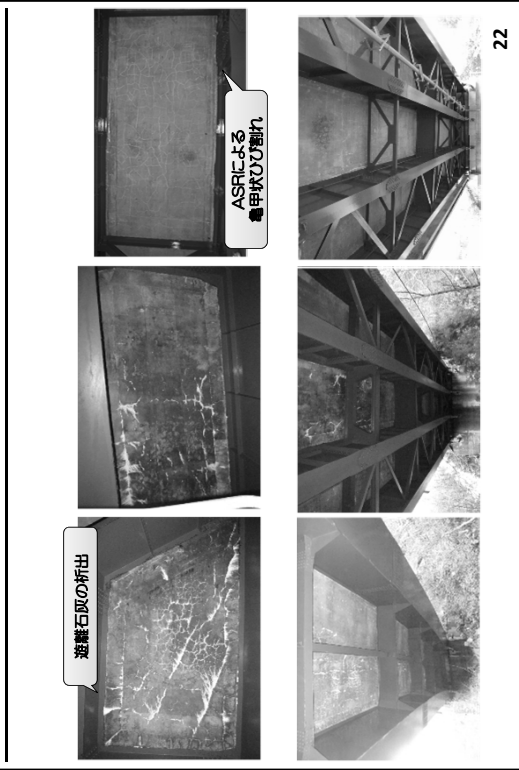
- コア採取時に水平のひび割れまたは割れがを発生していないか(破断位置はコアの中央部(鉄筋拘束がないため))
- コアは圧縮強度に対して静弾性係数が大きく低下する(通常 $1/3$ から $1/4$ まで)
- コアの断面や側面に反応リム(変色)や骨材の割れが発生していないか(黒色または灰色の安山岩粒子に着目)
- コアを密封状態に保存すると、透明なASRゲルが滲出する(このような場合には残存膨張性あり)
- 偏光顕微鏡による反応性骨材(岩種)およびASRゲルの同定が不可欠(ただし、既存のデータ(金沢大学SIPのホームページを参照)があれば不要)

20

3-4. RC床版ASR劣化の実態(県道(打替え), 富山県)

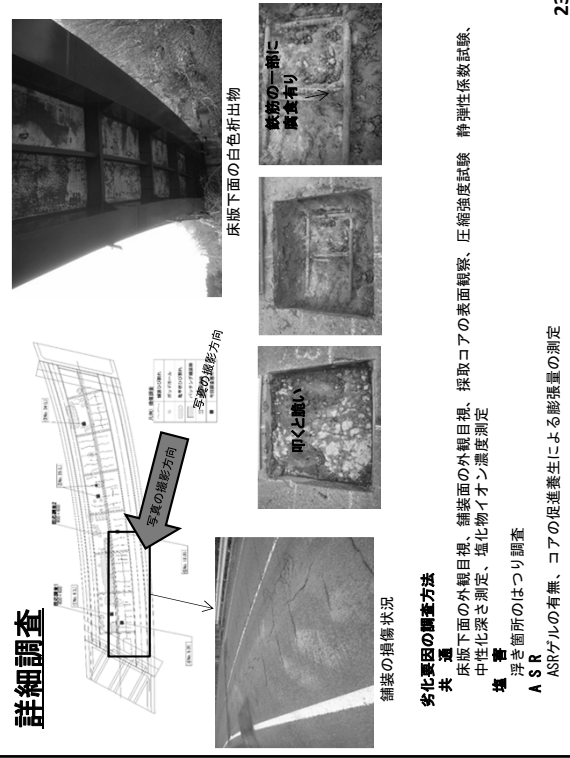


3-5. RC床版のASR劣化の実態(国道157号, 石川県)



22

詳細調査

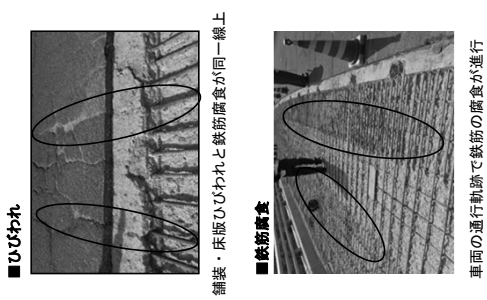


劣化要因の調査方法

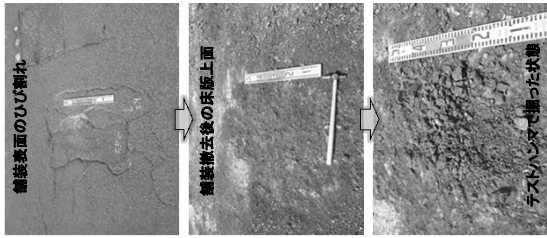
- 共通
- 床版下面の外観目視、採取コアの表面観察、圧縮強度試験、静弾性係数試験、中性化深さ測定、塩化物イオン濃度測定
- 追加
- 剥き箇所のはつり調査
- ASR
- ASRゲルの有無、コアの促進養生による膨張量の測定

23

施工時確認(上面断面修復)



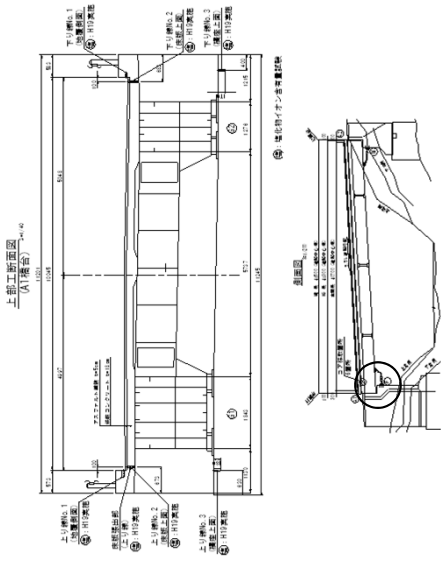
■ 土砂化



24

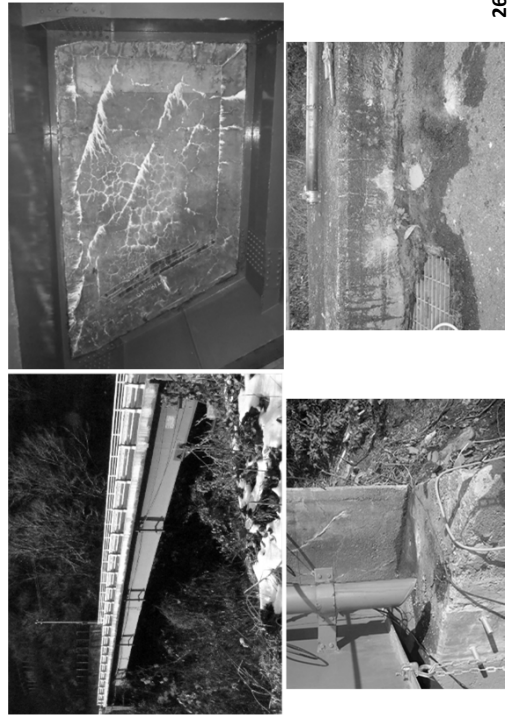
採取および試験箇所

【採取位置図(苅安第一橋)】



25

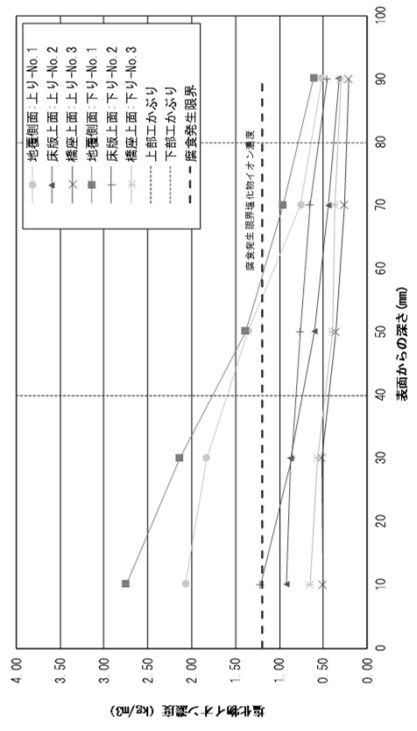
採取位置の状況(苅安第一橋)



26

ASR劣化RC床版での含有塩化物イオン量試験

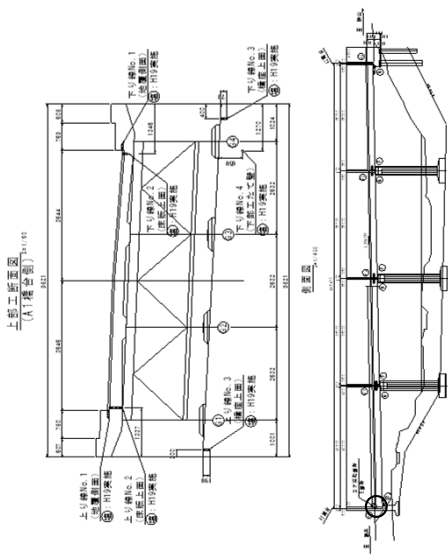
【国道157号 苅安第一橋(平成19年11月)】



27

採取および試験箇所

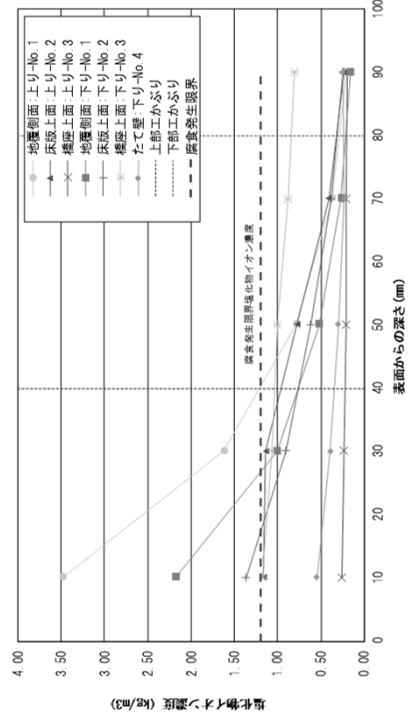
【採取位置図（白峰大橋）】



28

劣化したRC床版での含有塩化物イオン量試験

【国道157号 白峰大橋(平成19年11月)】



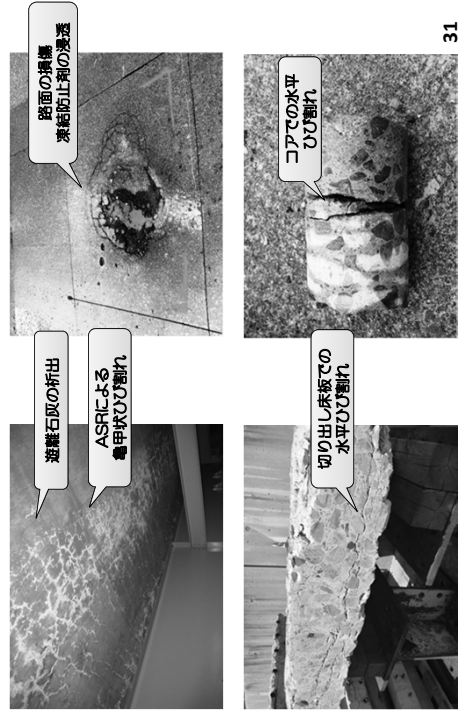
29

採取位置の状況（白峰大橋）



30

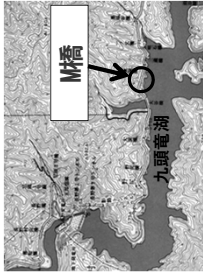
3-6 RC床版ASR劣化の実態(国道158号、福井県)



31

RC床版ASR劣化の詳細調査(国道158号)

- ・1966年竣工
- ・橋長64.7m
- ・上部工: 単純活荷重合成鉄桁
- ・下部工: 逆T式橋台・ラーメン橋脚
- ・1978年…床版打換・増桁
- ・1996年…床版補強(鋼板接着)



32

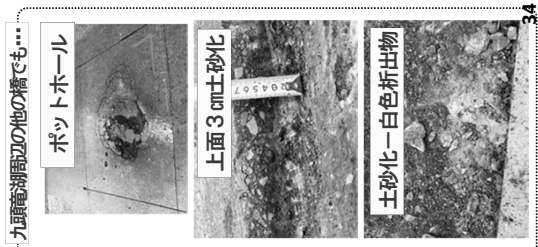
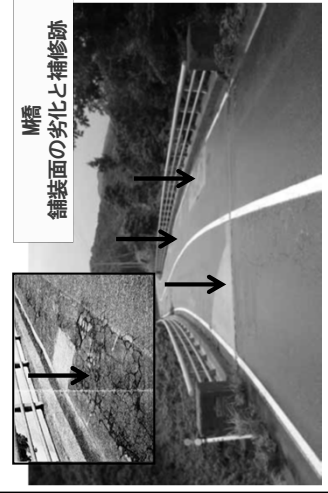
鋼鉄桁とRC床版の劣化状況



33

橋面の舗装状況に注意

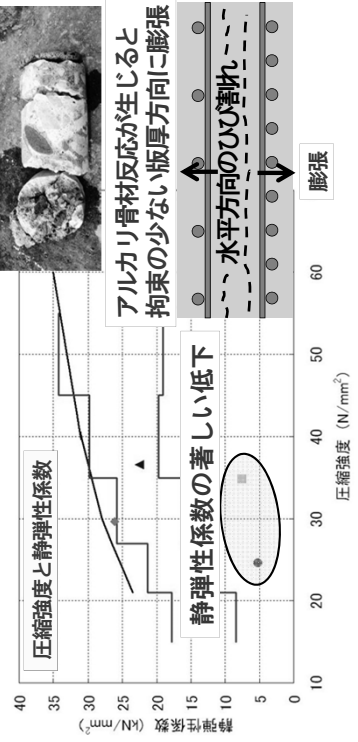
橋面の舗装のポットホールは、床版コンクリートが損傷(土砂化)している兆候アルカリ骨材反応、疲労等の可能性



34

コアの圧縮強度試験・静弾性係数試験

コア採取時に、水平方向に多くのひび割れを確認



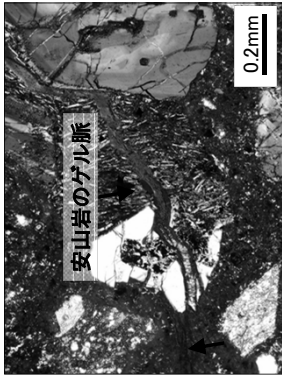
35

九頭竜産川砂利の偏光顕微鏡による薄片観察結果

(安山岩粒子にASR発生が顕著(手取川上流と同様))



(OPC):単ニコル



(OPC):直交ニコル

36

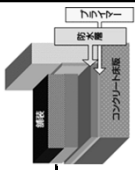
4. RC床版の対策工法の検討

ASRの対策の基本は、水分供給を断つこと(橋面防水工など)であるが...

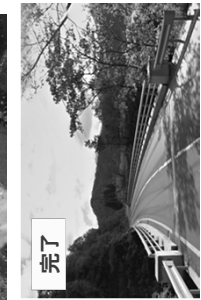
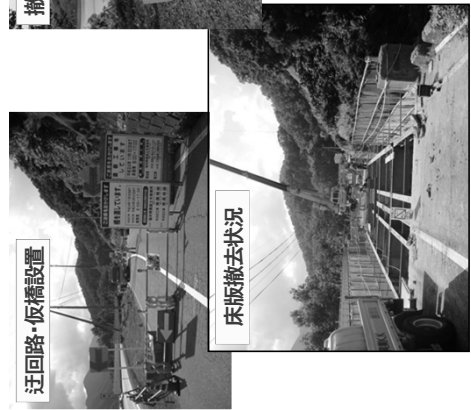
- ASRによる劣化が顕著 → 相当な進行(劣化期に該当)
- コンクリートが脆弱化しており、ひび割れは貫通 → 舗装面からの水分が床版下面まで達している可能性 補強鋼板の腐食も進行。落下の恐れも
- 合成桁橋の構造部材としての強度を有さない可能性

床版の打換えが必要

37

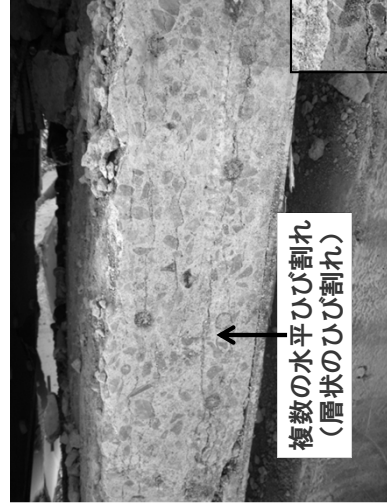


現場打ちコンクリートによる床版打替えの実施

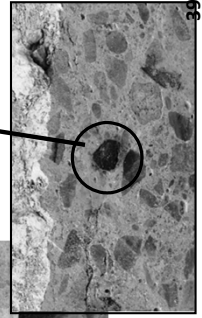
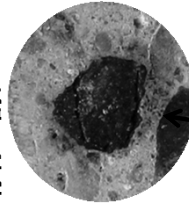


38

ASR劣化床版コンクリートの断面の観察 (水平方向の割れ)



骨材周囲の濡れ
骨材の割れ



39

5. ASR劣化床版の実態調査と高耐久PCa・PC床版の実用化（社会実装）のための研究開発（その1）

(1) ASR劣化床版の実態調査

- * 東北自動車道 八戸道路でのPC床版及びRC床版でのASR発生ASR発生橋梁の岩石学的調査（奥入瀬産陸砂のASRの同定(金沢大学)、PC橋梁の構造性能の評価(東京大学)により更新計画を提言）
- ――全国的なPC及びRC床版のASR劣化調査に活用(情報発信)

(2) PC工学会にPC床版に関する委員会設立(平成27年)

- * 平成28年3月を目処に、ガイドライン(技術指針(案))を作成。
- * PC床版は疲労の影響はないが、初期欠陥やASRによるひび割れ発生にはとくに注意が必要。
- * PC床版の高耐久化には、フライアッシュや高炉スラグ微粉末の積極的な活用(ASRと塩分浸透の抑制効果)。
- * さらに、厳しい塩分環境下では、連続繊維(CFRPなど)の使用も検討。

40

5. 床版のASR劣化調査と高耐久PCa・PC床版の実用化（社会実装）のための研究開発（その2）

(3) 金沢大学SIPの研究開発の目的

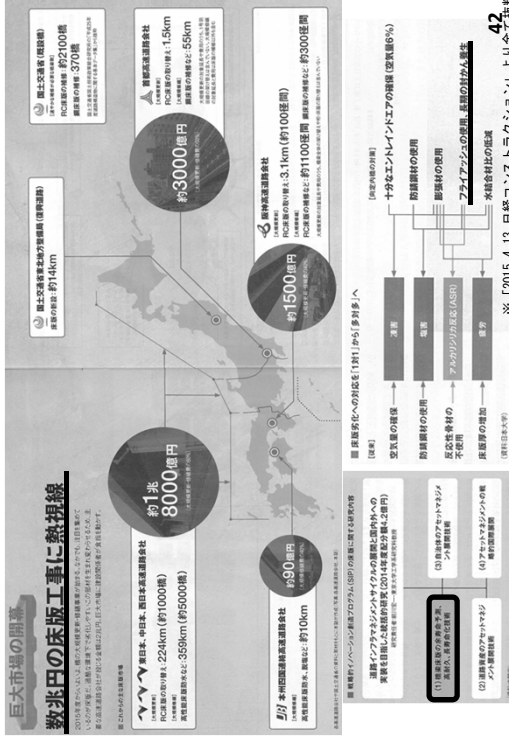
- * 高速自動車道路での大規模更新のRC床版打替えのために、FA含有PCa・PC床版を企業2社と共同開発。
- * 北陸電力産分級フライアッシュ15%混合でASRと塩害を抑制可能。

(4) 研究開発の工程

- * 平成27年6月 フライアッシュ含有PCa・PC床版4体(健全)と常願寺川産骨材含有ASR発生床版1体(ASR)を製造し、暴露開始(PC床版でのASR劣化機構とその抑制機構の解明)
- * 平成27年10月 間詰め部に用いる収縮保証型高強度FAコンクリートの配合設計書の完成
- * 平成27年11月 大型構造物荷試験による公開試験を実施(曲げ載荷用2体、押し抜きせん断用2体)。

――着工(Go!) FA含有PCa・PC床版工法を全国に普及・展開 41

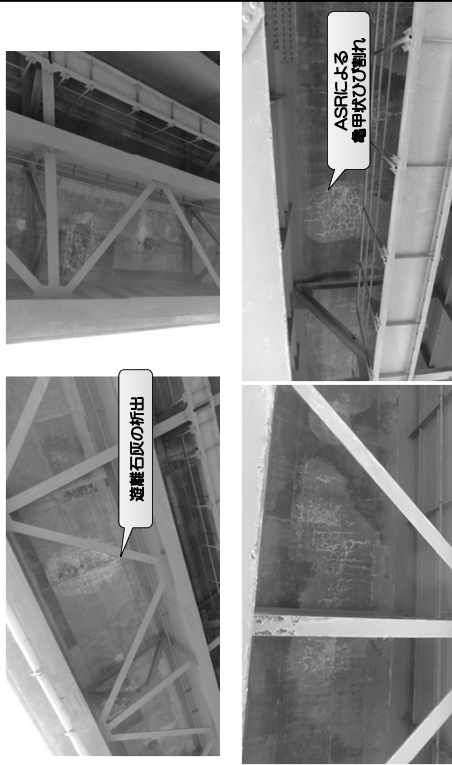
6. 高速道路での劣化RC床版の対策の動向(NEXCO各社)



劣化RC床版での対策の動向(PCa床版による打替え)

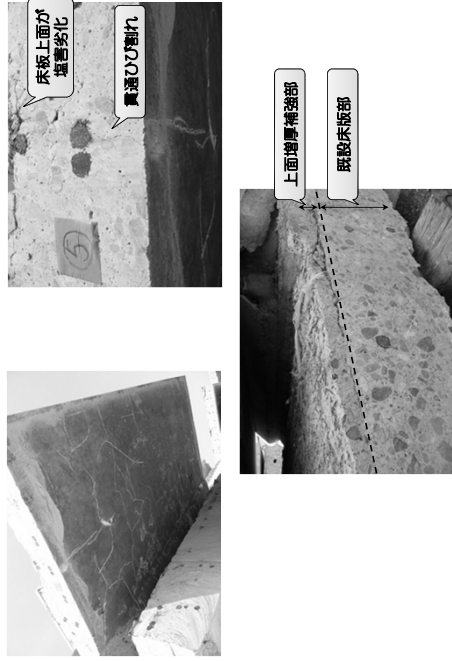


北陸地方でのRC床版劣化の実態(高速自動車道路)



44

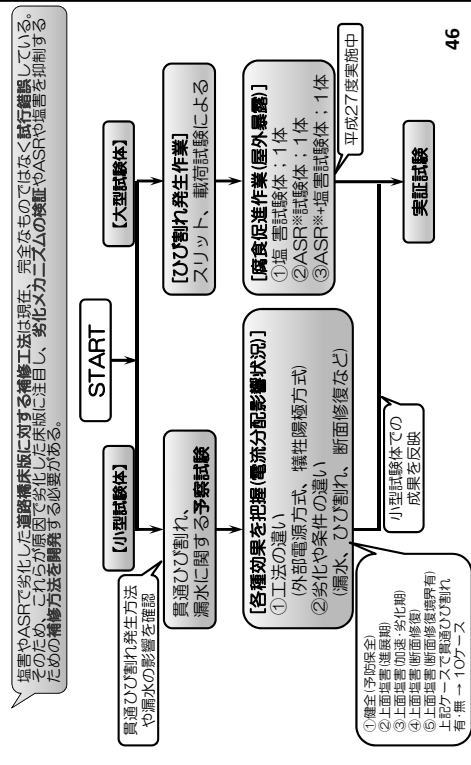
北陸地方でのRC床版劣化の実態(高速自動車道路)



45

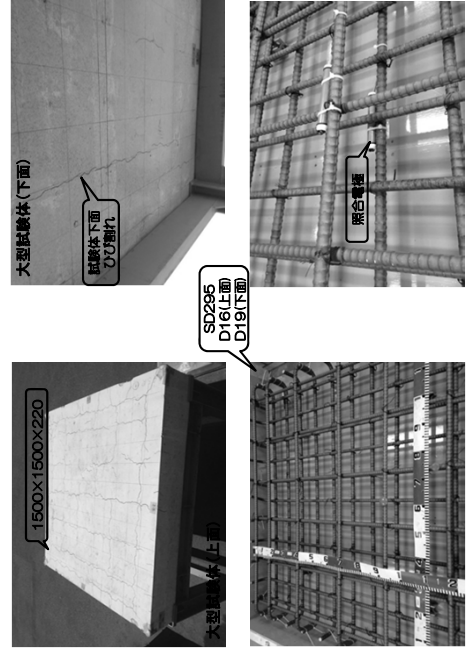
7. 床版の高耐久化(長寿命化)のSIPの取組み(その1)

【塩害劣化床版での電気防食技術の開発；長寿命化】



46

塩害劣化床版(進展期以前)での電気防食技術の開発



47

7. 床版の高耐久化(長寿命化)のSIPの取組み(その2)

【大規模更新におけるFA含有PCa・PC床版による取替技術】



さざれ石(角閃石石灰岩, 気多大社)