SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）

公開実験：「フライアッシュコンクリートを用いた

大型構造物載荷試験装置スラブの打設」

於　2015 年 2 月 27 日
金沢大学自然科学研究科 2 号館 C ブロック 5 階会議室

主催：金沢大学ＳＩＰ
後援：北陸電力株式会社，オリエンタル白石株式会社，北川物産株式会社

SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）
公開実験：フライアッシュコンクリートを用いた
大型構造物載荷試験装置スラブの打設　プログラム

日時　2 月 27 日（金）10：00～12：00
場所　金沢大学自然科学研究科 2 号館 C ブロック 5 階会議室

司会　金沢大学　准教授　深田　宰史

開会挨拶　金沢大学　教授　鳥居　和之

10:00-10:15
「大型載荷試験装置の概要」
金沢大学　准教授　深田　宰史

10:15-10:30
「フライアッシュコンクリートを用いた PC スラブの設計と施工」
オリエンタル白石㈱　角本　周

10:30-10:45
「フライアッシュコンクリートスラブの温度ひび割れ解析と計測について」
富山県立大学　准教授　伊藤　始

10:45-11:00
「北陸地方におけるフライアッシュコンクリートの普及」
北陸電力㈱　参納　千夏男

11:00-12:00
打設現場見学
解散

大型載荷試験装置の概要

金沢大学　理工研究域　環境デザイン学類
深田　宰史

1

戦略的イノベーション創造プログラム
(Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program)

総合科学技術・イノベーション会議が，府省の枠や旧来の分野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たし，科学技術イノベーションを実現するために新たに創設した以下の10テーマからなるプログラムである．

革新的燃焼技術
次世代パワーエレクトロニクス
革新的構造材料
エネルギーキャリア
次世代海洋資源調査技術
自動走行システム
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術
レジリエントな防災・減災機能の強化
次世代農林水産業創造技術
革新的設計生産技術

2

インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

(1) 点検・モニタリング・診断技術の研究開発

(A)　先端的な計測技術による点検・モニタリング・診断技術の研究開発
(A)-b インフラ分野にとってこれまでにない新しい計測技術を活用した点検・モニタリング・診断技術の開発

(2) 構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発

(A) 各種研究機関の密接な連携による次世代インフラ構造材料の総合的・実用化研究開発
(B) インフラ構造物の劣化検出・診断のための新材料に関する研究開発
(C) 鋼構造物の腐食による劣化損傷に対する補修技術の研究開発
(D) 構造物の補修・補強・更新に関する個別材料技術の研究開発

(3) 情報・通信技術の研究開発

(A) インフラのセンシングデータを収集し統合的に解析する技術の開発
(B) インフラの多種多様なセンシングデータを処理・蓄積・解析する技術の開発

(4) ロボット技術の研究開発

(A) 維持管理ロボット・災害対応ロボット開発に必要なコア技術（ロボティクス技術）の開発
(B) 維持管理ロボット・災害対応ロボット開発の開発　①維持管理ロボット，②災害対応ロボット

(5) アセットマネジメント技術の研究開発

(A) インフラマネジメント技術の国内外への展開を目指した統括的研究
(B) 特定の基幹インフラ施設を対象にした維持管理・更新・マネジメント技術（河川、港湾、鉄道、上下水道、農業分野などの施設・構造物が対象）の開発

3

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）
インフラ維持管理・更新・マネジメント技術

コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発

研究開発責任者：鳥居和之（金沢大学　理工研究域）

研究開発グループ　　：金沢大学
共同研究グループ（1）：金沢工業大学
共同研究グループ（2）：石川工業高等専門学校
共同研究グループ（3）：長岡技術科学大学
共同研究グループ（4）：福井大学

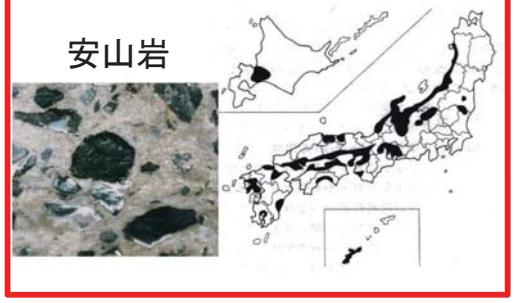
4

研究背景（北陸地方の劣化状況）

凍結防止剤散布の散布状況

季節風による塩分の飛来

コンクリート中の安山岩砕石



凍結防止剤散布による塩害劣化

飛来塩分による塩害劣化

アルカリ骨材反応（ASR）による劣化

経年劣化とは異なった早期劣化！

ASRを含む複合劣化は，北陸だけの問題ではなく全国共通の重大な問題！

5

研究開発の目的

地方道路橋の抱える課題

- 橋種・構造形式が多種多様
- 地域特性が複雑
- 人手，財源，技術力　すべてが不足

特に北陸地方では，
塩害やASRによる早期劣化橋梁に対しては，
緊急性と重要性の観点から，
これまでの画一的な
マネジメントシステムの適用が困難

産学官民の研究体制のもと，
早期劣化が生じた北陸地方のコンクリート橋を対象とした
トータルマネジメントシステムを確立

◆ WG 1～WG 7 による研究開発の実施体制

北陸から全国へ展開

WG 1　塩害による劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価
WG 2　ASRによる劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価
WG 3　橋梁の材料・構造性能評価とモニタリング技術の開発
WG 4　上部構造の健全度評価と材料・構造性能評価に基づく補修・補強技術の開発
WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発
WG 6　メンテナンスマネジメントシステムの確立
WG 7　全体統括

6

産学官民の連携
による研究体制

若手研究者，
技術者の人財
育成

大学（学）

東京大学

金沢工業大学　長岡技術科学大学

石川高専　**金沢大学**　富山県立大学

電子情報分野
との連携

岩手大学　福井大学

非営利団体（民）

北陸道路研究会

北陸コンクリート診断士会

次世代センサ協議会

北陸ブリッジゼミ

研究支援（産）
建設会社
コンサルタンツ会社

建設会社　㈱日本ピーエス
㈱ピーエス三菱
オリエンタル白石㈱
東亜建設工業㈱　川田工業㈱

コンサルタンツ会社　㈱日本海コンサルタント
大日本コンサルタント㈱　㈱フルテック
㈱ 国土開発センター　アルスコンサルタンツ㈱
朝日エンヂニヤリング㈱
中日本ハイウェイ・エンジニアリング名古屋㈱

インフラ管理（官）

石川県
富山県
福井県
北陸電力㈱
日本原子力研究開発機構
NEXCO中日本
J-POWER(電源開発㈱)

7

塩害とASRに特化した研究開発

WG 1　塩害による劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価

- ◆ 塩害劣化させたPC試験桁の作製
- ◆ 塩害劣化橋梁の地域マップの作成
- ◆ **塩害・ASR・中性化による複合劣化機構の解明**
- ◆ PC試験桁および**撤去PCポストテンション桁の載荷試験**
- ◆ フライアッシュコンクリートによる塩害抑制対策

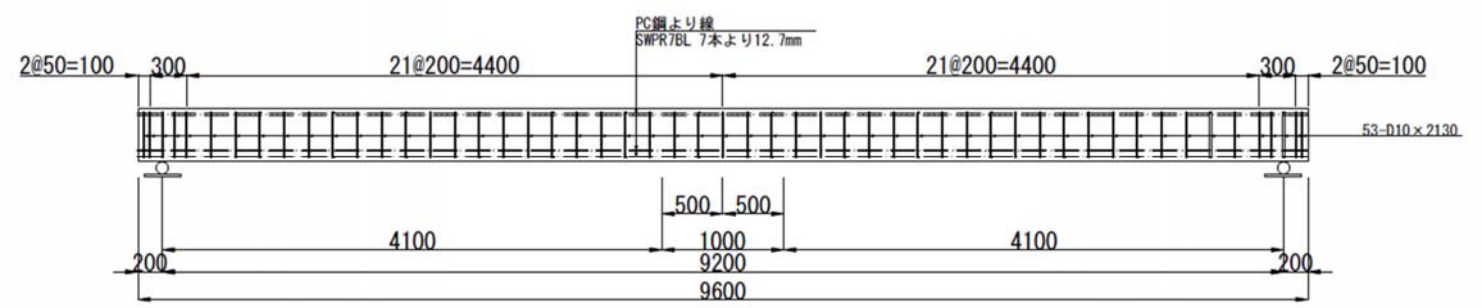
WG 2　ASRによる劣化機構の解明と構造部材の材料・構造性能評価

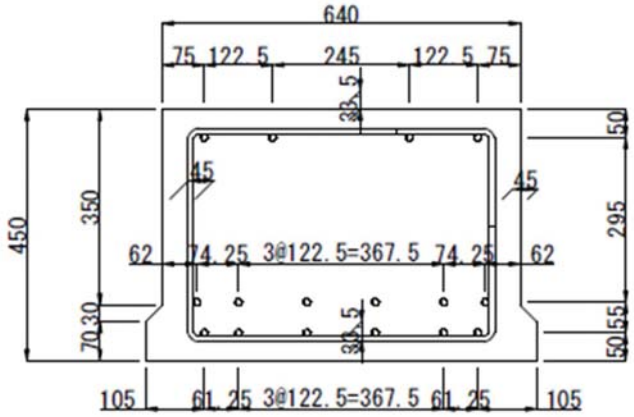
- ◆ **北陸地方におけるASR劣化橋梁の地域マップの作成**
- ◆ **骨材の岩石・鉱物学的特徴とASR劣化度との関係解明**
- ◆ **ASR劣化した撤去PCホロー桁の載荷試験**
- ◆ フライアッシュコンクリートによるASR抑制対策
- ◆ **ASR劣化PC桁のそりやひび割れの解析（東大グループとの連携）**

骨材の岩石・鉱物学的特徴，ASR劣化度と部材の使用性・耐荷性の関係を解明

8

作製するPC試験桁





塩害，ASR劣化したPC桁の作製

- ●塩害劣化させた試験桁8体
- ●反応性骨材を用いて ASR劣化させた試験桁3体
- ●能登半島海岸部（新宮橋）での暴露試験桁2体

◎フライアッシュ添加による抑制効果

9

研究開発の内容

WG 3　橋梁の材料・構造性能評価とモニタリング技術の開発

- ◆ 劣化橋梁における静的および動的載荷試験による現況調査
- ◆ 劣化橋梁の変状を把握できるモニタリングシステムの開発
- ◆ 振動特性の変化に基づいた橋梁の劣化原因及び使用性・耐荷性の推定
- ◆ 塩害・ASR劣化した撤去桁およびPC試験桁の載荷試験（WG1，WG2との連携）
- ◆ 実際の早期劣化橋梁を対象とした長期モニタリング

WG 4　上部構造の健全度評価と材料・構造性能評価に基づく補修・補強技術の開発

- ◆ 点検データによる現況把握とRC床版の塩害・ASR劣化機構の解明
- ◆ 数値解析に基づく塩害・ASR劣化に伴うRC床版の耐荷力評価（東大グループとの連携）
- ◆ コンクリート系の上部構造に対する健全度評価方法と限界状態の評価方法
- ◆ 繊維補強材を用いた高耐久性コンクリート構造の技術開発

10

研究開発の内容

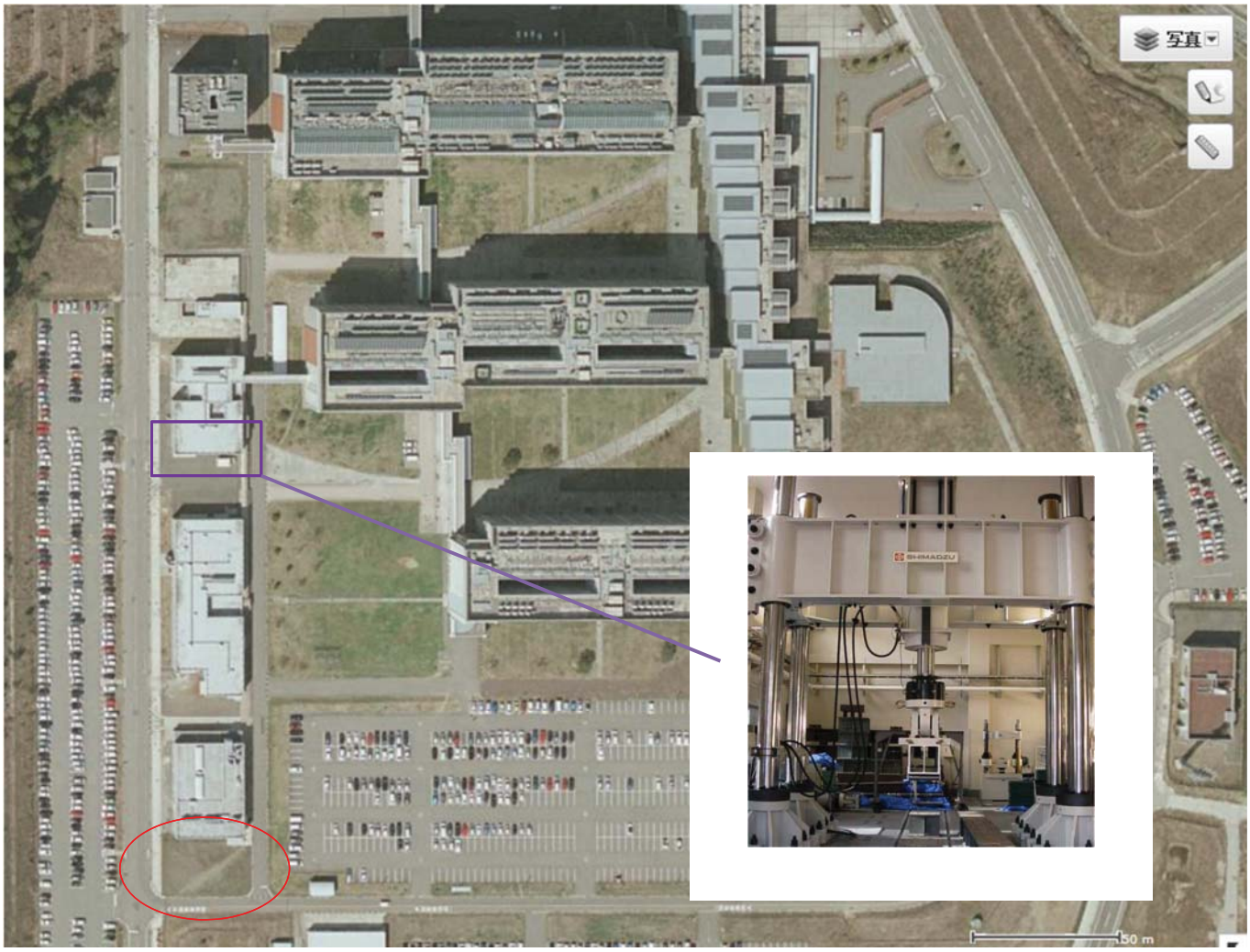
WG 5　補修・補強材料の性能評価と簡易かつ経済的な新技術の開発

◆ 既存塩害・ASR劣化橋梁に適用した**補修材料の耐用年数の推定**
◆ 簡易かつ経済的な**浸透性撥水剤の技術開発**
◆ 簡易かつ経済的な**電気防食工法の技術開発**
◆ **過酷環境下における補修・補強工法の技術開発**

WG 6　メンテナンスマネジメントシステムの確立

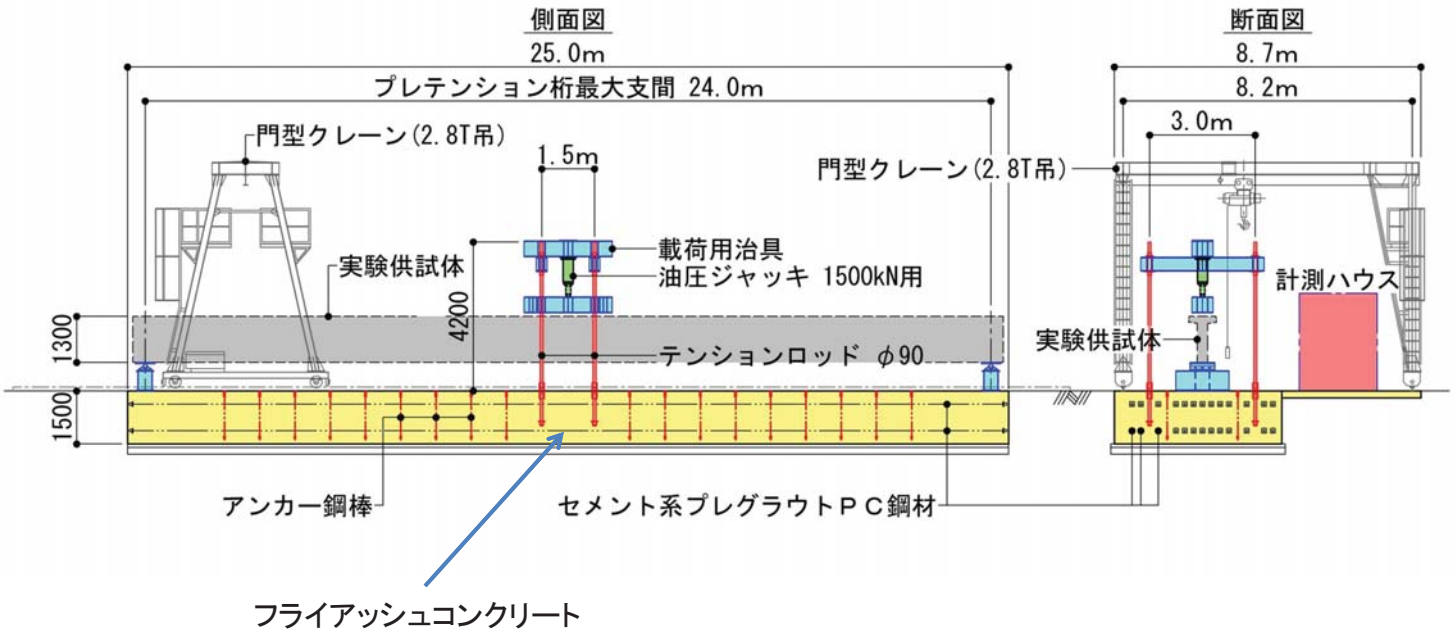
◆ 道路橋（北陸3県管理）の点検，補修・補強履歴，劣化状況のデータベース化
◆ **膨大な道路橋（北陸3県管理）点検データを用いた健全度評価法，補修優先順位決定法および予算平準化手法の提案**
◆ **県を跨ぐ重要路線の早期劣化に対応したメンテナンスマネジメント（共通仕様）の提案**
◆ 東大グループによる国全体を対象としたマネジメントと北陸地方を対象とした本研究（早期劣化）との整合性を図り，市町へのダウンスケールを行う．

11



12

大型載荷試験装置



13

14

油圧ジャッキと電動ポンプ

荷重　1500kN
ストローク　400mm

15

門型クレーン
（オリエンタル白石（株）様から寄贈）

16

これからの連携について

(1) 点検・モニタリング・診断技術の研究開発

(A) 先端的な計測技術による点検・モニタリング・診断技術の研究開発
(独) 人 土木研究所構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ　石田雅博　上席研究員

(2) 構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発

(A) 各種研究機関の密接な連携による次世代インフラ構造材料の総合的・実用化研究開発
独立行政法人 物質・材料研究機構 元素戦略材料センター　土谷浩一　センター長

(D) 構造物の補修・補強・更新に関する個別材料技術の研究開発
岡山大学大学院　環境生命科学研究科　綾野克紀　教授

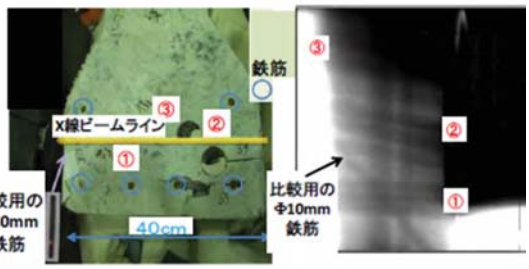
(5) アセットマネジメント技術の研究開発

(A) インフラマネジメント技術の国内外への展開を目指した統括的研究
東京大学 大学院工学系研究科　前川宏一　教授

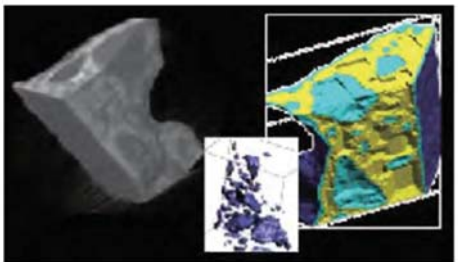
(B) 特定の基幹インフラ施設を対象にした維持管理・更新・マネジメント技術の開発
（河川、港湾、鉄道、上下水道、農業分野などの施設・構造物が対象）
独立行政法人 港湾空港技術研究所　加藤絵万　構造研究チームリーダー

17

非破壊試験



高出力X線（土研との連携）



中性子源システム（土研との連携）

衝撃弾性波法

残存プレストレスの推定

載荷試験

破壊試験による全体構造としての耐荷力を評価する

点検に使える技術の確立

18

大型構造物載荷試験装置

フライアッシュコンクリートを用いた
PCスラブの設計と施工

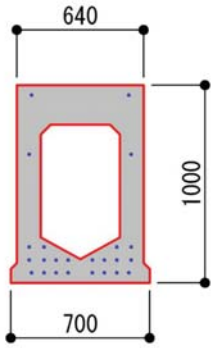
２０１５年２月２７日

オリエンタル白石株式会社

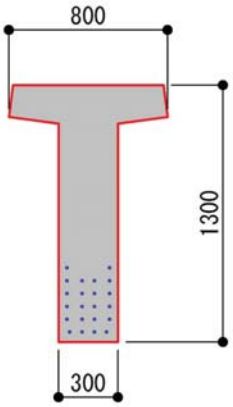
1

■載荷試験の対象

●実物大プレテンション方式PC桁の載荷実験を想定
●BS桁（中空桁）：支間　5～24m，桁高 0.35～1.00m
●BG桁（　T桁　）：支間 18～24m，桁高 1.00～1.30m



BS24桁（中空桁）



BG24桁（Ｔ桁）

2

■載荷試験のイメージ

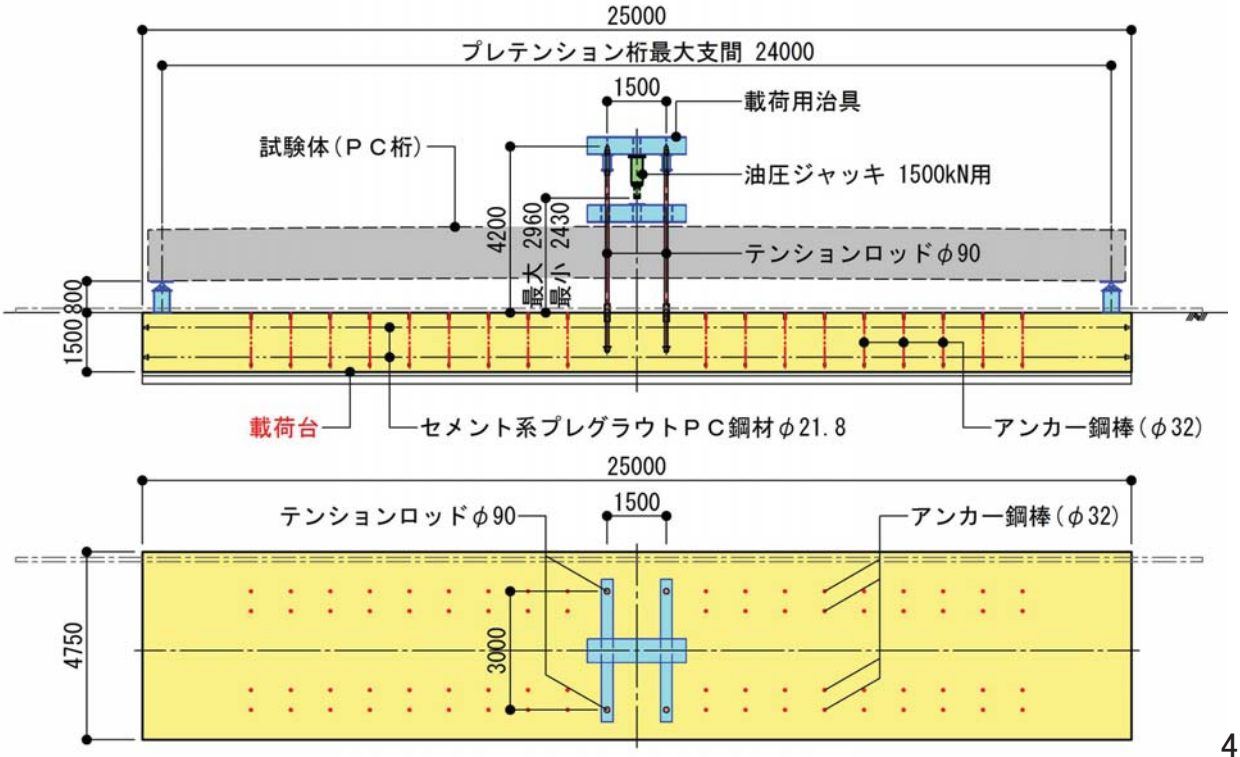
●プレテンション方式PC桁の載荷実験

●プレテンション方式PC床版の載荷実験

3

■大型構造物載荷試験装置（1）

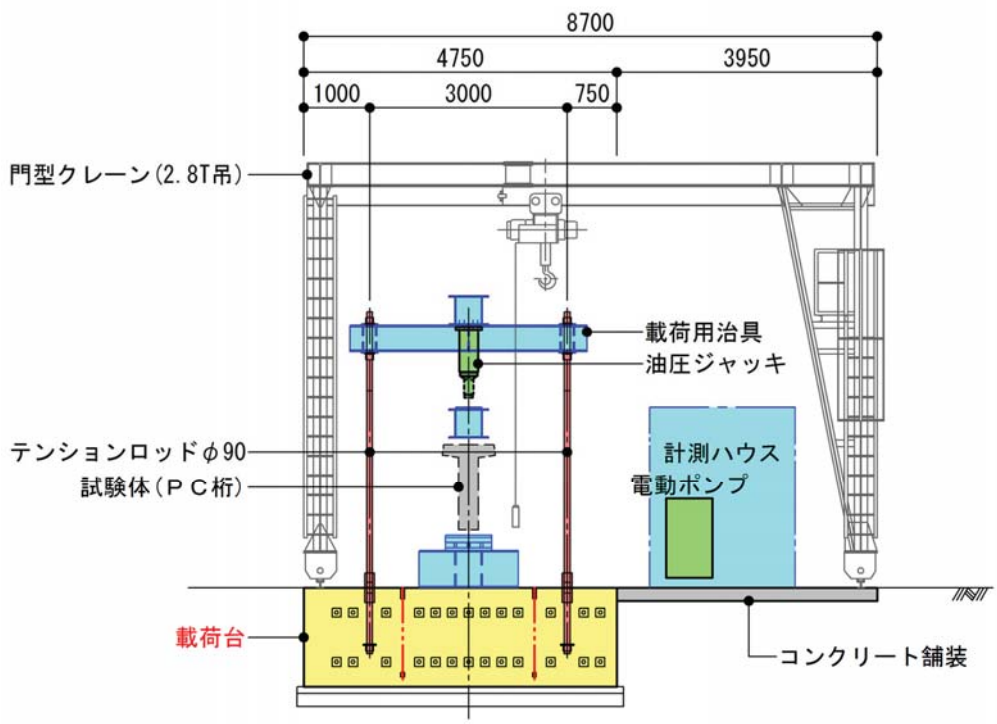
●プレテンション方式PC桁の最大支間（JIS）まで試験可能



4

■大型構造物載荷試験装置（2）

●供試体を搬入可能なテンションロッド間隔



5

■油圧ジャッキ性能の設定

●油圧ジャッキは最大荷重 1500kN，ストローク 400mm

●プレテンション方式PC桁の破壊荷重

種別	支間 (m)	載荷幅 (m)	単位重量 (kN/m)	破壊M (kNm)	破壊荷重 (kN) 規格値	20%増	50%増
BS桁（中空桁）	18.0	1.5	7.55	1970	403	484	605
	20.0	1.5	8.44	2670	486	583	729
	22.0	1.5	9.46	3280	528	634	792
	24.0	1.5	10.20	4040	588	706	882
BG桁（Ｔ桁）	18.0	1.5	9.46	3060	649	779	974
	20.0	1.5	10.19	3760	703	844	1055
	22.0	1.5	10.93	4560	761	913	1142
	24.0	1.5	11.66	5410	813	976	1220

●プレテンション方式PC桁の終局変位（圧縮ひずみ 2000μ）

・BS桁，支間 24m ： 340mm

・BT桁，支間 24m ： 256mm

6

■載荷台の設計

●BG24桁載荷時

●載荷台の応力度

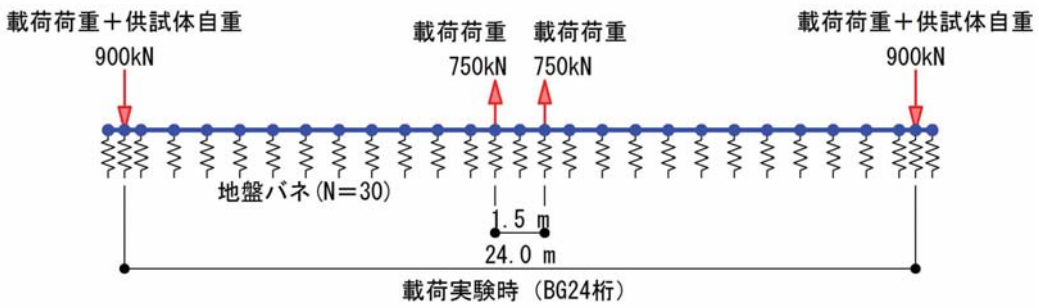
曲げ応力度　:上縁 0.6N/mm^2, 下縁 1.7N/mm^2 ≦ 12N/mm^2

※プルプレストレス

せん断応力度:0.09N/mm^2 ≦ 0.45N/mm^2

●載荷台の変形

支点と載荷点との相対変位 ＝ 0.7mm



7

■テンションロッド，載荷用治具の設計

●テンションロッド

径 Φ90

材質 NHT690, 降伏点 ＝ 440N/mm^2

降伏耐力(4本分) ＝ 11196kN ≧ 1500kN(最大荷重)

※油圧ジャッキ，載荷用治具の変更で最大荷重の増加可能

●テンションロッドのアンカー

引抜き耐力 ＝ 11564kN ≧ 11196kN

●載荷用治具

材質　　: SM490

設計荷重: 油圧ジャッキの最大荷重 1500kN

許容値　: 道路橋示方書準拠

8

■コンクリートの配合

●早強セメント＋フライアッシュ（Ⅱ種，15%内割）
●設計基準強度 30N/mm^2
●緊張強度 24N/mm^2
●スランプ 12cm，粗骨材の最大寸法 25mm
●W／B＝42.9%，S／A＝44.4%

配合表 kg/m^3					
C	F A	W	S	G	混和剤
305	54	154	779	989	14.5

●試験練り結果（水中養生）
σ_3＝28.7N/mm^2，σ_7＝42.0N/mm^2

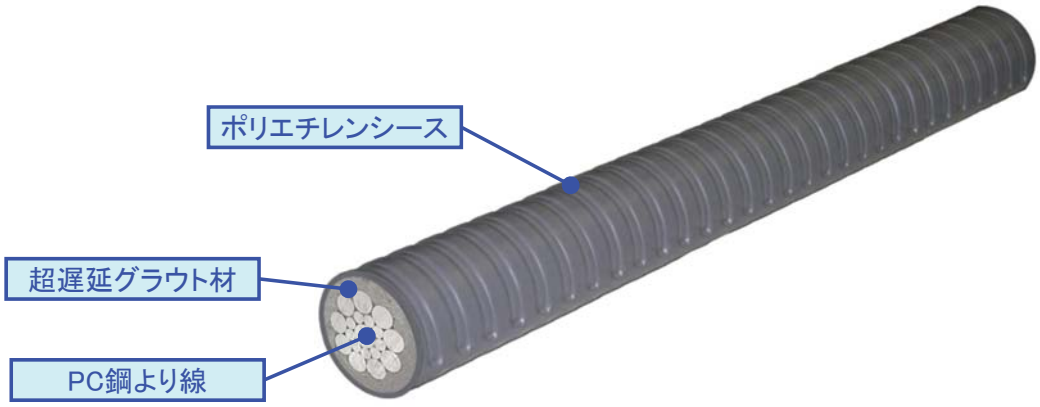
9

■セメント系プレグラウトPC鋼材の使用

●グラウト作業が不要なプレグラウトPC鋼材を採用（工程短縮）
●環境に優しい（無機系）超遅延セメント系グラウト材を採用

●マスコンクリートでは硬化熱が高いので採用が困難

●フライアッシュの混合により硬化熱が抑制され採用可能に



10

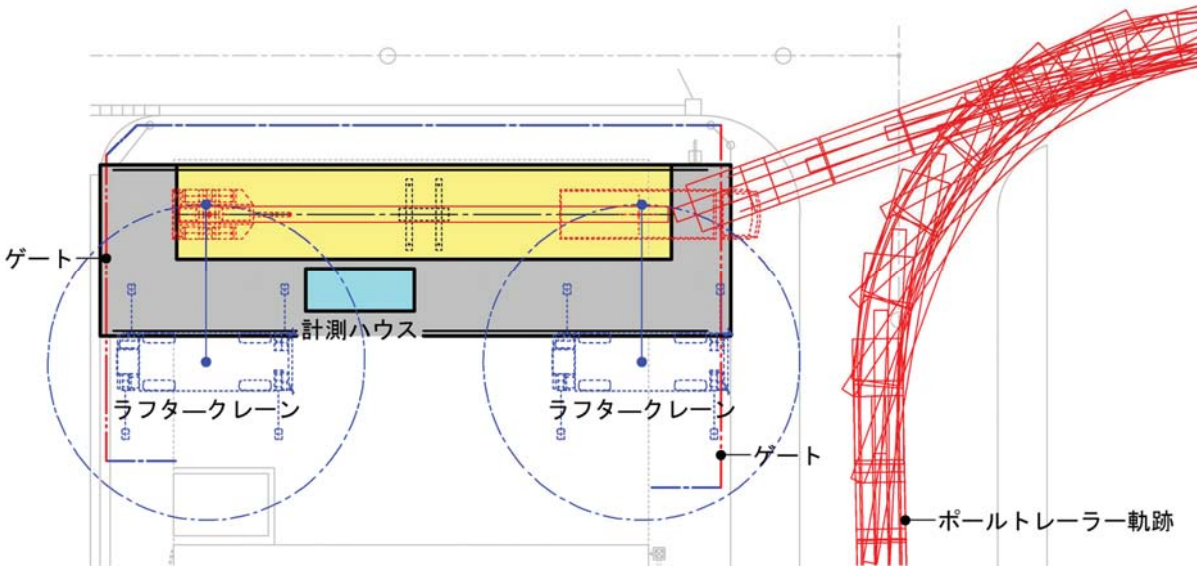
■残存プレストレスの測定空間

●撤去桁，曝露桁の残存プレストレスを測定する桁下空間を確保

11

■プレテンション方式PC桁の設置方法

●PC桁はポールトレーラーで搬入
●PC桁は500kNラフタ―クレーンで相吊り設置



12

持続可能な
社会を目指して

SIP公開実験
フライアッシュコンクリートスラブの温度ひび割れ解析と計測について

2015年 2月 27日

富山県立大学　環境工学科
伊藤　始

1

背景

石炭灰
（フライアッシュ）

平成23年から富山・石川・福井で、コンクリート用混和材として実構造物に使用（15%内割置換）

- 水和熱の抑制
- ち密化：長期強度、耐久性
- 施工性能の改善
- アルカリ骨材反応の抑制

SIP

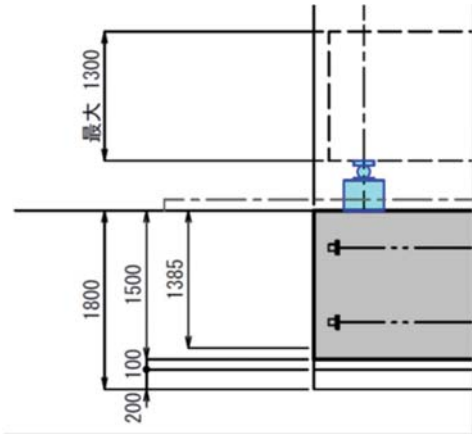
ASR・塩害抑制対策として、地域的標準化

初期ひび割れ抑制
⇒耐久性の向上

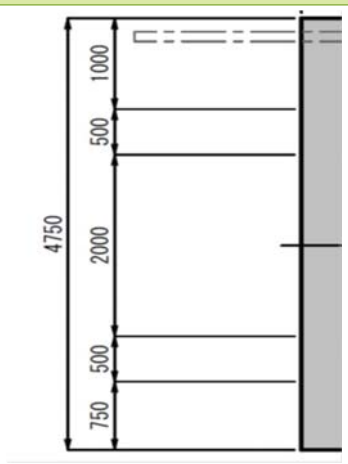
2

報告内容

フライアッシュを添加したコンクリートの発熱量と応力挙動を、現場計測と温度応力解析を用いて検討する。
ここでは、①温度応力解析による事前検討の結果と②現場における計測の計画を報告する。



(a) 側面寸法



(b) 平面寸法

3

解析と計測の目的

① H＋FAのコンクリートを使用したときの発熱挙動や応力挙動（断熱温度上昇量、熱伝達係数、線膨張係数）を把握する。

②温度応力とプレストレス応力が組合せて作用したときの応力挙動・ひずみ挙動を把握する。

③試験装置スラブのひび割れ抑制対策を検討する。

4

①温度応力解析による事前検討

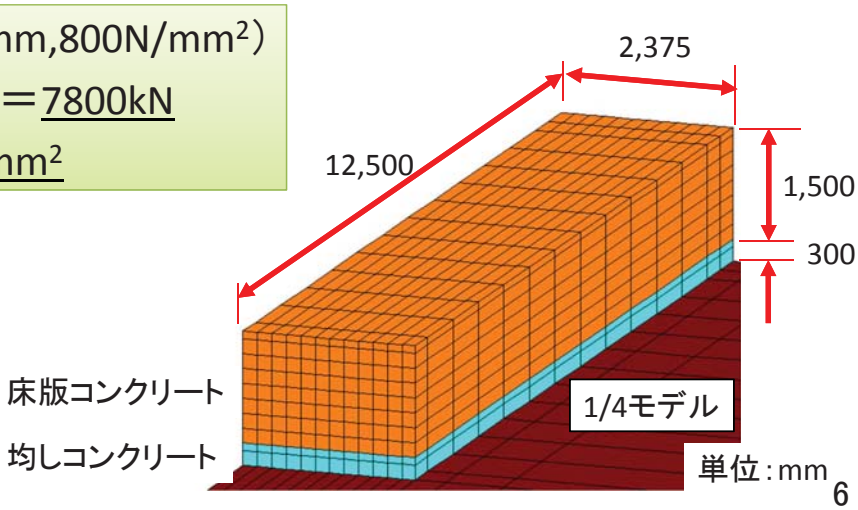
5

解析方法
検討ケース

	解析ケース	強度保証材齢	均しコンの厚さ	PCの有無
1	ケース1	7日	300mm	あり
2	ケース2	28日	300mm	あり
3	ケース3（均し100mm）	7日	100mm	あり
4	ケース4（PCなし）	7日	300mm	なし

PC：300kN/本（φ21.8mm,800N/mm^2）
Ps＝300kN/本×26本＝7800kN
σc＝Ps/Ac＝1.095N/mm^2

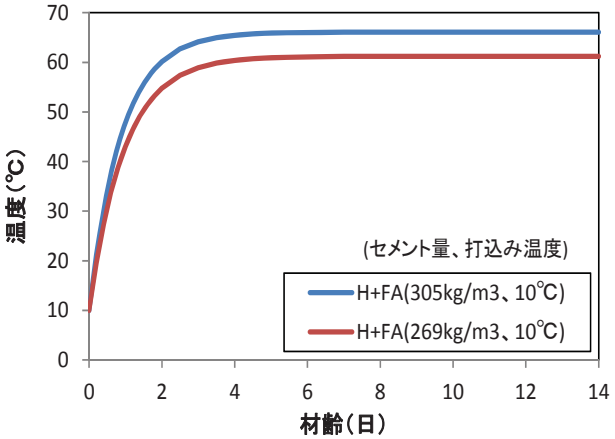
工程	材齢
均し	-16日
床版	0日
PC緊張	7日
脱型	8日



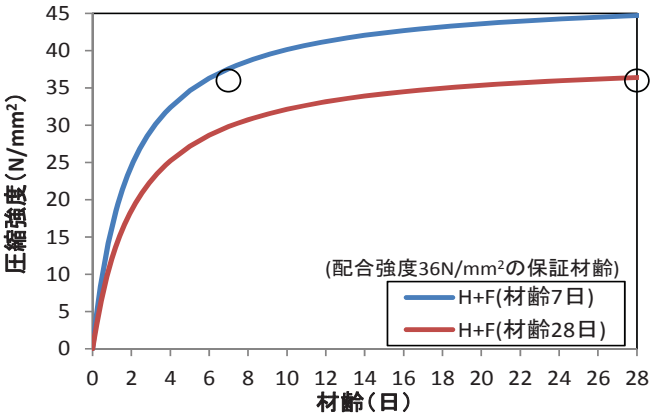
6

解析方法
断熱温度上昇と強度発現

強度保証材齢（日）	セメント量（kg/m³）
7	305
28	269



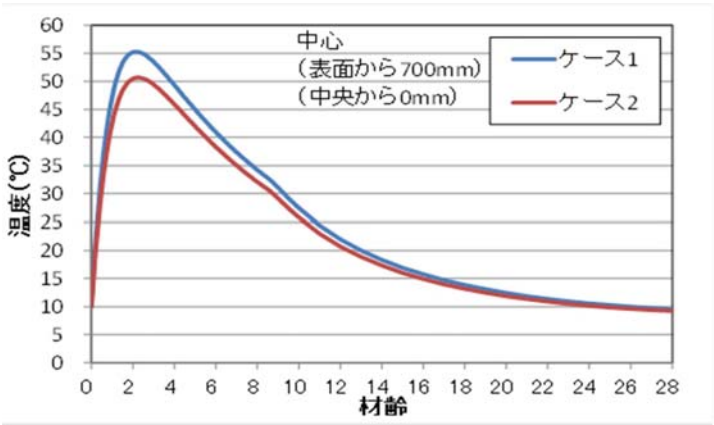
断熱温度上昇曲線



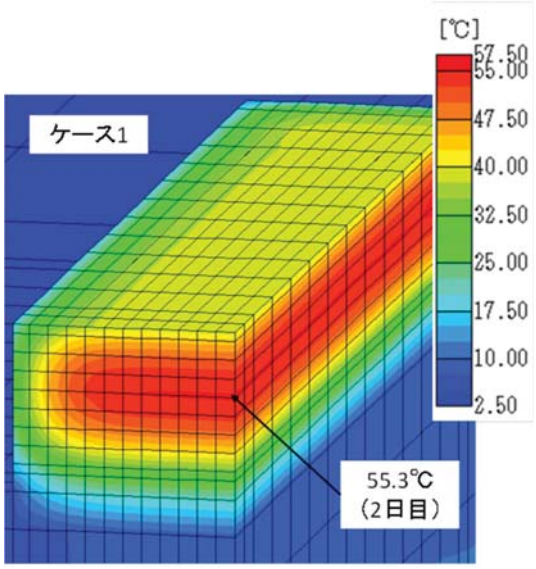
圧縮強度発現曲線

7

解析結果
温度履歴と分布



部材中心部の温度履歴



温度分布（材齢2日）

8

応力解析の結果について

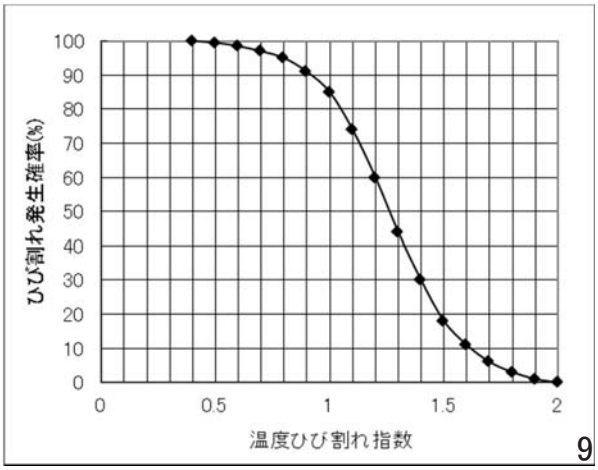
◆ひずみの種類

計測器の説明でも使います

実ひずみ　　：埋込み型ひずみ計で計測される値
温度ひずみ　：温度変化量に線膨張係数（10×10^{-6}）を乗じた値（体積ひずみ）
弾性ひずみ　：実ひずみから温度ひずみを引いた値 → 引張応力

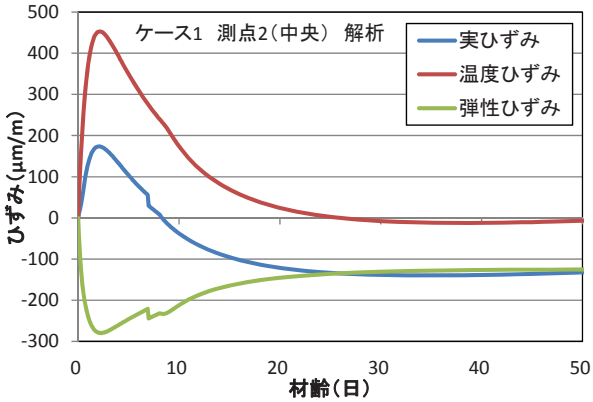
◆温度ひび割れ指数 Icr

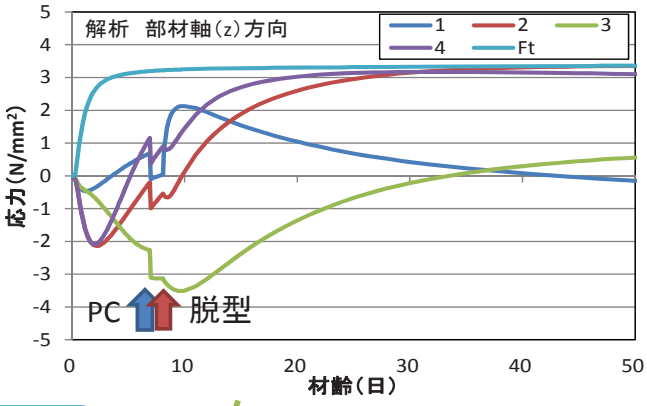
$$Icr=\frac{\text{引張強度（抵抗）}}{\text{発生引張応力（作用）}}$$



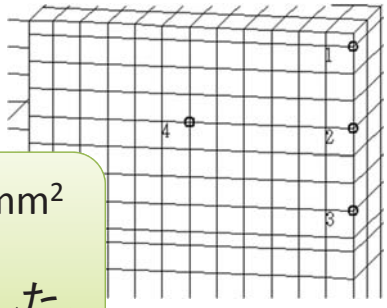
9

ひずみ履歴と応力履歴（ケース1）





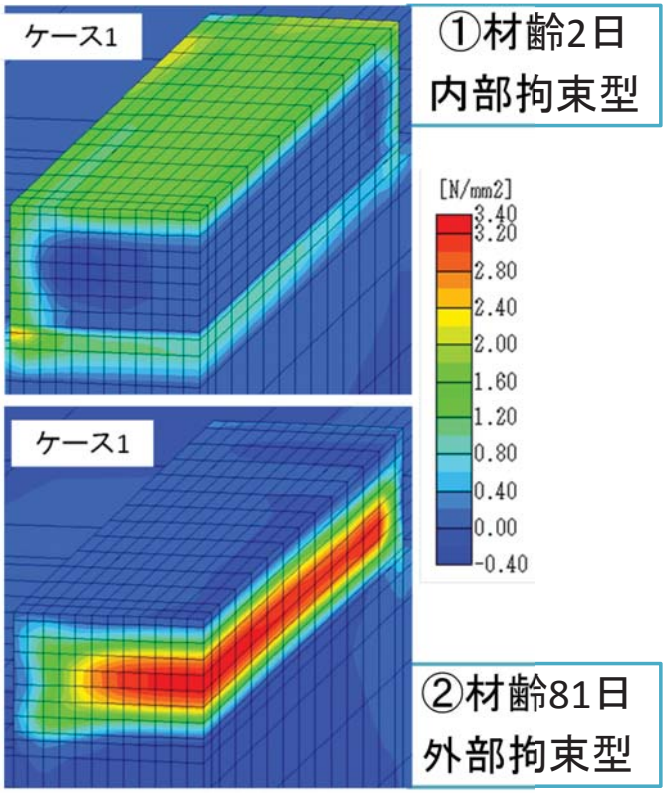
・温度ひずみと実ひずみの差：大
⇒外部からの拘束が比較的大きい

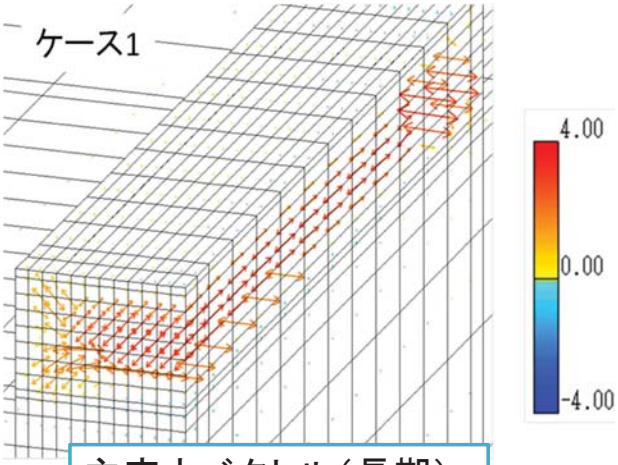


・PC導入で全ての応力が約1N/mm²減少した。
・脱型により表面の応力が増加した。

10

主応力分析（ケース1）



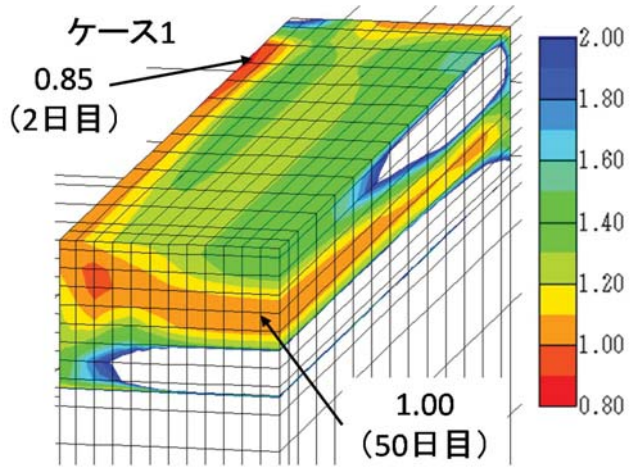


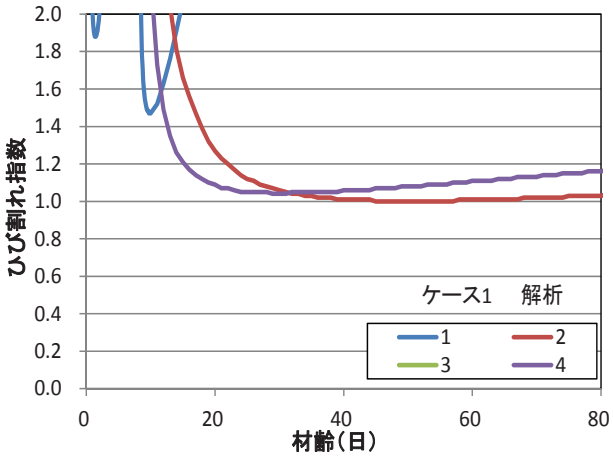
主応力ベクトル（長期）

・PC導入後も軸方向応力が卓越
・軸直角も大きい

11

ひび割れ指数（ケース1）





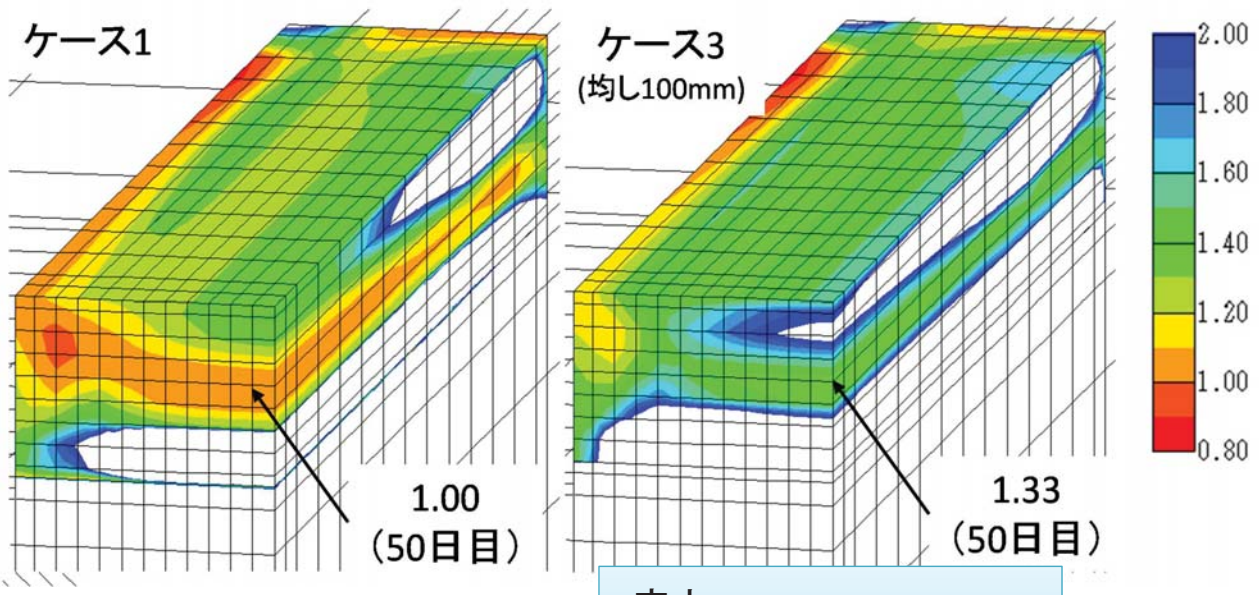
(履歴中の最小値)

・内部拘束型のひび割れ指数：0.85
（ひび割れ発生確率75%）

・外部拘束型のひび割れ指数：1.00
（ひび割れ発生確率50%）

12

均しコンクリートの厚さの影響（ケース3）

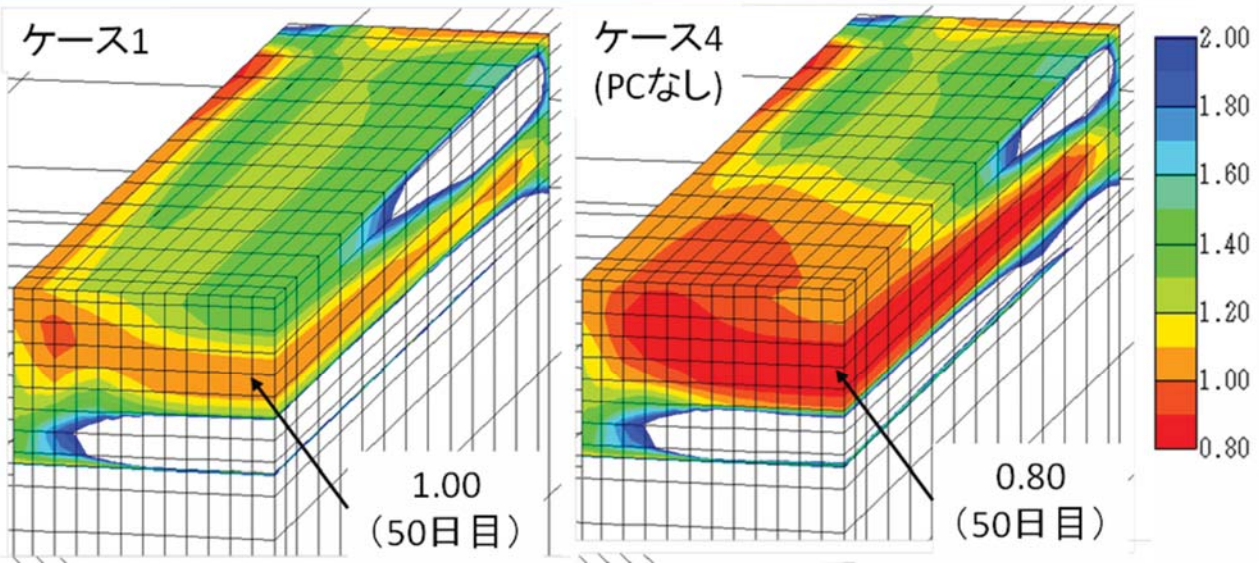


均しコンクリート厚さを、設計値の100mmとした。

・応力
3.35N/mm²⇒2.53N/mm²
・ひび割れ指数（確率）
1.00（50%）⇒1.33（19%）

13

PC緊張力の有無の影響（ケース4）



PC緊張力導入の効果

・部材軸方向の引張応力を1.1N/mm² 低減
・部材軸直角方向の応力の変化はほとんどない
・ひび割れ指数：0.80（84%）⇔1.00（50%）

14

解析のまとめ

No.	解析ケース	最高温度 (℃)	最大応力 軸方向 (N/mm^2)	最小ひび割れ指数	ひび割れ発生確率 (%)
1	ケース1	55.3	3.35	1.00	50
2	ケース2（強度保証材齢）	50.7	2.77	1.02	47
3	ケース3（均し100mm）	55.3	2.53	1.33	19
4	ケース4（PCなし）	55.3	4.19	0.80	84
ー	内部拘束型（概ね共通）	ー	2.41	0.85	75

- 【ケース2】 強度保証材齢について、発熱量と強度発現で相殺されるため、ひび割れ指数への影響は小さい。
- 【ケース3】 均しコンクリート厚さを300mmから100mmにしたとき、最大応力を0.82N/mm^{2}減少させ、最小ひび割れ指数を0.33上昇させる変化があった。
- 【ケース4】 PC緊張力を導入したとき、最大応力を0.84N/mm^{2}減少させ、最小ひび割れ指数を0.20上昇させる効果があった。

15

②現場における計測計画

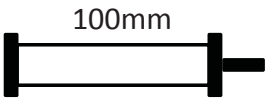
16

計測器の種類

熱電対
（測温）

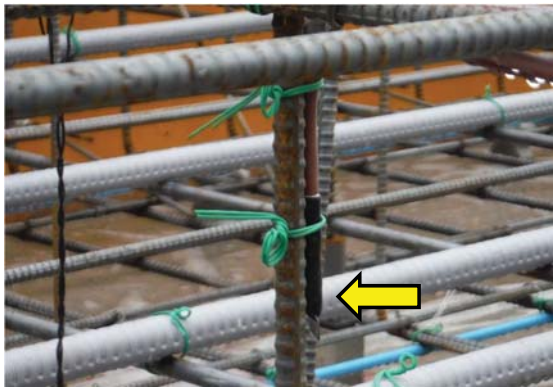
銅　コンスタンタン

埋込み型
ひずみ計



2種類の金属線を接続し、熱起電力と温度の関係を利用して、計測する。⇒【温度】

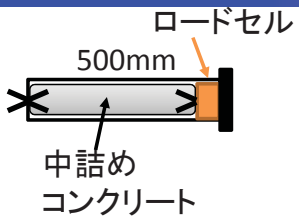
コンクリートの突起部間における軸方向の平均ひずみを計測する。 ⇒【実ひずみ】



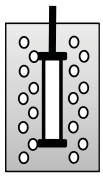
17

計測器の種類

有効応力
計



無応力容
器・ひず
み計



容器内の小型ロードセルで、コンクリートから受ける荷重を計測する。⇒【応力】

外部の拘束を受けない容器内のひずみを計測する。
⇒【温度ひずみ、線膨張係数】

18

各計測の目的（短期）

熱電対（測温）
- 断熱温度上昇量
- 温度ひずみ推定
- 熱伝達係数

埋込み型ひずみ計
- PCひずみの分布
- 実ひずみ分布
- 部材軸・軸直角

有効応力計
- PC応力の測定
- 弾性ひずみ推定
- 応力σとひずみε

無応力容器・ひずみ計
- 線膨張係数
- 温度ひずみ測定

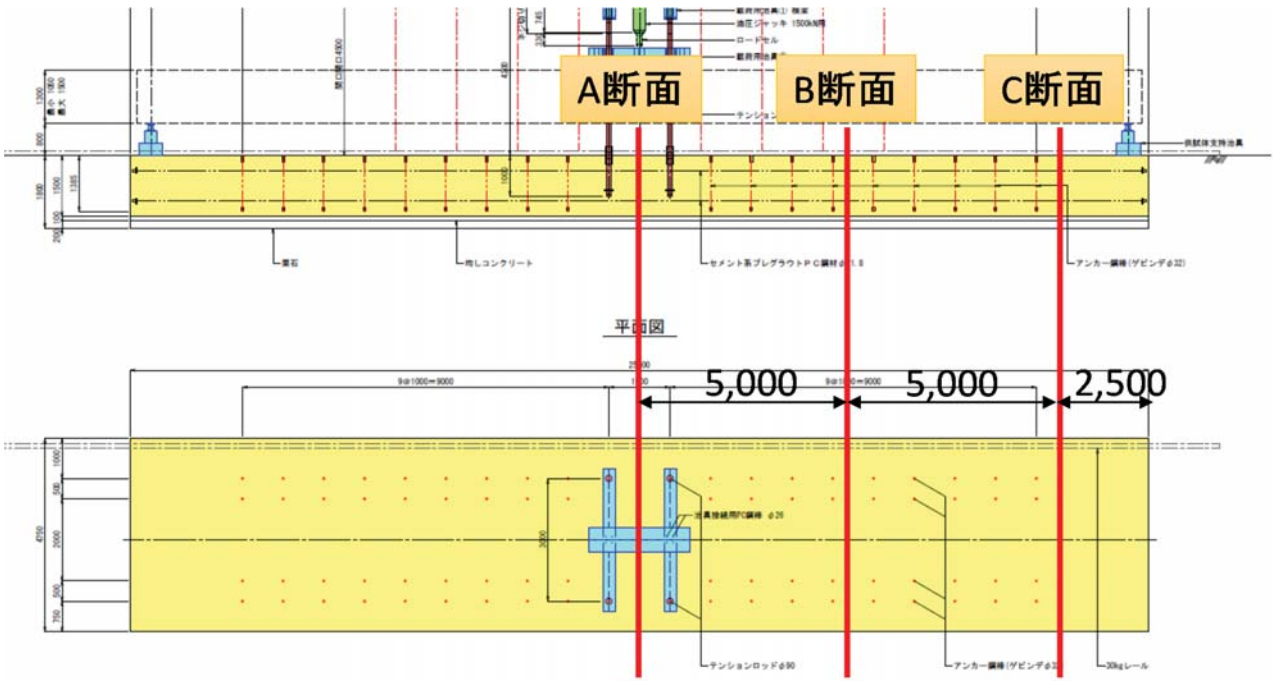
SIP
- 評価法の確立⇒FA使用の促進

解析値との比較

解析への導入

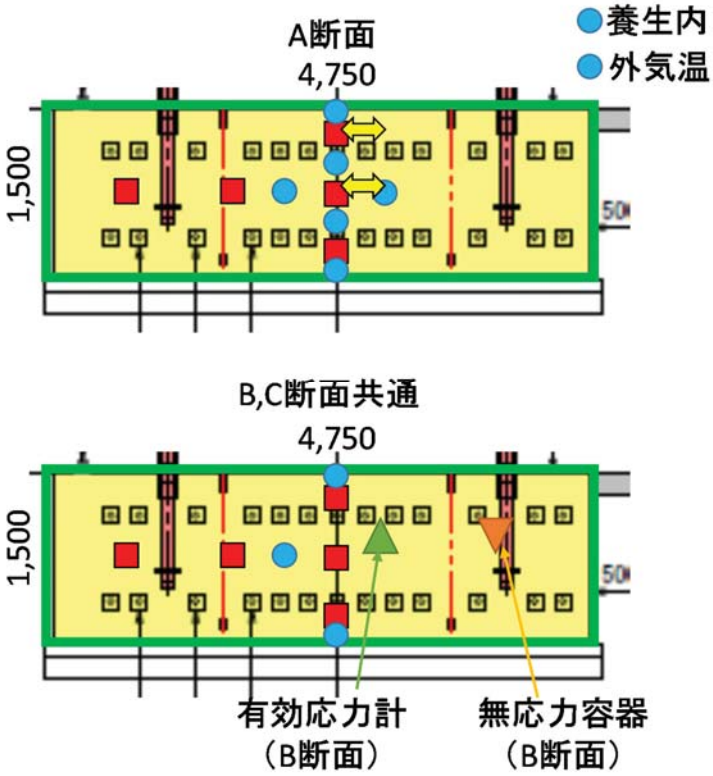
19

計測計画①



20

計測計画②

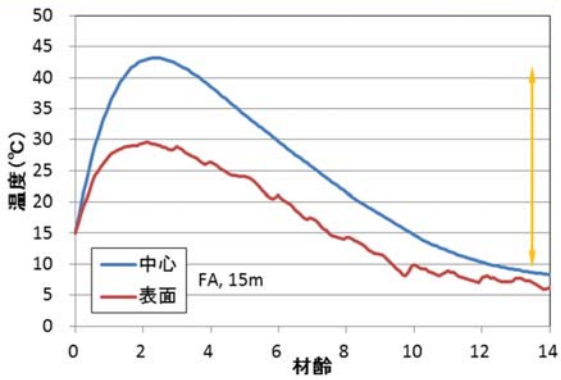


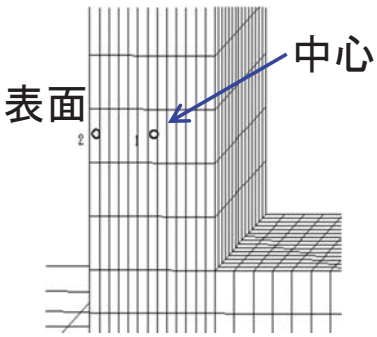
●：熱電対
■：ひずみ計（部材軸）
⇔：ひずみ計（軸直角）

	個数	
	B、C断面 外気温	A断面
埋込み型 ひずみ計（測温付）	11	7
熱電対	8	5
無応力容器	1	0
コンクリート 有効応力計	1	0

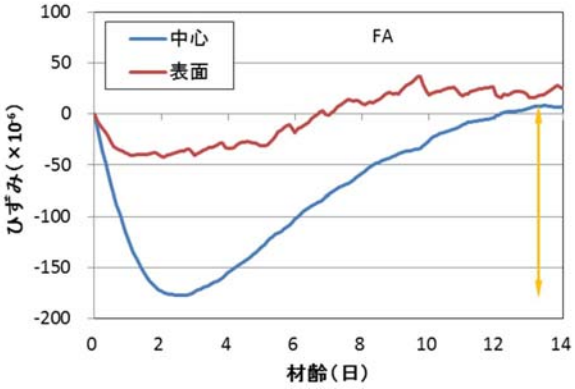
計測データの整理①
温度⇒弾性ひずみ

温度





弾性
ひずみ

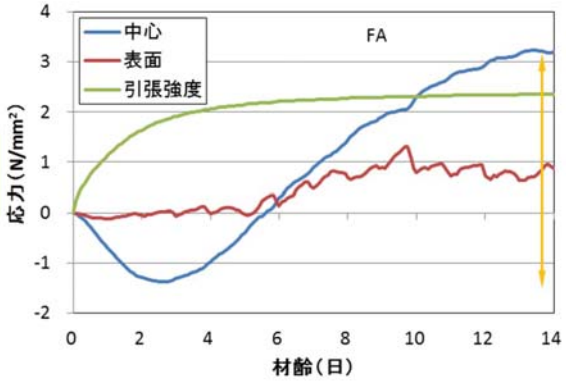


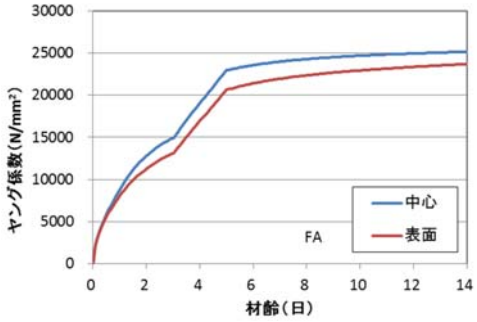
中心の温度は，35℃低下した

拘束を受けることで
弾性ひずみが増加した

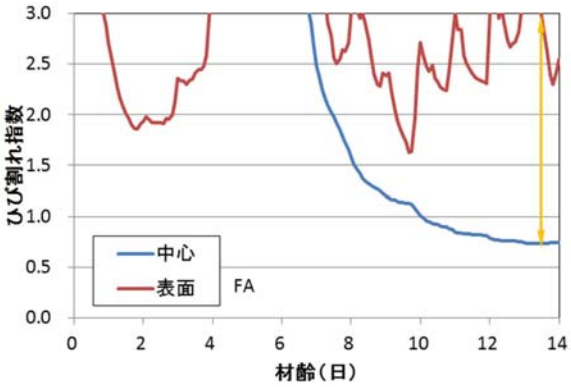
計測データの整理②
ひずみ⇒応力⇒ひび割れ指数

応力





ひび割れ指数



応力＝
弾性ひずみ×ヤング係数

ひび割れ指数＝
引張強度÷引張応力

各計測の目的(長期)

熱電対
(測温)

外気温による熱伝達係数

埋込み型
ひずみ計

PC力によるクリープひずみ

乾燥収縮ひずみ

有効応力
計

PC応力の経時変化

SIP

PC部材の
長期挙動

無応力容
器・ひず
み計

外気温による線膨張係数

1. フライアッシュコンクリート普及促進の背景・意義

「今，何故，北陸地方でフライアッシュコンクリートなのか！」

○コンクリート構造物の長寿命化の観点

・北陸地域は、全国的に見ても、**ASRと塩害による構造物の劣化**が顕在化しており、今後の対応としてコンクリートの耐久性を向上させることが必要。

○環境負荷低減の観点

・北陸地域では、現在、全国的に汎用化されている高炉セメントの材料である高炉スラグが産出されないため、九州から運搬されている。一方で、北陸地域では、フライアッシュを産出する火力発電所が稼働しており、フライアッシュを使うことにより**運搬による環境負荷の低減**が可能。

○エネルギー供給事情の観点

・火力発電は、重要な電源であり、3．11の東日本大震災以降、益々、その重要度は増している。北陸地域では、現在、約6割の電力が火力発電所から供給されており、**火力発電所の安定的な運転継続**には、フライアッシュの利用が不可欠。

昨今、上記の対応を図る機運が高まっている中、**高品質なフライアッシュを供給する体制**が産出事業者（電力会社）で整えられたこと、具現化には、**関係者の連携が必須**なことから、**産学官による委員会を設立**し、取組んでいる。

【北陸地域のASR】

富山県の道路橋

石川県の道路橋

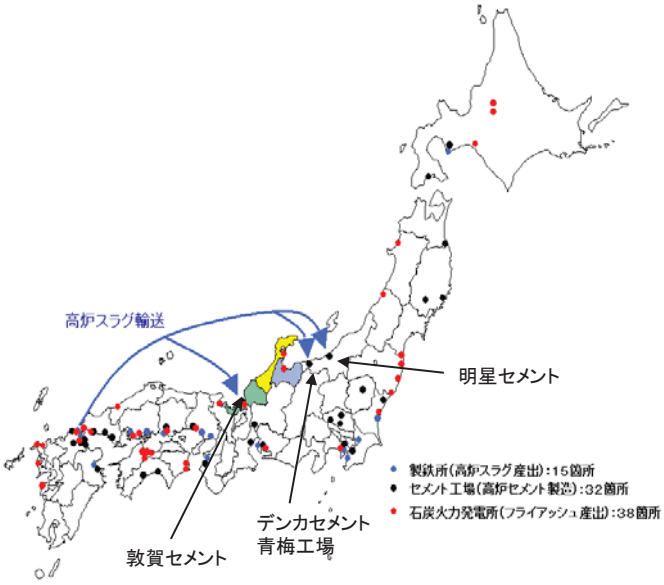
【北陸地域の塩害】

石川県の道路橋

福井県の道路橋

【環境負荷の低減】

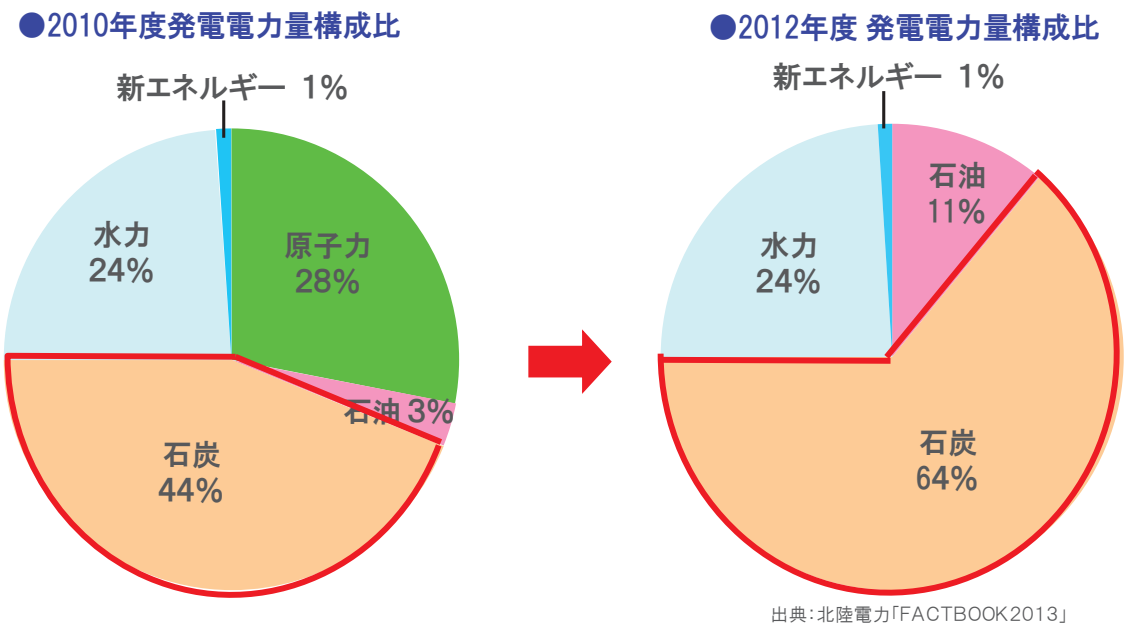
北陸地方の石炭火力発電所の状況



全国の石炭火力発電所、製鉄所、セメント工場の位置図

フライアッシュを使うことにより**運搬による環境負荷の低減**が可能。

【エネルギー供給事情】



火力発電所の安定的な運転継続には、フライアッシュの利用が不可欠。

2. 産学官連携委員会の活動紹介

「北陸地方におけるコンクリートへのフライアッシュの有効利用促進検討委員会」（H23.1設立）

― コンクリート構造物の長寿命化 と 環境負荷低減 を目指して ―

【委員会の構成】

委員長（金沢大学　鳥居和之教授）

- 産業界
  - ・富山県・石川県・福井県の各生ｺﾝｸﾘｰﾄ工業組合
  - ・ｾﾒﾝﾄﾒｰｶｰ（ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ）
  - ・北陸電力株式会社
- 大学
  - ・金沢大学
  - ・金沢工業大学
  - ・富山県立大学
  - ・福井大学
- 官公庁（ｵﾌﾞｻﾞｰﾊﾞｰ）
  - ・国交省（北陸地整）
  - ・富山県
  - ・石川県
  - ・福井県

第1回委員会の様子（H23.1.24）

【これまでの実績】

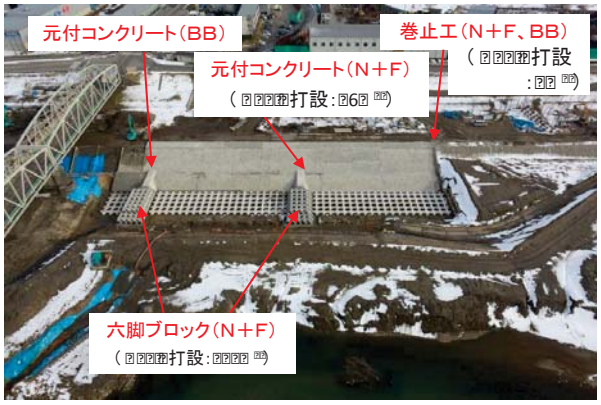
		H22	H23	H24	H25	H26	備考
委　員　会		第1回	第 2回 第3回	第4回 第5回	第6回	第7回	
対象地域	富山・石川						七尾灰
	福井						敦賀灰
国　交　省							

凡例
- 委員会活動
- 使用に向けた諸試験・試験施工の実施
- ﾓﾃﾞﾙ工事の実施

地域を動かす実行力のある委員会により審議し、フライアッシュコンクリートの普及を促進。

【フライアッシュコンクリートの適用例】

富山県常願寺川水橋護岸工事（国土交通省工事）



富山県富山市白岩川樋門工
（□□□□□打設：6□□ □□）

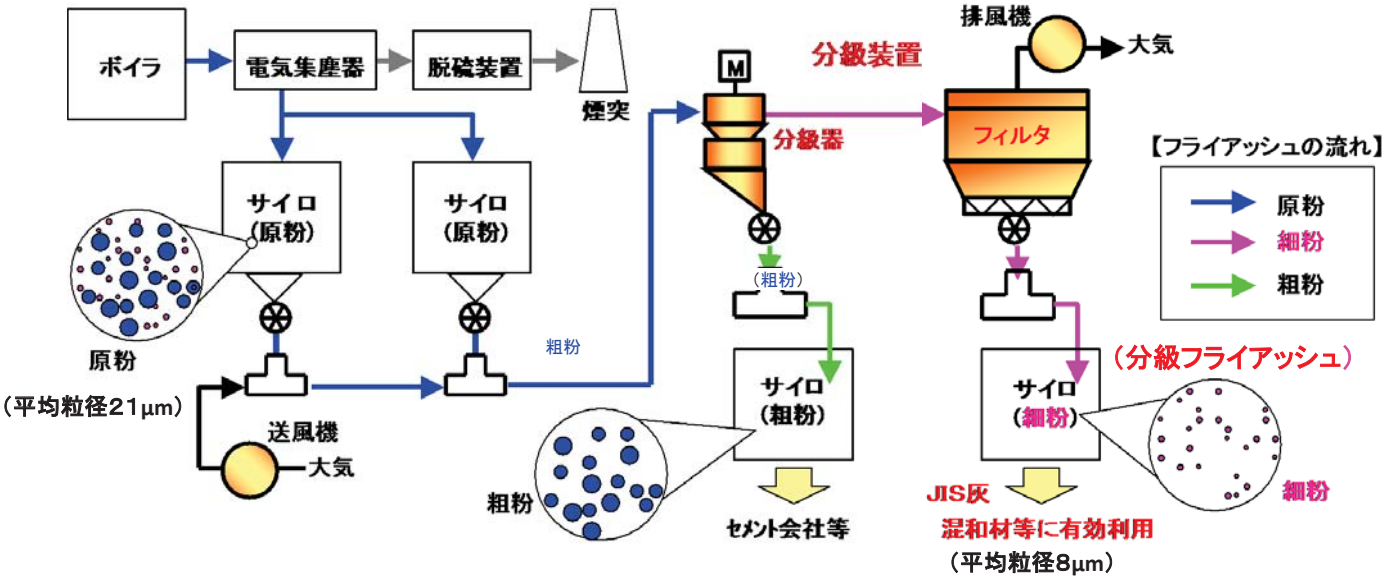
石川県七尾市ボックスカルバート
（□□□□□～□□□□打設：□□□□□ □□）

福井県池田町の砂防堰堤補強工
（□□□□～□打設：6□□ □□）

□

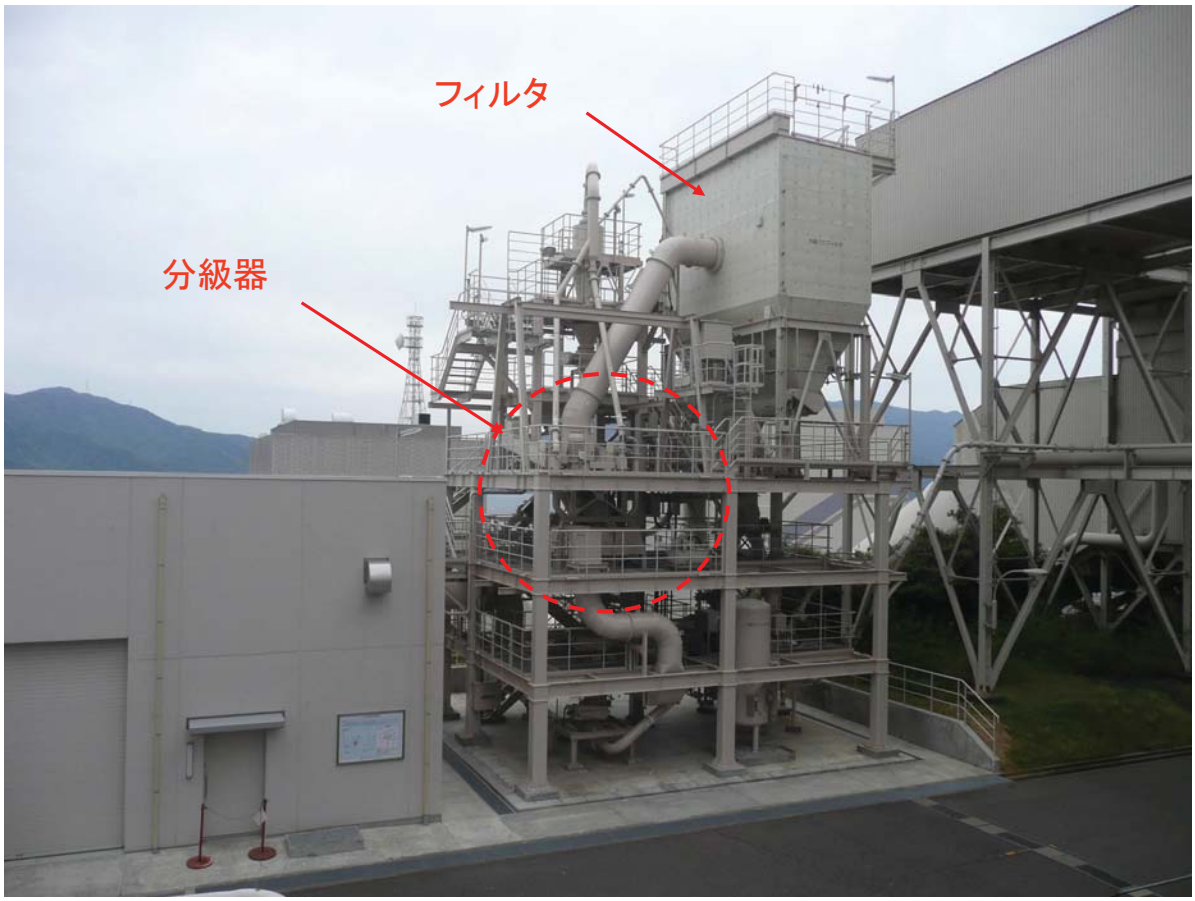
（1）フライアッシュの出荷体制の構築

【分級フライアッシュの製造工程】



高品質な分級フライアッシュを供給する体制を構築した。
（七尾大田火力発電所で3万t／年、敦賀火力発電所で3万t／年）

【敦賀火力発電所　分級装置外観】



9

【フライアッシュの出荷拠点】

凡例

現在の拠点位置（中継サイロ）

火力発電所

10

（2）フライアッシュコンクリートの試験練り及び配合の作成

【配合の例】

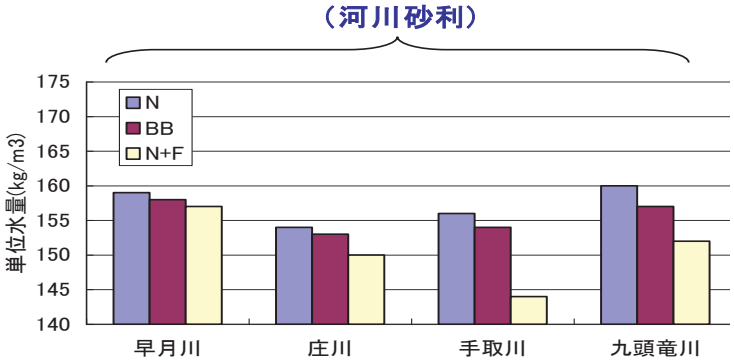
呼び強度 27 N/mm² （28日強度），スランプ 8 cm ，粗骨材の最大寸法 25 mm の場合の配合表

凡例　N：普通ポルトランドセメント、BB：高炉セメントB種、N＋F：フライアッシュ15%置換（内割り）

（手取川産骨材使用）

	水結合材比 W/(C+FA) (%)	細骨材率 s/a (%)	セメント C (kg/m³)	フライアッシュ FA (kg/m³)	水 W (kg/m³)	細骨材 s (kg/m³)	粗骨材 G (kg/m³)	混和剤 Ad (kg/m³)	備　考
N	54.7	44.0	285	―	156	802	1036	2.85	
BB	53.7	43.4	287	―	154	789	1044	2.87	
N＋F	53.3	45.8	230	40	144	851	1021	2.43	

【フライアッシュ使用による単位水量低減効果】



・生コンクリートプラントで試験練りし、フライアッシュコンクリートの**配合を作成**。
・フライアッシュを使用することにより、**単位水量を低減**できることが明らかとなった。

11

（3）実配合のコンクリートでの耐久性確認

【フライアッシュを用いたコンクリートの品質比較試験結果の一覧表】

下表は、**N+FがBB又はNに比べて**、
☆：顕著な効果有　◎：効果有（一部同等）　○：同等　△：効果減（一部同等）　×：顕著な効果減
であることを示す。

（N:普通ポルトランドセメント，BB：高炉セメントB種，N＋F：フライアッシュ15%置換）

比較項目		富山・石川県		福井県		試験項目
		BB	N	BB	N	
（1）施工性向上		◎	◎	◎	◎	・12打フロー試験 ・ブリーディング試験
（2）初期強度発現		☆	△	☆	△	・圧縮強度試験
（3）長期強度増進		○	☆	○	☆	
（4）収縮抑制		◎	◎	◎	◎	・乾燥収縮試験 ・自己収縮試験
（5）発熱量抑制		☆	☆	☆	☆	・簡易断熱温度上昇試験
（6）ASR抑制		◎	☆	○	◎	・モルタルバー法（JIS A1146　および デンマーク法）
（7）耐久性向上	a. 透水抑止性	○	○	○	○	・透水量の測定
	b. 塩化物イオン浸透抑止性	◎	☆	○	◎	・塩化物イオン浸透深さ ・見かけの拡散係数の測定
	c. 鉄筋腐食抑止性	○	○	○	○	・鉄筋の腐食状況
	d. 凍害抵抗性	○	○	○	○	・相対動弾性係数の測定 ・質量減少率の測定
	e. 中性化抑止性	◎	○	○	○	・中性化深さの測定
	f. 細孔率	○	○	○	○	・細孔率

12

（4）実績及び今後の予定

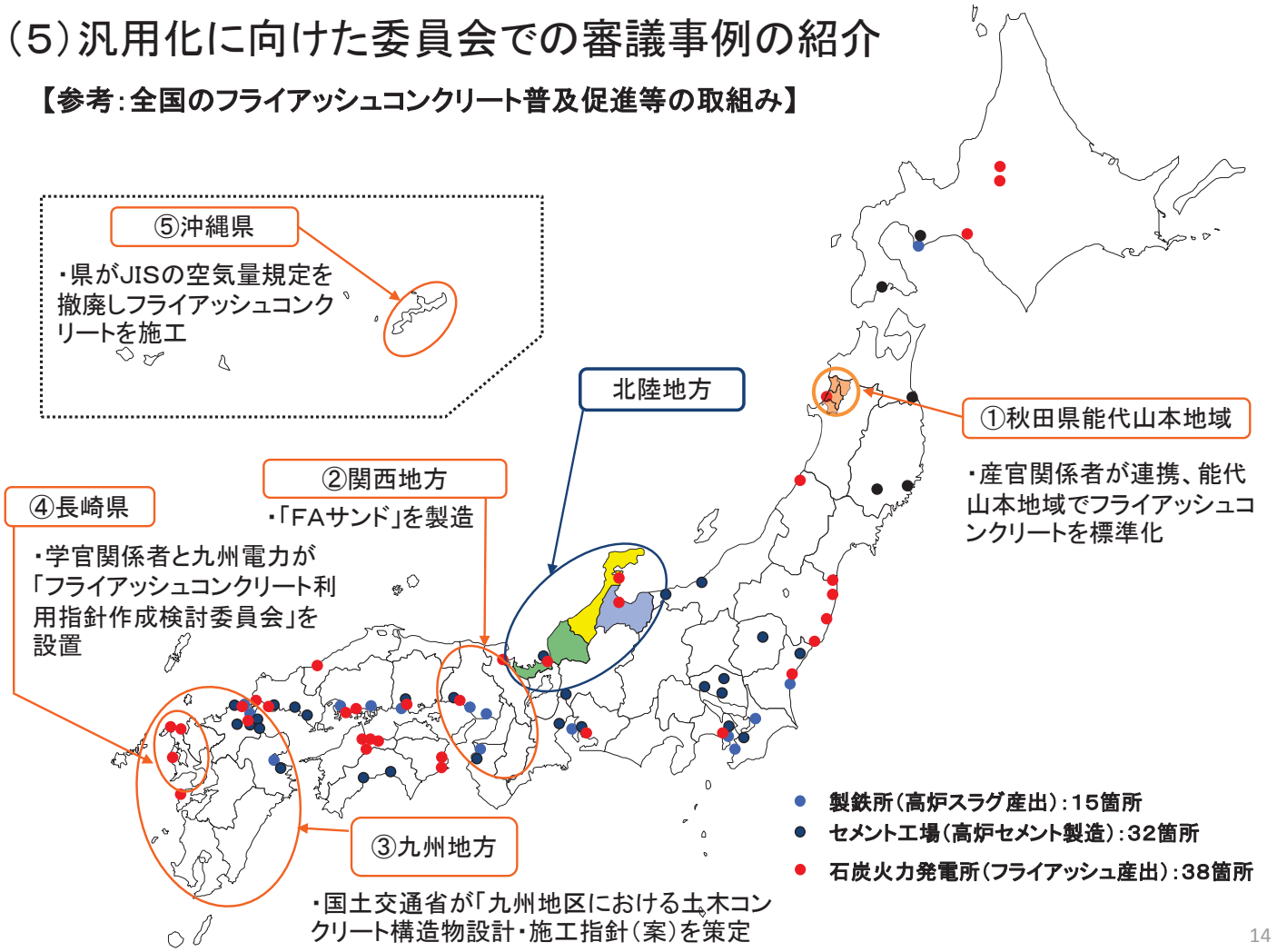
注）数量(m³)は、コンクリート数量を示す

		～平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度	平成28年度以降
委員会等の開催		第1回 ▼ 第2回 ▼ 第3回 ▼	第4回 ▼ 第5回 ▼	第6回 ▼	第7回 ▼	第8回 ▽	（1回/年の頻度）
公共工事	富山県工事	試験施工（約30m³）	モデル工事（約340m³）	モデル工事（約1,440m³）	（継続）モデル工事（約723m³）	（継続）全県	公共工事等での標準使用
	石川県工事	試験施工（約28m³）	モデル工事（約3,800m³）	モデル工事（約2,030m³）	（モデル地区化）モデル地区（約3,000m³）モデル工事（約6,850m³）	（モデル地区化）七尾地区	
	福井県工事	－	試験施工（約16m³）	モデル工事（約820m³）	（推進地区化）モデル工事（約4,460m³）	（推進地区化）嶺北・敦賀地区	
	国交省工事	－	試験施工（約242m³）	モデル工事（約710m³）	（継続）モデル工事（約339m³）	（継続）	
フライアッシュコンクリートの需要		約58m³	約4,398m³	約5,000m³	約15,372m³	（需要の拡大）	（需要の定着）
JIS認証工場数の拡大（富山県：全37工場、石川県：全42工場、福井県：全30工場）		富山：3工場 石川：2工場	富山：16工場 石川： 7工場 福井： 4工場	富山：17工場 石川： 7工場 福井： 7工場	富山：17工場 石川： 9工場 福井：11工場	（JIS工場の拡大）	（JIS工場の定着）

13

（5）汎用化に向けた委員会での審議事例の紹介

【参考：全国のフライアッシュコンクリート普及促進等の取組み】



14

【汎用化に向けた委員会での審議事例1】

「ASR抑制対策」について

JIS A5308「レディミクストコンクリート」附属書B（規定）「アルカリシリカ反応抑制対策の方法」におけるアルカリシリカ反応抑制効果があると確認された単位量について

標記について、北陸地方においてフライアッシュを使用する場合の見解を以下に示す。

1．フライアッシュの単位量について
下表に示す単位量を「アルカリシリカ反応抑制効果があると確認された単位量」で用いる。

使用するフライアッシュの種類	フライアッシュの置換率
フライアッシュ分級品	15%以上

ここに、
「フライアッシュ分級品」とは、北陸電力株式会社の七尾大田火力発電所または敦賀火力発電所で産出されるフライアッシュで原粉を分級装置でさらに分級したフライアッシュのことをいう。

【汎用化に向けた委員会での審議事例2】

「水セメント比の解釈」について

コンクリートの配合における水セメント比の解釈について

標記について、北陸地方においてフライアッシュを使用する場合の見解を以下に示す。

1．水セメント比の解釈について
「セメントの一部と置換して、フライアッシュを混和材として用いる場合には、水セメント比の代わりに水結合材比を用いてよい」ものとする。

ここに、
「結合材」とは、セメント、高炉スラグ微粉末、フライアッシュ、シリカフュームなど水と反応してコンクリートの強度発現に寄与するものをいう。
「水セメント比」とは、コンクリート、モルタルおよびセメントペーストにおける単位水量を単位セメント量で除した値。なお、この場合のセメントには、あらかじめ混和材を混合した混合セメントは含むが、セメントとは別に加える混和材は含まない。
「水結合材比」とは、フレッシュコンクリートまたはフレッシュモルタルに含まれる水と結合材の質量比（単位水量を単位結合材量で除した値）をいう。
「単位結合材量」とは、コンクリートまたはモルタル1m^{3}を造るときに用いるセメントおよび結合材の合計の使用量をいう。
ただし、適用範囲は、北陸電力株式会社の七尾大田火力発電所または敦賀火力発電所で産出された分級フライアッシュを用い、セメントとの置換率15～20%でコンクリートを製造する場合とする。