

リサイクル縁石研究会

廃棄物を多量混合使用した
コンクリート製品(縁石)の開発

発表者:(株)ヤマウ

リサイクル縁石研究会

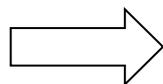
- 福岡県リサイクル総合研究センター
- 九州共立大学 牧角 龍憲教授
高山 俊一教授
- 福岡大学 添田 政司教授
- 麻生商事 株式会社
- 水谷建設工業 株式会社
- 株式会社 ヤマウ

縁石のリサイクル製品化を進める意義

- 縁石は無筋コンクリートであり、地域に密着した多くのコンクリート製品工場で製造している
- 地域で発生する再生資源が製品に利用できる
- 縁石の形状は単純であり、要求性能「外観、形状寸法、強度」に満足しやすく、製造が容易である
- 研究開発された技術や基本データにより、各製造会社の事業展開が容易にできる

縁石（無筋コンクリート製品）について

縁石の用途



- ・道路新設工事
- ・道路改良工事
- ・宅地造成工事

縁石の種類

JIS規格 JIS5371

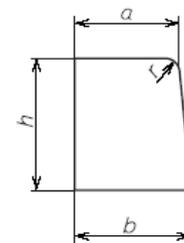
プレキャスト無筋コンクリート製品

推奨仕様2-2境界ブロック

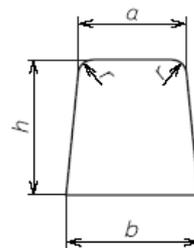
コンクリート圧縮強度 24N/mm^2 以上

コンクリート曲げ強度 3.0N/mm^2 以上

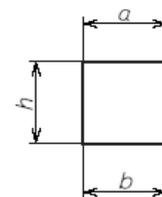
片面歩車道境界
ブロック



両面歩車道境界
ブロック

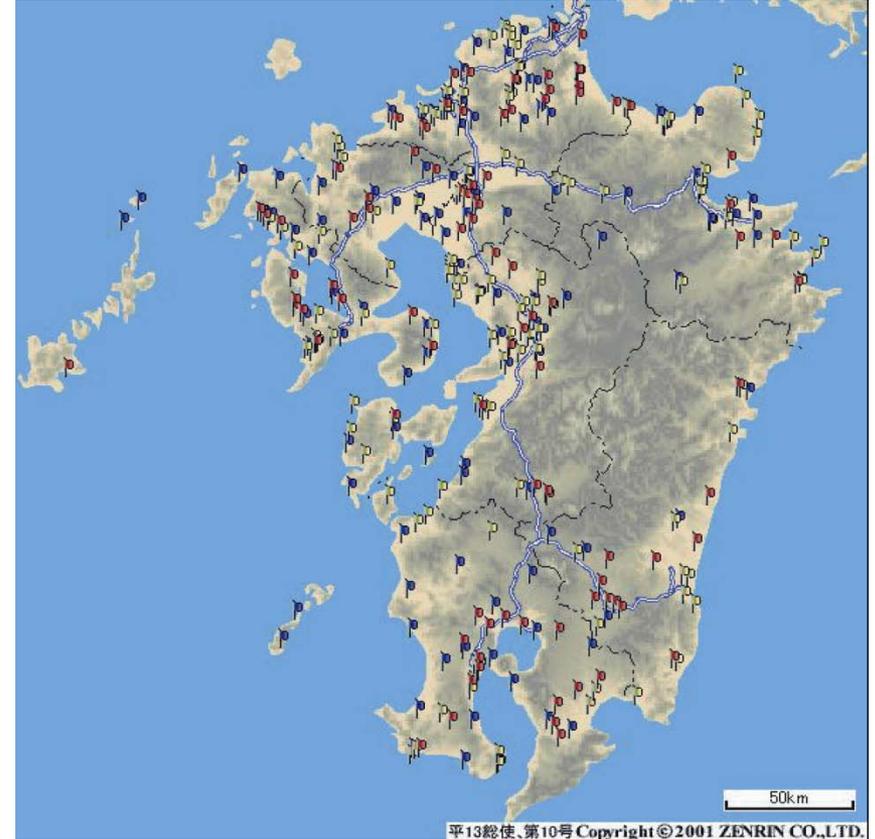
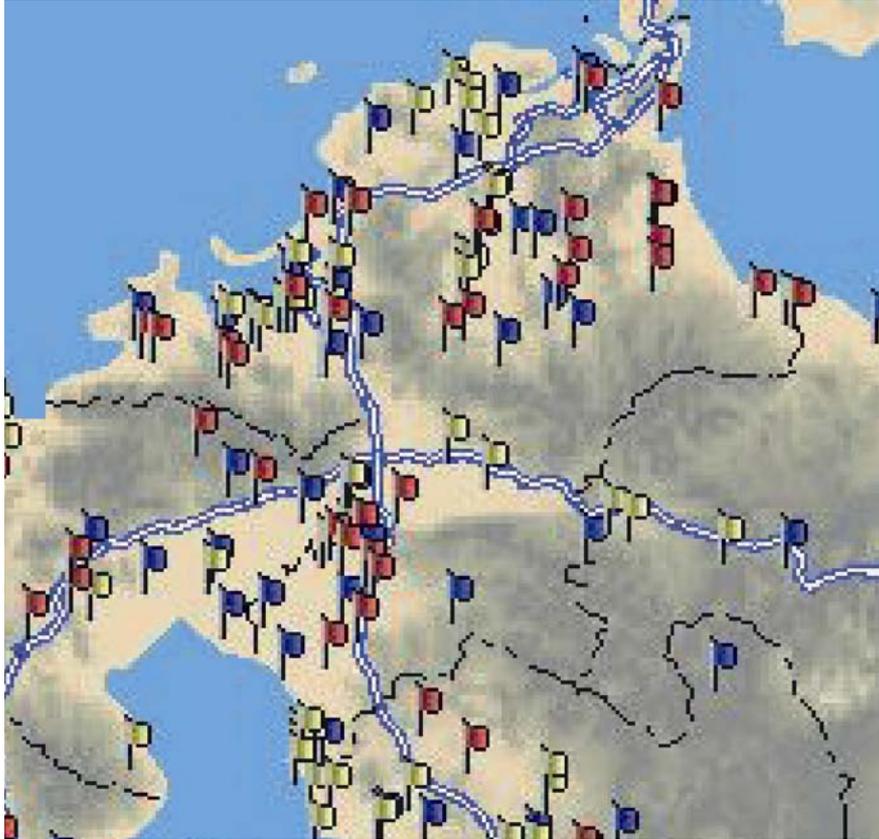


地先境界ブロック



施工写真

九州の一般廃棄物工場・下水処理施設 及びコンクリート製品工場の配置図



| | 福岡県 | 佐賀県 | 長崎県 | 熊本県 | 大分県 | 宮崎県 | 鹿児島県 | 総計 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| ■ 二次製品工場 | 32工場 | 9工場 | 15工場 | 16工場 | 10工場 | 13工場 | 24工場 | 119工場 |
| ■ 一般廃棄物工場 | 33施設 | 13施設 | 49施設 | 25施設 | 48施設 | 8施設 | 40施設 | 216施設 |
| ■ 下水処理施設 | 40施設 | 7施設 | 21施設 | 35施設 | 26施設 | 14施設 | 52施設 | 195施設 |

九州地区で再資源化が見込めそうな廃棄物及びその発生量

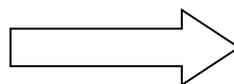
九州コンクリート製品協会資料平成20年 (t/年)

| | | | | |
|-------------------|----------------|-----------|----------------|--------------------|
| ごみ溶融 スラグ | 下水汚泥 溶融スラグ | 石炭灰 | コンクリート 塊 | 高炉スラグ (微粉末・細骨材) |
| 64,110 | 2,150 | 1,218,700 | 不明 | 272,000 |
| 製綱スラグ (転炉・電気炉) | フェロニッケ ルスラグ | 銅スラグ | 陶磁器くず タイルくず | 廃瓦 |
| 112,000 | 37,000 | 700,000 | 3,000 | 35,600 |

研究開発の目的

- ※再生資源を天然骨材の代用として、多量に使用する
- ※ 2種類以上使用し、製品重量の20%以上使用する

- ・一般廃棄物溶融スラグ
- ・下水汚泥溶融スラグ
- ・コンクリート塊
- ・フライアッシュ



製品重量の20%以上使用する

コンクリート製品

- 福岡県リサイクル製品認定制度は、再生資源が製品重量の10%以上
- 再生資源の使用量は、各単一原料では10%以上は達成
- 溶融スラグは物性が様々であり、複数の再生資源材料を使用する為には、製品の要求性能を満足したコンクリート配合の確立が必要

共同研究者の研究項目

九州共立大学
福岡大学

コンクリート配合技術研究及びコンクリート基礎物性研究

- ・複合再生資材の最適配合
- ・フレッシュ性状
- ・硬化性状(圧縮、曲げ)

コンクリート溶出試験(福岡大学)

麻生商事(株)
水谷建設工業(株)
(株)ヤマウ

廃棄部発生状況調査

- ・一般廃棄物溶融スラグ
- ・高炉スラグ
- ・コンクリート塊(再生骨材)
- ・フライアッシュ 等

コンクリート製造技術研究

- ・実機プラントでの適用確認(流し込み、即時脱型)
- ・養生条件(水中・蒸気)の違い

コンクリート配合技術(福岡大学)

材料の物理的性質

| | 使用材料 | 密度 (g/cm^3) | 吸水率 (%) | 粗粒率 (FM) | 比表面積 (cm^2/g) |
|------|--------------|----------------------------------|------------|-------------|------------------------------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント | 3.16 | - | - | 3230 |
| 細骨材 | 海砂 | 2.57 | 1.11 | 2.57 | - |
| | 溶融スラグ | 2.77 | 0.28 | 2.52 | - |
| | 水砕スラグ | 2.72 | 0.79 | 2.69 | - |
| 粗骨材 | 碎石 | 2.75 | 0.96 | 6.98 | - |
| | 再生骨材L | 2.46 | 5.87 | 6.80 | - |
| 混和材 | フライアッシュ(Ⅱ種) | 2.33 | - | - | 3940 |

コンクリートの配合技術

シリーズⅠ

溶融50

溶融60

溶融70

細骨材の容積に対する溶融スラグの置換率が50, 60, 70%の3配合

シリーズⅡ

溶融50水砕

溶融60水砕

溶融70水砕

シリーズⅠの3配合を基準として、海砂を水砕スラグに全量置換した3配合

シリーズⅢ

溶融50水砕・再生50

溶融50水砕・再生70

溶融50水砕・再生100

溶融50水砕の配合を基準として、粗骨材の容積に対して再生骨材を50, 70, 100%置換した3配合

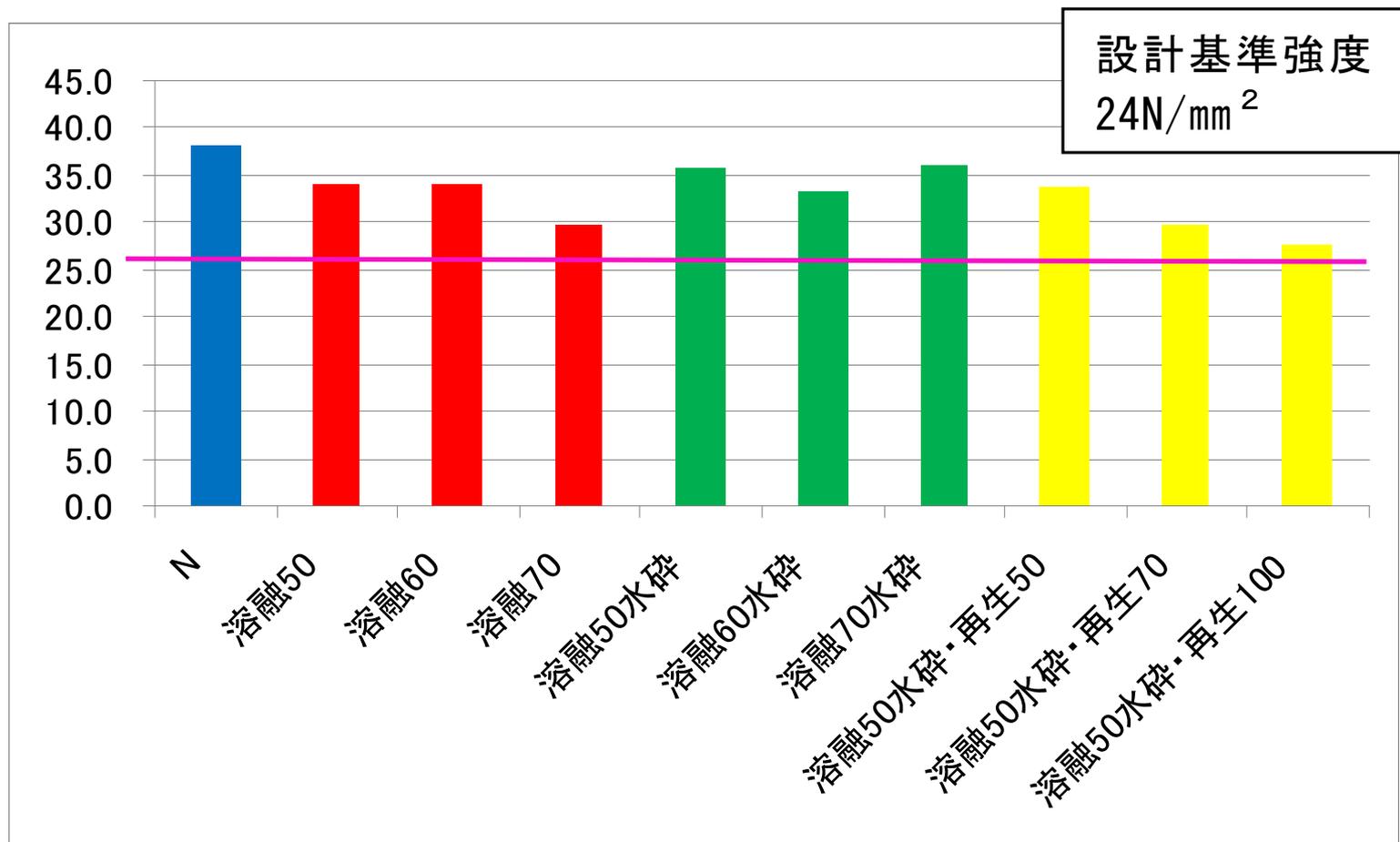
コンクリートの配合技術

コンクリートの配合，水セメント比53%，細骨材率45%，セメント333kg/m³一定，水160kg/m³一定，フライアッシュ内割および外割10%置換とした目標スランプを8±2cm，混和剤は高性能AE減水剤使用

| 配 合 | | | 全重量に対する置換率(%) |
|--------------|-------|--|---------------|
| N | - | リサイクル材無混和 | 0 |
| 溶融50 | シリーズⅠ | 細骨材の容積に対する溶融スラグの置換率が50, 60, 70%の3配合 | 22 |
| 溶融60 | | | 25 |
| 溶融70 | | | 29 |
| 溶融50水砕 | シリーズⅡ | シリーズⅠの3配合を基準として、海砂を水砕スラグに全量置換した3配合 | 36 |
| 溶融60水砕 | | | 36 |
| 溶融70水砕 | | | 36 |
| 溶融50水砕・再生50 | シリーズⅢ | 溶融50水砕の配合を基準として、粗骨材の容積に対して再生骨材を50, 70, 100%置換した3配合 | 46 |
| 溶融50水砕・再生70 | | | 52 |
| 溶融50水砕・再生100 | | | 65 |

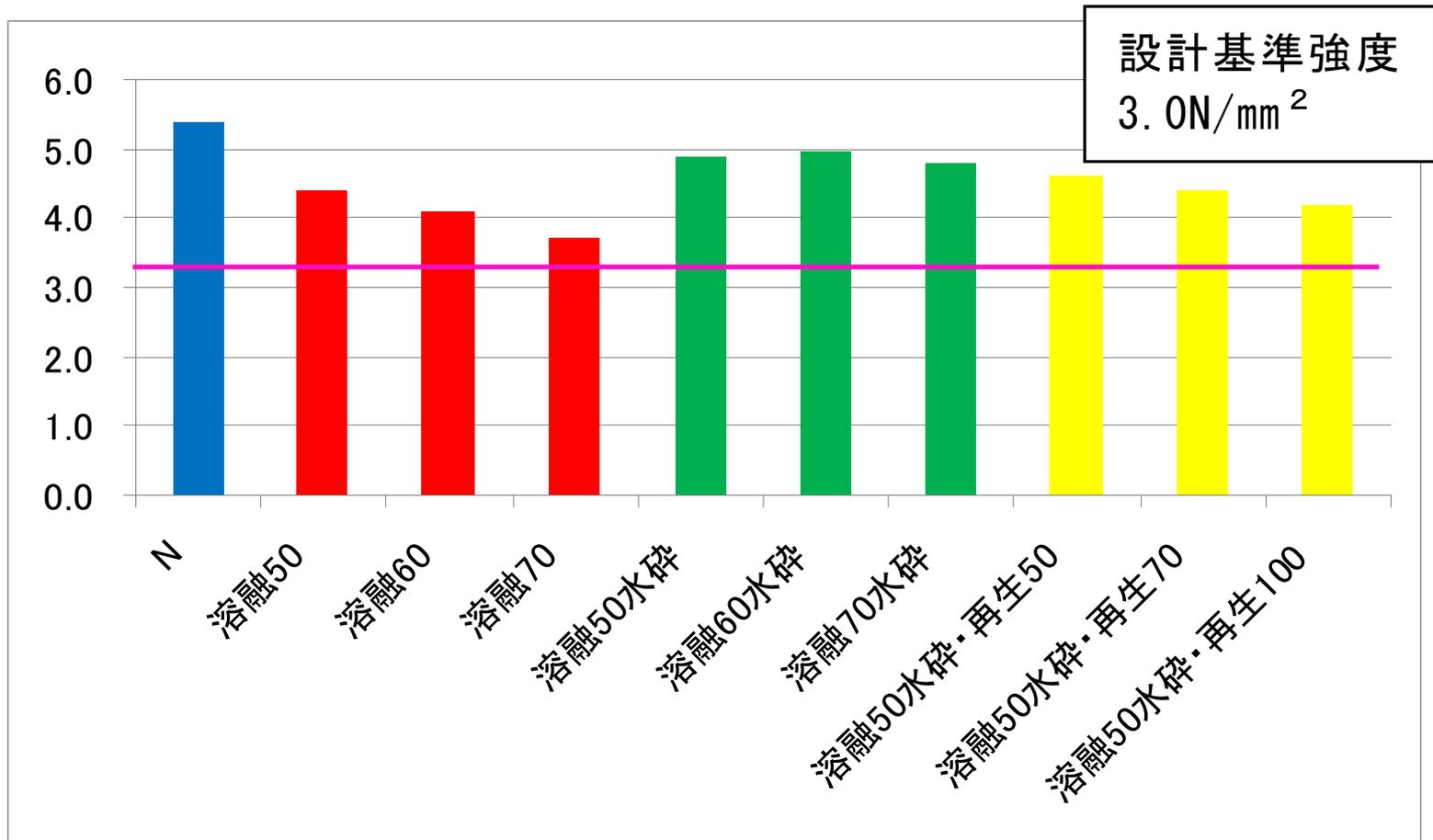
各配合の圧縮強度

打設直後に24時間サイクルで蒸気養生を行い、材齢(14日)まで20℃水中養生



各配合の曲げ強度

打設直後に24時間サイクルで蒸気養生を行い、
材齢(14日)まで20℃水中養生

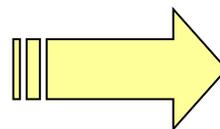


コンクリートの製造技術

流し込み実機製造

2種類のリサイクル材

一般廃棄物溶融スラグ60%
フライアッシュ80kg/m³



- ①標準養生及び同一養生とも、圧縮強度、曲げ強度ともに設計基準強度を満足
- ②作業性・コンクリートの充填性及び製品外観も普通コンクリート同程度
- ③リサイクル材の全重量に対する置換率

22.5%、約550kg/m³

| 養生 (材齢) | 圧縮 (N/mm ²) | 養生 (材齢) | 圧縮 (N/mm ²) | 曲げ 強度 (N/mm ²) |
|------------|----------------------------|-------------|----------------------------|----------------------------------|
| 標準 (7日) | 29.7 | 標準 (14日) | 35.4 | 4.98 |
| | 29.4 | | 35.9 | 4.94 |
| | 30.2 | | 36.9 | 4.65 |
| 平均 | 29.8 | 平均 | 36.1 | 4.86 |
| 同一 (7日) | 20.4 | 同一 (14日) | 25.1 | 3.23 |
| | 20.1 | | 26.0 | 3.72 |
| | 22.9 | | 25.3 | 3.17 |
| 平均 | 21.1 | 平均 | 25.5 | 3.37 |

$$\frac{\text{同一養生(圧縮)}}{\text{標準養生(圧縮)}} = 0.71$$

$$\frac{\text{同一養生(曲げ)}}{\text{標準養生(曲げ)}} = 0.69$$

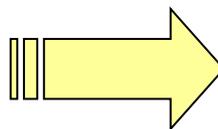
コンクリートの製造技術

即時脱型製造

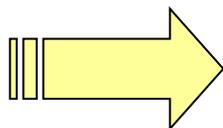
2種類のリサイクル材

一般廃棄物溶融スラグ
30%、60%で試験
フライアッシュ80kg/m³

即脱脱型成型状況
(麻生商事飯塚工場)



- ①全ての配合で圧縮強度及び曲げ強度ともに設計基準強度を満足
- ②作業性・コンクリートの充填性及び製品外観も通常配合に比べ見劣りする
- ③リサイクル材の全重量に対する置換率
スラグ30%で約**21%**、**510kg/m³**
スラグ60%で約**38%**、**920kg/m³**



- ・脱型直後
- ・肌が粗い
- ・外観やや不良

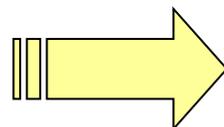
結果

最適配合

九州共立大学、福岡大学

リサイクル材の組合せ(20%~65%)

- ① フライアッシュ+溶融スラグ
- ② フライアッシュ+溶融スラグ
+高炉スラグ
- ③ フライアッシュ+溶融スラグ
+再生骨材
- ④ フライアッシュ+高炉スラグ
+再生骨材
- ⑤ フライアッシュ+溶融スラグ
+高炉スラグ+再生骨材



JISA5371:2004 の
要求性能は満足
圧縮強度 24N/mm²以上
曲げ強度 3N/mm²以上

福岡大学では蒸気養生後の湿潤養生実施(14日)

※最適な配合は、溶融スラグ、水砕スラグおよびフライアッシュの3種類を全重量に対して36%置換(870kg/m³)した配合

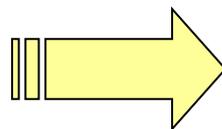
※リサイクル材の使用量が増えた場合に強度は若干小さくなる

結果

流し込み実機による製造

リサイクル材の組合せ (22.5%)

フライアッシュ80kg/m³
溶融スラグ60%



① JISA5371:2004の要求性能は満足

圧縮強度 24N/mm²以上

曲げ強度 3N/mm²以上

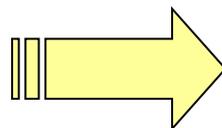
② 外観は普通コンクリート同等

③ 強度面では、標準養生に比べ蒸気養生後、気中養生した場合に70%となった

即時脱型サンプル機による製造

リサイクル材の組合せ
(21%~38%)

フライアッシュ80kg/m³
溶融スラグ30%、60%



① JISA5371:2004の要求性能は満足

圧縮強度 24N/mm²以上

曲げ強度 3N/mm²以上

② 外観はやや不良

今後の課題

- リサイクル材料を増やすことにより、材料貯蔵設備や計量設備について、設備増設が必要
- リサイクル材は、運賃の占める割合が高く、コンクリート原材料費が上がる傾向にあり、設備費用・人件費を含めたコスト削減が必要
- 再生骨材について、一部供給される状況にあるが、まだ地域ごとに使用できない状況にない
- 即時脱型製法は、労務費削減や省エネルギー等が可能であり、外観等改善が必要

本日はお忙しい中ご清聴いただき
誠にありがとうございました