

骨材資源を有効活用した舗装用コンクリートの耐久性確保に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 24～平 27

担当チーム：基礎材料チーム

研究担当者：渡辺 博志、森濱 和正

【要旨】

コンクリート舗装は、耐久性が高くライフサイクルコストが低減できるため、その普及が期待されている。一方で、コンクリートの主要材料である粗骨材は、天然砂利が減少し、砕石や石灰石骨材が増えている。また、産業廃棄物削減を目的に各種スラグ骨材の有効利用が求められているなど、舗装コンクリートへの活用にあたっては、多様な骨材資源への対応が求められている。そこで、各種粗骨材の舗装コンクリートへの適用性を明らかにすることを目的に研究を行なっている。

26年度は、5種類の粗骨材を用いて単位粗骨材かさ容積、スランプを変化させた場合の施工性試験、すり減り抵抗性、すべり抵抗性試験、W/Cと各種強度試験のほか、スケーリング試験などを行なった。

キーワード：石灰石骨材、スラグ骨材、施工性試験、強度試験、すり減り試験、すべり試験、スケーリング試験

1. はじめに

我が国の道路舗装に占めるコンクリート舗装のシェアは5%程度であり、ほとんどはアスファルト舗装である¹⁾。しかし、コンクリート舗装は耐久性が高いこと、そのためライフサイクルコストがアスファルト舗装よりも低く抑えられることなどの長所もあり²⁾、見直されてきている。

コンクリート舗装の普及促進に向けては、根拠が不明確なまま残されている仕様規定を改め、性能規定化を進めることにより、舗装コンクリートの高い耐久性を確保した上で、材料面や施工面での自由度を拡大してゆくことが非常に重要となる。

例えば、粗骨材については、最大寸法と骨材の種類の問題が考えられる。舗装に用いる粗骨材の最大寸法（Gmax）は40mmが一般的である。しかし、生コンプラントが使用している粗骨材は、最近ではGmax 20mmまたは25mm（以下、20/25と表記）の場合がほとんどである。このため、舗装用コンクリートに用いる粗骨材の仕様をGmax 40mmで決定した場合、生コンプラントでは粗骨材を入れ替えるなどの対応が発生し、コンクリートの調達に支障が生じることとなる。このような問題を回避するためには、Gmax 20/25mmの粗骨材でも要求性能を満足する舗装コンクリートが製造できることを示す必要がある。

また、一方で、資源の有効活用の観点からは、ス

ラグ骨材の使用が求められている。近年、コンクリートの収縮低減に有利な石灰石の使用が増えてきている。しかし、これらの骨材のすりへり抵抗性やすべり抵抗性には不明な点がある。

次に、舗装コンクリートのワーカビリティについては、現在、スランプ2.5cm、振動台式コンシステンシー試験³⁾による沈下度30秒として仕様を定めることが一般的である。しかし、このような硬練りのコンクリートを運搬するためには、通常のトラックアジテータではなく、ダンプトラックを用いることとなる。舗装としての要求性能を満足できる範囲でワーカビリティを改善し、トラックアジテータによる運搬を可能にするなど、一般のコンクリート製造設備でも製造・供給できることが望まれている。

コンクリートの強度管理は曲げ強度試験が行われている。供試体が重く、曲げ試験装置が必要なことなどから、大変な労力が必要である。

このような背景のもとに、平成24年度より、(学)東京農業大学、(一社)セメント協会、太平洋セメント(株)、日本道路(株)の4機関との共同研究により、各種骨材を舗装コンクリートとして用いる場合の、骨材に要求される品質を明確にすること、施工、強度管理の合理化を目的に研究を開始した。

平成24、25年度は、通常用いられている砂利と砕石4種類と、産地の異なる石灰石4種類のGmax 40mmと20/25mm、製造所の異なるスラグ骨材Gmax

20mm を 4 種類、合計 20 種類を集め、骨材の各種物理試験と、舗装コンクリートの配合を決定し⁴⁾、強度試験⁵⁾、⁶⁾、⁷⁾、ラベリング試験⁸⁾、⁹⁾、凍結融解試験¹⁰⁾、長さ変化試験などを行なった¹¹⁾、¹²⁾。

平成 26 年度は、平成 24、25 年度の検討（報告書 (1)¹¹⁾、(2)¹²⁾、以下、前年度）使用した 20 種類の粗骨材の中から代表的な 5 種類を選定し、単位粗骨材かさ容積（以下、単にかさ容積という）およびスランブを変化させた場合の施工性、すり減り抵抗性およびすべり抵抗性、W/C と各種強度試験について検討した（4～11 章）。また、前年度使用した 20 種類の内の数種類の粗骨材を用いて、粗骨材の簡易凍結融解試験と、コンクリートのスケーリング試験（12 章）、粗骨材の乾燥収縮試験（13 章）を行い、その結果と報告書 (2)¹²⁾で実施したコンクリートの乾燥収縮試験結果との比較を行なった。

2. 骨材の種類と物性試験

2. 1 骨材の種類

実験に使用した粗骨材は、表 2.1 に示す 5 種類である。前年度と同じ産地の骨材を使用した。採取時期が異なるので、ロットの異なるものである。前年度までの検討に用いたものをロット 1、平成 26 年度に用いたものをロット 2 とする。粗骨材の種類は、硬質砂岩碎石の最大寸法 20mm と 40mm、石灰石、高炉スラグ、電気炉酸化スラグの 5 種類である。細骨材は、川砂である。

表 2.1 骨材（ロット 2）の種類

| 骨材の種類 | | 記号 | 粒度範囲 | |
|-------|-------|----------|------|------|
| 粗骨材 | 碎石 | 硬質砂岩 | A | 2005 |
| | | | | 4005 |
| | スラグ骨材 | 石灰石 | LD | 2005 |
| | | 高炉スラグ | SC | 2005 |
| | | 電気炉酸化スラグ | SD | 2005 |
| 細骨材 | 川砂 | | | |

2. 2 試験項目および試験

骨材の試験項目、試験方法は表 2.2 のとおりである。JIS による一般的な物性試験のほか、BS による破砕値試験、土研で提案¹³⁾している粗骨材の簡易凍結融解試験、乾燥収縮率試験を行なった。すりへり試験の粒度区分は、Gmax 40mm は A、20/25mm は C とした。

表 2.2 骨材の試験項目および試験方法

| 試験項目 | 試験方法 |
|------------------------|----------------|
| 骨材のふるい分け試験 | JIS A 1102 |
| 骨材の微粒分量試験 | JIS A 1103 |
| 骨材の単位容積質量及び実積率試験 | JIS A 1104 |
| 細骨材・粗骨材の密度及び吸水率試験 | JIS A 1109, 10 |
| ロサンゼルス試験機による粗骨材のすりへり試験 | JIS A 1121 |
| 硫酸ナトリウムによる骨材の安定性試験 | JIS A 1122 |
| 骨材破砕値試験 | BS 812 |
| 粗骨材の簡易凍結融解試験 | 土研資料 4199 号 |
| 粗骨材の乾燥収縮率試験 | |

2. 3 試験結果

骨材（ロット 2）の試験結果を表 2.3 に示す。

主な項目についてロット 1 とロット 2 の対比結果を図 2.1～図 2.5 に示す。図 2.1 は表乾密度、図 2.2 は吸水率、図 2.3 は安定性、図 2.4 はすりへり、図 2.5 は破砕値である。高炉スラグ SC は、表乾密度がやや大きく、吸水率、すりへりはやや小さくなっており、ロット 1 よりも多少品質が良くなっている。そのほかの骨材は、安定性を除きほぼ同等である。

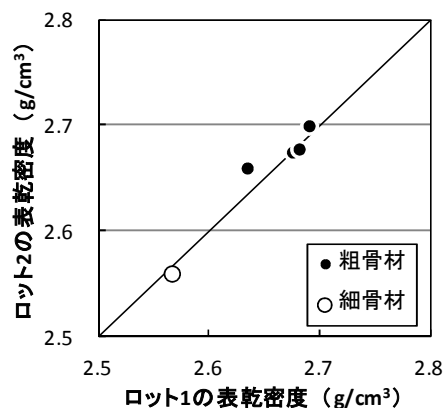


図 2.1 表乾密度の比較

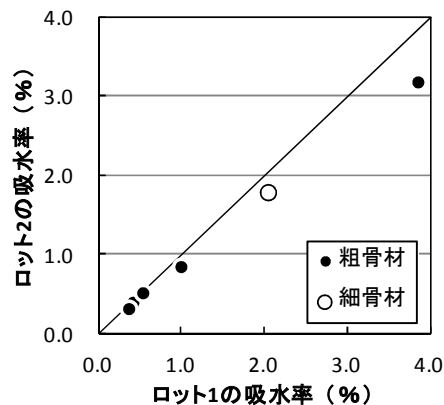


図 2.2 吸水率の比較

表2.3 骨材(ロット2)の試験結果

| 骨材の種類 | | 記号 | 粒度範囲 | 表乾密度 (g/cm^3) | 絶乾密度 (g/cm^3) | 吸水率 (%) | 単位容積質量 (kg/L) | 実積率 (%) | 粗粒率 | 微粒分量 (%) | 安定性損失 質量(%) | すりへり 減量(%) | 破砕値 (%) | |
|-------|----------|----|-------|----------------------|----------------------|------------|----------------------|------------|------|-------------|----------------|---------------|------------|------|
| 粗骨材 | 硬質砂岩 | A | 2005 | 2.674 | 2.664 | 0.39 | 1.611 | 60.5 | 6.71 | 1.1 | 1.9 | 12.8 | 9.9 | |
| | | | 4005 | 2.677 | 2.669 | 0.31 | 1.644 | 61.6 | 7.31 | 1.2 | 1.1 | 12.5 | 8.1 | |
| | 石灰石 | LD | 2005 | 2.699 | 2.685 | 0.51 | 1.588 | 59.1 | 6.94 | 0.5 | 3.1 | 22.9 | 21.8 | |
| | スラグ | SC | 高炉スラグ | 2005 | 2.659 | 2.577 | 3.17 | 1.507 | 58.5 | 6.33 | 0.6 | 1.5 | 25.9 | 25.1 |
| | 電気炉酸化スラグ | | SD | 2005 | 3.720 | 3.689 | 0.84 | 2.097 | 56.8 | 6.27 | 0.1 | 2.6 | 15.4 | 16.6 |
| 細骨材 | 川砂 | | | 2.560 | 2.515 | 1.79 | 1.732 | 68.9 | 2.80 | 1.2 | 5.1 | - | - | |

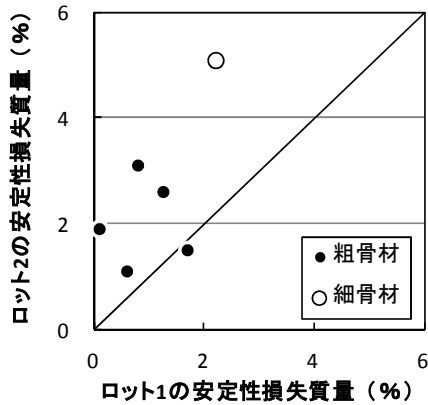


図 2.3 安定性損失質量の比較

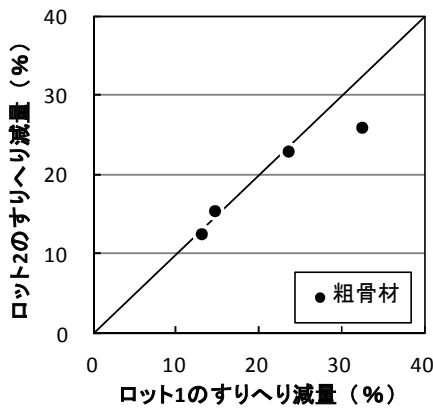


図 2.4 すりへり減量の比較

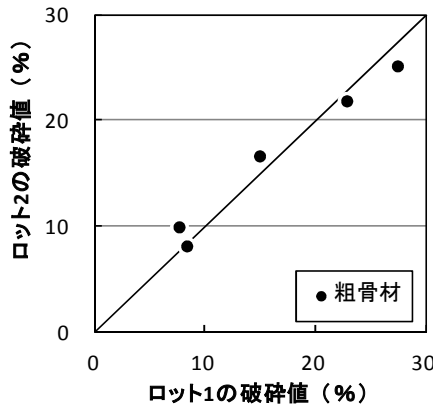


図 2.5 破砕値の比較

3. 骨材以外の使用材料

骨材以外の使用材料は、セメントは、普通ポルトランドセメント（密度 $3.16g/cm^3$ 、ブレン比表面積 $3380cm^2/g$ ）を使用した。

混和剤は、表 3.1 の AE 減水剤、高性能 AE 減水剤、AE 剤を使用した。

表 3.1 混和剤

| 混和剤の種類 | | 主成分 | 使用量 |
|------------|--------|---------------------|----------------------------------|
| AE 減水剤 | 標準形(I) | リグニンスルホン酸化 | 標準 C×1.0% |
| | 高機能タイプ | 化合物とポリカルボン酸エーテルの複合体 | 試し練りにより 0.6~1.5% |
| 高性能 AE 減水剤 | 標準形(I) | ポリカルボン酸エーテル系化合物 | 標準 C×0.9% 試し練りにより 0.5~3.0% |
| AE 剤 | 標準形(I) | 変性ロジン酸化合物系陰イオン界面活性剤 | 目標空量が得られる量 |

4. 各種施工性試験に用いたコンクリート配合とフレッシュ性状

5~8 章に示す施工性試験を行うにあたって使用したコンクリートは、スランプとかさ容積の組合せの条件を表 4.1 のように設定した。空気量は 4.5% である。

5 種類の粗骨材について、かさ容積 0.72 のとき各目標スランプを得るための単位水量を試験練りによって決定し、目標スランプごとに単位水量は一定とした。かさ容積 0.72、目標スランプ 2.5cm については、単位水量一定で、高性能 AE 減水剤（以下、SP 剤）を用いて目標スランプを 6.5cm、10.5cm に増大させた場合についても実験した。各配合について、空気量 4.5% が得られる AE 剤量を試験練りによって決定した。

目標スランプごとのスランプの測定値は、図 4.1 ~ 図 4.5 のとおりであった。目標スランプごとにかさ容積 0.72 のときの単位水量一定としたため、かさ

| 表4.1 スランプとかさ容積の組合せ | | | | | |
|--------------------|---------------------|-------------------|-----------|------------------|-----------|
| 単位水量 | かさ容積0.72の 目標スランプ | かさ容積 (s/aの概略値(%)) | | | |
| | | 0.62 (48) | 0.67 (44) | 0.72 (40) | 0.76 (36) |
| W1 | 2.5 cm | a | b | c SP1*, SP2** | d |
| W2 | 6.5 cm | e | f | g | h |
| W3 | 10.5 cm | i | j | k | l |

* SP1: SP剤により、スランプ2.5cm⇒6.5cm、** SP2: 同様に2.5cm⇒10.5cm

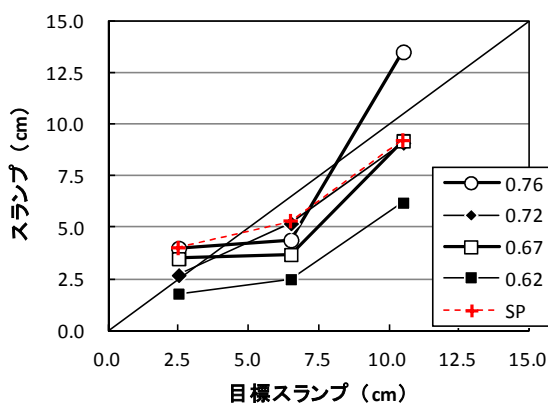


図 4.1 目標スランプとスランプ測定値の関係 (A20)

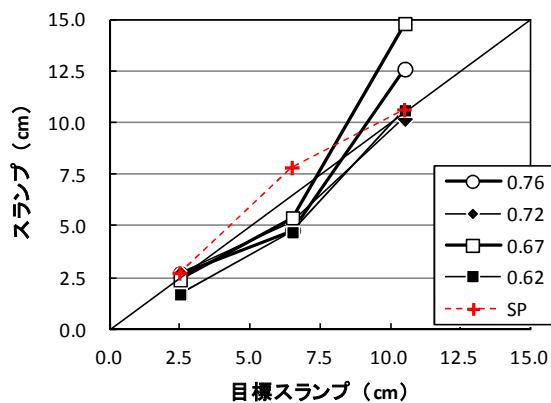


図 4.4 目標スランプとスランプ測定値の関係 (SC)

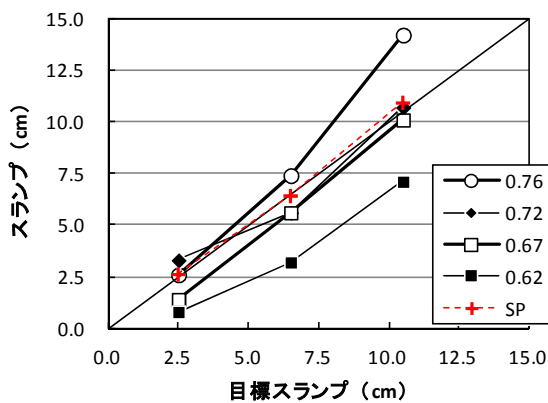


図 4.2 目標スランプとスランプ測定値の関係 (A40)

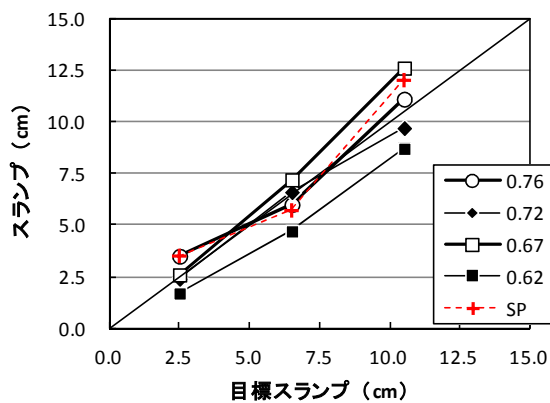


図 4.5 目標スランプとスランプ測定値の関係 (SD)

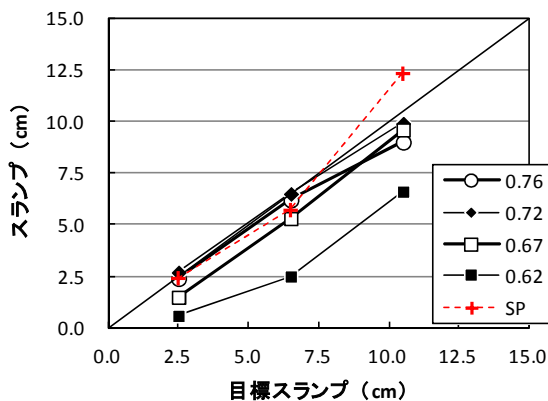


図 4.2 目標スランプとスランプ測定値の関係 (LD)

容積が小さくなる（細骨材率が大きくなる）ほどスランプは小さくなった。

目標スランプ 2.5cm、6.5cm については沈下度も測定した。かさ容積と沈下度の関係は図 4.6～図 4.10 のとおりであった。

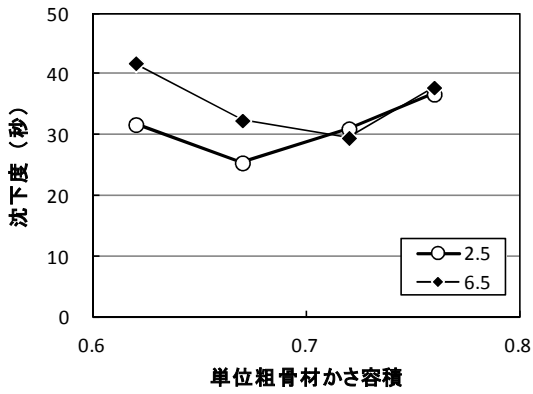


図 4.6 かさ容積と沈下度の関係 (A20)

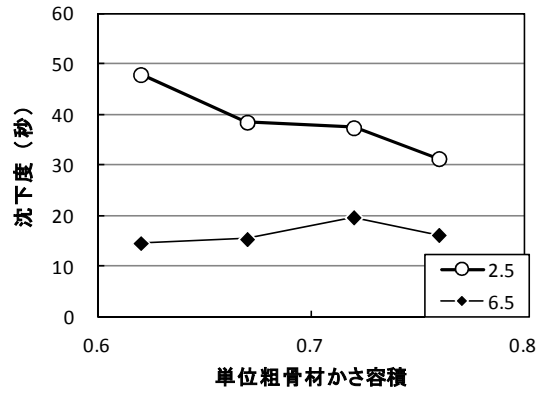


図 4.9 かさ容積と沈下度の関係 (SC)

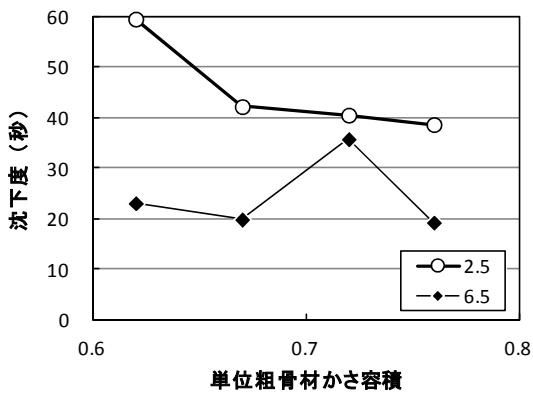


図 4.7 かさ容積と沈下度の関係 (A40)

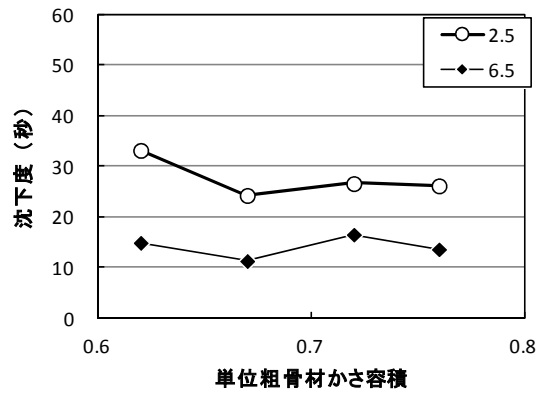


図 4.10 かさ容積と沈下度の関係 (SD)

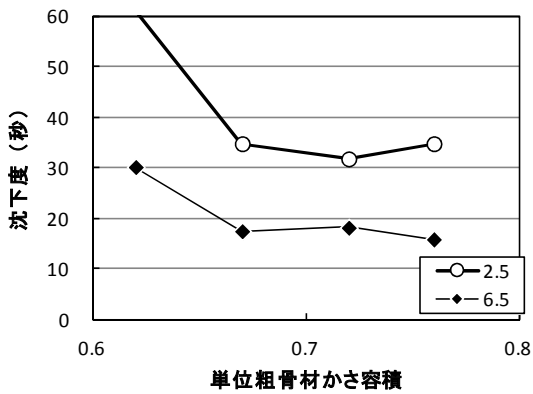


図 4.8 かさ容積と沈下度の関係 (LD)



写真 5.1 フローテーブルによる締固め性試験

5. フローテーブルを用いた締固め性・変形性試験

5.1 試験方法

フローテーブルを用いた締固め性・変形性試験は、**写真 5.1** の器具を用いて行った¹⁴⁾。

締固め性試験は、フローテーブルに CBR 供試体作製用モールド (φ150×175mm) とカラー (φ150×55mm 程度) を載せ、試料が 100% 締め固まったときモールドの高さになるだけ計量し、モールドに詰めた。打撃を 5、10、20、40、60、80 回加え、打

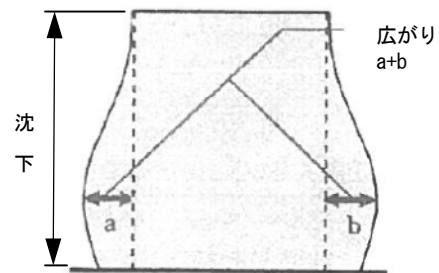


図 5.1 脱型後の変形性試験

撃回数ごとに沈下量を測定し、締固め率を求めた。

変形性試験は、80回打撃終了後、モールドを引き抜き（脱型後）、**図 5.1** のように試料の広がり、高さを測定し、沈下量を求めた。再度、打撃を 5、10、20、30、40 回加え、打撃回数ごとに広がり、高さを測定する。途中で試料が崩れた時、その回数を記録した。

5.2 試験結果

試験結果の一例は、**図 5.2** のとおりである。

(a)図は、モールドに詰め込んだ状態（脱型前）での打撃回数と沈下の関係である。打撃回数 0 回が、試料をモールドに詰め込んだときの試料の高さである。打撃を加えることにより沈下し、高さが低下していることを示している。

(b)図は、(a)図の沈下量から締固め率を求めた結果である。

(c)図は、モールドを抜いた後（脱型後）の打撃回数と沈下の関係である。脱型前の打撃 80 回と、脱型後の 0 回の高さの差が、脱型直後の沈下を表している。

(d)図は、脱型後の打撃回数と広がりとの関係である。

5.3 かさ容積、スランプと締固め率、崩れた回数との関係

図 5.3～**図 5.7** に、かさ容積と打撃 80 回時の締固め率の関係（左図）、かさ容積と崩れた回数との関係（右図）を、骨材の種類、目標スランプごとに示す。

ばらつきが大きいので明確ではないが、締固め率は、上に凸の傾向があり、かさ容積が 0.7 程度の時がピークになっている場合が多いようである。すなわち、かさ容積 0.7 程度の時、最も締め固まりやすいことを表している。

舗装コンクリートは、通常、沈下度で施工性が確認されており、フローテーブルによる締固め率と沈下度の関係について検討する。

沈下度の結果は、4 章の**図 4.6**～**図 4.10** のとおり、かさ容積 0.7 程度するとき沈下度が最小になっている（最適かさ容積）。フローテーブルによる締固め率の結果も**図 5.3**～**図 5.7** のとおりかさ容積 0.7 程度の時、最も締め固まっており、沈下度と同様の傾向を示している。このことから、フローテーブルによる締固め率測定も舗装コンクリートの施工性の評価に適用できる可能性がある。

なお、骨材の種類と締固め率の関係に明確な傾向はなく、今回の検討の範囲では、使用した程度の骨

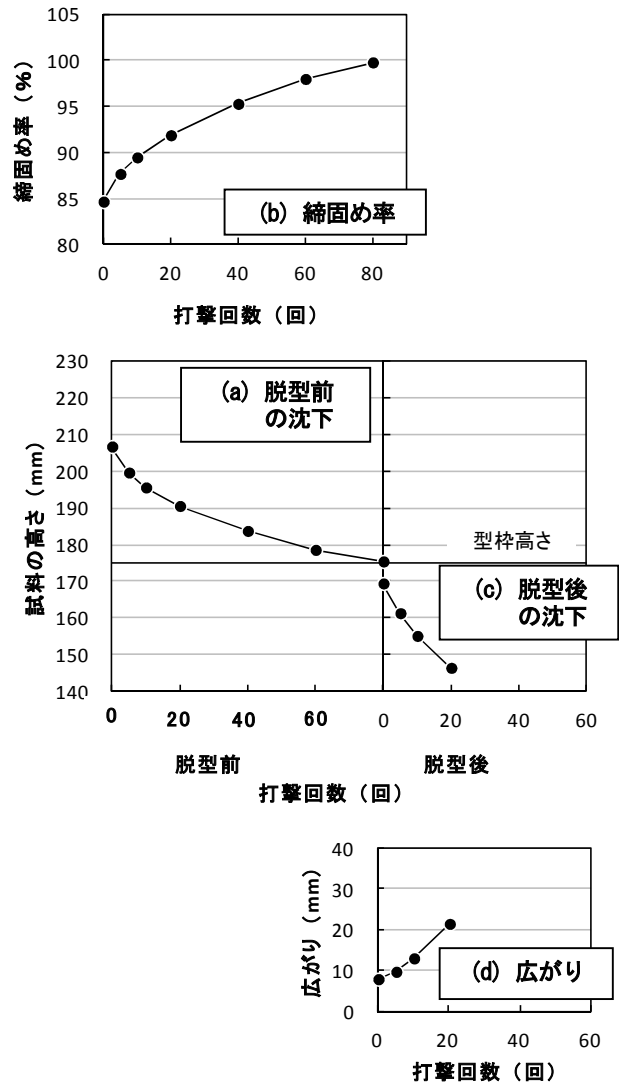


図 5.2 締固め性、変形性試験結果

材が異なっている場合でも、評価できる可能性がある。

脱型後に崩れた回数の結果は、目標スランプによって異なる傾向がみられる。10.5cm の場合は下に凸、あるいはかさ容積が大きくなるほど低下する傾向がある。2.5cm は上に凸、6.5cm は両者の中間的な挙動を示している。

すなわち、スランプの目標値 2.5cm の場合、かさ容積 0.7 程度するとき崩れる回数が最も大きくなっている。0.7 程度が締固め率も高くなっており、締固め率が高いほど崩れにくく、変形抵抗性が大きいことを示している。一方、10.5cm の場合は、かさ容積が小さいと締め固まりやすく、崩れにくい、かさ容積が大きくなるほど締め固まりにくく、崩れやすく

なっている。

今後、測定されたスランプで検討するなど、詳細

な検討を行うことにより、施工性を評価できる指標になる可能性もあるのではないかと考えられる。

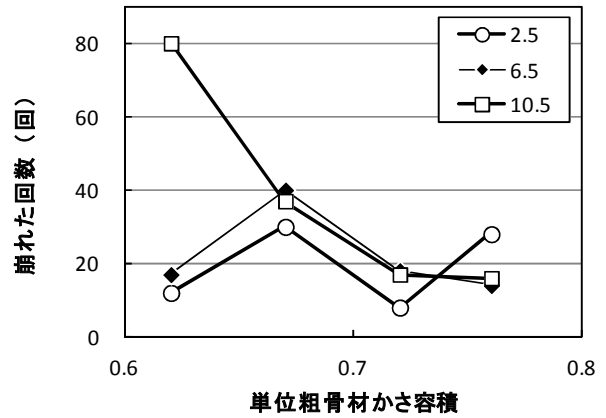
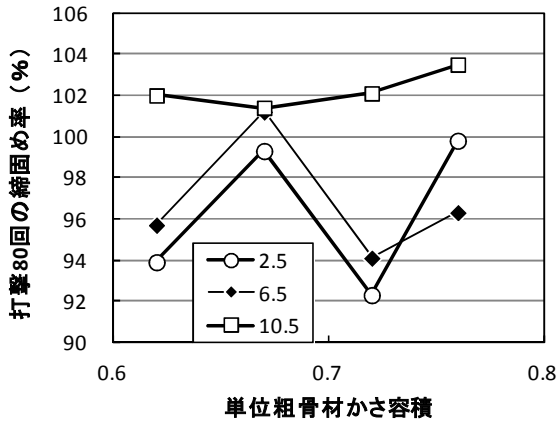


図 5.3 かさ容積と打撃 80 回の締固め率の関係(左)と、崩れたときの回数の関係(右) (骨材 A20)

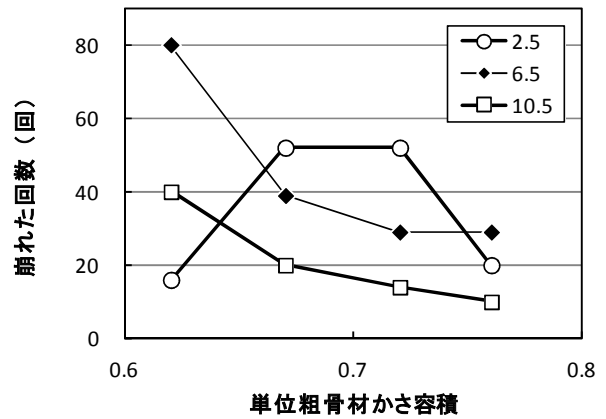
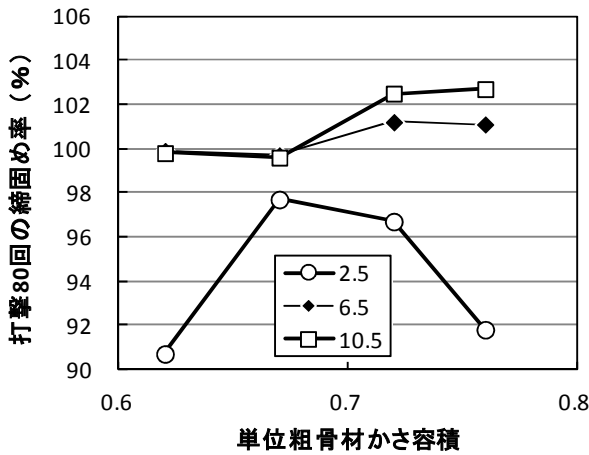


図 5.4 かさ容積と打撃 80 回の締固め率の関係(左)と、崩れたときの回数の関係(右) (骨材 A40)

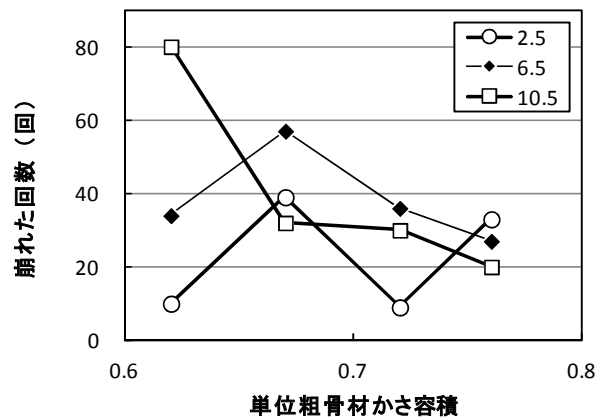
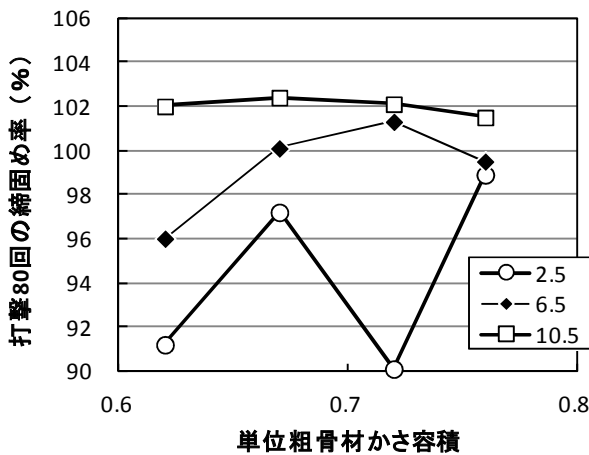


図 5.5 かさ容積と打撃 80 回の締固め率の関係(左)と、崩れたときの回数の関係(右) (骨材 LD)

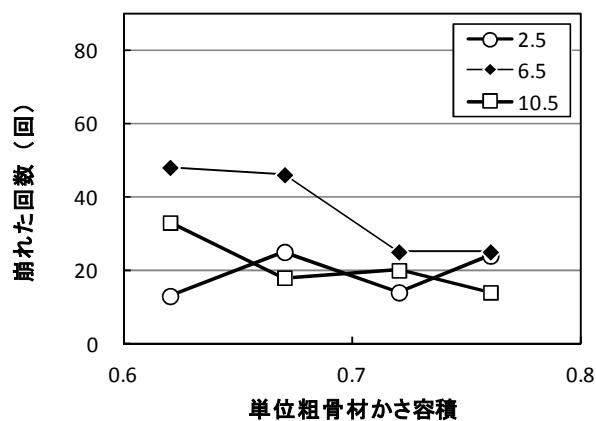
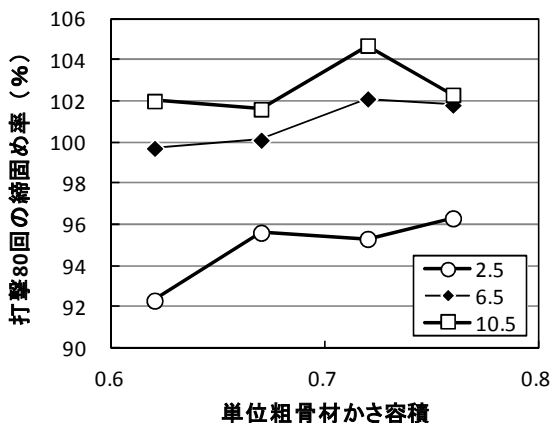


図 5.6 かさ容積と打撃 80 回の締固め率の関係(左)と、崩れたときの回数の関係(右)(骨材 SC)

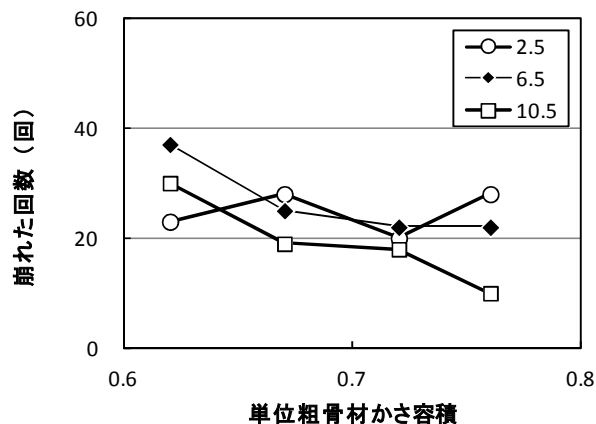
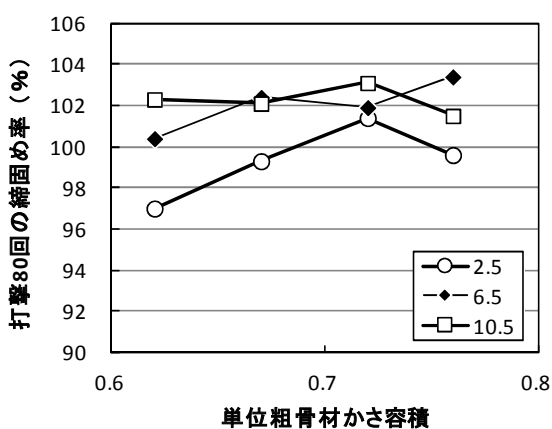


図 5.7 かさ容積と打撃 80 回の締固め率の関係(左)と、崩れたときの回数の関係(右)(骨材 SD)

6. 箱型装置を用いた変形性試験

6. 1 試験方法

幅 250mm, 奥行き 250mm の箱型装置(写真 6.1)を用いて, 変形性をエッジスランプ, オーバーフローで評価¹⁵⁾することとした。その試験方法は, 次のとおりである。

締固め後の高さが 250mm になる量の試料を詰め,



写真 6.1 箱型装置

パイプレータによって締固め, 表面を平らに仕上げた。

側面の板を 30 秒で引き抜いた。打設面は低下とはらみ出しを生じる。その低下量(エッジスランプ: ES)と, はらみ出し量(オーバーフロー: OF)を測定した(写真 6.2, 図 6.1)。



写真 6.2 エッジスランプ, オーバーフローの状況

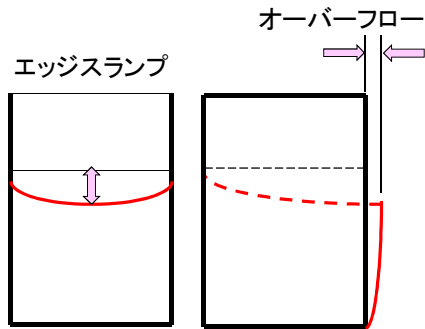


図 6.1 エッジスランプ、オーバーフロー

6. 2 試験結果

図 6.2～図 6.6 にかさ容積とエッジスランプ (左図)、オーバーフロー (右図) の関係を、骨材の種類、目標スランプごとに示す。

オーバーフローは、目標スランプ 2.5cm と 6.5cm は、かさ容積に伴う変化はほとんど認められない。10.5cm は大きな値になっているものの、骨材の種類、かさ容積との関係はさまざまであり、関係は見いだせない。これらの結果より、オーバーフローを施工

性の評価に適用することは難しいのではないかと考えられる。

エッジスランプは、フローテーブルによる締固め率の場合 (図 5.3～図 5.7) と同様、スランプによって傾向は異なっているようである。目標スランプ 2.5cm は上に凸、10.5cm は下に凸、6.5cm はその間にある、という傾向もほぼ同じである。

フローテーブルによる締固め率の場合と同様、エッジスランプについても、測定されたスランプで検討するなど、詳細な検討を行うことにより、施工性を評価に適用できる指標になる可能性もあるものと考えられる。

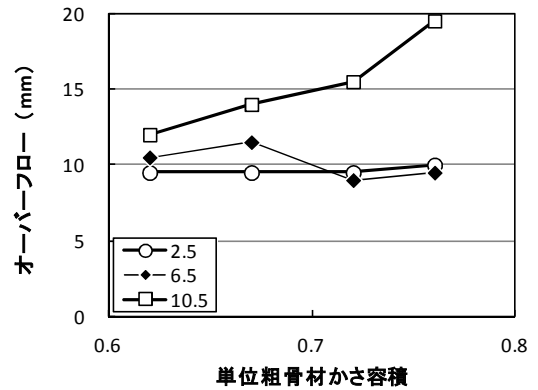
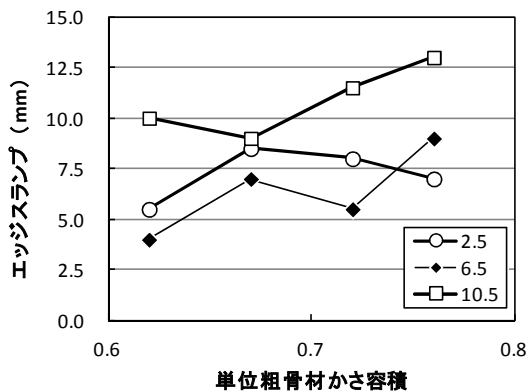


図 6.2 かさ容積とエッジスランプの関係(左)と、オーバーフローの関係(右) (骨材 A20)

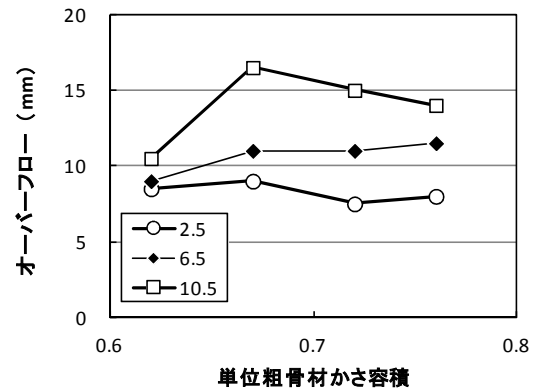
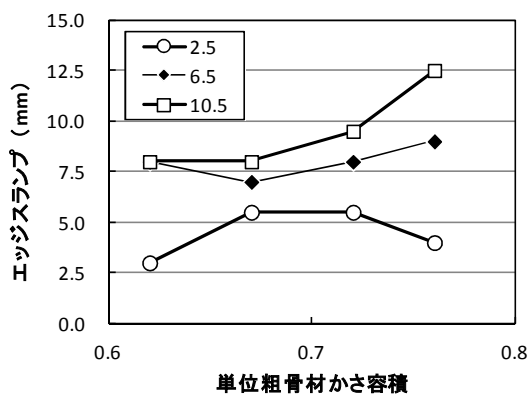


図 6.3 かさ容積とエッジスランプの関係(左)と、オーバーフローの関係(右) (骨材 A40)

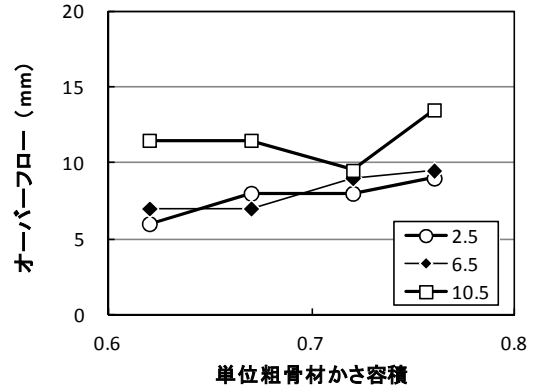
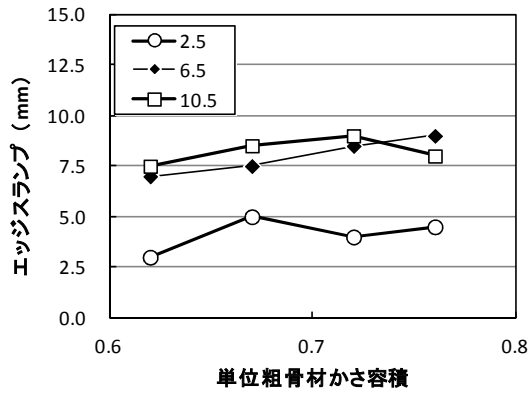


図 6.4 かさ容積とエッジスランプの関係(左)と、オーバーフローの関係(右)(骨材 LD)

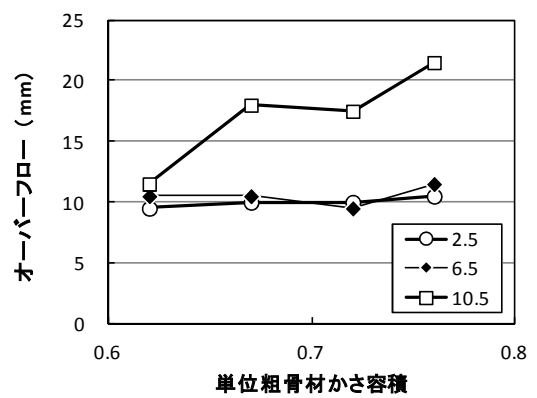
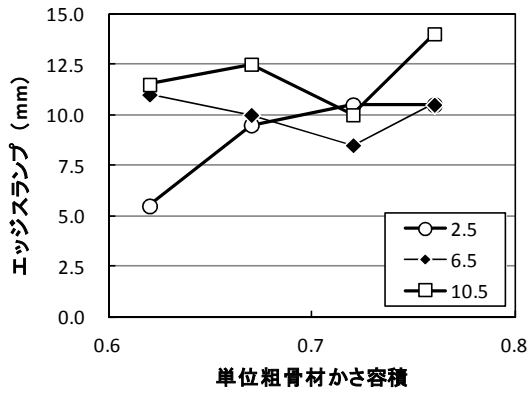


図 6.5 かさ容積とエッジスランプの関係(左)と、オーバーフローの関係(右)(骨材 SC)

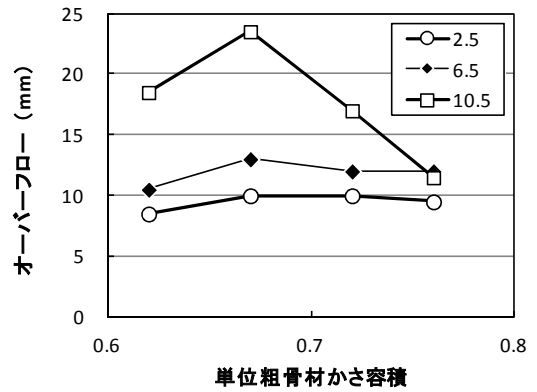
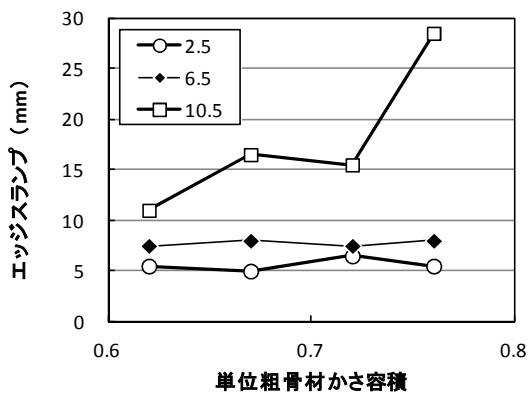


図 6.6 かさ容積とエッジスランプの関係(左)と、オーバーフローの関係(右)(骨材 SD)

7. 粗骨材分離試験

7.1 試験方法

試験の手順は、**図 7.1**のとおりである。

曲げ型枠（150×150×550mm）に、締固め後、打設面が型枠上面よりわずかに高くなる量の試料を詰め、バイブレータを用いて1層で締め固めた。バイブレータによる締固めの位置は、**図 7.2**の①～④の順番に4か所とした。

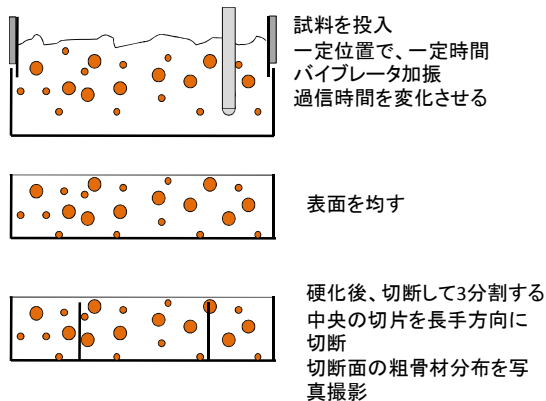


図 7.1 供試体の作製手順

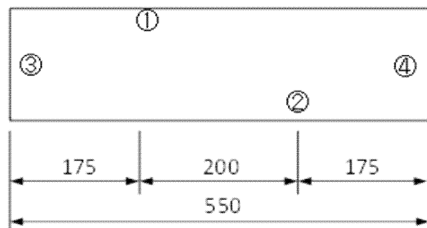


図 7.2 曲げ供試体の締固め位置

締固め時間は、目標スランプによって**表 7.1**のように設定した。設定した時間は、曲げ供試体を2層で、バイブレータを使って4か所で締め固めて作製したとき、各か所で気泡がほぼ出なくなった時間を測定し、その2倍を基準時間（締固め時間1）とした。基準時間に対して、ほぼ2倍ずつ長く3水準設定した。

硬化後に、供試体中央部を切断して、切断面を写真撮影し、粗骨材の分離状態を観察・評価した（**図 7.1**）。

表 7.1 目標スランプと締固め時間

| 目標 | 1 | 2 | 3 |
|------|----|----|----|
| 2.5 | 10 | 20 | 30 |
| 6.5 | 8 | 15 | 30 |
| 10.5 | 5 | 10 | 20 |

7.2 試験結果

骨材分離状況の写真の一例を**表 7.2**に示す。この結果から、分離状況を**表 7.3**のように評価した。○は打設面近くまで粗骨材がある、△は粗骨材が少ない、または小さい、×は粗骨材がほとんどないものである。

表 7.3 分離状況の評価の例 (A40, かさ容積 0.62)

| スランプ (cm) | | 締固め時間 | | |
|-----------|-----|-------|---|---|
| 目標 | 実測 | 1 | 2 | 3 |
| 2.5 | 0.8 | ○ | ○ | △ |
| 6.5 | 3.2 | ○ | △ | × |
| 10.5 | 7.1 | ○ | × | × |

凡例 ○：打設面近くまで粗骨材がある、△：粗骨材が少ない、または小さい、×：粗骨材がほとんどない

7.3 分離状況の評価

全供試体について**表 7.3**のように評価した結果をまとめると、**表 7.4～表 7.8**のようになった。

A20, A40, LD, SCの4種類の骨材の場合、締固め時間1（基準時間）の場合、A40のスランプ14.2cmと、SCの12.6cmが△になっているが、そのほかは○である。スランプ10.5cmでも、過剰な締固めが行われなければ、十分な材料分離抵抗性を有している。

締固め時間3の場合、ほとんどは△または×であり、過剰締固めにより分離している。

締固め時間2の場合、スランプ10cm以上でも○であったり、2.5cm程度でも△だったり、評価はばらついている。

かさ容積については、小さくなる（s/aが大きくなる）ほどスランプは小さくなっているため、目標スランプによる明確な違いは認められなかった。この結果は、必ずしもかさ容積が小さく（s/aが大きく）てもいい、ということではないことに注意する必要がある。

SDは密度が大きいため、6.0cm以上で締固め時間1の配合は△になっており、分離しやすいことを示している。このような場合はスランプを制限するなどの対策が必要である。

表 7.2 骨材分離状況の写真 (A40, かさ容積 0.62)

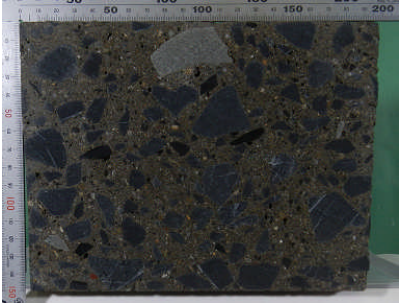
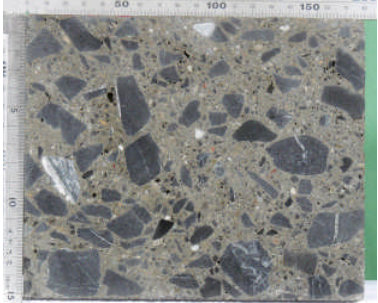
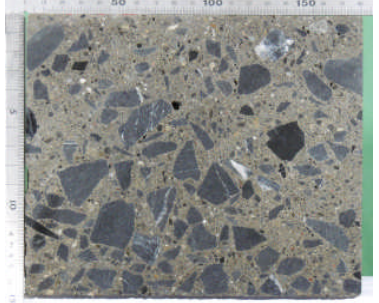
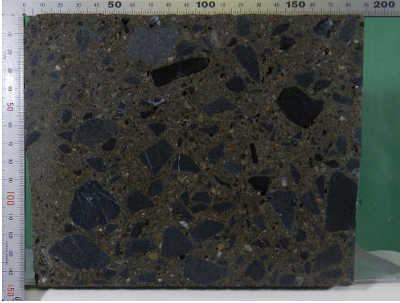
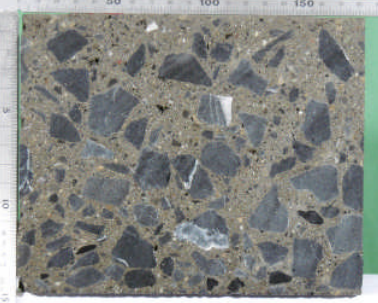
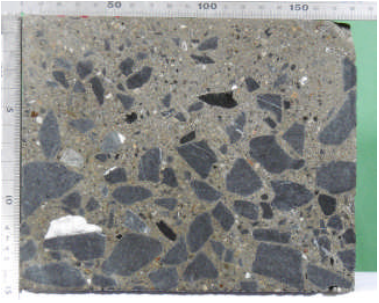
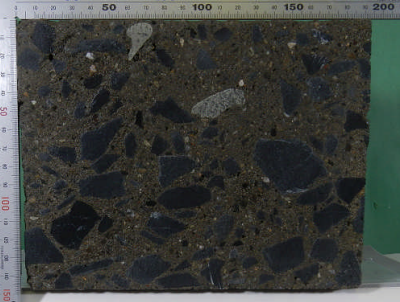
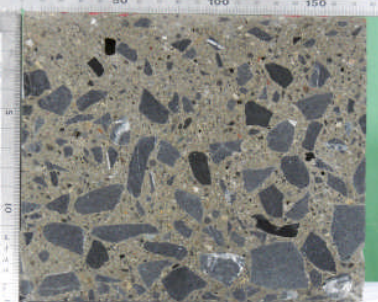
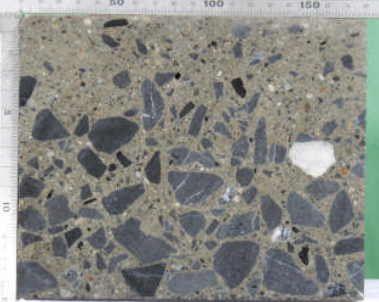
| 骨材 | A40 | 単位粗骨材かさ容積 (s/a, 左から目標スランプ 2.5, 6.5, 10.5cm) | | 0.62 (47.7, 46.5, 45.8%) |
|--------|--|--|--|--------------------------|
| 目標スランプ | 締固め時間 | | | |
| | 1 | 2 | 3 | |
| 2.5cm |  |  |  | |
| 6.5cm |  |  |  | |
| 10.5cm |  |  |  | |

表 7.4 分離状況の評価 (A20)

| 骨材 | | A20 | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
| かさ容積 | | 0.62 | | | | 0.67 | | | | 0.72 | | | | 0.76 | | | |
| 縮固め時間 | | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 |
| 目標 スランプ | 2.5 | 1.8 | ○ | ○ | △ | 3.5 | ○ | ○ | △ | 2.7 | ○ | ○ | △ | 4.0 | ○ | ○ | △ |
| | 6.5 | 2.5 | ○ | ○ | △ | 3.7 | ○ | ○ | △ | 5.2 | ○ | ○ | △ | 4.4 | ○ | ○ | △ |
| | 10.5 | 6.2 | ○ | △ | × | 9.2 | ○ | △ | × | 9.1 | ○ | △ | × | 13.5 | ○ | △ | × |
| 目標 スランプ SP | 2.5 | | | | | | | | | 2.7 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 6.5 | | | | | | | | | 5.3 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 10.5 | | | | | | | | | 9.2 | ○ | △ | △ | | | | |

表 7.5 分離状況の評価 (A40)

| 骨材 | | A40 | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
| かさ容積 | | 0.62 | | | | 0.67 | | | | 0.72 | | | | 0.76 | | | |
| 縮固め時間 | | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 |
| 目標 スランプ | 2.5 | 0.8 | ○ | ○ | △ | 1.4 | ○ | ○ | △ | 3.3 | ○ | ○ | △ | 2.6 | ○ | △ | × |
| | 6.5 | 3.2 | ○ | △ | × | 5.6 | ○ | △ | × | 5.6 | ○ | △ | × | 7.4 | ○ | × | × |
| | 10.5 | 7.1 | ○ | × | × | 10.1 | ○ | × | × | 10.7 | ○ | × | × | 14.2 | △ | × | × |
| 目標 スランプ SP | 2.5 | | | | | | | | | 3.3 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 6.5 | | | | | | | | | 6.4 | ○ | △ | △ | | | | |
| | 10.5 | | | | | | | | | 10.9 | ○ | △ | × | | | | |

表 7.6 分離状況の評価 (LD)

| 骨材 | | LD | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
| かさ容積 | | 0.62 | | | | 0.67 | | | | 0.72 | | | | 0.76 | | | |
| 縮固め時間 | | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 |
| 目標 スランプ | 2.5 | 0.6 | ○ | ○ | △ | 1.5 | ○ | ○ | △ | 2.4 | ○ | ○ | △ | 2.7 | ○ | △ | △ |
| | 6.5 | 2.5 | ○ | ○ | △ | 5.3 | ○ | ○ | △ | 6.2 | ○ | ○ | × | 6.5 | ○ | △ | △ |
| | 10.5 | 6.6 | ○ | △ | × | 9.6 | ○ | △ | × | 9.0 | ○ | ○ | × | 9.9 | ○ | △ | × |
| 目標 スランプ SP | 2.5 | | | | | | | | | 2.4 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 6.5 | | | | | | | | | 5.7 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 10.5 | | | | | | | | | 12.3 | ○ | △ | × | | | | |

表 7.7 分離状況の評価 (SC)

| 骨材 | | SC | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
| かさ容積 | | 0.62 | | | | 0.67 | | | | 0.72 | | | | 0.76 | | | |
| 縮固め時間 | | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 |
| 目標 スランプ | 2.5 | 1.7 | ○ | ○ | ○ | 2.4 | ○ | ○ | ○ | 2.7 | ○ | ○ | ○ | 2.7 | ○ | ○ | ○ |
| | 6.5 | 4.7 | ○ | ○ | ○ | 5.4 | ○ | ○ | △ | 5.2 | ○ | ○ | △ | 4.8 | ○ | ○ | △ |
| | 10.5 | 10.6 | ○ | ○ | △ | 14.8 | ○ | ○ | △ | 10.2 | ○ | △ | × | 12.6 | △ | △ | × |
| 目標 スランプ SP | 2.5 | | | | | | | | | 2.7 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 6.5 | | | | | | | | | 7.8 | ○ | ○ | △ | | | | |
| | 10.5 | | | | | | | | | 10.6 | ○ | △ | × | | | | |

表 7.8 分離状況の評価 (SD)

| 骨材 | | SD | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|------|---|---|---|
| かさ容積 | | 0.62 | | | | 0.67 | | | | 0.72 | | | | 0.76 | | | |
| 縮固め時間 | | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 | スランプ | 1 | 2 | 3 |
| 目標 スランプ | 2.5 | 1.7 | ○ | △ | × | 2.6 | ○ | × | × | 2.4 | ○ | × | × | 3.5 | ○ | × | × |
| | 6.5 | 4.7 | ○ | × | × | 7.2 | △ | × | × | 6.6 | △ | × | × | 6.0 | △ | × | × |
| | 10.5 | 8.7 | △ | × | × | 12.6 | × | × | × | 9.7 | × | × | × | 11.1 | × | × | × |
| 目標 スランプ SP | 2.5 | | | | | | | | | 2.4 | ○ | × | × | | | | |
| | 6.5 | | | | | | | | | 7.3 | △ | × | × | | | | |
| | 10.5 | | | | | | | | | 12.0 | × | × | × | | | | |

8. ダレ試験

8. 1 試験方法

ダレ試験を行なった供試体は、7. で作製した供試体のうち、締固め時間1の供試体を使った。コンクリート充填から1時間後に、型枠上面で表面を仕上げる。この供試体を2体ずつ作製した。

供試体の片側を高くして傾斜をつけた(図8.1)。傾斜角度は、4度(7.0%)、8度(14.1%)の2水準とした。

硬化後に打設面の高さを図8.2のように測定し、ダレ角度を求めた。

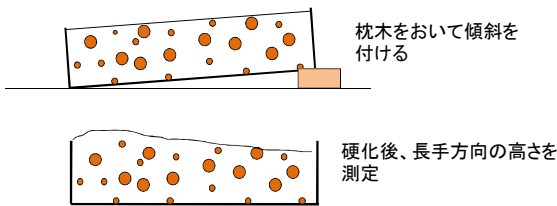


図8.1 ダレの試験方法

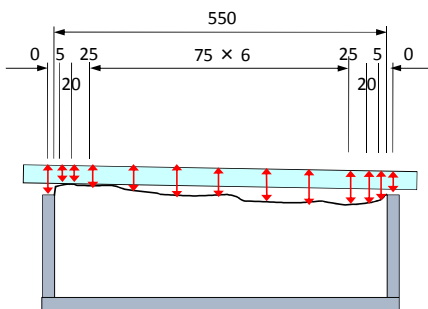


図8.2 ダレの測定方法

8. 2 試験結果

ダレの測定結果をプロットすると図8.3のようになった。この図では左側を高くしているのので、打設面は型枠面より低下し、右側は逆に型枠より盛り上がり高くなっていることを示している。型枠の両端面近くは打設面の低下、盛り上がりの変化途中であることから、両端面から50mm内側のデータを回帰して、その傾き(0.0014)から打設面の傾斜角度に対するダレ角度(0.08度)を求めた。

8. 3 スランプとダレ角度

スランプとダレ角度の関係を図8.4に示す。一般には、スランプが大きいほどダレ角度も大きくなるものと考えられるが、図8.4の結果は逆に小さくなる傾向であったことから、次節ではかさ容積ごとに検討した。

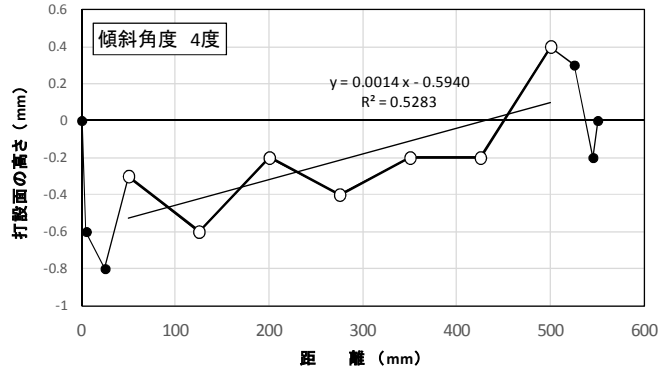


図8.3 ダレの測定結果

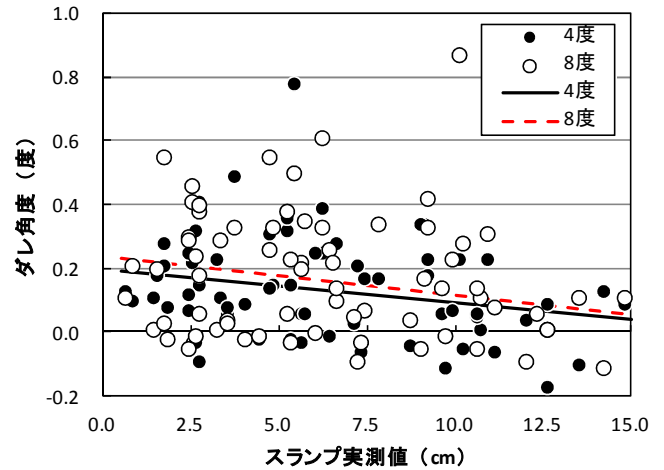


図8.4 スランプとダレ角度の関係

8. 4 かさ容積、スランプとダレ角度

図8.5～図8.8に、かさ容積ごとにスランプとダレ角度の関係を示す。かさ容積が大きいほどダレ角度、ばらつきとも小さくなる傾向がある。

そこで、かさ容積ごとに、ダレ角度の平均値と標準偏差を求めた結果が図8.9である。かさ容積が0.62と0.67ではほとんど違いはないが、0.67～0.76では大きいほどダレ角度、標準偏差は小さくなる傾向がある。この結果は、粗骨材量が多くなるほど変形抵抗性が大きくなったものと考えられる。

また、今回の実験では、目標スランプごとに単位水量を一定にしたために、かさ容積が小さくなるほどスランプの測定結果は小さくなる傾向にあったことから、図8.4の結果はスランプの小さい側によっての傾向がある。そのため、一見、通常とは逆の傾向になったものと考えられる。

この結果より、かさ容積が通常どおりであれば、スランプを多少大きくしても、ダレに対する抵抗性は問題ないものと考えられる。

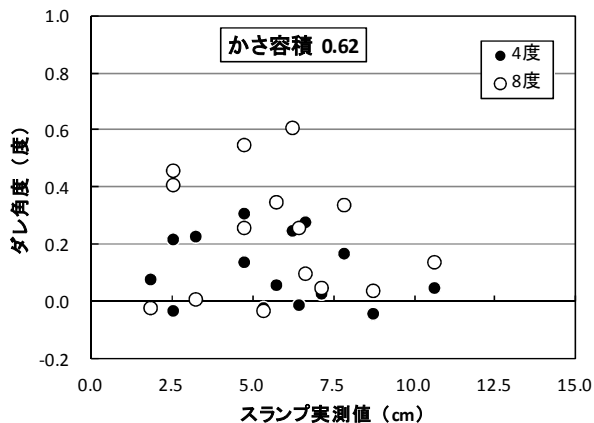


図 8.5 かさ容積 (0.62) とダレ角度の関係

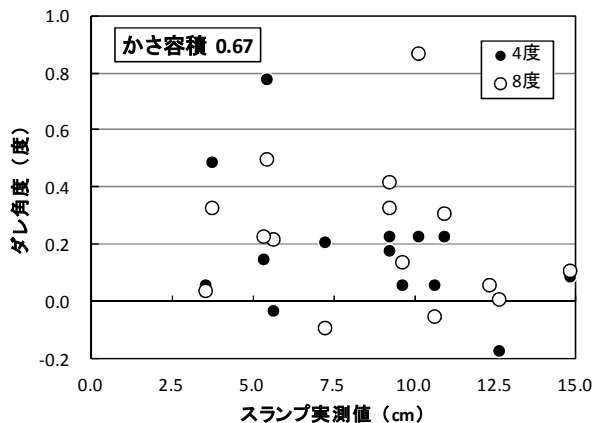


図 8.6 かさ容積 (0.67) とダレ角度の関係

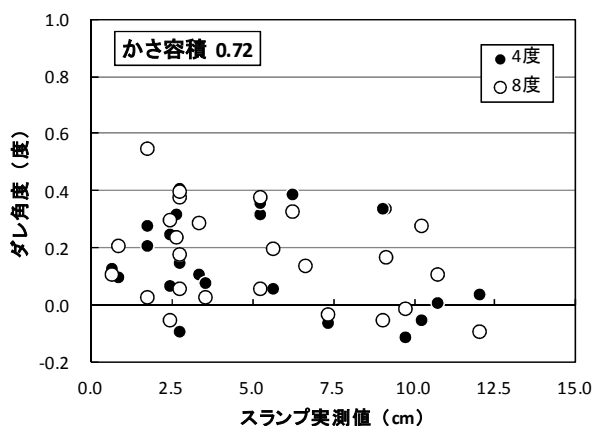


図 8.7 かさ容積 (0.72) とダレ角度の関係

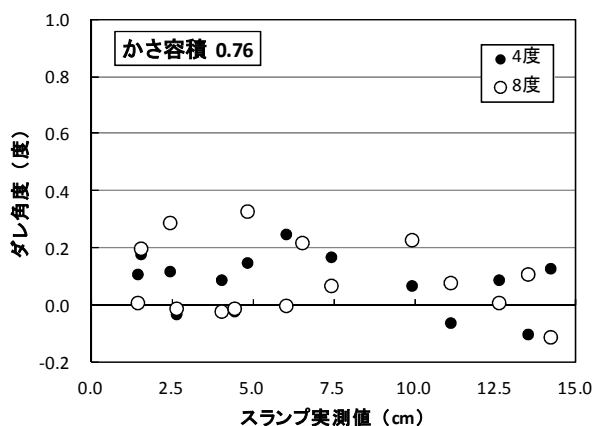


図 8.8 かさ容積 (0.76) とダレ角度の関係

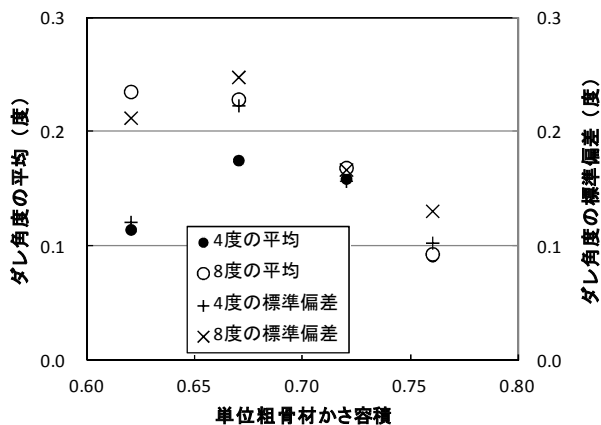


図 8.9 かさ容積とダレ角度の平均値, 標準偏差

表 9.1 ラベリング試験条件

| | | | | | |
|-----------------------|--------------|------|------------|---------|-----------|
| プレロード および ラベリング | 試験温度 | 20℃ | 輪荷重 | 1.47 kN | |
| | テーブル | 速度 | 20 km/h | 供試体個数 | 12 個 |
| | タイヤ | 種類 | 145/80 R13 | 空気圧 | 157 kPa |
| | | 速度 | 20 km/h | キャンバー角 | 1.5 度 |
| ラベリング | スパイク チェーン | シフト幅 | ±20 mm | シフト速度 | 20 mm/min |
| | | ピン数 | 54 本 | 散水量 | 2 L/min |

21cm、下底：32cm、高さ：20cm) とし、その厚さを 5.0cm とした。供試体は、試験開始時まで水中 (20℃) 養生を行い試験に供した。コンクリートのすり減り量は、レーザー変位計で測定した供試体 3 断面の摩耗深さから算出した。

ラベリング試験は材齢 28 日以後に試験を開始した。試験開始時に、同じ養生をしていた円柱供試体 (φ125×250mm) の圧縮強度試験も行なった。

試験の組合せは、表 9.2 のように 2 グループに分けて実施した。粗骨材 A20、LD、SC の 3 種類について、かさ容積 0.62、0.67、0.72 の 3 水準とした。

9. すり減り試験¹⁶⁾

9.1 試験方法

コンクリートのすり減り抵抗性に関する実験は、舗装・調査試験法便覧¹⁷⁾に準じて、ラベリング試験 (回転スパイクチェーン型) で行なった。表 9.1 に示す条件で実施した。供試体の形状は、台形 (上底：

試験の組合せをⅠシリーズとⅡシリーズに分けたのは、前年度の検討で、すり減り抵抗性の大きい骨材と小さい骨材を組み合わせると、すり減り抵抗性の小さい骨材のラベリング試験結果も小さくなる傾向がみられたことから、この点を確認するためにこのような組合せとし、供試体の並べ方も昨年と同様に、すり減り抵抗性の大きいものと小さいものを交互に設置した。

表 9.2 ラベリング試験の組合せ

| 試験の組合せ | 粗骨材 | かさ容積 | | | 備考 |
|--------|--------|------|------|------|-----------|
| | | 0.62 | 0.67 | 0.72 | |
| Ⅰ | A20、SC | ○ | ○ | ○ | 供試体を交互に設置 |
| Ⅱ | LD、SC | ○ | ○ | ○ | |

9.2 試験結果

ラベリング試験結果を図 9.1 および図 9.2 に示す。Ⅰシリーズの試験結果から、すり減り抵抗性の大きい A20 のすり減り量は、抵抗性の小さい SC より小さかった。Ⅱシリーズより、LD と SC はほぼ同じであった。

図 9.1 および図 9.2 の結果は、走行回数 1 万回程度までの傾きはそれ以降よりも大きく、すり減り速度が速いことを示している。これは、表層のモルタル部分のすり減りに起因しているものと考えられることから、以後の検討は（5 万回のすり減り量－1 万回のすり減り量）で検討する。

Ⅰ、Ⅱのシリーズによる SC のすり減り量は、Ⅱシリーズのほうが 16% 大きくなった。粗骨材のすりへり抵抗性が大きく異なるコンクリートを同時に試験する場合には、供試体の組合せ、並べ方などに注意する必要がある。

9.3 粗骨材のすりへり減量、破砕値とコンクリートのすり減り量の関係

図 9.3 に粗骨材のすりへり減量（●）または破砕値（○）とコンクリートのすり減り量の関係を示す。図中には、前年度の結果も示す。すりへり減量（+）と実線の回帰結果であり、破砕値（×）と破線の回帰結果である。

ロット 1、ロット 2 とほぼ同様の結果であり、粗骨材のすりへり減量、破砕値とコンクリートのすり減り量の相関関係は高く、粗骨材のすり減り抵抗性試験結果からコンクリートのすり減り抵抗性を推定できる可能性があるものと考えられる。

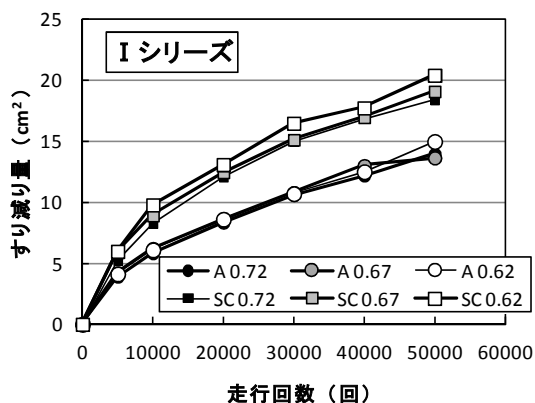


図 9.1 ラベリング試験結果（シリーズⅠ）

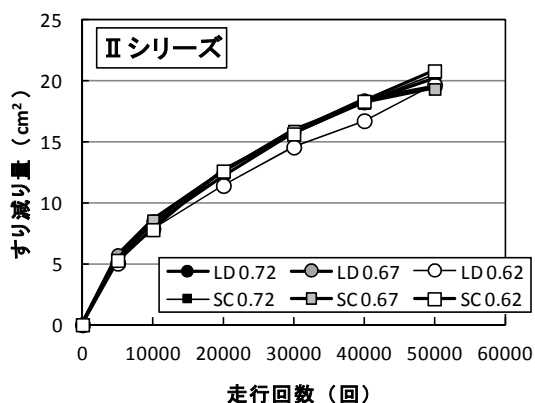


図 9.2 ラベリング試験結果（シリーズⅡ）

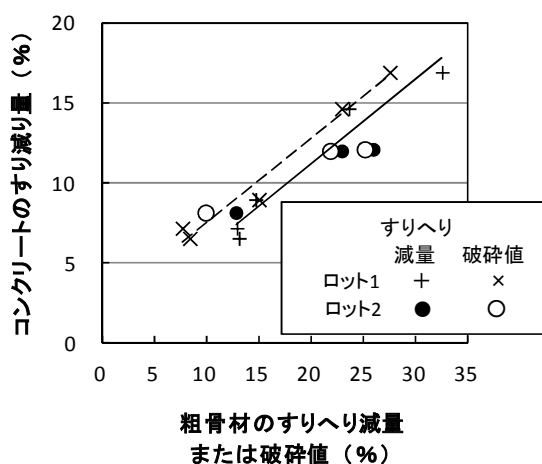


図 9.3 粗骨材のすりへり減量または破砕値とコンクリートのすり減り量の関係

9.4 かさ容積とすり減り量の関係

図 9.4 にかさ容積とすり減り量の関係を示す。

コンクリートのすり減り量に明確な差は認められなかったが、かさ容積が大きくなるとすり減り量が若干小さくなる傾向が見られた。

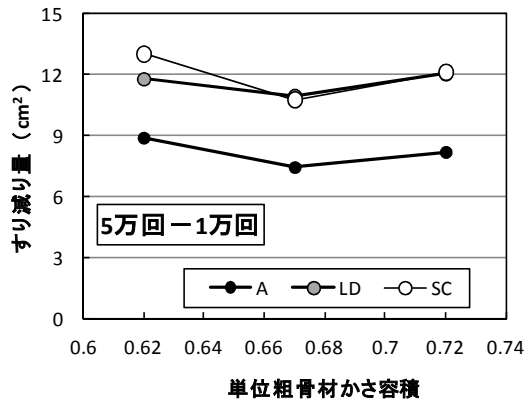


図 9.4 かさ容積とすり減り量の関係

10. すべり試験

10. 1 実験概要

コンクリート舗装の表面は、車両が直接走行するため、走行の安全性を確保するためにすべり抵抗性は極めて重要である。そのため、粗骨材の種類、使用量（かさ容積）がすべり抵抗性に及ぼす影響について実験した。

実験は、表 10.1 のとおり、ロット 1 の 6 種類（かさ容積一定）と、ロット 2 の 3 種類でかさ容積を変化させた、2 回の実験を行なった。

表 10.1 すべり試験

| 実験 | 骨材の種類 | | かさ容積 | スラブ |
|------|-------|----------------------|--------------|-------|
| 骨材種類 | ロット 1 | A20、A40、G40、LC、SC、SD | 0.72 | 5cm |
| かさ容積 | ロット 2 | A20、LD、SC | 0.72 0.62 | 6.5cm |

10. 2 骨材種類に関する実験¹⁸⁾

10. 2. 1 実験方法

骨材種類の実験は、図 10.1 の手順で行なった。すべり抵抗の測定には、振り子式スキッドレジスタンステストを用いた¹⁹⁾。得られる値は BPN (British Portable Number) である。

最初に、こて仕上げ面の BPN を測定し、そのあとでラベリング試験装置でノーマルタイヤを走行させ、1 万回ごとに BPN を測定した。BPN が収束すると、エメリー砂を散布しながら 1 万回走行させ、表面を研磨した。表面を写真撮影し、色の違いによって骨材を検出して面積を測定し、骨材露出率を求めた。

エメリー砂による研磨を 3 回行なった後、ショッ

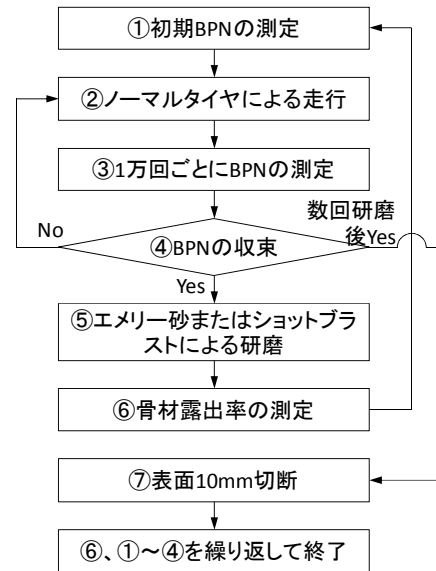


図 10.1 すべり試験の手順

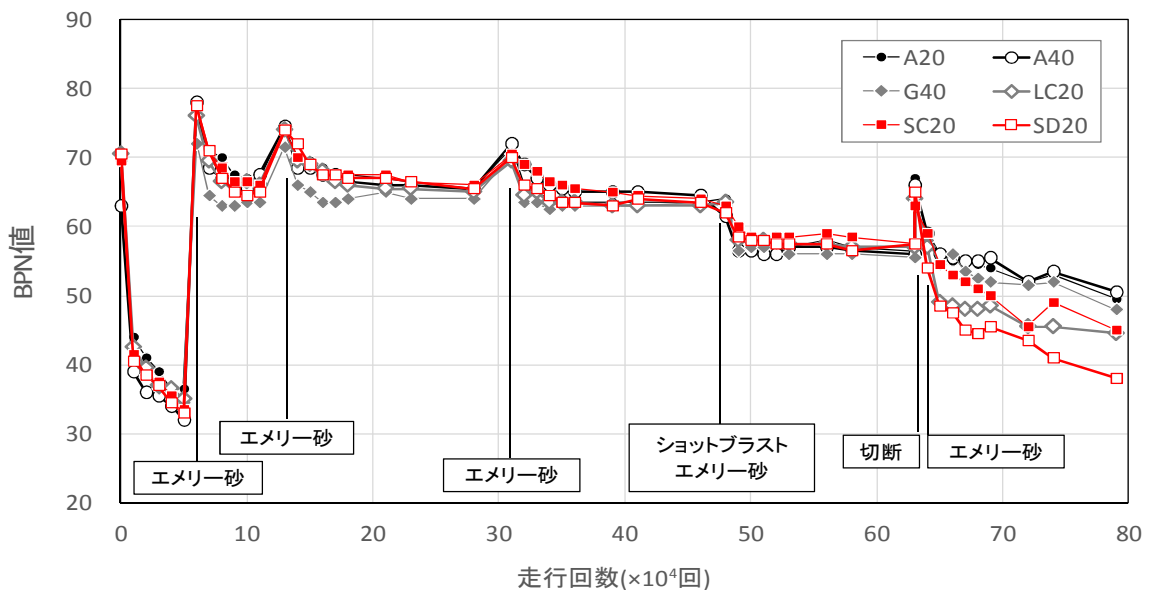


図 10.2 走行回数と BPN の測定結果

トブラスト、エメリー砂による研磨を行い、同様にノーマルタイヤを走行させ、BPNを測定した。

そのあと、深さ10mmで切断、エメリー砂による研磨の後、同様の測定を行なった。

10. 2. 2 実験結果

走行回数ごとのすべり測定結果を図10.2に示す。

打設面にノーマルタイヤを走行させると、すり磨きによりBPNは70程度から30程度に急激に低下した。

エメリー砂による研磨によってBPNは回復、あるいは初期の値よりわずかに増加した(70~75)。その後の走行による低下は、打設面の時ほどではなく、10程度の低下(65程度)で収束した。

エメリー砂による研磨と走行を3回繰り返したが、ほぼ同様の結果であった。

次に、ショットブラスト、エメリー砂による研磨を行い、同様の測定を行なった。エメリー砂による研磨直後のBPNは、ほとんど変化がなく65程度であった。ノーマルタイヤの走行により55~60程度に低下した。

10mm切断後65程度まで回復しているが、エメリー砂による研磨後は55~60程度に低下した。その後のノーマルタイヤによる15万回走行によって40~50程度に低下した。

10. 3 骨材露出率とBPN初期値、収束値

骨材露出率とBPNの初期値、収束値の関係は図10.3のとおりである。骨材露出率が大きくなるほどBPNは低下する傾向がある。また、初期値(エメリー砂などによって表面を研磨した直後)に対して収束値は10程度低下している。

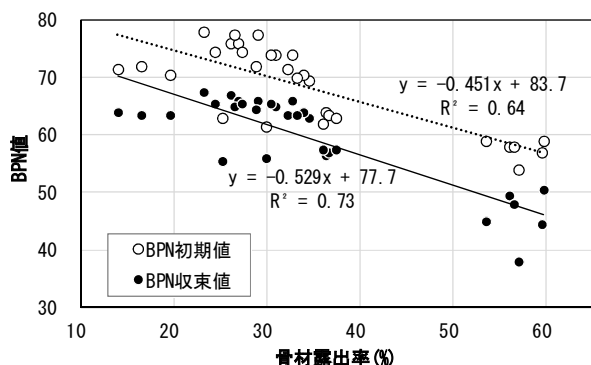


図10.3 骨材露出率とBPNの関係

次に、図10.3を骨材種類ごとに示すと図10.4(初期値)、図10.5(収束値)のようになる。粗骨材ごとも良い相関がある。砂利とそのほかの骨材では

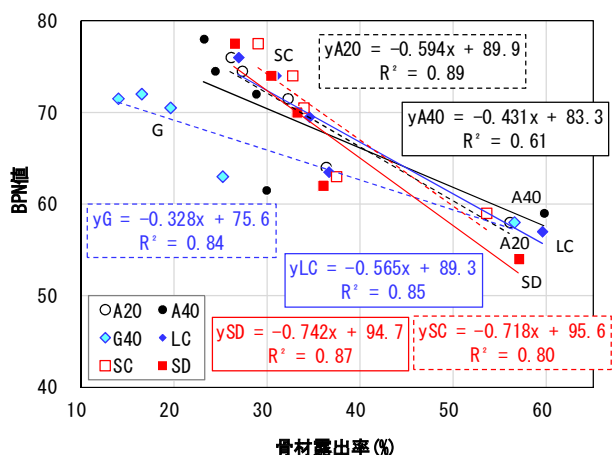


図10.4 骨材露出率とBPNの関係(骨材別、初期値)

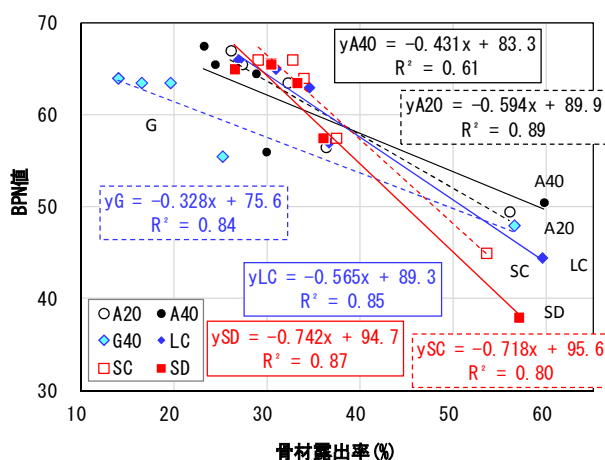


図10.5 骨材露出率とBPNの関係(骨材別、収束値)

多少違う傾向を示している。石灰石はすべり抵抗性が小さいといわれているが、この実験結果では砂岩などとの違いはなかった。

10. 3 かさ容積に関する実験

10. 3. 1 実験方法

骨材3種類についてかさ容積を変化させた場合のすべり試験も、図10.1と同様とした。ただし、エメリー砂による研磨は1回のみ、2万回とし、その後は10mm切断・エメリー砂による研磨とした。

10. 3. 2 実験結果

走行回数とBPNの測定結果は図10.6のとおりである。

打設面の初期のBPNは60程度に対し、ノーマルタイヤの走行により30程度に低下した。エメリー砂による研磨後は63程度に回復し、ノーマルタイヤを走行させると55程度に低下した。図10.2に比べて、全体に10程度小さいが、ほぼ同じ傾向を示している。

骨材の種類、骨材露出率、かさ容積とBPNの測定

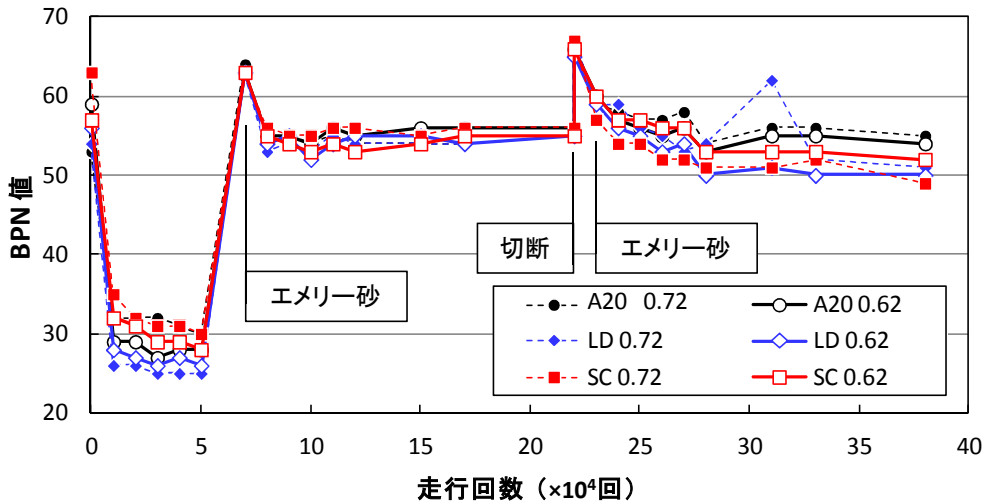


図 10.6 走行回数と BPN の測定結果

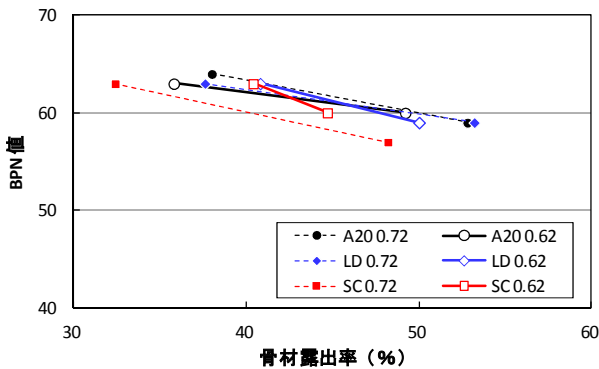


図 10.7 骨材露出率、かさ容積と BPN の測定結果 (初期値)

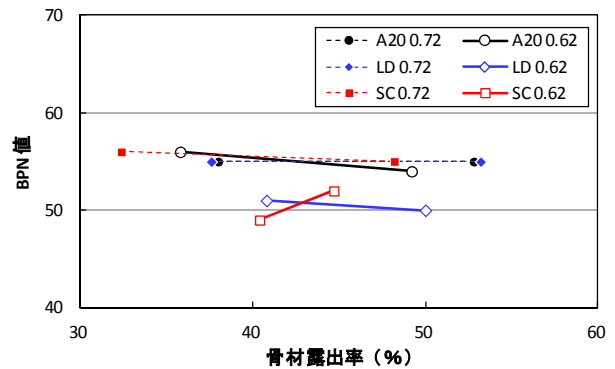


図 10.8 骨材露出率、かさ容積と BPN の測定結果 (収束値)

結果は図 10.7、図 10.8 のとおりである。

この実験では、骨材露出は、エメリー砂による研磨 1 回した後、切断・エメリー砂による研磨の 2 回のみである。しかも、最初のエメリー砂による研磨は走行回数 2 万回としたため、骨材露出率が 30% 台になり、図 10.4、図 10.5 のように 10~30% の結果がない。

初期値は、骨材の種類、かさ容積にかかわらず、エメリー砂による研磨後は 63~64、切断後は 57~60 であった。

収束値は、エメリー砂による研磨後、切断後にかかわらず、LD と SC のかさ容積 0.62 が 50 程度、そのほかは 55 程度であった。

10.2 の 6 種類の骨材の試験結果、10.3 の 3 種類の骨材でかさ容積を変化させ、骨材露出率を変化させて BPN を測定したが、それらがすべり抵抗性に及ぼす明確な影響を見出すことはできなかった。

11. 強度試験

11. 1 強度試験の概要

粗骨材 A20、A40、LD、SC、SD の 5 種類について、前年度と同じく、かさ容積 0.72、スランプ 5cm、W/C 40、45、50、55% の 4 水準とした。前年度と同じ配合にすることにより、骨材のロットの違いの比較も行なった。

供試体の寸法は、表 11.1 のように全種類の骨材について、曲げ 150×150×530mm、圧縮 φ125×250mm、引張 φ125×125mm の供試体を用いて行なった。粗骨材の最大寸法 20mm (A40 を除く 4 種類の粗骨材) については、供試体寸法を小さくして強度管理の合理化を図る観点から、曲げ 100×100×400mm、圧縮 φ100×200mm、引張 φ100×125mm についても強度試験を実施した。

表 11.1 強度試験した骨材と供試体 (mm)

| | | | |
|----|--------------|-----------|-------------|
| 骨材 | 全 (5 種) の粗骨材 | | A40 以外の 4 種 |
| 曲げ | 150×150×530 | — | 100×100×400 |
| 圧縮 | — | φ 125×25 | φ 100×200 |
| 引張 | — | φ 125×125 | φ 100×125 |

11.2 C/W と強度の関係

曲げ、圧縮、引張強度と C/W の関係は図 11.1～図 11.3、回帰結果は表 11.2～表 11.4 のとおりである。φ 12.5cm の引張強度の LD 以外は相関係数 0.9 ($r^2=0.81$) 以上であり、相関関係は高かった。

11.3 供試体の寸法の影響

図 11.4～図 11.6 に供試体の寸法の違いによる強度の比較を示す。表 11.5 は、原点を通る直線で回帰した結果である。曲げと引張は、供試体が小さくなると強度は大きくなっており、寸法効果が表れている。圧縮は、5%ほど小さい結果となった。特に曲げの寸法の影響は大きいことが知られているが、圧縮はφ 150mm と φ 125mm ではほとんど違いがないことから、φ 125 の型枠の使用を認められた経緯もあり、数%はばらつきの範囲と考えられる。

11.4 曲げ強度と圧縮強度、引張強度の関係

曲げ強度と圧縮強度、引張強度の関係を図 11.7～図 11.10 に示す。図中の太い実線は標準示方書の

関係式²⁰⁾から得られた曲線、細い実線は今回の実験の回帰結果である。骨材の種類などによって関係式は異なっており、強度管理の合理化を行う場合、骨材ごとに関係式を求める必要がある。

11.5 骨材ロットの比較

骨材のロットの違いによる強度の比較を図 11.11～図 11.13 に、原点を通る直線で回帰した結果を表 11.7 に示す。

試験する時期が異なっていること、空気量なども考慮する必要があることから、簡単に比較することはできないが、図 11.11～図 11.13 と、表 11.7 の結果を見る限り、ロット1に対してロット2の結果は、曲げ、引張は数%小さくなっており、圧縮は同等かやや大きくなっている。

骨材の物性は、2章のとおり、SC のロット2はやや良好であったが、そのほかはほぼ同等であったこと、強度のばらつき、例えば図 11.1～図 11.3 と、表 11.2～表 11.4 の C/W との関係から、曲げ、引張はばらつきは大きい、圧縮の相関関係は極めてよいことから、図 11.12 と表 11.7 の圧縮強度の結果より、骨材物性がほぼ同等で、配合が同じであれば、強度はほぼ同じになるといえる。

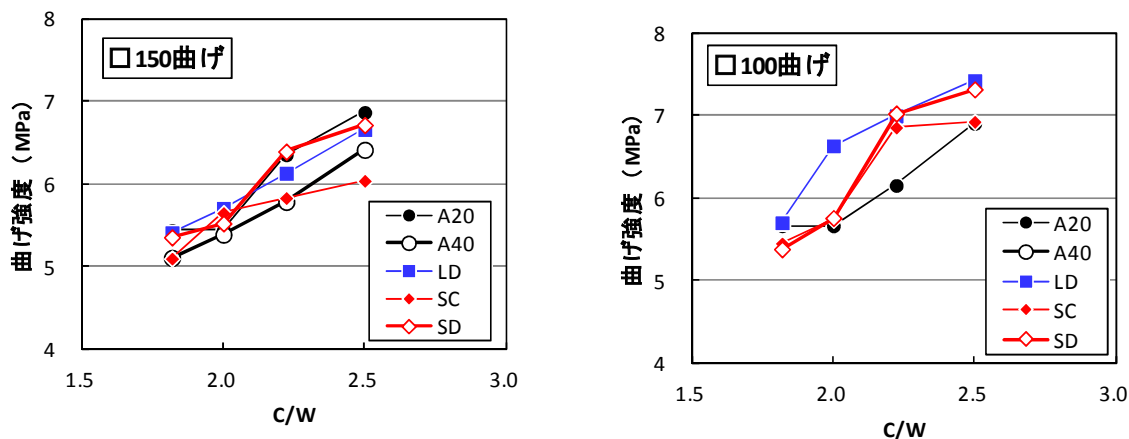


図 11.1 C/W と曲げ強度の関係

表 11.2 C/W と曲げ強度の回帰結果

| 骨材の種類 | □150曲げ強度 | | | □100曲げ強度 | | |
|-------|----------|-------|-------|----------|--------|-------|
| | a | b | r^2 | a | b | r^2 |
| A20 | 2.312 | 1.090 | 0.926 | 1.905 | 2.029 | 0.917 |
| A40 | 1.920 | 1.574 | 0.992 | — | — | — |
| LD | 1.843 | 2.042 | 0.999 | 2.369 | 1.630 | 0.905 |
| SC | 1.283 | 2.914 | 0.873 | 2.394 | 1.130 | 0.863 |
| SD | 2.173 | 1.357 | 0.936 | 3.075 | -0.195 | 0.918 |

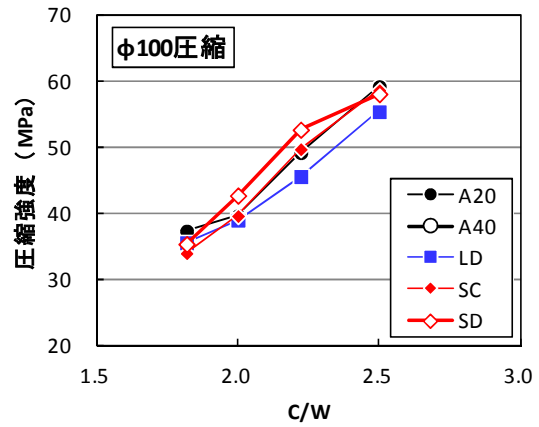
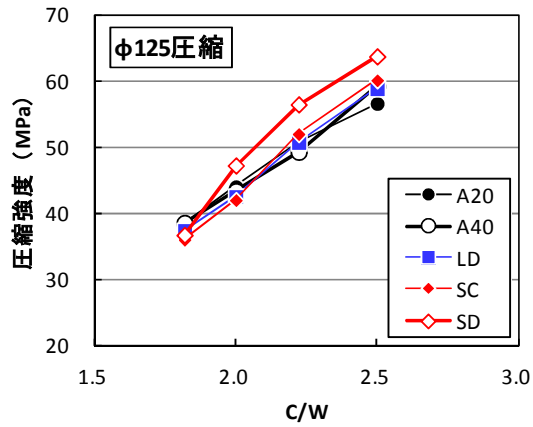


図 11.2 C/W と曲げ強度の関係

表 11.3 C/W と曲げ強度の回帰結果

| 骨材の種類 | φ 125 圧縮強度 | | | φ 100 圧縮強度 | | |
|-------|------------|--------|----------------|------------|--------|----------------|
| | a | b | r ² | a | b | r ² |
| A20 | 26.76 | -9.72 | 0.992 | 33.47 | -25.13 | 0.974 |
| A40 | 30.18 | -16.82 | 0.993 | — | — | — |
| LD | 31.98 | -20.90 | 0.997 | 29.44 | -19.01 | 0.985 |
| SC | 36.10 | -29.55 | 0.992 | 37.01 | -33.56 | 0.994 |
| SD | 39.09 | -32.42 | 0.969 | 33.88 | -25.17 | 0.968 |

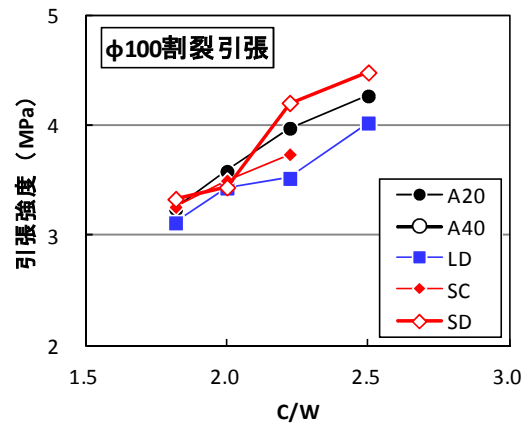
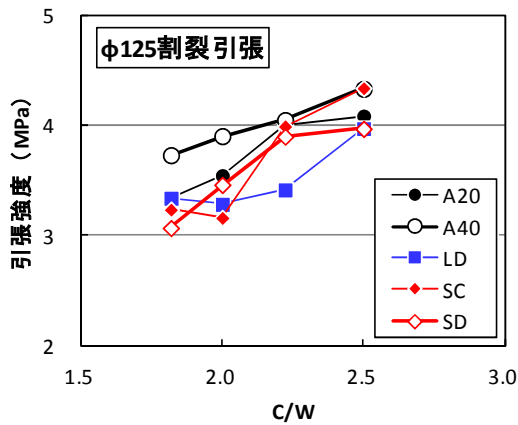


図 11.3 C/W と曲げ強度の関係

表 11.4 C/W と曲げ強度の回帰結果

| 骨材の種類 | φ 125 引張強度 | | | φ 100 引張強度 | | |
|-------|------------|--------|----------------|------------|--------|----------------|
| | a | b | r ² | a | b | r ² |
| A20 | 1.169 | 1.247 | 0.910 | 1.511 | 0.540 | 0.981 |
| A40 | 0.862 | 2.162 | 0.992 | — | — | — |
| LD | 0.942 | 1.491 | 0.765 | 1.246 | 0.861 | 0.951 |
| SC | 1.840 | -0.247 | 0.884 | 1.175 | 1.133 | 0.996 |
| SD | 1.338 | 0.742 | 0.885 | 1.852 | -0.091 | 0.927 |

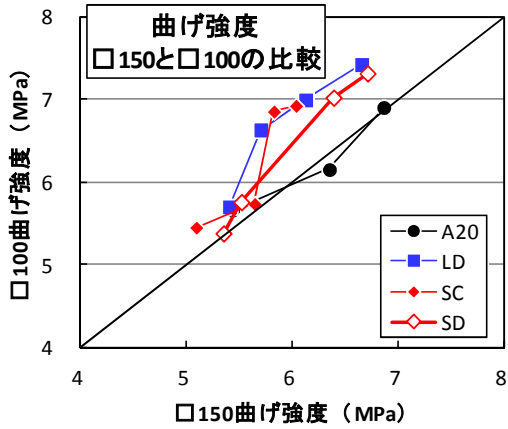


図 11.4 曲げ強度の寸法効果

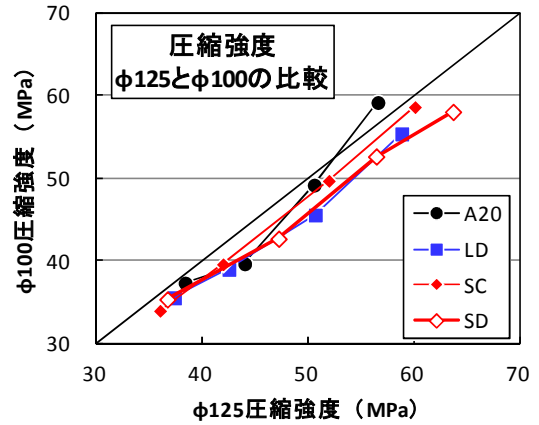


図 11.5 圧縮強度の寸法効果

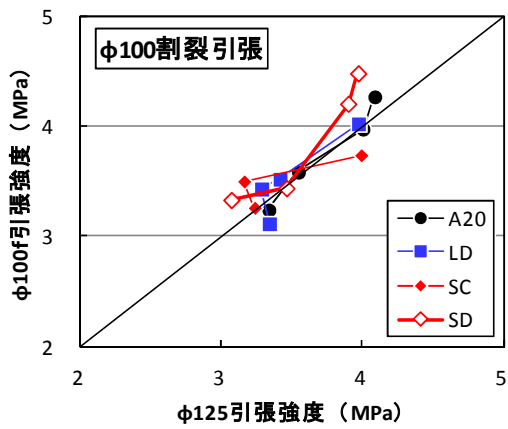


図 11.6 引張強度の寸法効果

表 11.5 寸法効果の回帰結果

| | a | r ² |
|------|-------|----------------|
| 曲げ強度 | 1.074 | 0.730 |
| 圧縮強度 | 0.946 | 0.951 |
| 引張強度 | 1.024 | 0.751 |

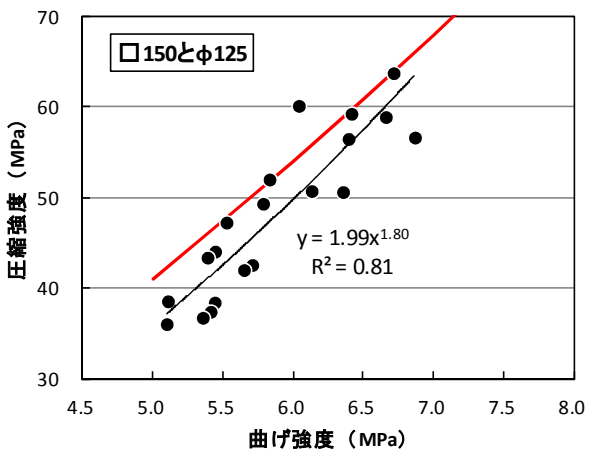


図 11.7 曲げ強度□15と圧縮強度φ12.5の関係

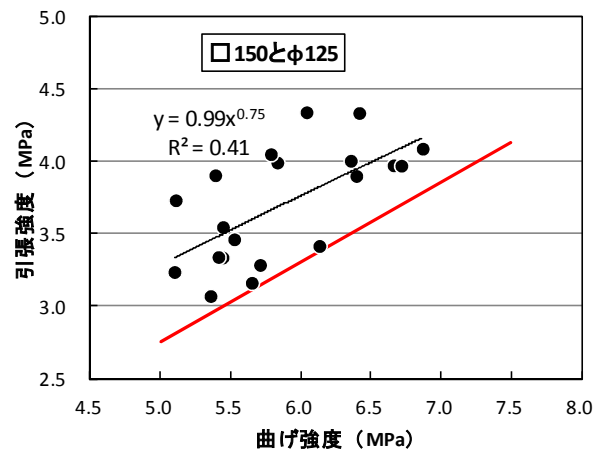


図 11.8 曲げ強度□15と引張強度φ12.5の関係

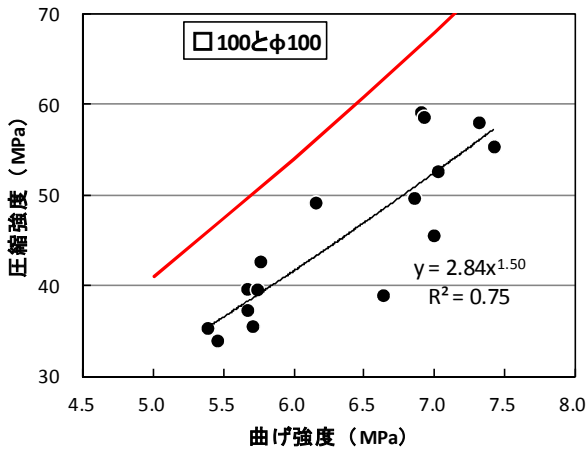


図 11.9 曲げ強度□100 と圧縮強度φ100 の関係

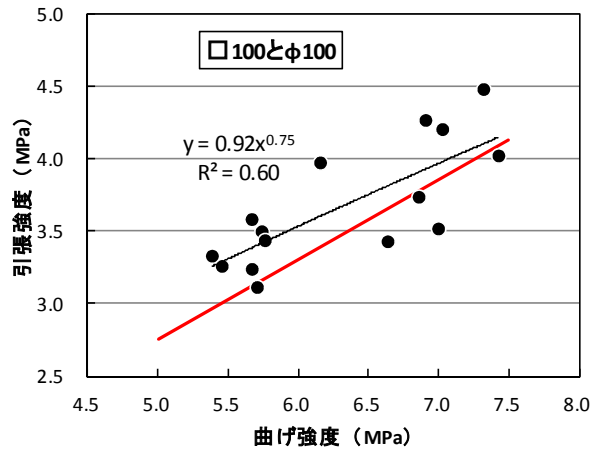


図 11.10 曲げ強度□100 と引張強度φ100 の関係

表 11.6 曲げ強度と圧縮強度、曲げ強度と引張強度の回帰結果

| 強度関係 | □150とφ125 | | | □100とφ100 | | |
|-------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-------|
| | α | β | r^2 | α | β | r^2 |
| 曲げと圧縮 | 1.80 | 1.99 | 0.81 | 1.50 | 2.84 | 0.75 |
| 曲げと引張 | 0.75 | 0.99 | 0.41 | 0.75 | 0.92 | 0.60 |

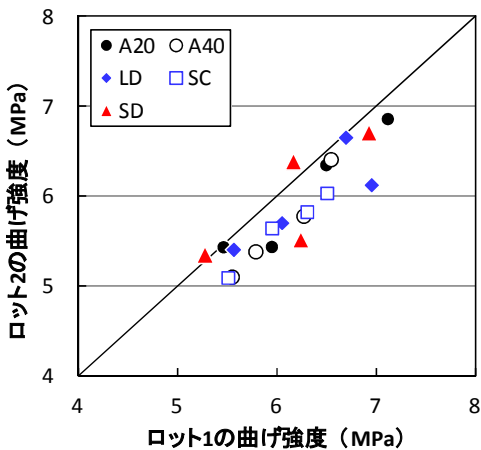


図 11.11 ロット1とロット2の曲げ強度の比較

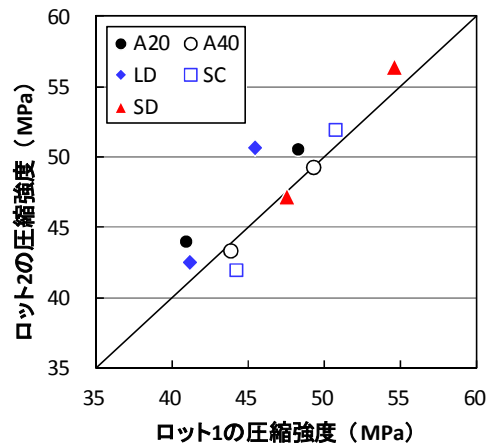


図 11.12 ロット1とロット2の圧縮強度の比較

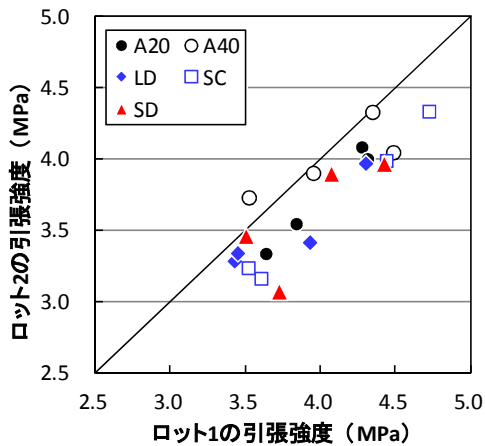


図 11.13 ロット1とロット2の引張強度の比較

表 11.7 ロット1とロット2の強度の回帰結果

| 骨材 | 曲げ強度 | | 圧縮強度 | | 引張強度 | |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | a | r^2 | a | r^2 | a | r^2 |
| A20 | 0.965 | 0.92 | 1.062 | 0.96 | 0.933 | 0.96 |
| A40 | 0.942 | 0.90 | 0.999 | 0.99 | 0.978 | 0.95 |
| LD | 0.946 | 0.63 | 1.081 | 0.81 | 0.926 | 0.72 |
| SC | 0.933 | 0.97 | 0.994 | 0.88 | 0.906 | 0.98 |
| SD | 0.975 | 0.61 | 1.018 | 0.95 | 0.916 | 0.59 |

12. スケーリング試験

12. 1 実験概要

舗装コンクリートは、打設面が交通荷重を直接受けるとともに、外気にも直接さらされており、厳しい条件にさらされている。そのうち本章では、気象、とりわけ温度変化に伴う凍結融解に対する抵抗性について検討している。前年度は、JIS A 1148に基づく通常の凍結融解試験を行なった。この試験は、供試体全体を水中凍結・水中融解する試験である。コンクリート舗装は、打設面である舗装表面が最も厳しい条件にさらされていることから、ASTM C672に規定されているスケーリング試験を参考に、表面からの劣化に対する抵抗性について検討することとした。

試験は、2回に分けて実施した。1回目は予備試験、2回目は粗骨材の種類、水セメント比の影響である。事前に、粗骨材の簡易凍結融解試験も実施した。

12. 2 粗骨材の簡易凍結融解試験

12. 2. 1 試験方法

試験方法は、文献11)を参考にした。文献11)の対象は砂利であるが、碎石にも適用した。また、水道水で凍結融解を30回繰り返すか、1%濃度の塩水で3回繰り返した時の損失質量5%で評価する方法である。今回は、水道水と、塩水は濃度3%で30回繰り返した。

12. 2. 2 試験結果

試験結果を図12.1と図12.2に示す。

砂利Gは、水道水30回、塩水3回の結果とも損失質量5%以上であり、凍結融解抵抗性は小さいと評価される。そのほかの骨材は5%以下である。

塩水30回繰り返しの結果は、スラグ骨材は5%以下である。石灰石LDは5%をわずかに上回り、砂岩Aはわずかに下回った。砂岩Bと安山岩Cは、10回には5%を超え、30回はBがGと同程度、CはGを上回っている。

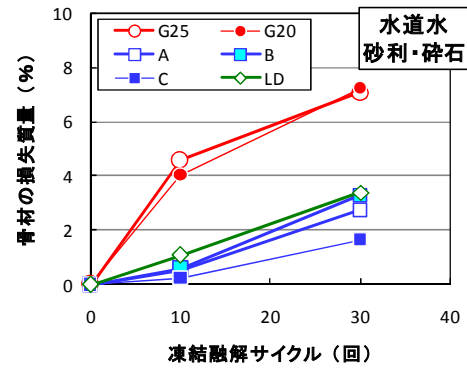
12. 3 予備実験²¹⁾

12. 3. 1 検討項目

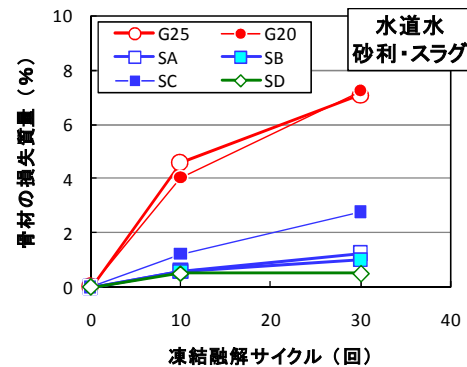
予備試験は、次の3項目について検討することとした。

- (1) 試験面の影響
- (2) 凍結防止剤の影響
- (3) 空気量の影響

試験条件は、表12.1のとおりである。

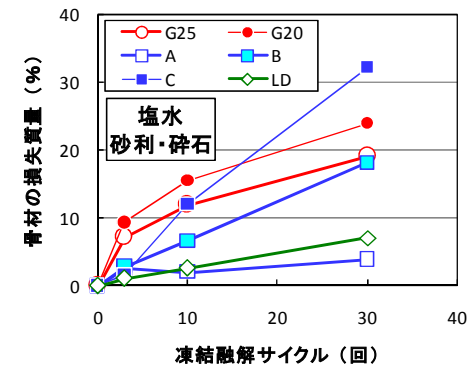


(a) 砂利・碎石の結果

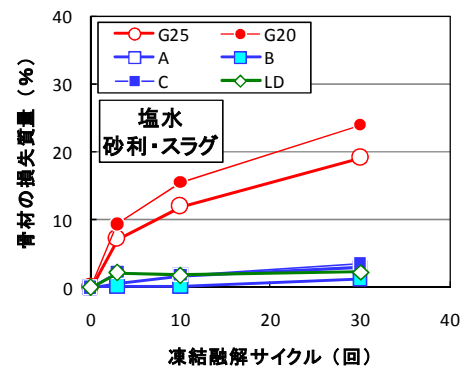


(b) 砂利・スラグ骨材の結果

図 12.1 水道水の結果



(a) 砂利・碎石の結果



(b) 砂利・スラグ骨材の結果

図 12.2 塩水の結果

表 12.1 試験条件

| 粗骨材の種類 | 空気量 % | W/C % | 測定面 | 湛水溶液 (塩分濃度) | | |
|--------|-------|-------|-----|-------------|----|----------|
| | | | | 0% 水道水 | 3% | 23.4% 飽和 |
| A20 | 6 | 50 | 打設面 | | ○ | |
| | | | 切断面 | | | |
| | 4.5 | | 打設面 | ○ | ○ | ○ |
| | | | 切断面 | ○ | ○ | ○ |
| | 1.5 | | 打設面 | | | |
| | | | 切断面 | | ○ | |

12. 3. 2 実験方法

供試体作製の手順は、ASTM C672 を参考に、次の用に行なった。使用した骨材は A20 である。

(1) 供試体

150×150×300mm のコンクリート供試体を作製し、2週間水中養生した。その後図 12.3 のように切断し、150×150mm の打設面と切断面が試験面となる供試体を 2 個ずつ成形した。切断後、1日湿空 (20℃、85%R.H.) 養生し、試験面以外 (側面および底面) をエポキシ樹脂で 2 回塗装した。

試験面に水を溜めるため、図 12.4 のように供試体周囲にプラスチック板を貼り付けた。切断から囲いの設置まで 1 週間とした。

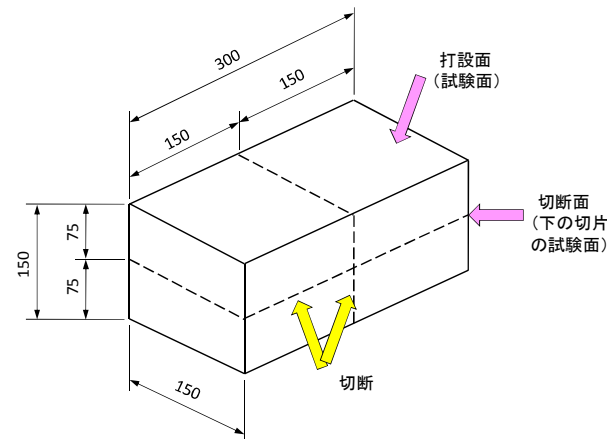


図 12.3 コンクリート供試体

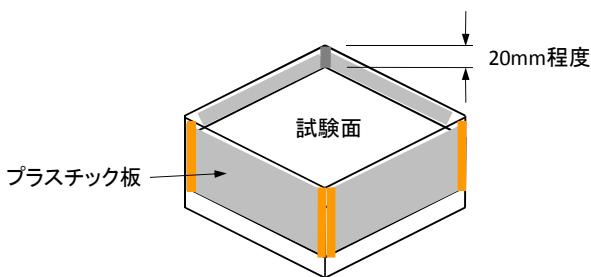


図 12.4 スケーリング試験用供試体

(2) スケーリング試験

試験開始 6 時間前に、試験面に湛水溶液 (水道水、塩水 3% 溶液、飽和 (23.4%) 溶液) を深さ 6mm 入れた。

試験温度のパターンは、-20℃±3℃で 16 時間凍結、その後、20℃±3℃で 8 時間融解の繰返しである。

(3) スケーリング量の測定および供試体の観察

測定は、スケーリング量および試験面の観察を行なった。測定は、10 サイクルごとに 50 サイクルまで行なった。

a) スケーリング量の測定

スケーリング量は、試験面から剥離片を採取し、塩化ナトリウムを水道水で除去した後、105℃で乾燥させ、剥離した試料の質量を測定した。

スケーリング量は、剥離した試料の質量を試験面の面積で除して求めた。

b) 試験面の観察

試験面の剥離状態などを観察し、写真記録した。

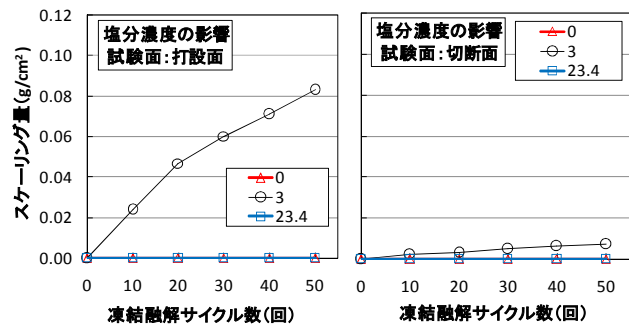
12. 3. 3 実験結果

スケーリングの状況 (写真) は、表 12.2 (打設面) のとおりである。

(1) 湛水溶液の塩分濃度と試験面の影響

湛水溶液の塩分濃度の影響を、打設面、切断面ごとに図 12.5 に示す。目標空気量は 4.5% の場合である。塩分濃度 3% のときのみスケーリング量が多く、0%、飽和溶液はほぼ 0 であった。飽和溶液の場合、凍結温度は 22℃ である。試験は -20℃ で実施しており、飽和溶液は凍結していないことを確認しており、スケーリングを生じなかった。

試験面の違いは、塩分濃度 3% の場合、打設面のスケーリング量は切断面に比べて 10 倍程度であった。

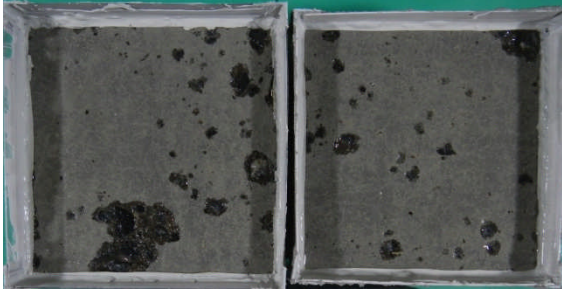
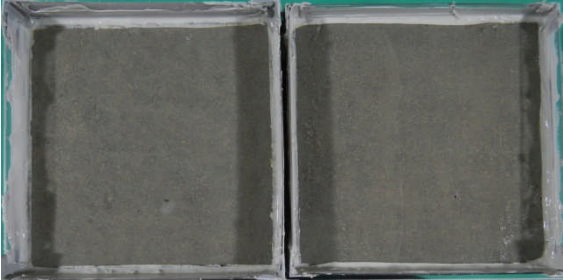
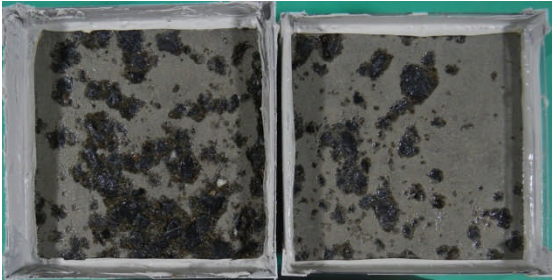
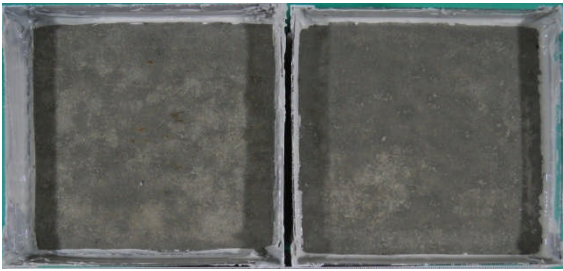



(a) 打設面

(b) 切断面

図 12.5 塩分濃度の影響

表 12.2 打設面の状況写真

| 空気量 | 塩分濃度 | | |
|------|---|---|---|
| | 0% | 3% | 23.4% |
| 6% | |  | |
| 4.5% |  |  |  |
| 1.5% | |  | |

(2) 空気量と試験面の影響

空気量の影響を、打設面、切断面ごとに図 12.6 に示す。塩分濃度は3%の場合である。

空気量 1.5%のときのスケーリング量が多くなっている。(a)図(打設面)の空気量1.5%と4.5%のスケーリング量を比較すると、1.5%の場合は10倍程度になっている。6%のスケーリング量はわずかであり、スケーリングにおいても空気量の影響は大きい。

また、(b)図(切断面)の場合を比較すると、4.5%、6%の場合はほぼ0であるが、1.5%の場合は、(a)図の打設面の場合よりもわずかに少ないものの、空気量が少ないとモルタルのスケーリングが進行している。

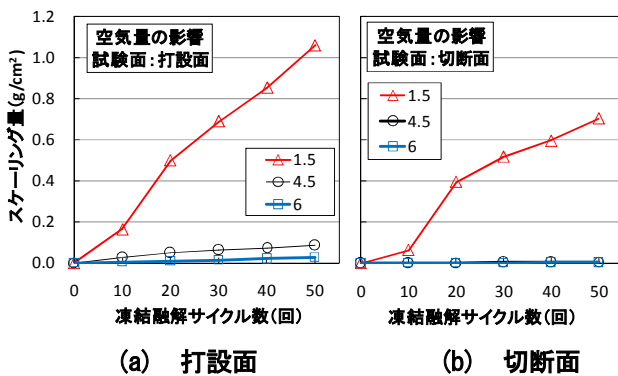


図 12.6 空気量の影響

(3) スケーリング試験条件

以上の結果より、次節の粗骨材の種類、水セメント比の影響の試験を行うにあたっては、塩水 3%、空気量 4.5%で実施することとした。試験面は、同じく打設面と切断面の両面で行うこととした。

12. 4 粗骨材の種類、W/C の影響に関する実験

12. 4. 1 実験方法

スケーリング試験は、12.3.2 と同様である。

使用した骨材は、簡易凍結融解試験結果より、比較の代表として A、凍結融解抵抗性が小さいと判断された G、塩水の 30 回で損失質量の大きかった B と C、石灰石、スラグの代表として LD、SC の 6 種類である。

試験条件は、12.3.3 の(3)のとおりである。また、一部の骨材 (A、C、SC の 3 種類) は、W/C=40%、60%についても実施した。

12. 4. 2 実験結果

スケーリングの状況(写真)は、表 12.3 (粗骨材の種類、打設面) および表 12.4 (W/C、打設面) のとおりである。

(1) スケーリング試験結果

繰返し回数 100 回までのスケーリング量の結果の一例を図 12.7 に示す。

繰返し回数 100 回のスケーリング量を図 12.8 の(骨材の種類)、図 12.9 (W/C) に示す。

骨材の種類については、打設面は切断面よりも劣化が早い傾向がある。また、両面のスケーリング量の順番もほとんど異なっている。打設面は、 $SC < G \approx C < A \approx B < LD$ の順にスケーリング量が大きくなっているが、切断面は、 $A \approx SC < LD < G < B \approx C$ の順になっている。A、LD、SC は打設面と切断面の差が大きいが、C、G、LD はその差が小さく、C は打設面より切断面のほうが大きくなっている。

スケーリング状況を観察すると、打設面はモルタルが先行していた。打設面はブリーディングの影響を受けたモルタルが最初にスケーリングしたためと考えられる。切断面は、モルタルだけではなく、骨材も薄くはく離していた。そのため、切断面の順番は、粗骨材の簡易凍結融解試験結果と類似した。

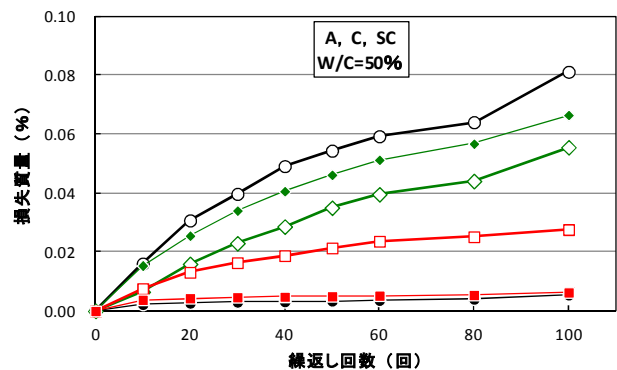


図 12.7 スケーリング試験結果(骨材の種類)

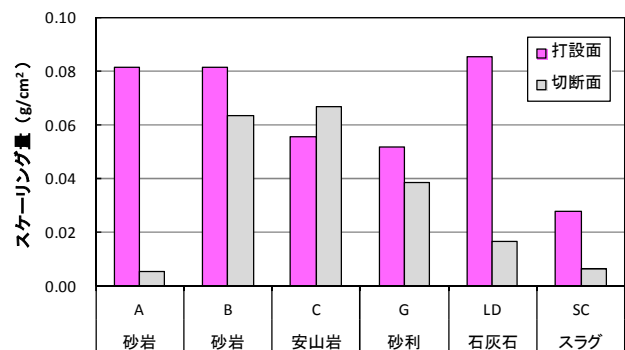
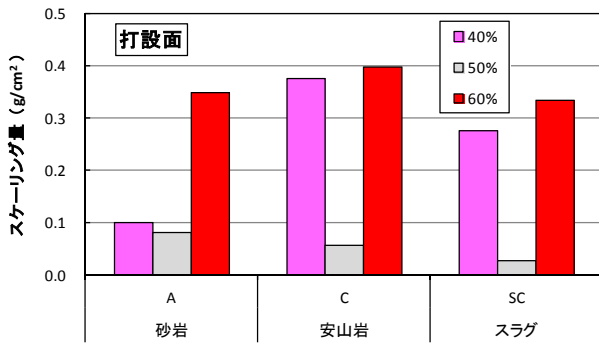


図 12.8 繰返し 100 回のスケーリング量(骨材の種類)

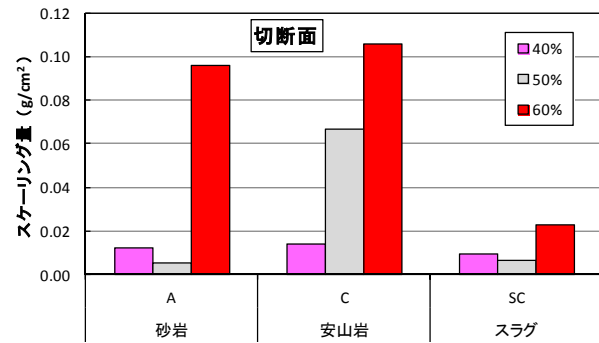
図 12.8 に W/C を変化させた場合について示す。

(a)図の打設面の結果は、50%が小さく、W/C との関係は明確ではない。ブリーディングの影響を強く受けているのかもしれない。

(b)図の切断面も、50%が小さい傾向にはあるものの、ほぼ W/C が大きくなるほどスケール量が大きくなる傾向がある。切断面は、ブリーディングの影響をほとんど受けなため、一般的な傾向を示したものと考えられる。



(a) 打設面



(b) 切断面

図 12.8 繰返し 100 回のスケール量 (W/C)

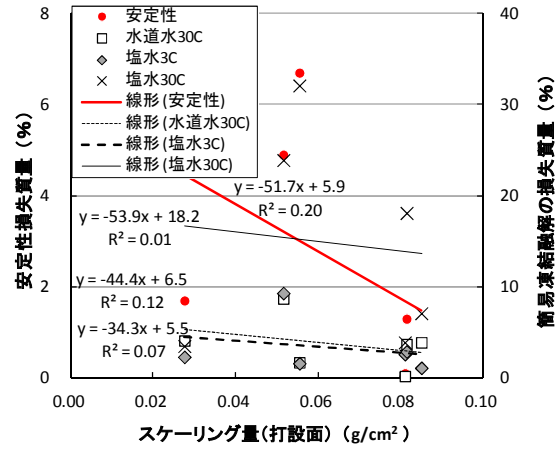
(2) 粗骨材物性との関係

粗骨材の安定性損失質量、簡易凍結融解試験の結果と、W/C 50%のスケール量との関係を求めた。その結果が図 12.9 である。簡易凍結融解試験結果は、水道水 30 回、塩水の 3 回と 30 回の場合を用いている。

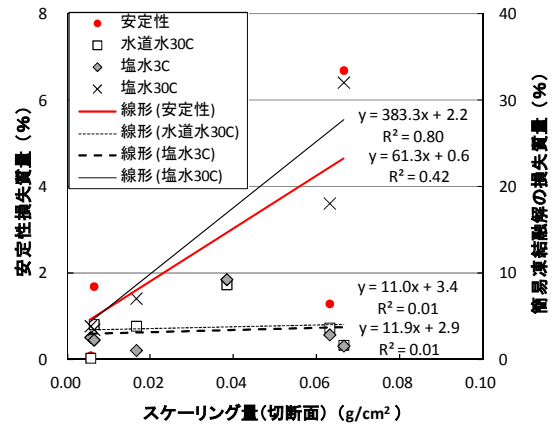
(a)図は打設面の結果であり、いずれについてもスケール量との関係を見出すことはできない。

(b)図の切断面の結果は、塩水 30 回と良い相関関係があることがわかる。安定性についてもある程度相関関係がある。

粗骨材の簡易凍結融解試験 (塩水 30 回) 結果と、コンクリートの通常の凍結融解試験による耐久性指数 (+)、スケール試験の打設面 (○) と切断面 (●) の結果を図 12.10 に示す。この結果からも、粗骨材の簡易凍結融解試験 (塩水 30 回) 結果は、コンクリートの凍結融解試験結果ではなく、切断面のスケールを示している。



(a) 打設面



(b) 切断面

図 12.9 スケール量と粗骨材の安定性、簡易凍結融解試験結果との関係 (W/C=50%)

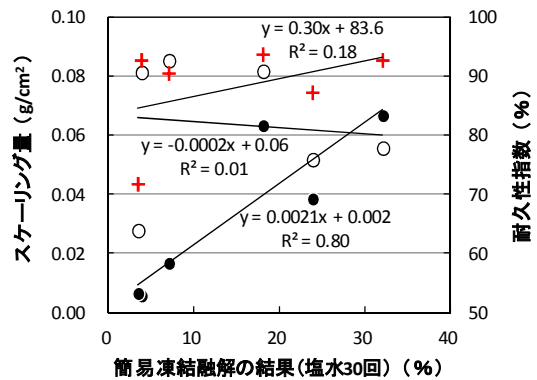


図 12.10 粗骨材の簡易凍結融解試験と、コンクリートの凍結融解、スケール試験結果

表 12.3 粗骨材 A、C、SC、B、G、LD (W/C=50%) の打設面の状況写真

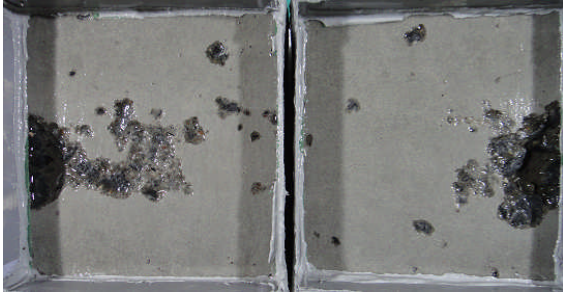
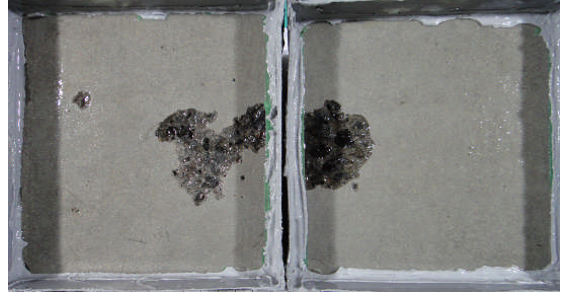
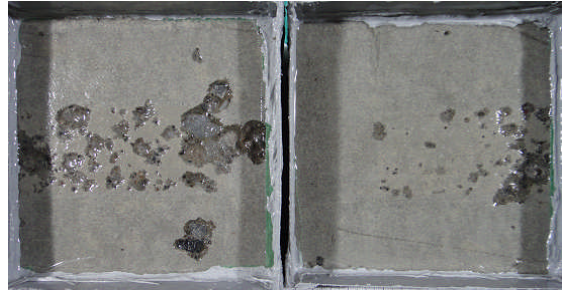
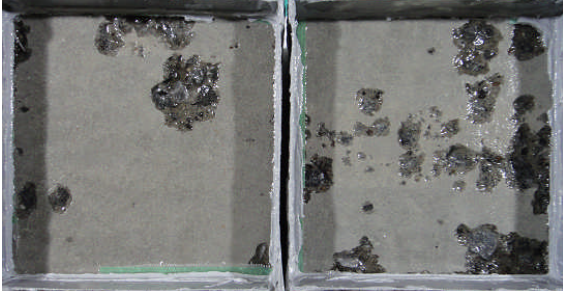
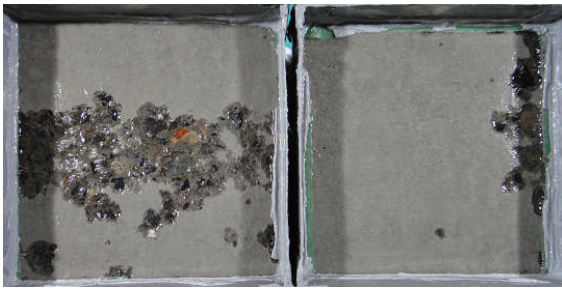
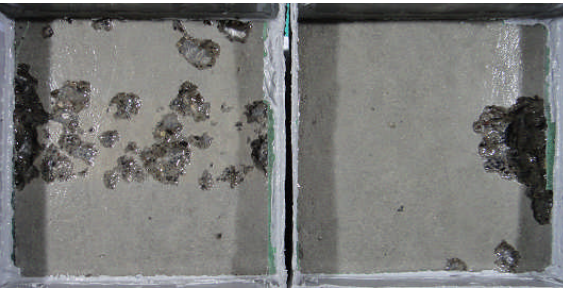
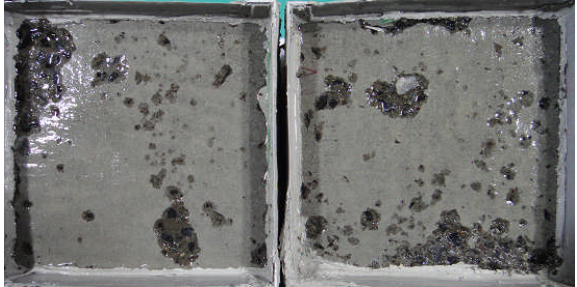
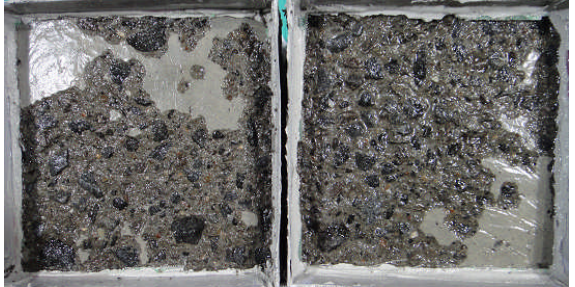
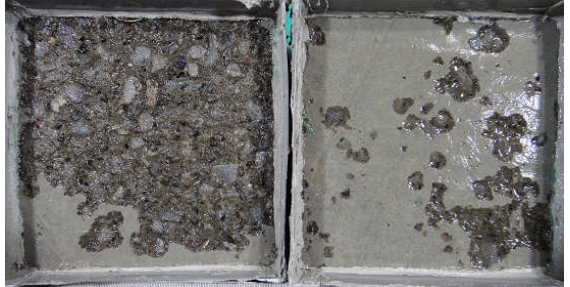
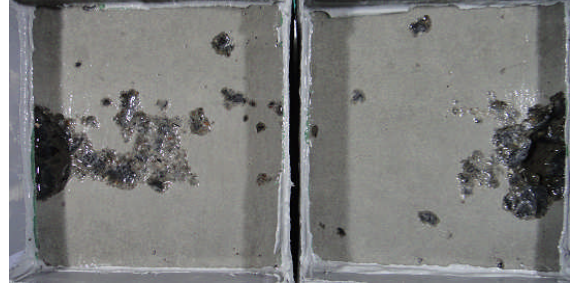
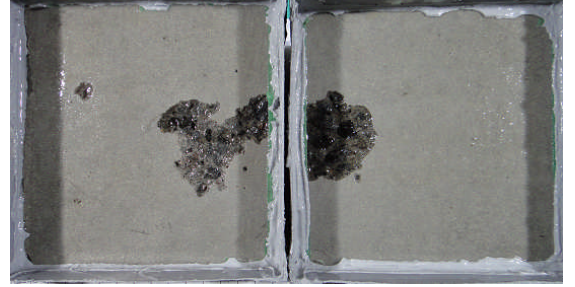
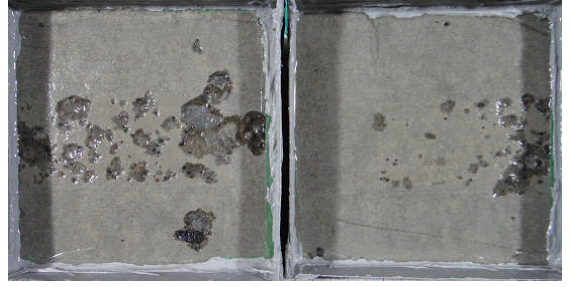
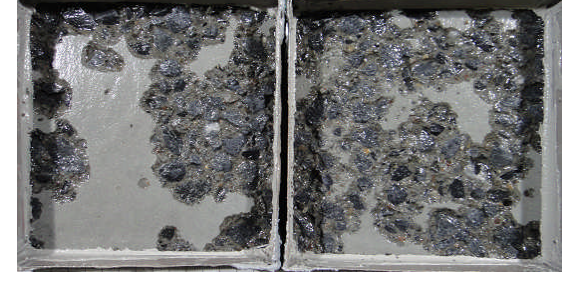
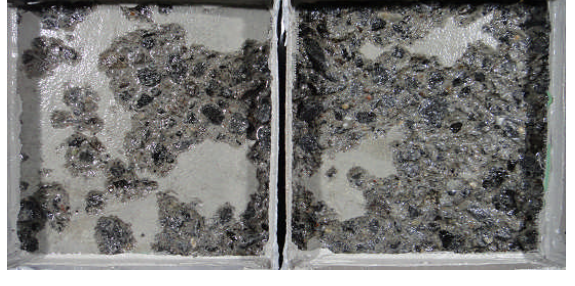

| W/C | 粗骨材 A | 粗骨材 C | 粗骨材 SC |
|---------|---|--|--|
| 50 % |  |  |  |
| | <p data-bbox="524 692 622 719">粗骨材 B</p>  | <p data-bbox="1128 692 1227 719">粗骨材 G</p>  | <p data-bbox="1733 692 1832 719">粗骨材 LD</p>  |

表 12.4 粗骨材 A、C、SC、水セメント比の打設面の状況写真

| W/C | 粗骨材 A | 粗骨材 C | 粗骨材 SC |
|------|--|---|--|
| 40 % |  |  |  |
| 50 % |  |  |  |
| 60 % |  |  |  |

13. 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮試験結果の比較

13. 1 実験概要

最近、コンクリートの乾燥収縮は、骨材の乾燥収縮の影響が大きいといわれており、前年度実施したコンクリートの乾燥収縮試験結果が、粗骨材の乾燥収縮の影響を受けているのかを確認するため、粗骨材の乾燥収縮試験を行なった。

13. 2 コンクリートの乾燥収縮試験結果

前年度実施したコンクリートの乾燥収縮試験結果は図 13.1 のとおりであった¹²⁾。石灰石、スラグは小さく、砂岩・安山岩砕石、砂利は大きい傾向があった。

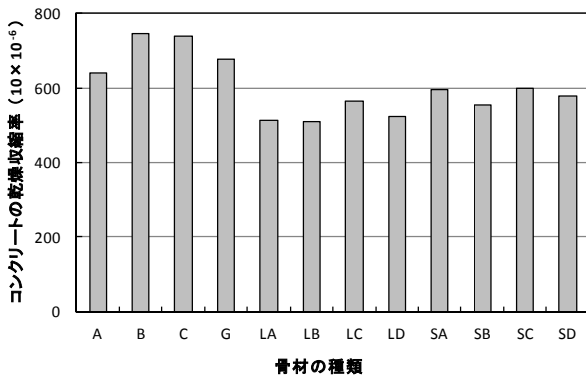


図 13.1 コンクリートの乾燥収縮試験結果 (26 周)

13. 3 粗骨材の乾燥収縮試験結果

13. 3. 1 試験方法

試験方法は文献 13)によった。その手順は次のと

おりである。試験した各粗骨材の個数は、10 個ずつである。

(1) 骨材の加工、ゲージ貼付け (写真 13.1)。

手順 1 粗骨材をコンクリート用カッターで切断し、切断面を研磨して平滑化した。

手順 2 切断面をアセトンで脱脂し、接着剤を塗布した。接着剤の塗布は 2 回行った。

手順 3 接着剤塗布面に、骨材に塗布したものと同一の接着剤を使用してひずみゲージを貼り付けた。

手順 4 室温で 24 時間乾燥後、ひずみゲージをコーティングテープで被覆した。

手順 5 コーティングテープ上にシール剤を重ねて貼り付けた。

手順 6 大気中にて 24 時間乾燥させた。

(2) 乾燥収縮率の測定

骨材の乾燥収縮率の測定手順は次のとおりである。

写真 13.2 に恒温恒湿槽内の粗骨材設置状態を示す。

手順 1 粗骨材が十分に浸漬するまで、バット内に蒸留水を投入。

手順 2 粗骨材および水を投入したバットを恒温恒湿槽 (温度 20°C/相対湿度 95%) 内に静置した。

手順 3 ひずみが安定した段階 (恒温恒湿槽内に静置後 5 日) に蒸留水を除去し、引き続き恒温恒湿槽 (温度 20°C/相対湿度 60%) 内に静置。

手順 4 水を除去後、ひずみが安定した段階 (乾燥開始後 7 日) に測定を終了した (粗骨材の変化量: 1.9~3.8×10⁻⁶/hr)。

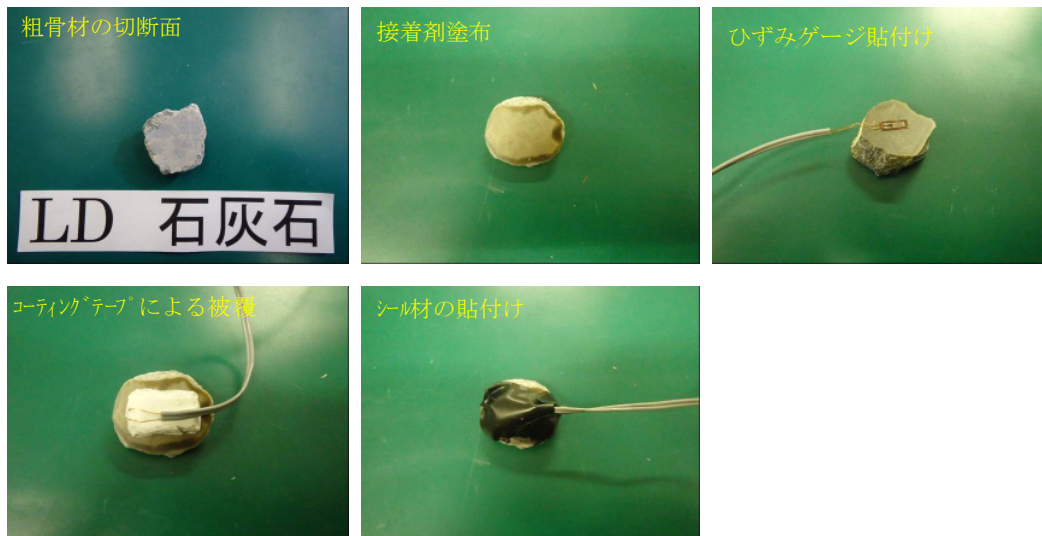


写真 13.1 骨材の加工、ゲージ貼付け状況



写真 13.2 乾燥収縮率試験組（恒温恒湿槽への設置状況）

13. 3. 2 試験結果

乾燥期間 7 日間までの主な粗骨材の乾燥収縮率の結果を図 13.2 に示す。

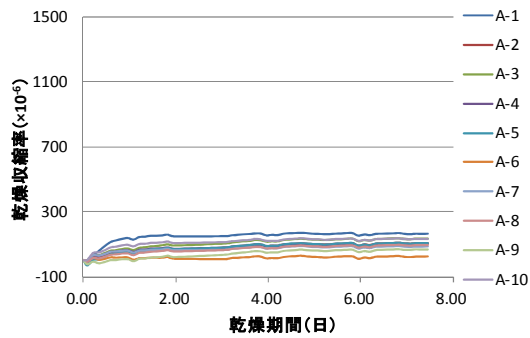
10 個の試験結果の最大、最小、平均、標準偏差、変動係数は表 13.1 のとおりである。特に砂利 G のばらつきは非常に大きい。

各粗骨材の乾燥収縮率の平均値を図 13.3 に示す。石灰石、スラグ骨材は非常に小さいが、砂岩、安山岩骨材、砂利は非常に大きい。

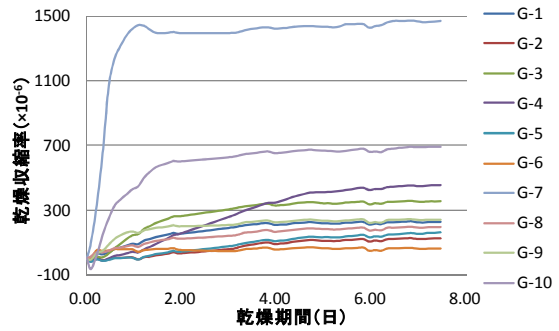
乾燥収縮率の平均値と標準偏差の関係を図 13.4 に示す。また、既往の研究結果を図 13.5 に示す²²⁾。今回の結果は、既往の結果とほぼ同じ範囲に入っている。

表 13.1 乾燥収縮率結果

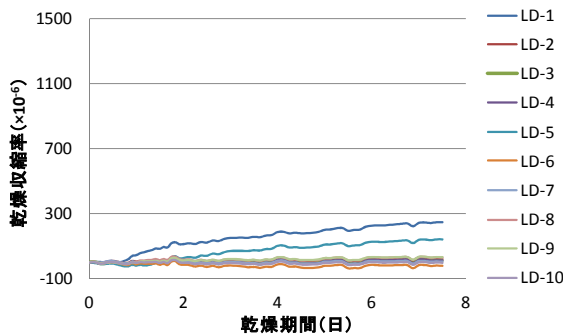
| 記号 | 乾燥収縮率($\times 10^{-6}$) | | | | | |
|----|---------------------------|-----|------|-----|----------------------|-------------|
| | 最大 | 最小 | 範囲 | 平均 | 標準偏差 (σ) | 変動係数 (%) |
| A | 162 | 22 | 140 | 101 | 38.9 | 38.6 |
| B | 396 | 195 | 201 | 284 | 66.9 | 23.6 |
| C | 508 | 13 | 495 | 199 | 143.5 | 72.0 |
| G | 1467 | 64 | 1403 | 396 | 417.8 | 105.6 |
| LA | 78 | -12 | 90 | 11 | 26.3 | 239.8 |
| LB | 28 | -4 | 32 | 4 | 9.3 | 206.4 |
| LC | 56 | 1 | 55 | 22 | 15.6 | 69.5 |
| LD | 244 | -21 | 265 | 46 | 81.1 | 176.7 |
| SA | 55 | 1 | 55 | 20 | 18.3 | 89.6 |
| SB | 10 | -12 | 23 | 4 | 6.6 | 171.2 |
| SC | 40 | -1 | 41 | 21 | 12.0 | 58.2 |
| SD | 31 | -11 | 42 | 9 | 12.7 | 140.3 |



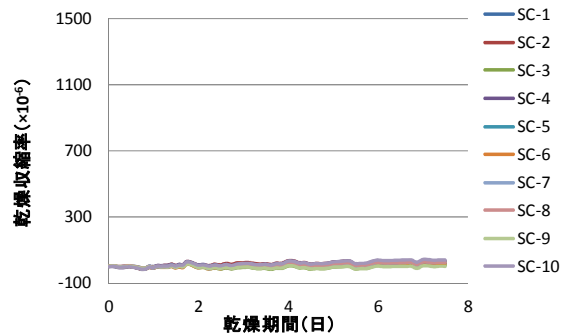
(a) 砂岩 A



(b) 砂利 G



(c) 石灰石 LD



(d) 砂利 G

図 13.2 乾燥収縮率試験結果

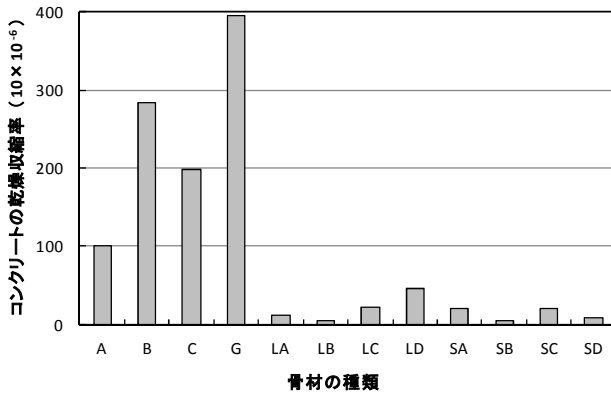


図 13.3 乾燥収縮率の平均値

13.4 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮試験結果の比較

コンクリートの乾燥収縮率測定結果(図 13.1)と、粗骨材の乾燥収縮率の関係を図 13.6 に示す。また、既往の研究結果を図 13.7 に示す²²⁾。

石灰石骨材およびスラグ骨材の乾燥収縮率は極めて小さく(図 13.3)、コンクリートの乾燥収縮率も 600×10^{-6} 以下であり(図 13.1)、両者の関係は図 13.6 の左下にかたまっている。硬質砂岩、安山岩および砂利は粗骨材の乾燥収縮率が大きくなるに従い、コンクリートの乾燥収縮率も大きくなる傾向を示している。ただし、 400×10^{-6} あたりで回帰直線から外れているデータが 1 点ある。これは砂利 G の結果である。G の 1 個ずつの乾燥収縮率試験結果は図 13.2(b) のようにばらつきが大きい結果を平均している。本来、砂利はさまざまな岩種で構成されており、その

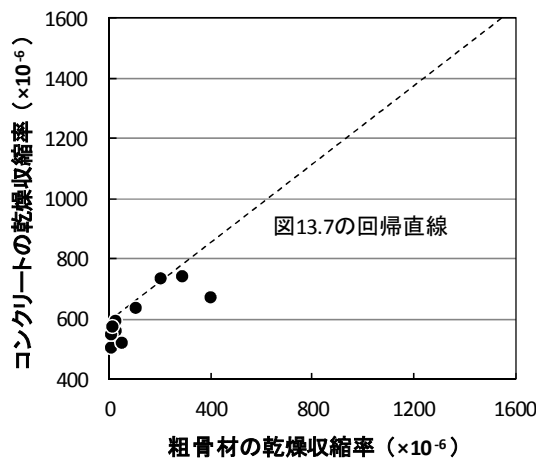


図 13.6 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮率の関係

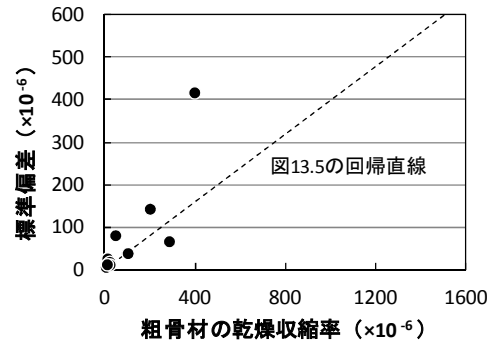


図 13.4 乾燥収縮率の平均値と標準偏差の関係

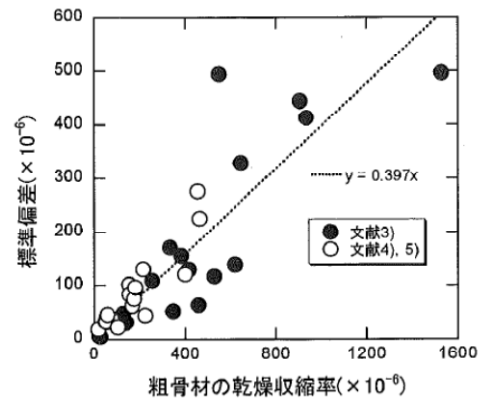


図 13.5 乾燥収縮率の平均値と標準偏差の関係 (既往の研究結果)

比率を考慮して平均を求める必要があるが、今回はそこまではできていない。

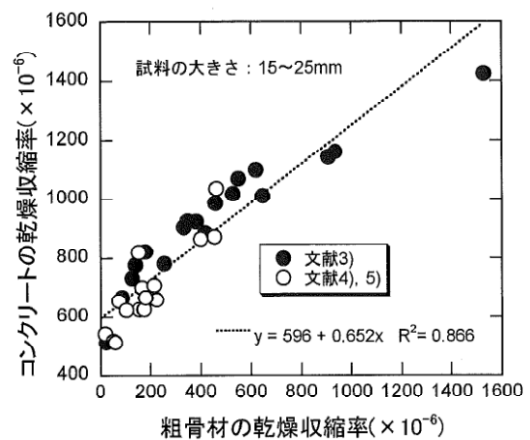


図 13.7 粗骨材とコンクリートの乾燥収縮率の関係 (既往の研究結果)

14. まとめ

数種類の粗骨材を用いて単位粗骨材かさ容積、スランプを変化させた場合の施工性試験、すり減り抵抗性試験、すべり抵抗性試験、W/Cを変化させた各種強度試験、スケーリング試験、粗骨材の乾燥収縮試験を行い、次のことが明らかになった。

(1) 施工性の検討

- a) フローテーブルによる締固め性・変形性試験、箱型装置による変形性試験を行い、施工性を評価するための新しい方法の可能性がある。
- b) 粗骨材分離試験の結果、密度の大きい粗骨材は、材料分離を起こして沈降しやすい。スランプの制限などが必要である。
- c) ダレ試験の結果、かさ容積を大きくすることによりダレが生じにくくなる。
- d) 以上の結果より、b)、c)に注意すれば、スランプ 10.5cm (8cm の上限値) でも舗装コンクリートとして使用できる可能性がある。

(2) すり減り抵抗性

- e) コンクリートのすり減り量は、粗骨材のすりへり減量、破砕値と良い相関関係があることを、前年度の結果に引き続き再確認した。
- f) かさ容積がすり減り量に及ぼす影響はわずかであった。
- g) 1回で数種類の供試体の試験ができる回転ラベリング試験は、すり減り抵抗性の異なる供試体を同時に試験する場合、組合せや配置に注意を要する。

(3) すべり抵抗性

- h) コンクリート表面をエメリー砂、ショットブラストによる研磨、切断した直後に BPN の初期値を測定すると、骨材露出率が大きくなるほど BPN は小さくなった。また、ノーマルタイヤを BPN が収束するまで走行させたときの収束値は、初期値より 10 程度低下した。
- i) 粗骨材の種類、かさ容積の BPN への影響は小さかった。

(4) 強度

- j) 曲げ強度と圧縮強度、引張強度の関係は、粗骨材の種類などによって異なる。今後、強度管理の合理化の検討にあたっては、粗骨材ごとに曲げ強度との相関性を考慮するなどの検討が必要である。

(5) スケーリング抵抗性

k) 粗骨材の簡易凍結融解試験と、コンクリートのスケーリング試験を行なった。簡易凍結融解試験は、3%濃度の塩水で 30 回繰り返した時の損失質量と、100 サイクル時のスケーリング量は良い相関関係があった。

- l) 前年度した通常の凍結融解試験では、吸水率の大きいスラグ骨材のみ、相対動弾性係数の低下がやや大きかったものの、スケーリング試験ではスラグ骨材は良好であり、砂岩 B、安山岩 C、砂利 G の結果があまり良くなかった。

(6) 乾燥収縮

- m) 粗骨材の乾燥収縮率試験を行い、前回実施したコンクリートの乾燥収縮試験結果との関係を求めた。両試験とも、石灰石、スラグ骨材は良好であったが、砂岩、安山岩、砂利の収縮は大きくなった。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：コンクリート舗装に関する技術資料、p.2、2009.8
- 2) 前掲書 1)、pp.7-12
- 3) 土木学会：舗装用コンクリートの振動台式コンシステンシー試験方法 (JSCE-F 501-1999)、コンクリート標準示方書規準編 2010 制定、p.207
- 4) 森濱和正ほか：各種骨材を用いた舗装コンクリートの配合試験、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、Vol.69, No.3, pp.81-86, 2013.12
- 5) 森濱和正ほか：碎石、砂利を用いた舗装コンクリートの強度、すりへり抵抗性、第 36 回コンクリート工学年次論文集、Vol.36, No.1, pp.1624-1629、2014.7
- 6) 森濱和正ほか：スラグ骨材を用いた舗装コンクリートの強度に関する検討、第 68 回セメント技術大会講演概要集、pp.70-71、2014.5
- 7) 森濱和正ほか：スラグ骨材を用いた舗装コンクリートの特性、舗装、Vol.50, No.5, pp.17-21、2015.5
- 8) 勝畑敏幸ほか：スラグ骨材を用いた舗装コンクリートのすりへり抵抗性に関する検討、第 68 回セメント技術大会講演概要集、pp.72-73、2014.5
- 9) 常松直志ほか：各種粗骨材を用いた舗装コンクリートのすり減り抵抗性に関する検討、第 69 回学術講演会第 V 部、pp.1163-1164、2014.9
- 10) 石田征男ほか：各種粗骨材を用いた舗装コンク

リートの凍結融解抵抗性に関する研究、第 69 回
年次学術講演会第 V 部、pp.991-992、2014.9

- 11) (独)土木研究所ほか：骨材資源を有効活用した
舗装用コンクリートの耐久性確保に関する共同
研究報告書 I 各種粗骨材の舗装コンクリートへ
の適用 (1)骨材試験、コンクリートの配合および
強度試験、共同研究報告書第 455 号、2014.3
- 12) (独)土木研究所ほか：骨材資源を有効活用した
舗装用コンクリートの耐久性確保に関する共同
研究報告書 I 各種粗骨材の舗装コンクリートへ
の適用 (2)舗装コンクリートの耐久性試験、共同
研究報告書第 462 号、2015.3
- 13) 渡辺博志、片平博、山田宏：骨材がコンクリー
トの凍結融解抵抗性と乾燥収縮に与える影響と
評価試験法に関する研究、土木研究所資料第
4199 号、2011.3
- 14) 佐藤聡明ほか：舗装用スリップフォームコンク
リートの施工性を考慮したフレッシュ性状評価
に関する研究、コンクリート工学年次論文集、
Vol.33、No.1、pp.1253-1258、2011.7
- 15) 鈴木徹ほか：舗装用スリップフォーム工法コン
クリートの自立性・脱型性を評価する品質管理手
法について、道路建設、No.740、pp.29-35、2013.9
- 16) 常松直志ほか：各種粗骨材を用いた舗装コンク
リートのすり減り抵抗性に関する検討、第 70 回
年次学術講演会第 V 部、2015.9 (投稿中)
- 17) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧第 3
分冊、pp.17-38、2007.6
- 18) 加藤学ほか：各種粗骨材を用いた舗装コンク
リートのすべり抵抗性に関する検討、第 31 回道路
会議、2015.10 (投稿中)
- 19) (社)日本道路協会：舗装調査・試験法便覧第 1
分冊、pp.92-97、2007.6
- 20) (社)土木学会：コンクリート標準示方書[設計
編]平成 8 年制定、p.19、1996.3
- 21) 森濱和正ほか：舗装コンクリートのスケーリン
グ抵抗性に関する実験的検討、第 69 回セメント
技術大会講演概要集、pp.198-199、2015.5
- 22) (公社)日本コンクリート工学会：コンクリート
の収縮特性評価およびひび割れへの影響に関す
る調査研究委員会報告書、pp.195-201、2012.8

STUDIES TO ENSURE DURABILITY OF PAVEMENT CONCRETE BY EFFECTIVE USE AGGREGATE RESOURCES

Budget : Grants for operating expenses General account

Research Period : FY2012-2015

Research Team : Materials and Resources Research Group
(Concrete and Metallic Materials Research)

Author : Hiroshi Watanabe

Kazumasa Morihama

Abstract : Wide use of concrete pavement is expected as its excellent durability and reduced life cycle cost. For further use of concrete pavement, introduction of performance based design concept instead of descriptive specification for constituent materials and consistency for concrete is necessary.

Usage of limestone for coarse aggregate of general ready mixed concrete is increasing to reduce drying shrinkage, however application of the limestone aggregate to concrete for pavement is questionable for its performance of skid resistance and abrasion. On the other hand, effective use of slag aggregate is expected from the environmental aspect. Therefore, it is studied with the purpose to clarify the applicability to the pavement concrete of various coarse aggregate.

In 2014, various test methods for evaluating the workability, raveling test, skid resistance test, strength test, raveling test, scaling resistance test, and drying shrinkage test of coarse aggregate of the pavement concrete using various aggregate has been carried out. As a result, it became clear that the durability of the pavement concrete, its influence by the kind of aggregate is different .

Key Word : limestone aggregate, slag aggregate, various test methods for evaluating the workability, strength test, raveling test, skid resistance test, scaling resistance test