

加圧成形による碎石スラッジ硬化体のインターロッキングブロックへの適用性

愛媛大学 学生員 ○青木 勝哉 正会員 木下 尚樹 正会員 川口 隆 正会員 氏家 勲

1. はじめに

瀬戸内海では海砂利が採取されてきたが、環境破壊問題等の観点から海砂利の採取が禁止となり、代替材である砕砂・碎石の需要が急速に伸びている。その需要増加にともない生産量に対し約 10%発生する副産物の碎石スラッジも増加している。碎石スラッジは地盤材料として一部利用がなされているが、その多くは埋立処分され、新たな利用方法の確立が急務である。本研究では碎石スラッジを加圧成形することでインターロッキングブロックの寸法に適合させた硬化体を作製し、その適用性について検討を行った。

2. 使用材料の配合および加圧成形方法

碎石スラッジは、碎石の製造工程において脱水ケーキと呼ばれ含水率 25~30%の状態 で捕集される。硬化体を作製するにあたり、含水状態を一定とするため乾燥炉(105℃)を用いて絶乾状態とし、ロサンゼルス試験機を用いて破碎した粉体を用いた。さらに普通ポルトランドセメントおよび水を使用した。セメント混入率の違いおよび加圧力の違いによる硬化体の性質を評価するために行った配合を表-1に示す。配合条件として、セメント混入率の選定は、予備実験において混入率 5~80%の範囲で供試体寸法 $\phi 30 \times 60\text{mm}$ の円柱供試体の圧縮強度試験を行い、強度の上限値が約 25~30%であったことから、15、20、25%の3種類とし、供試体の平面形状を長方形とし、寸法は $100 \times 200 \times 80\text{mm}$ とした(図-1)。加圧成形方法は各材料を計量後、モルタルミキサーを使用し、2回に分けて混合攪拌する。投入順に、碎石スラッジ、セメントをミキサー内で均一となるよう2分間攪拌する。さらに水を加え、1分間攪拌する。加圧成形に用いる装置は加圧時の荷重を簡易的に測定できることから圧縮強度試験用の装置を使用した(図-2)。攪拌した混合物を加圧ステージ上に設置した加圧容器内に充填し、上面に加圧盤を載せ一軸鉛直方向に所定の圧力を加えた。荷重速度は、毎秒約 1MPa とし、所定の荷重に達すると同時に除荷した。ここで、加圧時に混合物に含まれていた水は排水されたが、加圧力が高くなるに従って排水量も多くなっていた。加圧力の選定は、予備実験では加圧力 15MPa~60MPa の範囲で圧縮強度試験を行った。その結果を図-3に示すが、加圧力が高くなるにしたがって圧縮強度も高くなった。ただし、予備実験の供試体寸法は小さなものであり、インターロッキングブロック等の実用寸法を考慮すると加圧面積が大きくなることから加圧力を低くしなければならない。また、一般的な油圧式プレス機を想定した場合、汎用的な荷重が 50tf 程度であることから、加圧面積を考慮して加圧力の条件は 15、20、25MPa の3種類とした。以上の条件で作製した供試体の養生条件は、前述の図-3の結果より恒温室(20℃ $\pm$ 2℃)において材齢 28 日の湿布養生を施した。また、水中養生についても予備実験で行ったが、成形時の形状保持が難しかったことから今回は採用しなかった。

表-1 配合表

使用材料	(S)85 : (C)15 (g)	(S)80 : (C)20 (g)	(S)75 : (C)25 (g)
碎石スラッジ	3082	2901	2720
セメント	664	885	1106
水	560		

ただし、碎石スラッジ(S)とセメント(C)は体積比率(%)で示し、水量は両粉体の合計体積に対し一定比率の 40%である。

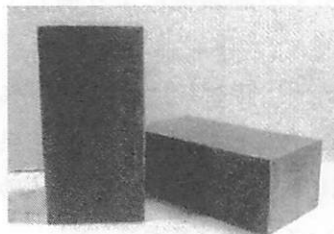


図-1 碎石スラッジ硬化体

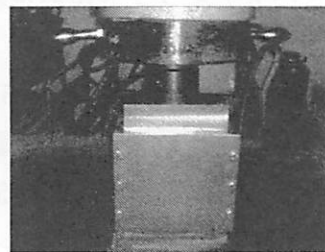


図-2 加圧成形の外観

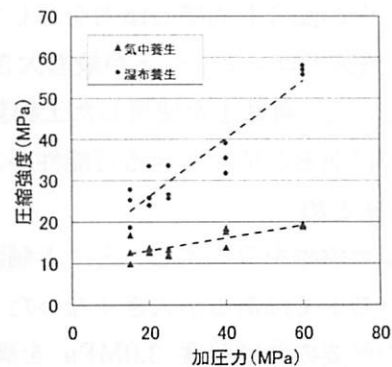


図-3 予備実験の圧縮強度

予備実験の結果を図-3に示すが、加圧力が高くなるにしたがって圧縮強度も高くなった。ただし、予備実験の供試体寸法は小さなものであり、インターロッキングブロック等の実用寸法を考慮すると加圧面積が大きくなることから加圧力を低くしなければならない。また、一般的な油圧式プレス機を想定した場合、汎用的な荷重が 50tf 程度であることから、加圧面積を考慮して加圧力の条件は 15、20、25MPa の3種類とした。以上の条件で作製した供試体の養生条件は、前述の図-3の結果より恒温室(20℃ $\pm$ 2℃)において材齢 28 日の湿布養生を施した。また、水中養生についても予備実験で行ったが、成形時の形状保持が難しかったことから今回は採用しなかった。

3. 圧縮強度および曲げ強度

セメント混入率の違いによる圧縮強度の関係を図-4 に示す。セメント混入率が高くなるにしたがって強度が高くなる傾向があったが、25%のときは加圧力の違いによる強度差があまり見られなかった。このことから、セメント混入率が低い場合は加圧力の違いによる圧縮強度の影響があり、混入率が高い場合は 15～25MPa の加圧力の範囲においては影響が少ないと考えられる。よって圧縮強度を向上させるにはセメント混入率を高くすることによって得られる効果の方が大きいと考えられる。また、いずれの供試体も歩行者系道路の規格値 17MPa を満たしていた。車道での適用性は、加圧力 15MPa のセメント混入率 15%、20%以外の供試体は規格値 32MPa を満たしていた。セメント混入率と曲げ強度の関係を図-5 に示す。曲げ強度においても圧縮強度と同様にセメント混入率が高くなるにしたがって強度も高くなる傾向があった。車道の規格値から、いずれの供試体も 5MPa 以下であったため曲げ強度に対する適用性はなかった。歩行者系道路で検討した結果、規格値 3MPa 以上は加圧力 25MPa 時の混入率 25% で作製した供試体のみが満たしていた。このことから、加圧成形による砕石スラッジ硬化体は規格値から比較すると圧縮強度は高いが曲げ強度は低いことがわかった。この原因を考察するために曲げ強度に対する圧縮強度の比について検討した。一般的なコンクリートの曲げ強度に対する圧縮強度の比が 1/5～1/8 であることから、縦軸にその比の最大値を百分率で表し、今回の実験で得られた強度比を図-6 に示す。砕石スラッジ硬化体は、一般的なコンクリートと比べ強度比は約 1/13～1/40 であり小さいことがわかった。砕石スラッジ硬化体のメカニズムは、加圧成形作用によって圧密度が高められ粉体粒子間の付着力および凝集力により固結し、さらにセメントを添加することで水和反応によって凝結し結合力が高められ固定化している。配合条件において必要な水量は、成形時に形状の保持、脱型が容易に行われる量であったことから、セメント量に対して水和反応に必要な水分が湿布養生では補完できなかったものと考えられる。この原因によって硬化

体としての密実性を高めることができず、特に曲げ強度が低かった理由の一つであると考えられる。今後の課題は硬化体の形状を保持しながら湿潤状態を保つ養生方法の検討が必要である。

4. おわりに

表-2 にインターロッキングブロックの種類と規格値を示し、今回行った実験結果による適用性について評価した結果の一覧についてまとめる。

表-2 加圧成形による砕石スラッジ硬化体のインターロッキングブロック評価表

種 類	項 目	車 道	歩行者系道路	実験結果	適用性
普 通	曲げ強度	5.0MPa 以上	3.0MPa 以上	1.6～3.6MPa	△
	圧縮強度	32.0MPa 以上	17.0MPa 以上	26.5～67.4MPa	○
	すべり抵抗値	60BPN 以上	40BPN 以上	75 BPN	○
保水性	保水性	保水量 0.15g/cm³ 以上		0.21g/cm³ 以上	○
	吸水性	吸い上げ高さ 70%以上		15%以下	×

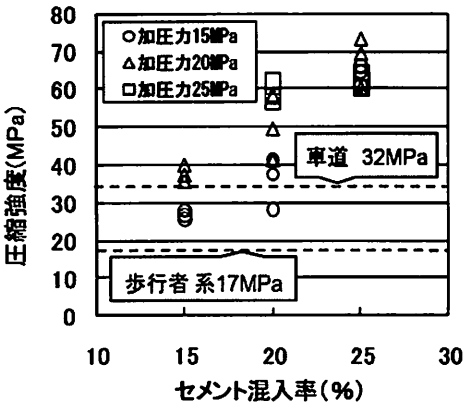


図-4 圧縮強度と規格値

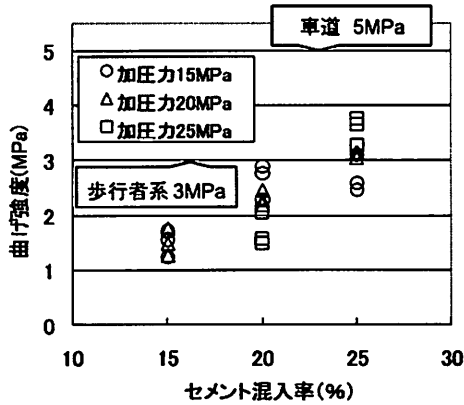


図-5 曲げ強度と規格値

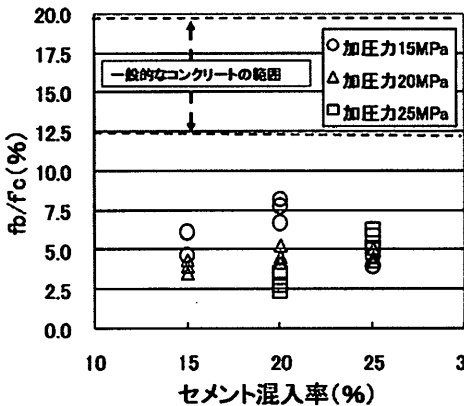


図-6 曲げ強度に対する圧縮強度の比率