

炭酸カルシウムを用いたCLSMの環境・力学性能に関する研究

東洋大学 学生会員 ○関口陽介 高橋頼人 横川勇輝
東洋大学 正会員 横関康祐 鹿島建設(株) 正会員 取違剛 関健吾

1. はじめに

現在、持続可能な社会を目指し、橋台と桁を一体化させるインテグラルアバット橋が普及しつつある。この橋梁形式では伸縮装置が不要なため、建設コストが安くメンテナンスが容易となる。このように別々の部材を一体化させることで設計・施工を合理化できる可能性があり、そこにはコンクリートよりも強度の低い材料の適用が考えられている。しかしながら、レディーミクストコンクリートは、JIS A 5308 により圧縮強度が 18N/mm²以上と規定されている。一方、土質材料の一軸圧縮強度は、流動化処理土でも 10N/mm²以下となっていて、土質材料とコンクリート材料の間には強度の隔たりがある。そこで、北米で利用されている CLSM (Controlled Low Strength Materials) を参考に、コンクリートと土質材料を連続的に補間する材料を開発し、上述の設計・施工の合理化を目指す。また、セメント業界の CO₂排出問題やコンクリートスラッジ処理問題の解決策となる CCU 粉体素材¹⁾を使用することで環境性能の改善を図ることを目標とした。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

本実験で使用した配合および目標強度を達成する配合 (L, U) を表 1 に示す。本実験では PCa 製品の配合を参考としたケース①と 3 種類の水セメント比を用いた CLSM (ケース①、②、③) を用いた。CLSM では粉体系高流動コンクリートの配合を参考にした。上述の CCU 粉体素材は 1 t 製造時に 350 kg の CO₂を

固定可能であるが、本実験では、代替材料として石灰石微粉末(炭酸カルシウム、密度 2.71g/m³)を用いた。

2.2 実験内容

各配合に対して、JIS A 1108「コンクリートの圧縮強度試験方法」、JIS A 1106「コンクリートの曲げ強度試験方法」に従い、圧縮強度および曲げ強度試験を行った。さらに、ケース①を母材コンクリートとし、CLSM を打ち継いだ 100×100×400mm の重ね梁を作製し、曲げ強度試験を行った。また、各配合および重ね梁における CO₂ 排出量とコストの評価を行った。

3. 実験結果・考察

3.1 強度

材齢 28 日の強度試験結果を表 2、図 1 に示す。図 1 より CLSM と一般的なコンクリート²⁾は、C/W と圧

表 2 実験結果

ケース	W/C (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	曲げ強度 (N/mm ²)
①	42	62.1	8.63
②	80	26.1	5.91
③	160	7.43	2.38
④	200	5.27	1.92

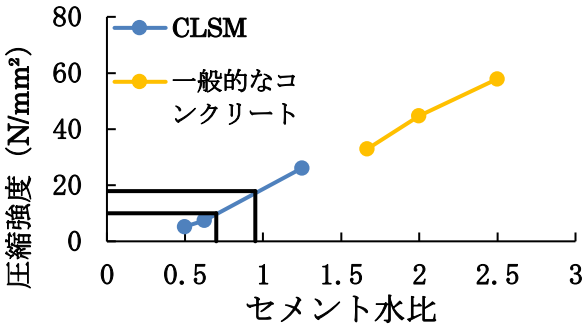


図 1 セメント水比と圧縮強度の関係²⁾

表 1 配合

ケース番号	Gmax (mm)	スランプフロー (mm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m³)					単位粗骨材絶対容積 (L/m³)
						水 W	セメント C	炭カル LP	細骨材 S	粗骨材 G	
①	20	650 ± 50	4.5 ± 1.5	42	42	160	381	70	713	988	373
②				80	51		500		831	795	300
③				160	51		200	300	818		
目標 L				200	51		100	400	818		
目標 U				200	51		80	420	834		
目標 U				102	52		157	343	825		
目標 U				141	51		113	387	819		

キーワード：CLSM、耐荷力、重ね梁、CCU、CO₂排出量、CUCO
連絡先 〒350-8585 埼玉県川越市鯨井 2100 東洋大学理工学部都市環境デザイン学科 TEL049-239-1300

縮強度の間に同一の相関関係が確認できる。また、目標強度（10～18N/mm²）を達成するセメント水比は0.7～0.98であり、水セメント比は102～141%である。W/C=102%を目標 L、141%を目標 U と示した。

3.2 CO₂排出量・材料コストの評価（CLSM 単独）

まず、強度試験結果から、CLSM が母材コンクリートと同一の耐荷力を有する断面積を求める。算出方法は JIS 記載の強度算出式 ($f_c=P/A$, $f_b=Pl/bh^2$) から母材コンクリートの最大荷重を求め、強度以外を同一の条件にして有効断面積を算出した ($A=P/f_c$, $A=bh=b(Pl/f_b b)^{1/2}$)。計算結果を表 3 に示す。CLSM は強度が低いため母材コンクリートよりも 2～6 倍の断面積が必要となる。次にコンクリート 1 m³製造時の CO₂排出量と材料コストを表 4 に示した。CO₂排出量の算出では CCU 粉体素材の固定量を用いたが、材料コストでは、CCU 粉体素材の単価が未定なため石灰石微粉末の単価を用いた。

図 2 に同一耐荷力を有する断面積での評価を示す。CO₂排出量は、目標強度 L～U の配合で製造時の CO₂排出量よりも固定量が上回るため、トータル CO₂排出量がマイナスとなった。一方、材料コストは、部材を母材コンクリートのみで製造した場合よりも低減できないことが分かる。

3.3 CO₂排出量・材料コストの評価（重ね梁）

部材に作用する荷重の半分ずつを母材コンクリートと CLSM が受け持つ重ね梁を考える。部材断面積の比率は表 3 に従い算出し、表 4 の CO₂排出量、材料コストを断面積にかけ合わせて全体の CO₂排出量と材料コストを算出した。計算結果を表 5、図 3 に示す。母材コンクリートのみで部材を製造する場合に比べて、重ね梁で同一耐荷力を得るためには、圧縮部材では全体面積が 2.3～3.7 倍の断面積を必要とするが、曲げ部材では 1.2～1.3 倍の断面積でよいことが分かる。また、CO₂排出量の低減効果は、曲げ部材よりも圧縮部材の方が大きい傾向にあるが、材料コストに関しては、曲げ部材に用いる重ね梁は母材コンクリートのみとほぼ同等のコストになる可能性が示された。

4. まとめ

普通コンクリートと CLSM を重ね梁として用いることで、圧縮や曲げなどの耐荷力を保持しつつ、材料コスト、CO₂排出量の観点でも普通コンクリートよりも有利な使用方法を見出すことができた。

表 3 母材と同一耐荷力を有する断面積

ケース		母材①	目標 L	目標 U
W/C (%)		42	102	141
同一耐荷力を有する断面積 (mm ²)	圧縮強度	A	3. 6A	6. 4A
	曲げ強度		1. 9A	2. 2A

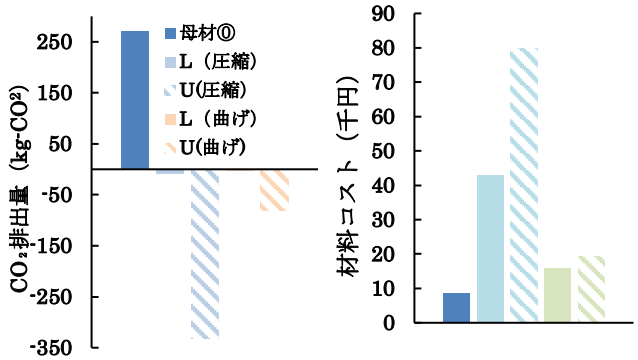


図 2 同一耐荷力を有する断面積での評価

表 4 1 m³当たりの CO₂排出量と材料コスト

ケース	材料起因 CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	CCU 使用 CO ₂ 固定量 (kg-CO ₂ /m ³)	CCU 使用時の CO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ³)	材料コスト (千円/m ³)
①	298. 7	27. 3	271. 4	8. 7
目標 L	128. 9	133. 8	-2. 7	12. 0
目標 U	96. 8	150. 7	-51. 7	12. 4

表 5 重ね梁供試体における同一耐荷力の断面積比

条件		目標 L	目標 U
母材コンクリートのみに対する断面積比	圧縮強度	2.3 倍	3.7 倍
	曲げ強度	1.2 倍	1.3 倍

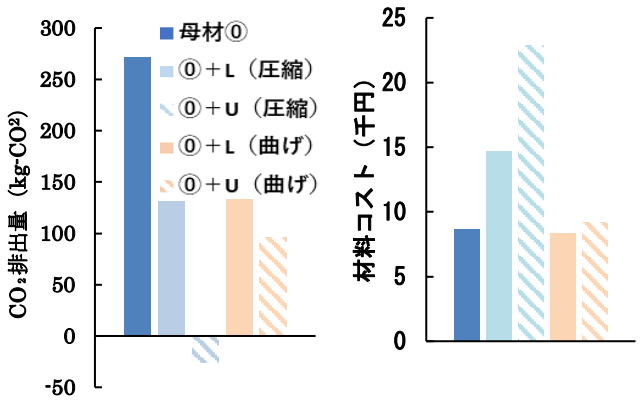


図 3 重ね梁供試体における評価

謝辞：本成果は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の委託業務（JPNP21014）を受け、革新的カーボンネガティブコンクリートの材料・施工技術及び評価技術の開発で得られた成果である。

参考文献：1) 佐々木猛、八木利之：エコタンカル（軽質炭酸カルシウム）とその可能性 セメント・コンクリート No. 900. pp58-61 2022. 2 2) 住友大阪セメント株式会社：技術資料 5.硬化コンクリートの性状（令和 5 年 1 月 23 日参照）