

鉄筋コンクリート造建築物における左官仕上材の躯体保護効果

1. 材料施工ー16. 部位別材料・仕上げ・性能評価

準会員 ○ 鈴木志野^{*1}

正会員 田村雅紀^{*2}

左官仕上げ材 コンクリート 躯体保護

圧縮強度 ポアソン比 破壊臨界ひずみ

1. はじめに

近年、地球環境問題の対策等の影響により、建設業界には産業廃棄物の削減や二酸化炭素排出量の削減等が促されており、鉄筋コンクリート構造物の耐久性能を向上させ、長期に渡り使用することが必要となってきた。

住宅の品質確保の促進等に関する法律、及び長期優良住宅の普及の促進に関する法律では、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を向上させ、長期的に使用するため、仕上材を用いてコンクリート造建築物を保護することが可能となっている。しかしながら、その効果を確認した実験データはまだ少ないことが現状である。実際に内装に漆喰仕上げを施した鉄筋コンクリート造の蔵が長期に渡り立ち続けている例がある。

本研究では、築 93 年になる内壁に漆喰を塗布したコンクリート造蔵を参考にしてコンクリートに左官仕上材を塗布した場合の鉄筋コンクリート造建築物の躯体保護効果を評価することを目的とする。研究の流れは、調査対象

となる内壁に漆喰塗布が施されたコンクリート造蔵の調査をし、現状を把握する（研究 1）。コンクリート試験体を作製し、左官仕上材を塗布して強度試験（研究 2）を行う。続いて、表層性能試験（研究 3）を行う。以上の研究から仕上材がコンクリートに及ぼす影響を調査する（図 1）。また、本報告では研究 1 の事例調査、及び研究 2 の圧縮強度試験、静弾性係数、ポアソン比、破壊臨界ひずみの試験についての報告を行う。

2. 研究概要

2.1 左官仕上げコンクリートの事例調査（研究 1）

今回の調査対象蔵の調査概要を表 1 に示す。外壁は仕上げモルタルの剥離が目立つが、躯体に目立つひび割れや錆汁等は見られなかった。1 箇所、躯体コンクリートが剥離し内部の鉄筋が現れた部分があったが、これはかぶり厚さの問題が考えられる。蔵内部には漆喰塗装がされており、漆喰剥離が見られる箇所もあるが、現在も蔵として使用されている。

2.2 使用材料と試験項目

表 2～6 に、使用材料及び試験要因と水準、試験項目、コンクリート計画調査を示す。使用左官仕上材の種類は、漆喰、石膏、モルタル、及び仕上げなしの 4 種類である。漆喰は消石灰をベースにスサ、糊材等が混ざった既調合のもの、石膏はα石膏ベースの既調合の薄塗壁材を使用した。仕上材としてのモルタルは水セメント比 50%で作製した。また、仕上げ開始日を仕上げ日とし、表 3～4 より、仕上げ日は材齢 4 日、8 日、12 日と仕上げなしの 28

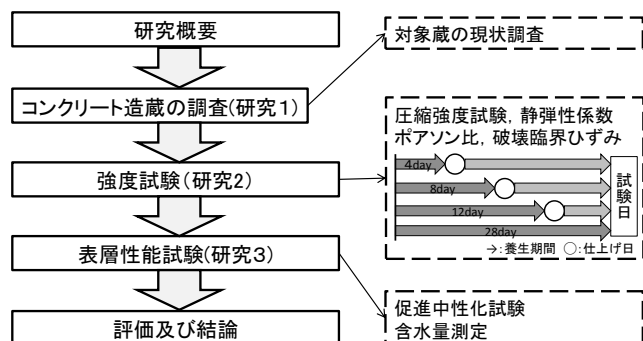


図 1 研究の流れ

表 1 左官仕上げコンクリート造蔵調査（研究 1）

項目	調査概要	写真	
研究 1 コンクリート造蔵 調査	調査実施日：2010 年 9 月 所在地：東京都豊島区駒込 1 丁目 調査箇所：蔵外観 用途：蔵 竣工：大正 7 年（1918） 構造形式：鉄筋コンクリート造 結果：外壁に一部鉄筋露出 規模：外側約 3.76m × 約 4.65m 内側約 3.52m × 約 4.40m 壁厚 約 12cm		
	調査実施日：2011 年 5 月 天候：小雨 蔵内湿度：60% 調査箇所：蔵内 結果：蔵の内壁は漆喰塗装 塗装に使われている漆喰は黒色 一部剥離している 現在も蔵として使用		
		蔵外観	外壁鉄筋露出部分
		出入口付近外観	内部漆喰の剥離

日の 4 回である。材齢 4 日仕上げの漆喰と材齢 28 日仕上げなしでは封緘養生と気乾養生の 2 種類を作製し、残りの仕上材では気乾養生のみである。コンクリートの調合においては、後の 2.4 フレッシュ性状項目にて述べる。また、現在の現場施工状態に最も近い仕上げを仕上げなし 28 日気乾養生(以下 Na28d 表記)、材齢 28 日仕上げなしの封緘養生は理想的ではあるが困難な養生方法であるという考えの元で試験を行った。

2.3 実験方法

本研究では、100×200mm の円柱コンクリート試験体を全ての試験で作製し、使用した。コンクリート試験体は翌日脱型し、その後は材齢 4 日、8 日、12 日に仕上げなしのものを除いた 3 種類の仕上げを施し、材齢 28 日まで養生した。試験体の仕上げ方法は、150×300mm の円筒容器に各仕上材を流し込み、その中央部にコンクリート試験体を埋め固めた。試験体は、仕上材が硬化するのを待ち、仕上げ後 4 日で脱型を行った。漆喰仕上げにおいては、水と漆喰を練り合わせ水分が蒸発することによって硬化するので、容器内で長時間経過後も完全硬化せず、独立が困難な状態のため容器上端部のみ空気に触れている状態で養生した。また、全てのコンクリート作製、脱型、養生、仕上げ塗布は 20℃60%を目指した作業室にて行った。

2.4 フレッシュ性状の結果

表 6 にコンクリート計画調合及びフレッシュ性状を示す。本研究では設計基準強度は 30N/mm²、水セメント比は 55%のコンクリート試験体を全ての試験で使用した。また、スランプと空気量は表 6 にある通りである。

表 2 使用材料および左官仕上材概要

材料	記号	種類	内容
セメント	—	普通ポルトランドセメント	密度 3.16g/cm ³
細骨材	—	大井川産陸砂	表密 2.62g/cm ³
粗骨材	—	青梅産碎石	表密 2.65g/cm ³
左官仕上材	S	漆喰(既調合)	漆喰:水=20kg:15L
	C	石膏(既調合)	石膏:水=20kg:15L
	M	モルタル	普通ポルトランドセメント w/c=50%
	N	仕上げなし	—

表 3 実験要因と水準

要因	水準
仕上材	漆喰, 石膏, モルタル, なし
仕上げ日	材齢 4 日, 8 日, 12 日, 28 日
養生方法	封緘養生, 気乾養生

表 4 試験体概要

仕上材	記号	仕上げ日	養生方法
漆喰(S)	Ss4d	4 日目(4d)	封緘養生(s)
漆喰(S)	Sa4d		
石膏(C)	Ca4d		
モルタル(M)	Ma4d	8 日目(8d)	気乾養生(a)
漆喰(S)	Sa8d		
石膏(C)	Ca8d		
モルタル(M)	Ma8d	12 日目(12d)	気乾養生(a)
漆喰(S)	Sa12d		
石膏(C)	Ca12d		
なし(N)	Ns28d	なし(28d)	封緘養生(s)
なし(N)	Na28d		気乾養生(a)

表 5 試験項目と試験方法

試験項目	試験方法
フレッシュ性状	空気量(JIS A 1228 準拠) スランプ試験(JIS A 1101 準拠)
力学特性	圧縮強度試験(JIS A 1108 準拠) 静弾性係数(JIS A 1153 準拠), ポアソン比
破壊特性	体積ひずみ, 破壊臨界ひずみ評価

表 6 コンクリート調合およびフレッシュ性状

W/C (%)	s/a (%)	単位質量(kg/m ³)				スランプ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	G		
55	43	175	318	779	1015	20	4.0

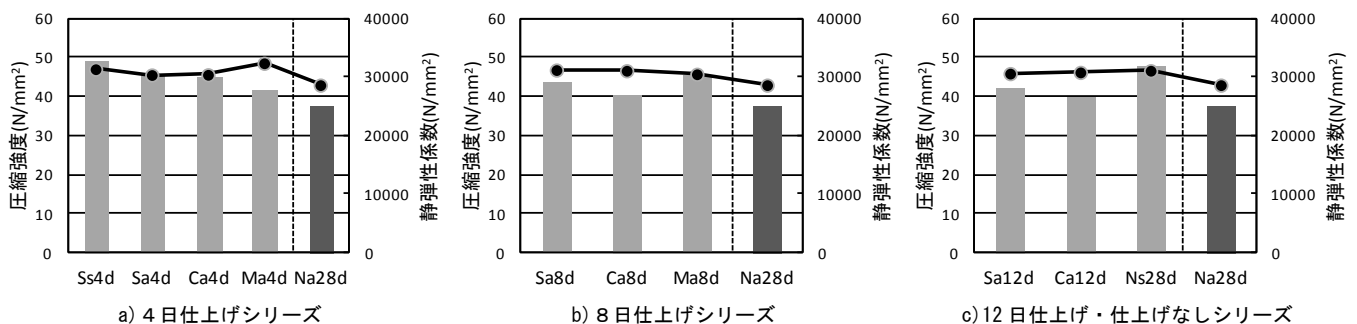


図 2 仕上材の違いによる圧縮強度と静弾性係数の関係

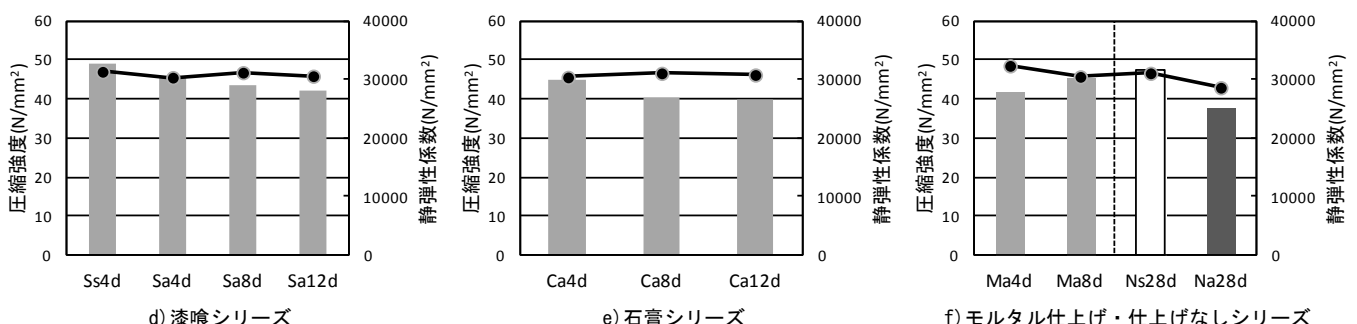


図 3 仕上げ日の違いによる圧縮強度と静弾性係数の関係

2.5 左官仕上げコンクリートの基礎力学特性(研究2)

2.5.1 圧縮強度と静弾性係数

図 2~3 に仕上げ日・仕上材の違いによる圧縮強度と静弾性係数の関係を示す。試験体は、材齢 29 日で仕上げを剥離し、端部研磨後、24 時間乾燥させ試験を行った。a) より、材齢 4 日に仕上げを塗布したコンクリートは全て、Na28d よりも圧縮強度が高くなる傾向がみられた。また、漆喰及び石膏仕上げの試験体では圧縮強度が 45N/mm^2 程度であり、 41N/mm^2 程度のもルタル仕上げ試験体よりもやや高い値が確認できた。b), c) より、全ての仕上げ試験体で Na28d よりも高い圧縮強度が確認された。d), e) より、圧縮強度は 4 日仕上げが最も高い値を示し、12 日仕上げが最も低い値であった。以上の結果より、コンクリートに漆喰及び石膏仕上げをする手法は有効であり、より打設後、より早い段階で仕上げ塗布をすることによって更にその効果は高まると思われる。また、図 4 に示した RC 構造計算規準における圧縮強度と静弾性係数の関係をみると、全ての試験体は $k_1=1$ と $k_1=1.2$ の間に静弾性係数があり、一般的な値を示していることが確認された。

2.5.2 破壊特性

図 5 にコンクリートの体積ひずみと破壊臨界点の評価を、図 6 に仕上げ日・仕上材別にみた破壊臨界点の比較、図 7~8 に仕上げ日・仕上材の違いによる破壊臨界ひずみを示す。本試験は各仕上材の効果を厳密に評価するため、コンクリートの垂直・水平ひずみを多点同時サンプリングし、体積ひずみの評価式により、ひずみが収縮から破

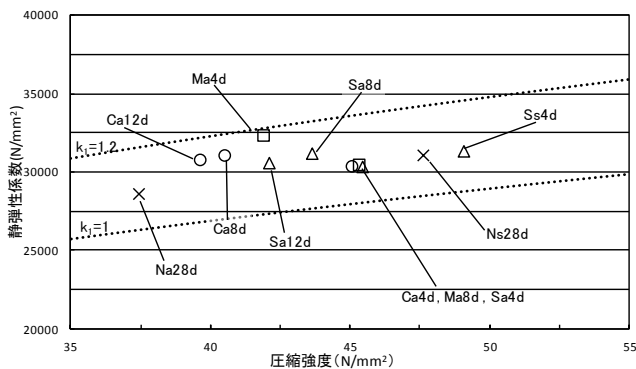


図 4 RC 構造計算規準における圧縮強度と静弾性係数の関係

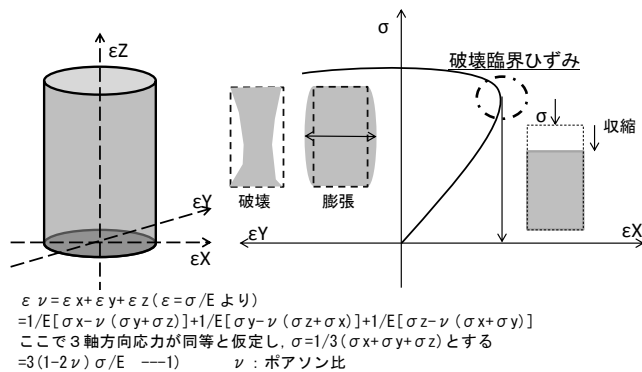


図 5 コンクリートの体積ひずみと破壊臨界点の評価

壊が進展して膨張に転じる変曲点で、ひび割れが進展し、不安定な破壊電播をひきおこす開始点となる破壊臨界点を評価した。図 7 の a) より、4 日仕上げでは漆喰及び石膏の体積ひずみは 2300μ 程度で同等の破壊臨界点を有しており、モルタル仕上げは 1850μ 程度とやや低めではあるが、全ての仕上げにおいて Na28d よりも高い値が確認された。b) より、8 日仕上げの場合、漆喰及び石膏仕上

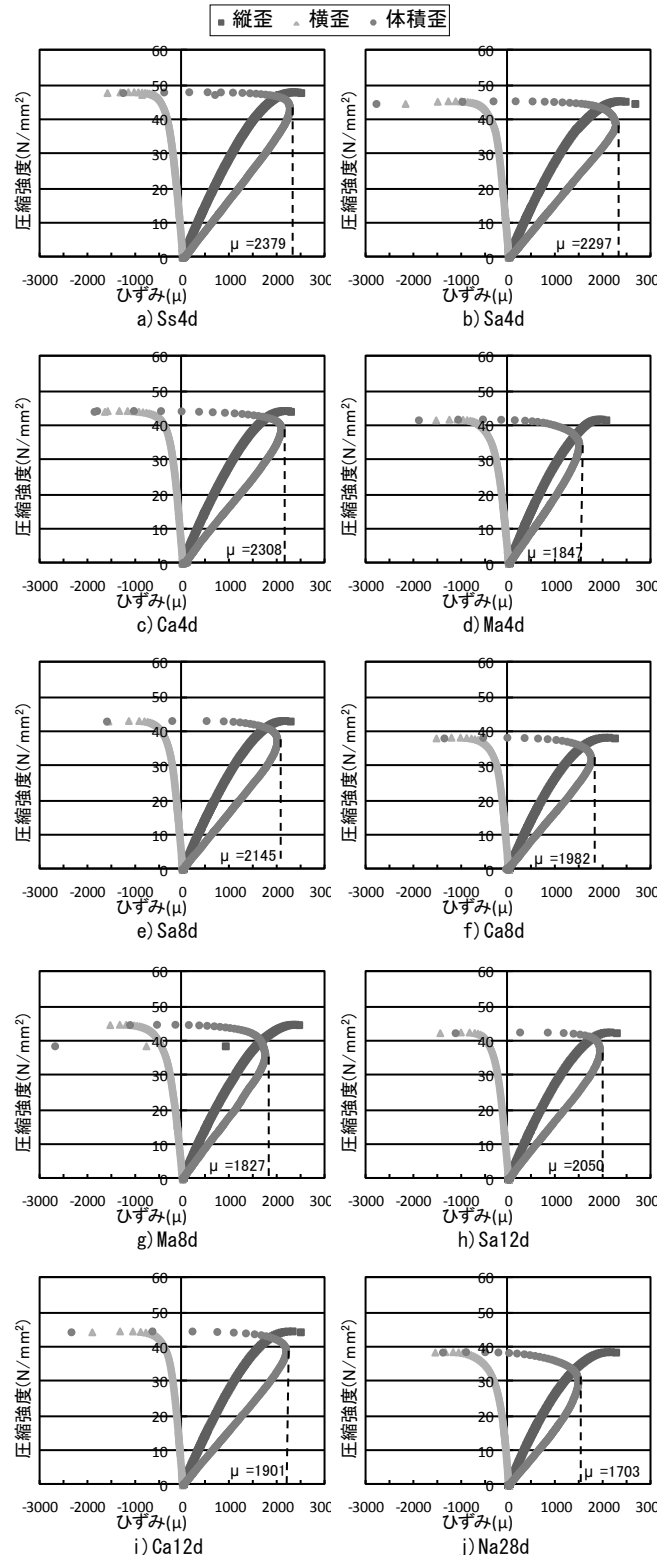


図 6 仕上げ日・仕上材別にみた破壊臨界点の比較

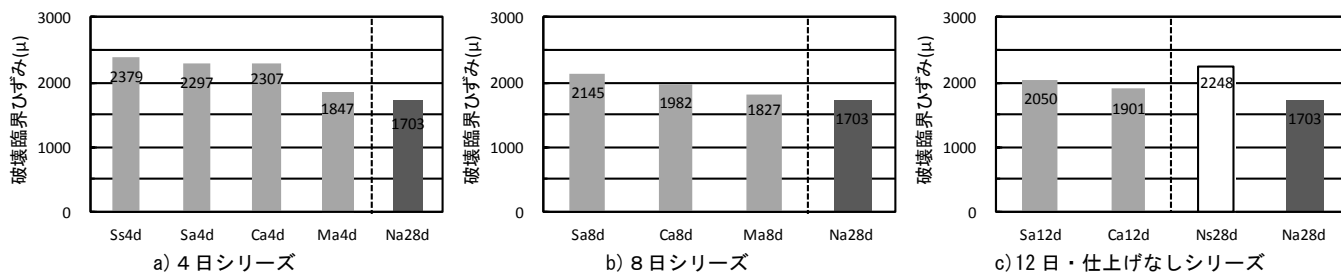


図 7 仕上材の違いによる破壊臨界ひずみ

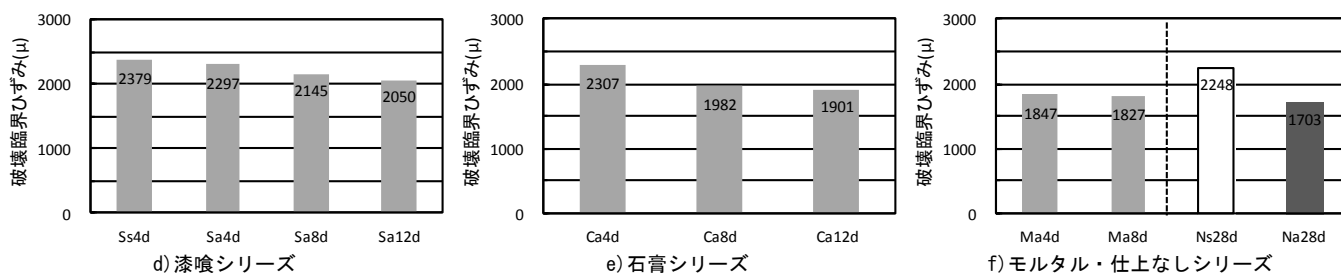


図 8 仕上げ日の違いによる破壊臨界ひずみ

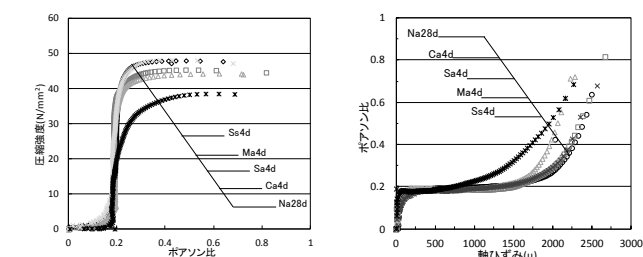


図 9 仕上材の違いによるポアソン比の比較

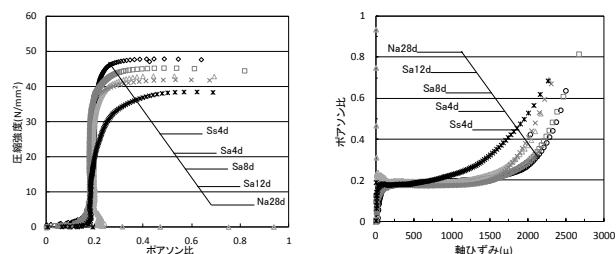


図 10 仕上げ日の違いによるポアソン比の比較

げの破壊臨界点は a) よりも低い数値であるが 2000 μ 程度となり、モルタル仕上げの 1800 μ 程度よりも高い数値が確認された。また、a) と同様に、どの仕上材も Na28d と比べると高い数値が確認された。c) のシリーズにおいても全ての仕上げ試験体で Na28d より高い数値が確認された。a), b), c) より、全てのグラフにおいて同じ日に仕上げを施した漆喰仕上げと石膏仕上げでは、漆喰仕上げの方が高い数値が確認された。また、図 8 の d), e), f) より、どの仕上材においても、より早い段階で仕上げを塗布した場合の方が数値は高くなり、全ての試験体で Na28d よりも高い数値が確認された。

2.5.3 ポアソン比

図 9~10 に軸ひずみおよび圧縮強度とのポアソン比の比較を示す。ポアソン比とは、軸方向に荷重を受ける試験体における軸ひずみに対する横ひずみの比である。a)

より、Na28d は軸方向ひずみが低い状態からポアソン比が上昇し始めており、仕上げを塗布した試験体に比べて変形抵抗性が低いことが確認された。材齢 4 日に仕上材を塗布した中では、石膏仕上げにて最も変形抵抗性が低いことが確認されたが、b) より、Na28d と仕上げ試験体とでは大きく値に差が現れる結果となった。c), d) より、仕上げ日の違う漆喰仕上げおよび Na28d との比較では、a), b) 同様に Na28d と他の試験体との差が大きく、また、仕上げ日がより早い段階の試験体にて高い変形抵抗性が確認することができた。

3. まとめ

- 1) コンクリート打設後、より早い段階で仕上げをすると、圧縮強度及び破壊臨界点は高い数値になることが確認できた。
- 2) 漆喰仕上げ及び石膏仕上げは、同仕上げ日のモルタル仕上げに比べ破壊臨界ひずみが大きくなる傾向がある。
- 3) コンクリート打設後、仕上げや封緘等をせずに気中にて養生を進めると、変形抵抗性が弱くなる傾向がある。また、より早い段階で仕上げを塗布することで変形抵抗性も強くなる傾向がある。
- 4) 漆喰、石膏、モルタルの 3 種類の材料を仕上材として用いた場合、漆喰が最もコンクリート躯体の保護効果が期待できる。

謝辞

本研究の実施にあたり、東京理科大学名誉教授 沖塩庄一郎先生から有益な提案を賜った。また本研究は、平成 23 年度工学院大学 UDM・PJ 研究の一部による。

参考文献

- 1) 梶田佳寛ら：仕上材によるコンクリートの中性化抑制効果に関する基礎的検討、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.541-546, 2011 年
 - 2) 須藤嶺ら：RC 造建築物の中性化に及ぼす仕上塗材の効果に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東), pp.133-136, 2011 年
- *1 工学院大学建築都市デザイン学科 学部 4 年
*2 工学院大学建築学部建築学科准教授・博士(工学)