

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

左官仕上げ材，コンクリート，躯体保護，耐久性

鈴木志野*1，田村雅紀*2

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いる。産業廃棄物を削減することによって，二酸化炭素排出量，および，廃棄に関するコストも削減することができる。よって，鉄筋コンクリート建造物の耐久性能を向上させ，長期に渡り使用することが現在の建設業界には求められてきている。

住宅の品質確保の促進等に関する法律，および長期優良住宅の普及の促進に関する法律では，鉄筋コンクリート建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¹⁾²⁾。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の実例調査，および研究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実例調査（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，使用材料および試験要因と水準，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，および仕上げなしの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

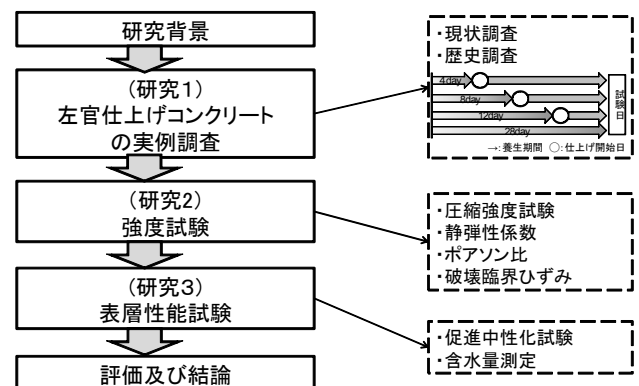
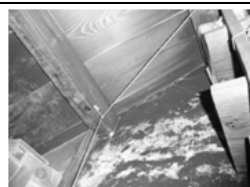


図1 研究の流れ

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		

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 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、100φ×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、150φ×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、全ての作業は 20℃60%の作業室にて行った。

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およびフレッシュ性状を示す。本研究では設計基準強度は 30 N/mm²、水セメント比は 55%の

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	仕上日	養生方法
漆喰(S)	Ss4d	4 日目 (4d)	封緘養生(s)
漆喰(S)	Sa4d		気乾養生(a)
石膏(C)	Ca4d		
モルタル(M)	Ma4d		
漆喰(S)	Sa8d	8 日目 (8d)	
石膏(C)	Ca8d		
モルタル(M)	Ma8d		
漆喰(S)	Sa12d	12 日目 (12d)	
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) スランブ試験 (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)				スランブ (cm)	空気量 (%)
		W	C	S	G		
55	43	175	318	779	1015	20	4.0

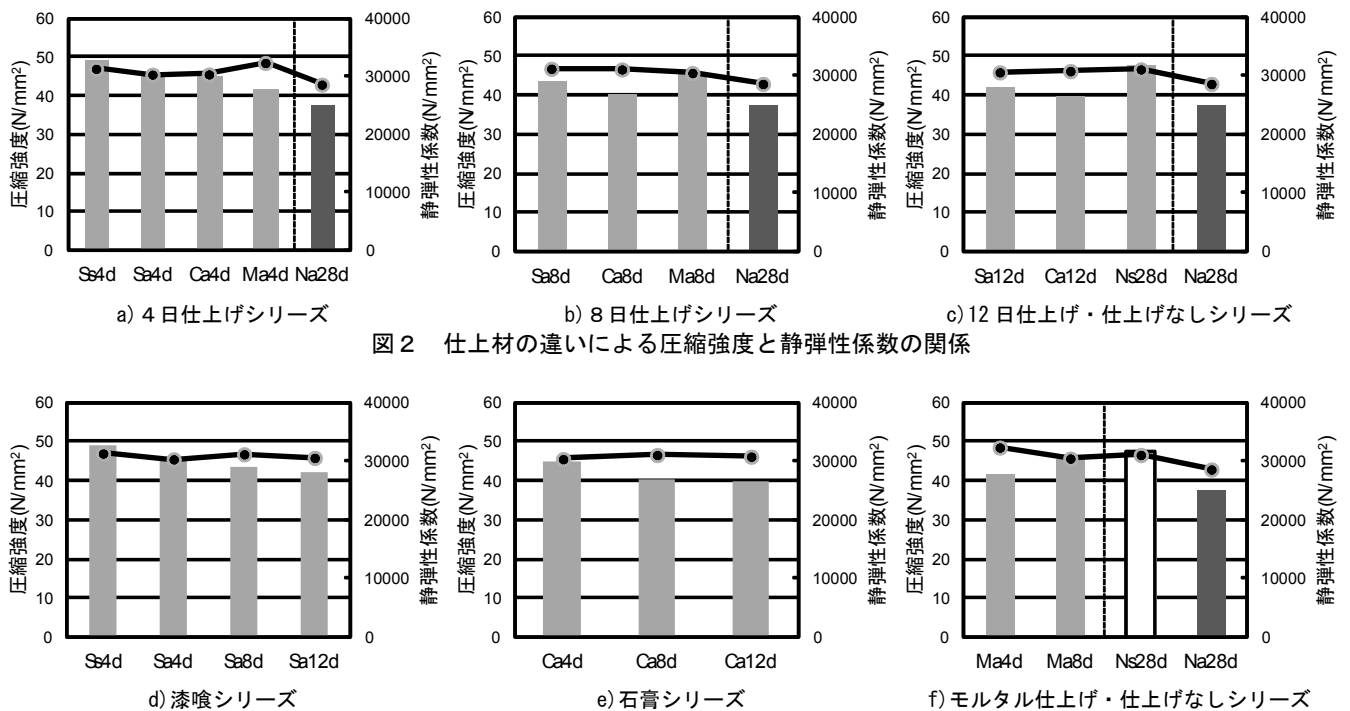


図 3 仕上げ日の違いによる圧縮強度と静弾性係数の関係

コンクリート試験体を全ての試験で使用した。

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、漆喰および石膏仕上げの試験体では圧縮強度が45 N/mm²程度であり、41 N/mm²程度のモ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および石膏仕上げをする手法は有効であり、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

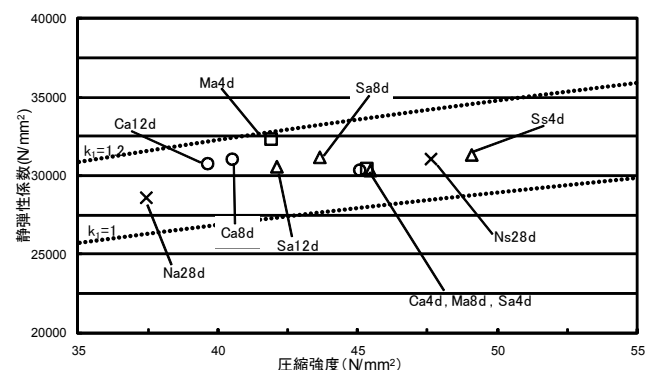


図4 RC構造計算規準における圧縮強度と静弾性係数の関係

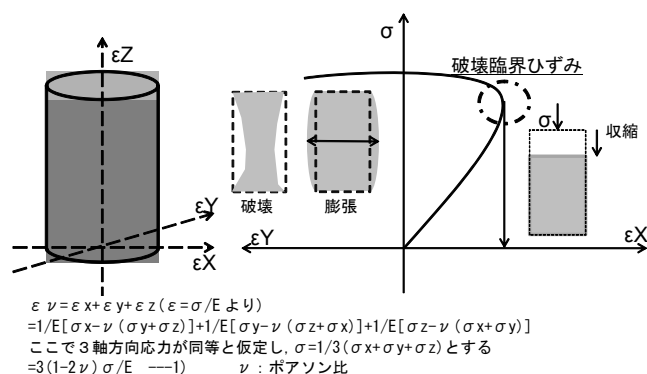


図5 コンクリートの体積ひずみと破壊臨界点の評価

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日仕上げでは漆喰および石膏の体積ひずみは2300 μ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1850 μ程

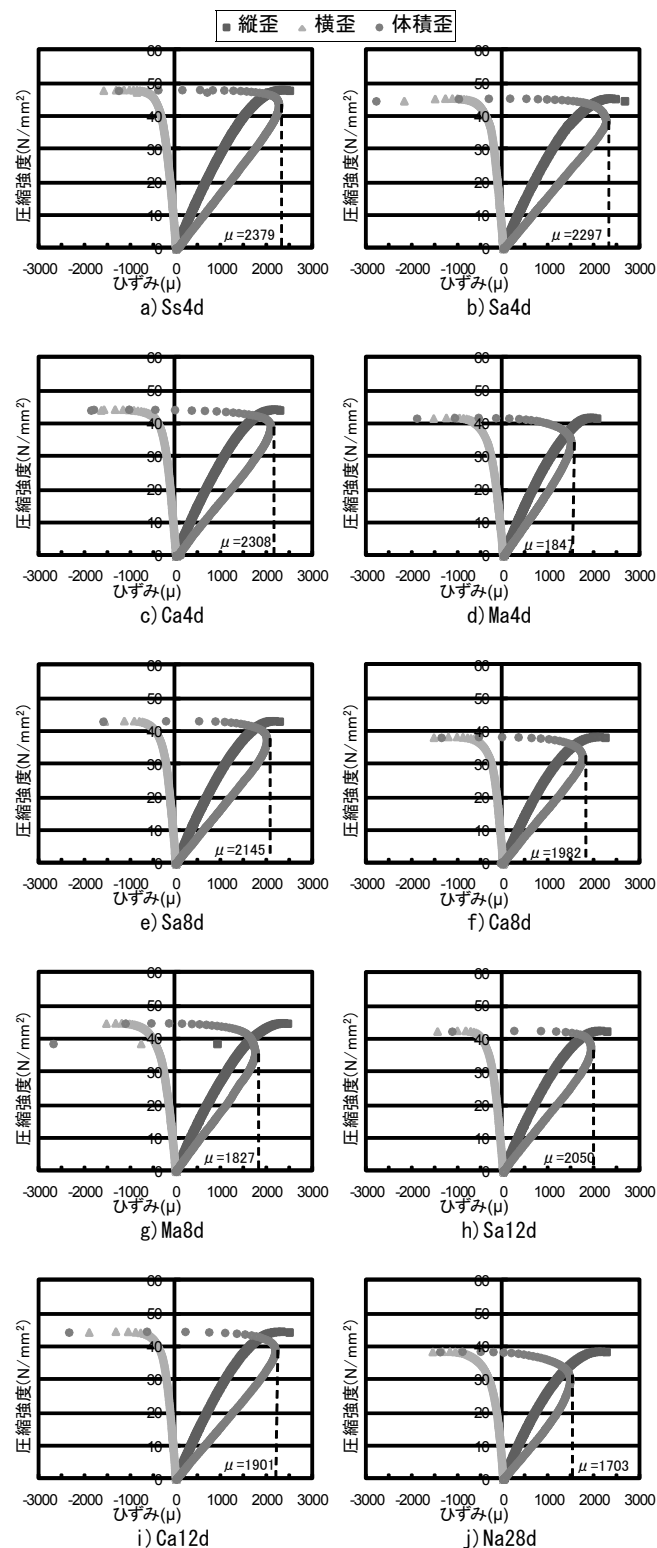


図6 仕上げ日・仕上材別にみた破壊臨界点の比較

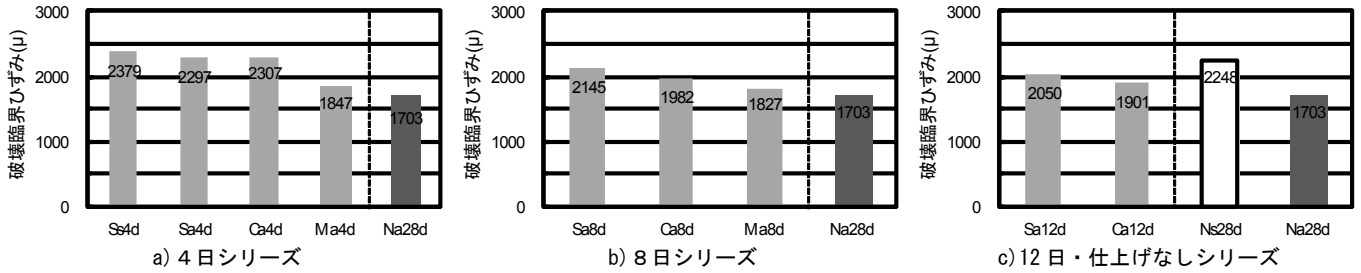


図7 仕上材の違いによる破壊臨界ひずみ

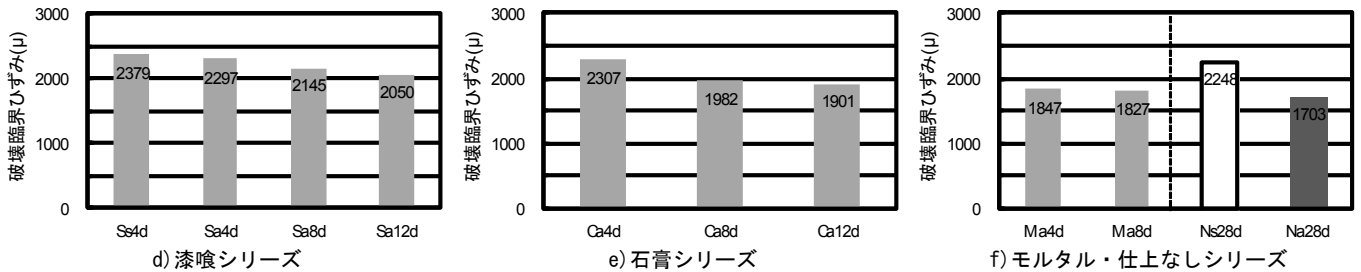


図8 仕上げ日の違いによる破壊臨界ひずみ

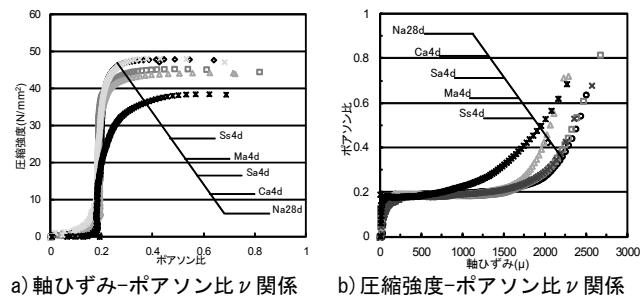


図9 仕上材の違いによるポアソン比の比較

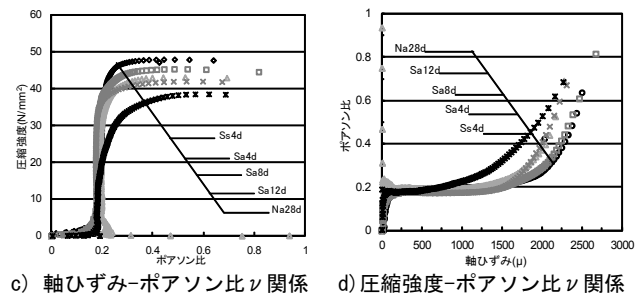


図10 仕上げ日の違いによるポアソン比の比較

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、漆喰および石膏仕上げの破壊臨界点は 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) より、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。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弱いことが確認されたが、b) より、Na28d と仕上げ試験体と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、圧縮強度および破壊臨界点は高い数値になることが確認できた。
- 2) 漆喰仕上げおよび石膏仕上げは、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、剛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剛性も高くなる傾向がある。
- 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 沖塩荘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