

論文 プレキャスト型枠と後打ち部の一体性に関する研究

平野 勝識*1・笹谷 輝勝*1・吉野 次彦*2・桑本 卓*3

要旨：本報は、厚さ 100mm 程度のプレキャスト型枠を使用した合理化施工法の開発の一環として行ったプレキャスト型枠と後打ちコンクリートの打継ぎ部の中性化促進試験、凍結融解試験および実大実験によるプレキャスト型枠の長期挙動計測の検討結果である。実験の結果、プレキャスト型枠を用いた場合、目地部を無処理とした場合においても中性化は軽減された。また、凍結融解試験では 300 サイクルの繰返しでも一体打ちと差がなかった。しかし、実大実験の結果、粗面仕上げのみでは長期的にプレキャスト型枠周辺部が剥離する可能性があることがわかった。

キーワード：プレキャスト型枠，耐久性，打継ぎ界面，中性化，凍結融解，長期挙動

1. はじめに

近年、コンクリート構造物の施工にあたって、プレキャスト型枠（以下 PCa 型枠と略す）を用いた工法の開発が盛んになっている。

筆者らは、ダムやアンカレッジのような大規模・大断面構造物を対象に PCa 型枠を使用した合理化施工法の開発を行ってきた^{1),2),3)}。

本報は、開発の一環として行ったプレキャスト型枠と後打ちコンクリートの打継ぎ部の中性化促進試験、凍結融解試験および実大実験によるプレキャスト型枠の長期挙動計測の検討結果である。

2. 工法概要と検討課題

大断面構造物の場合は、一般的に図-1に示すように表面の一部をプレキャスト化する工法が考えられる。この工法は下記の例のような利点を有している。

- ・工期の大幅短縮が可能。
- ・表面の仕上げ精度が高い。
- ・構造物表面の耐久性の向上が図れる。
- ・景観を配慮した表面が容易に形成できる。

特に、構造物の表面劣化に対しては、PCa 型枠は多くの場合、高強度なコンクリートを用いて工場生産される高品質な製品であり、場所打ちコンクリートと比較してより耐久性に優れていると考えられる。

PCa 型枠工法には、部材をブロック状にし、後打ちコンクリート打設時の側圧に対して型枠の自重で抵抗する工法^{4),5)}と、型枠材を厚さ 100~150mm 程度の薄板とし、側圧に対しては支保工等で固定する 2 つの工法^{1),2),3),6)}がある。

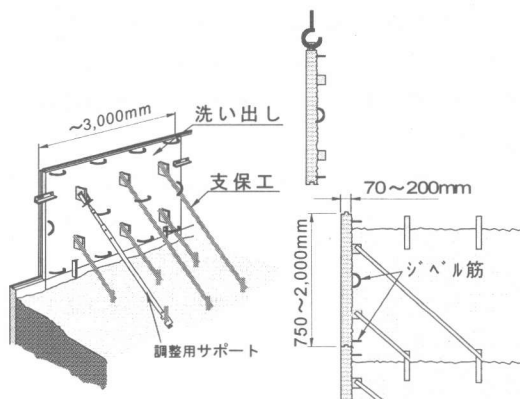


図-1 工法概要

*1 (株)フジタ 技術センター 土木研究部 工修 (正会員)

*2 (株)ムサシ設計 技術部長 (正会員)

*3 (株)フジタ 土木本部 生産技術部 次長

両者とも打継ぎ界面の一体性は、部材裏面を粗面（凹凸）仕上げとし、付着によって確保している。しかし、PCa型枠材の厚さが薄く、部材長さとの比が大きくなると、長期的には部材の乾燥収縮量の違いなどからPCa型枠が剥離することが懸念される。また、耐久性の面からPCa型枠相互の目地部をどのように処理するかなどの課題もある。

PCa型枠と後打ちコンクリートとの一体性および耐久性に関する試験方法は、現状では確立されていない。そこで、一般的な耐久性の試験項目のうち、PCa型枠と後打ちコンクリートの一体性および型枠目地部の耐久性への影響を検討するために以下のような一連の試験を行なった。

- ① 目地部形状とコンクリート打設方向の違いによる後打ちコンクリートの中性化促進試験
- ② PCa型枠と後打ちコンクリートで形成された部材の凍結融解試験
- ③ PCa型枠と後打ちコンクリートの一体性に関する長期暴露試験（上記①同一試験体使用）
- ④ 実大施工実験による薄肉PCa型枠の変形状態に対する長期計測

上記試験のうち、①、②、③では、試験体レベルでの一体性を確認した。特に、③の長期暴露試験に関しては、約7年が経過しているが、現段階で目視観察による剥離等の現象は確認されていない。

④の試験は、試験体レベルで確認された打継ぎ部の一体性を実大レベルで確認するために実施した。本報では、2つの事例を示すが、1つは近畿地方で、1つは東北地方で実施工したものである。

3. 実験

3.1 中性化促進試験

試験シリーズを表-1に、配合を表-2に示す。試験シリーズは、打継ぎ面の方向およびPCa型枠目地部の方向をパラメータとした。目地処理は、空目地、モルタル目地の2種類とし

た。基準試験体である試験体（A）は、在来の打継ぎ部を想定した試験体であり、打継ぎ部が中性化に与える影響を確認する目的で実施した。なお、PCa型枠、基準試験体とも、打継ぎ面の処理は、ワイヤブラシによるレイタンス除去処理を行った。また、曝露面以外の5面をエポキシ樹脂でシールした。

表-1 中性化促進試験シリーズ

試験体名称	目地材	打継ぎ面方向	PCa型枠目地方向
A (基準)	無	水平	無
B	空	水平	---
BM	モルタル		
C	空	鉛直	水平
CM	モルタル		
D	空	鉛直	鉛直
DM	モルタル		

表-2 配合および材料強度（中性化）

部位	W/C (%)	単位置量(kg/m ³)				空気量 (%)	圧縮強度* (N/mm ²)
		W	C	S	G		
PCa部	38	175	460	788	920	3.6	77
先打ち	58	169	292	843	1002	4.3	38
後打ち	63	158	250	870	1022	5.0	18
目地モルタル(市販プレミックス)							65

*) 4週強度(試験体同一養生)

試験体形状を図-2に示す。試験体寸法は、外形寸法250×250×150mmとし、プレキャスト部の板厚を50mmとした。また、目地は、10×10mmの角形とした。

試験は、高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針(案)・同解説〔付1. コンクリートの促進中性化試験法(案)〕⁷⁾に準じた。中性化の養生条件は、温度20±2℃、湿度60±5%、CO₂濃度5±0.2%とした。中性化の測定は、材齢1ヶ月、2ヶ月、3ヶ月、4ヶ月および6ヶ月毎に試験体を打継ぎ面直角方向に4分割するように割裂し、割裂面に1%のフェノールフタレイン溶液を噴霧して、赤紫色に着色しない中性化部分を測定した。測定項目は、中性化面積、コンクリート表面からの最大中性化深さとした。

6ヶ月後の中性化状況を図-3に、中性化深さの経過を図-4に、中性化面積の経過を図-5に示す。中性化深さは中性化先端部までの深

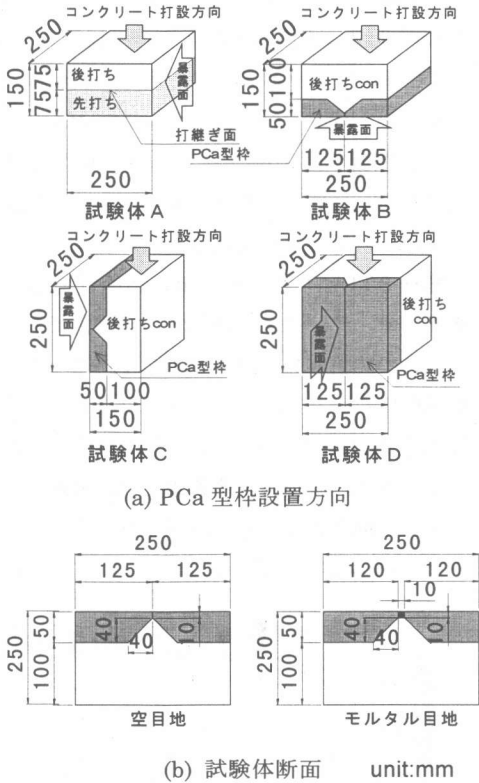


図-2 試験体形状

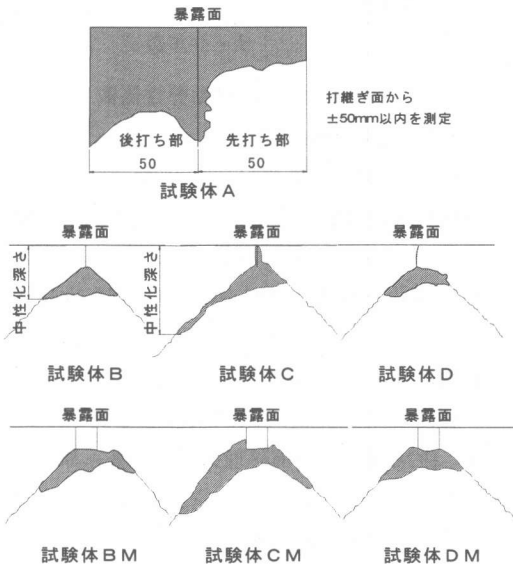
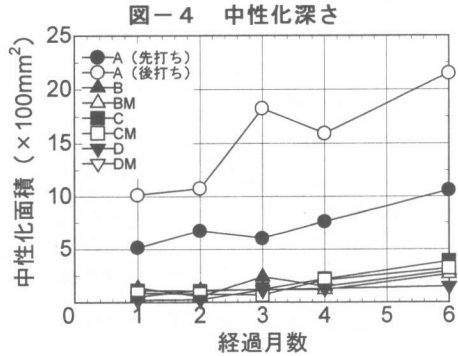
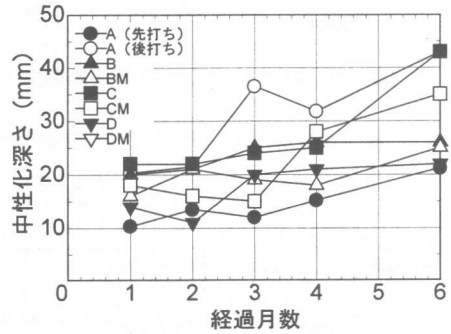


図-3 中性化状況

さを示した。基準試験体Aは打継ぎ部の中性化が最も大きく、それ以外の部分は、コンクリート強度により中性化面積が異なる結果となった。PCa型枠の場合、中性化は界面に沿って進行し、後打ちコンクリートの打設時のPCa型枠の設置方向によって深さが異なる。エアだまりが生じやすい水平目地を有する試験体Cは中性化深さが大きい、中性化面積は暴露面のコンクリート強度に依存し、目地材の有無、PCa型枠目地方向による差は認められなかった。



3.2 凍結融解試験

試験シリーズを表-3、図-6に、配合を表-4に示す。試験体は、PCa型枠用コンクリート単体、後打ち用コンクリート単体の2種類の基準試験体(P, A)、打継ぎ面の処理をハケ引きと洗い出しとした打継ぎ部を有する試験体の計4種類とした。

表-3 試験シリーズ(凍結融解)

試験体名称	想定部位	打継ぎ面処理	コンクリート打設方向
P	PCa部	一体打ち	水平
A	後打ち部		
H	PCa/後打ち	ハケ引き	PCa:水平 後打ち:鉛直
W		洗い出し	

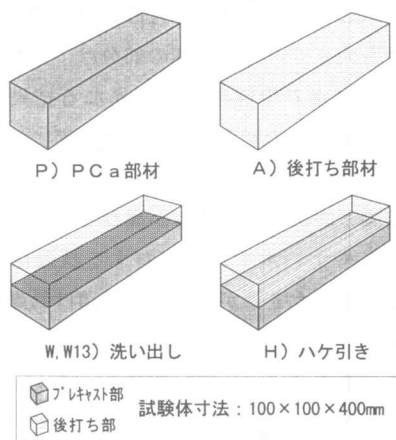


図-6 試験体シリーズ (凍結融解)

表-4 配合および強度 (凍結融解)

部位	W/C (%)	単位置量 (kg/m ³)				空気量 (%)	圧縮強度* (N/mm ²)
		W	C	S	G		
PCa部	50	155	310	900	959	3.7	52
後打ち	65	185	285	843	959	4.3	30

* 試験開始時強度 (標準養生)

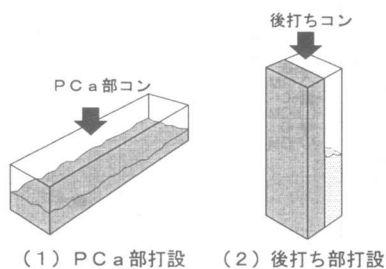


図-7 試験体製作方法

打継ぎ試験体は、曲げ試験用の 100×100×400mm 型枠に、プレキャスト型枠を想定した部分 50mm を先に水平打設し (図-7 (1)), PCa 部硬化後、後打ち部を縦打ちした (図-7 (2))。打継ぎ部はハケ引きまたは洗い出し処理を行った。ハケ引きは打設数時間後に金櫛で深さ 2~3mm 試験体長手方向に施した。洗い出しは、コンクリート打設終了後直ちに遅延剤 (オキシカルボン酸系) を試験体仕上げ面に散布し、翌日打設面を洗浄した。脱型後、2 週間 20℃ の恒温で水中養生した後、凍結融解試験を行った。なお、試験体は樹脂塗料等による表面コーティングは行わなかった。

試験は、土木学会基準「コンクリートの凍結融解試験方法」に準じて実施した。試験サイクルは、300 サイクルまでとした。温度サイクルは、液体を媒体として与え、ダミーの試験体の中心に埋設した熱電対により、-18℃~+5℃まで、7.5 サイクル/日の速度で凍結融解サイクルを繰り返した。30 サイクル毎に JIS A 1127 「共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数試験方法」に準じ、たわみ振動の一次共鳴振動数および供試体質量を測定した。

図-8 にサイクル数と相対動弾性係数の関係を示す。データは、各 3 本の平均値である。いずれの試験体も、300 サイクル終了時の相対動弾性係数が 95% 程度であり、打継ぎ部の有無、打継ぎ部の処理方法による違いは見られなかった。また、目視による観察では、300 サイクル後の打継ぎ部に剥離等は見られなかった。

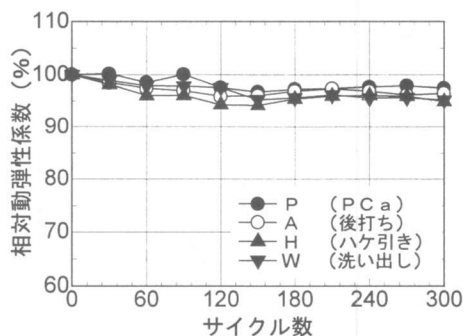


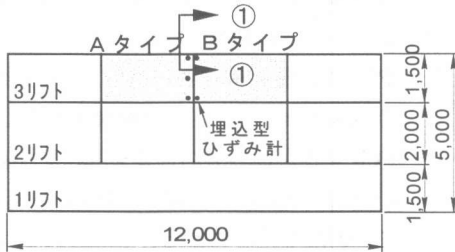
図-8 相対動弾性係数

3.3 実大実験

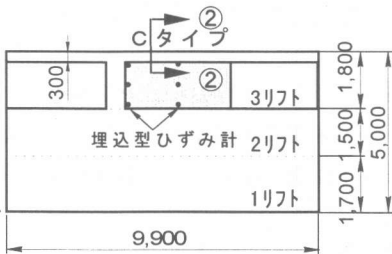
PCa 型枠の裏面処理方法の違いによる PCa 型枠の変形状を把握することを目的に、図-9 に示す 2 カ所のタワークレーン基礎部に PCa 型枠を適用し、PCa 型枠と後打ちコンクリートの界面に埋込型ひずみ計 (検長 100mm) を設置して PCa 型枠の変形計測を実施した。

埋込型ひずみ計の設置状況を写真-1 に示す。PCa 型枠の裏面処理方法は、表-5 に示すように、コテ仕上げ (A タイプ)、洗い出し (B タイプ) および洗い出しとジベル筋の併用 (C タイプ) の 3 種類とした。なお、C タイプは、PCa 型枠上部に 300mm のトップコンクリート

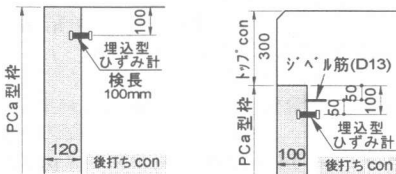
部を設けた。使用コンクリートの配合・強度を表-6に示す。A、Bタイプは厚さ120mm、圧縮強度37 N/mm²のPCa型枠、Cタイプは厚さ100mm、圧縮強度50N/mm²のPCa型枠であり、大きさは幅3m、高さ1.5mで共通である。セパレータ間隔は、横方向約1m、高さ方向0.75mで共通である。



立面図 (基礎①)



立面図 (基礎②)



①-①断面 (A、Bタイプ) ②-②断面 (Cタイプ)

図-9 計器設置位置 unit:mm

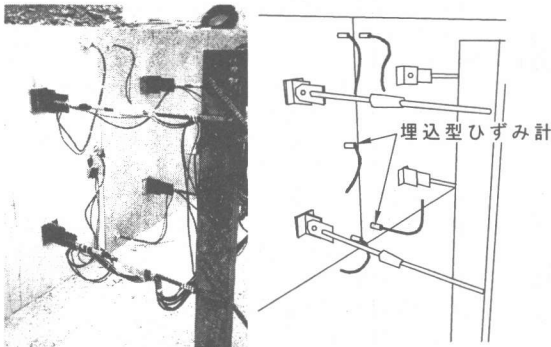


写真-1 埋込型ひずみ計設置状況 (基礎①)

後打ちコンクリートの強度は、A、Bタイプが22N/mm²、Cタイプが25N/mm²である。後打ちコンクリートは両基礎とも3リフトに分け打設した。計測対象のPCa型枠は全て3リフト部に設置した。A、Bタイプは4月中旬に、Cタイプは8月中旬に後打ちコンクリートを打設した。なお、A、Bタイプは近畿地方、Cタイプは、東北地方で施工したものである。

表-5 施工実験の仕様

タイプ	界面処理	板厚 (mm)	トップコン有無	後打ちコン打設時期	場所
A	コテ仕上げ	120	無	4月中旬	近畿地方
B	洗い出し				
C	洗い出し+ジベル筋	100	有	8月中旬	東北地方

表-6 配合および使用材料 (施工実験)

部位	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)
		W	C	S	G		
A,B (PCa部)	42	174	410	720	1030	2.0	37 ^{*1}
A,B (後打ち)	63	157	250 ^{*3}	755	1100	4.3	22 ^{*2}
C (PCa部)	33	164	498	691	1134	1.6	50 ^{*1}
C (後打ち)	59	164	278	884	1008	4.5	25 ^{*2}

*1) 製品出荷時強度 (試験体同一養生)

*2) 4週強度 (標準養生) *3) 高炉セメントB種

図-10にPCa型枠界面に取付けた埋込型ひずみ計の経時変化を示す。A-1、B-1、C-1はPCa型枠天端より下方100mmの位置、A-2、C-2はPCa型枠の高さ中央位置、A-3、B-3、C-3はPCa型枠底面より上方100mmの位置に取付けたひずみ計の値である。また、図-11に計測地点の外気温度を示す。

PCa型枠裏面をコテ仕上げしたAタイプおよび洗い出しのBタイプは、後打ちコンクリート打設120日後の外気温度が高くなる7月頃からPCa型枠上端のA-1、B-1のひずみ量が増加しPCa型枠と後打ちコンクリートの天端部の界面が剥離した。A-1、B-1のひずみ量は0.4% (変位0.4mm相当) 前後まで増加した。その時の天端部の剥離幅はAタイプで0.6mmから1.3mm、Bタイプで0.3mmから0.9mmであった。また、120日以降 (7月~9月) は降雨後にA-1、B-1のひずみの値が大きく低下してい

る。これは、PCa 型枠の表面が水分を吸収することにより、PCa 型枠表裏の乾燥収縮量の差が小さくなり面外変形が小さくなったためと考えられる。以上の現象は PCa 下端の A-3、B-3 にも見られる。PCa 型枠中段の A-2 は後打ちコンクリート打設後 60 日の時点でひずみが 0.1% 発生し、それ以降ほぼ一定の値で推移している。これに対し、洗い出しとジベル筋を併用した C タイプは、計測開始から 630 日を経過した時点においても、どの測定点も、ほとんどひずみが発生していない。

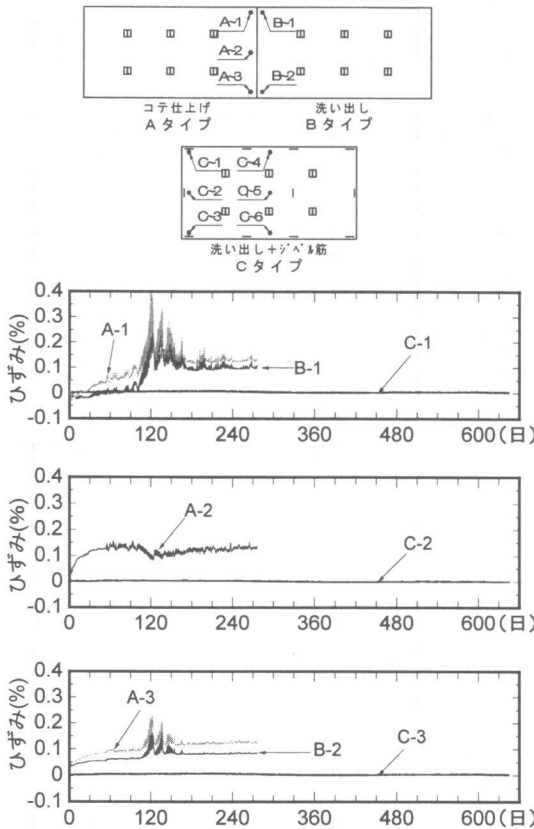


図-10 埋込ひずみ計の経時変化

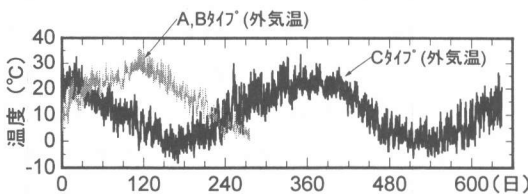


図-11 外気温の経時変化

4. まとめ

本実験によって以下のような知見を得た。

- (1) PCa 型枠目地部からは中性化が進行するが、中性化の面積は PCa 型枠の無い場合に比べ小さかった。
- (2) 凍結融解試験の結果、打継ぎ処理を洗い出し、ハケ引きとした場合、300 サイクルの繰り返しのによる PCa 型枠と後打ちコンクリートの剥離はなかった。
- (3) PCa 型枠を実構造物に適用し、長期変状計測を行った結果、乾燥収縮等により PCa 型枠が面外方向に変形し、型枠裏面が粗面仕上げのみの場合、PCa 型枠周辺部が剥離した。しかし、ジベル筋を埋設することで面外方向の変位を拘束し剥離を防止できることがわかった。

今後は、PCa 型枠の挙動を定量化し、コンクリート製埋設型枠と後打ち部との一体性に対する要求性能を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 笹谷輝勝ほか:プレキャストコンクリート型枠工法による RC 充腹式アーチ橋側壁の施工, 土木学会第 49 回年次学術講演会, pp.478-479, VI-241, 1994.9
- 2) 平野勝識ほか:プレキャストコンクリート型枠工法の開発 (その 1. 施工法および後打ちコンクリート打設時の PCa 型枠の挙動), 土木学会第 53 回年次学術講演会, pp.360-361, VI-180, 1998.10
- 3) 笹谷輝勝ほか:プレキャストコンクリート型枠工法の開発 (その 2. PCa 型枠裏面処理の違いによる PCa 型枠の挙動), 土木学会第 53 回年次学術講演会, pp.362-363, VI-181, 1998.10
- 4) 藤岡 晃ほか:テレ・エレクションシステムの開発, 土木学会第 52 回年次学術講演会, pp.480-481, VI-240, 1997.9
- 5) 廣瀬成道, 片貝喜久男:宮ヶ瀬副ダム (石小屋ダム) の合理化施工, とびしま技報 (土木), pp.10-22, No.47, 1997
- 6) 中岡史男ほか:プレキャストコンクリートパネル工法とパネルの挙動に関する計測結果およびその一考察, 土木学会第 49 回年次学術講演会, pp.250-251, VI-127, 1994.9
- 7) 高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針 (案)・同解説, 日本建築学会, pp179-184, 1991