

環境配慮型打継ぎ資材を用いたコンクリートの基礎物性評価

1. 材料施工ー2. モルタル・コンクリートの物性

打継ぎ, コンクリート, 力学特性, 耐久性, 環境配慮

準会員 ○相良賢治^{*1}

正会員 田村雅紀^{*2}

1.はじめに

近年, 200 年の長寿命を目指した建築の設計・施工がひとつの目標となりつつあり, 建物の長期耐久性に加え, 環境への配慮や, 施工の合理性がより一層求められる状況となっており¹⁾, 従来型のラス材による打ち継ぎに加え, 転用回数が多く環境配慮型といえる空気導入したチューブ型の立体的打継ぎ材(以下チューブ打継ぎ)などが多く使用されるようになった²⁾。チューブ打継ぎの場合, 従来型のラス打継ぎと異なり, 打ち継ぎ界面が平滑ではなく立体のため, 打継ぎ界面の力学特性および耐久性において違いが生じる可能性がある。

そこで本研究では, 従来型のラス打継ぎ, 環境配慮型といえるチューブ打継ぎおよび打継ぎを施さない試験体を作製し, 力学特性および耐久性に関する違いを試験により明確にし, その結果を比較した^{2)~4)}。(図 1)

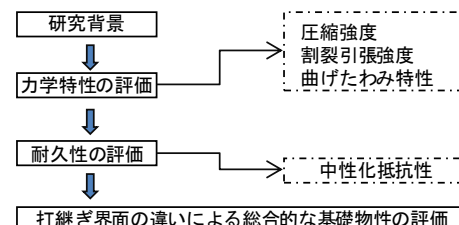


図 1 研究の流れ

表 1 使用材料

材料	記号	種類	内容
セメント	N	普通ポルトランドセメント	3.16 (g/cm ³)
	B	高炉セメント B 種	3.04 (g/cm ³)
細骨材	S	大井川産産砂	表乾密度 2.63 (g/cm ³) 吸水率 1.5(%)
粗骨材	G	青梅産碎石	表乾密度 2.65 (g/cm ³) 吸水率 0.7(%)
打継ぎ材	b	立体的打継ぎ材(チューブ打継ぎ)	ポリプロピレン、塩化ビニル複合材
	c	ラス打継ぎ材	亜鉛メッキリブラス

表 2 実験の要因と水準

要因		水準
円柱	セメント	N, B
	打継ぎ方法	チューブ(b), ラス(c), なし(P)
	b の場合 チューブの直径	S, M, L (1.2, 2.5, 5cm)
	チューブの向き	縦置(v), 横置(h)
	c の場合 位置	0, 5, 10, 15mm

備考)円柱(φ10×20cm)は静弾性係数のみで使用,角柱試験体寸法(10×10×40,15×15×15cm)

表 3 コンクリートの調合およびフレッシュ性状

セメント 種類	WC (%)	sa (%)	単位水量 W(kg/m ³)	単位質量(kg/m ³)			スランプ (cm)	空気量 (%)
				C	S	G		
N	55	431	178	324	764	1015	185	45
B		428		324	753	1015	195	45

備考)リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体を使用

2.実験の概要

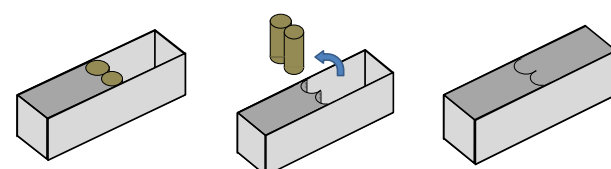
2.1.使用材料

表 1 に使用材料を示す。使用するセメントは, 一般建築で用いられる普通ポルトランドセメントと, 主に土木の分野で用いられ, 環境負荷軽減に資する製品に指定されている高炉セメント B 種を用いた。

2.2.実験要因と水準

表 2 に実験の要因と水準, 表 3 にコンクリートの調合およびフレッシュ性状, 図 2 にチューブの打継ぎ手順, 図 3 にチューブの直径とラスの位置を示す。本研究では現場を想定し, 設計基準強度を 27N/mm², 水セメント比は 55%一律に設定した。また, セメント種に関わらず目標のスランプは 18.0±2.5cm, 空気量は 4.5±1.5%とした。円柱試験体(φ10×20 cm)は静弾性係数の測定時のみに使用した。角柱試験体による圧縮および割裂引張試験は 15×15×15 cm の試験体を作製し, 曲げたわみ試験は 10×10×40 cm の試験体を作製した。チューブによる打継ぎは, 使用場所によって, チューブの向きが異なり, チューブを縦に置く方法(縦置)と横に置く方法(横置)の 2 通りがある。

そこで, 本研究では, 縦置きと横置きの 2 水準の試験体を作製した。なお, 鉄筋の隙間によってチューブの大きさが異なるため, 本研究では 3 水準(L・M・S)のチューブの大きさを作製した。



チューブをセットし, aをおこない型日に筒だけを脱型する bをおこない, 2回目の打設をおこなう。24時間後に脱型をおこなう。

図 2 チューブの打継ぎ手順 (縦置)

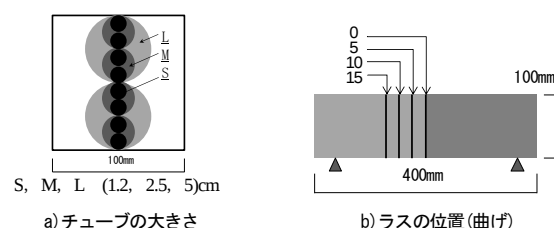
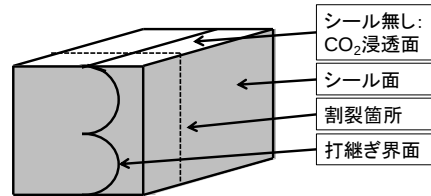


図 3 チューブの直径とラスの位置

2.3.実験項目と方法

表 4 に試験方法と内容、図 4 に促進中性化試験法、図 5 に曲げたたわみ試験模式図を示す。曲げたたわみ試験時のラスの位置に関して、チューブの大きさにより打継ぎ界面の臨界点が異なるため、打継ぎ目の中心から 5mm ずつ位置をずらした 4 水準の試験体を作製し、曲げ強さとたわみ量の関係を測定した。促進中性化試験については、打設面を除き 5 面をエポキシでシールし、長辺を 3cm ごとに割り中性化深さを計測し、さらに打継ぎ面で割り、同様に計測する。なお、圧縮試験体に関して、角柱試験体(15×15×15cm)の最大圧縮強度を測定し、h/d による補正を行った⁵⁾。



通常なコンクリートの中性化深さの測定位置と
打継ぎ界面の中性化深さの測定位置

図4 促進中性化試験方法

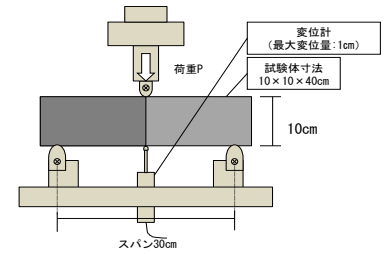


図5 曲げたたわみ試験模式図



a) 割裂引張試験



b) 曲げたたわみ試験

写真1 コンクリートの試験写真

表4 試験方法と内容

分類	試験項目	内容
フレッシュ性状	スランプ試験	JISA 1101 コンクリートのスランプ試験方法に準じスランプを測定
	空気量	JISA 1128 フレッシュコンクリートの空気量の圧力による試験方法—空気室圧力方法に準じ、空気量を測定
	ブリーディング試験	JISA 1123 コンクリートのブリーディング試験方法に準じてブリーディング量を測定
力学特性	静弾性係数	JISA 1108 コンクリートの圧縮強度試験方法に準じて、載荷した際のひずみ量を測定し静弾性係数を算出
	圧縮試験	角柱試験体(15×15×15cm)の最大圧縮強度を測定なお、本研究では角柱試験体により試験を行ったため、h/d による補正を行った ⁵⁾
	曲げたたわみ試験	JISA 1106 コンクリートの曲げ強度試験方法に準じ、3 線式 1 点集中載荷法により曲げ強さとたわみの関係を測定
	割裂引張試験	角柱試験体(15×15×15cm)の割裂引張強度を測定
耐久性	促進中性化試験	JISA 1152 準じ中性化深さを測定打設面を除き 5 面をエポキシでシールし、長辺を 3cm ごとに割り中性化深さを計測し、さらに打継ぎ面で割り同様に計測

3.試験結果および考察

3.1.フレッシュ性状・ブリーディング試験

図 6 にブリーディング試験結果を示す。試験開始直後のブリーディングは認められなかったが、20 分を超えると、ブリーディングが発生することが確認できた。また、N よりも BB の方が多くのブリーディング量を生じたが、共にブリーディング量は 0.30cm³/cm²を下回っていた。

3.2.力学特性

3.2.1.割裂引張試験

図 8 に割裂引張試験を示す。チューブの縦置では、チューブの径が大きくなるにつれて、割裂引張強度が大きくなり、試験体のばらつきも小さい傾向を示した。これは、径が小さいものは、ひび割れ進展が直線に入り易いが、径が大きくなるにつれて、ひび割れ進展が界面上に逃げ易くなるため、チューブの径に比例して強度が大きい傾向を示した。ただしチューブの横置きでは、径の違いによる大きな強度の違いは見られず、縦置に比べ強度も小さく、試験体のばらつきも大きい傾向を示した。ラス打継ぎについては、打継ぎ界面から離れるほど強度は増加し、打継ぎ界面から 15mm 離れた試験体は、打継ぎ無しの試験体と同等の強度を示した。これは、ラス界面付近では

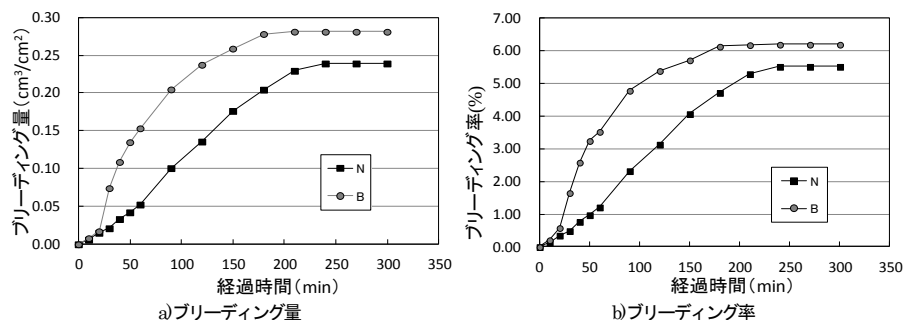


図6 ブリーディング試験結果

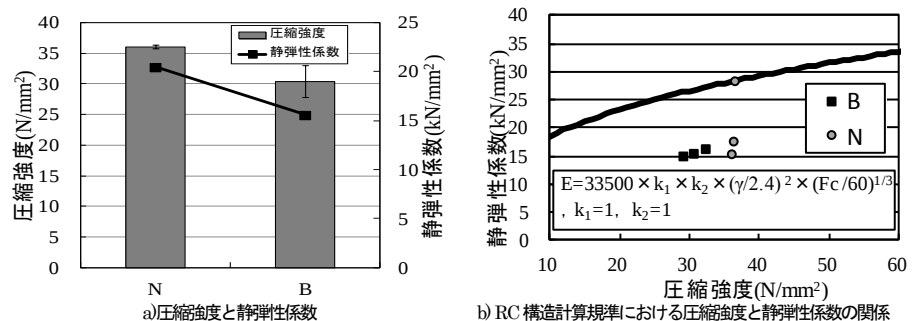


図7 円柱試験体による圧縮試験の結果

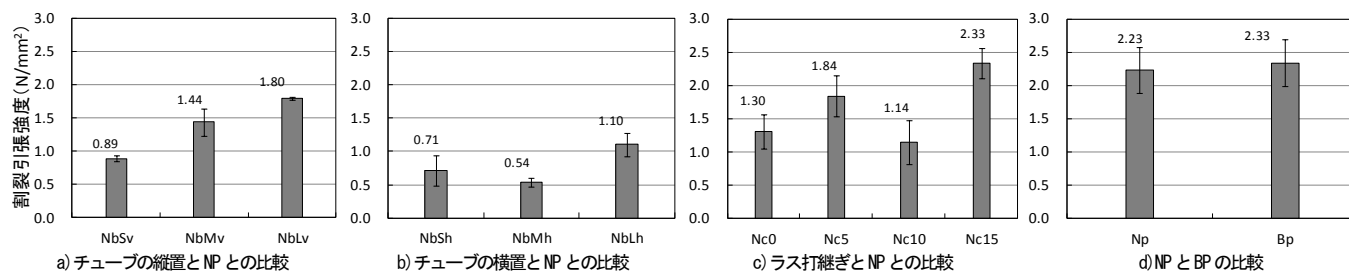


図 8 割裂引張試験

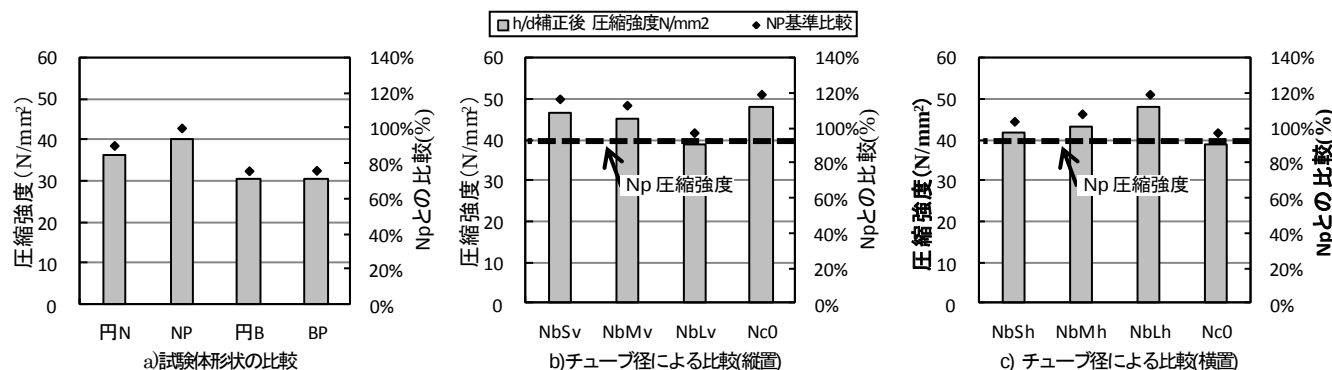


図 9 圧縮試験・打ち継ぎ無しとの比較

ひび割れ進展が直線に入り易いが、界面から載荷点が離れることでひび割れ進展が直線に入らず、強度が増加したと考えられる。なお、ラスによるばらつきが大きいのは、打設時にラスからの漏出の影響で傾いたことが考えられる。

3.2.2. 圧縮試験と静弾性係数

図 9 に圧縮試験・打ち継ぎ無しとの比較と、図 7 に円柱試験体による圧縮試験の結果を示す。また、Np を 100% とし、その他の試験体との比較をした。試験体形状について、角柱試験体の方が円柱試験体に比べ圧縮強度が高い傾向を示した。打ち継ぎについて、ラス、チューブ、打ち継ぎ無しの順に圧縮強度が高い傾向を示した。なお、圧縮試験では界面をあらかじめ設けることで、本来ひずみが卓越する箇所へのひずみが分散したことが考えられるために、強度が下がらなかったと考えられる。チューブ打ち継ぎについて、チューブの径のよる強度の違いはみられなかった。図 7 b) より、N、B 共に RC 構造計算規準における圧縮強度と静弾性係数の関係の線上にあるが、圧縮強度、静弾性係数は共に B よりも N の方が高い傾向を示した。

3.2.3. 曲げたわみ試験

図 10 に曲げたわみ曲線を示す。曲げ強さは、セメント種の違いに依存する傾向がみられなかった。打ち継ぎをしたものと、打ち継ぎなしの試験体では、打ち継ぎをしない試験体の方が、曲げ強さが高い傾向を示した。なお、曲げたわみ試験では、界面をあらかじめ設けることで、本来ひずみが卓越する箇所へのひずみが分散したことが考えられるために、強度が下がらなかったと考えられる。ラス打ち継ぎについて、曲げ強さは大きな変化が見られな

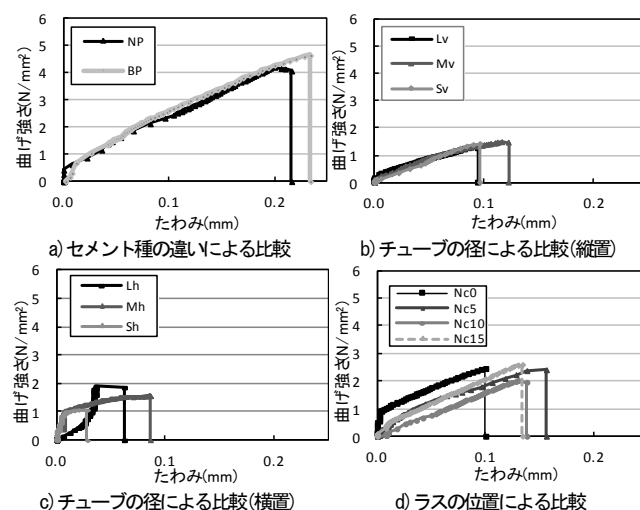


図 10 曲げたわみ曲線

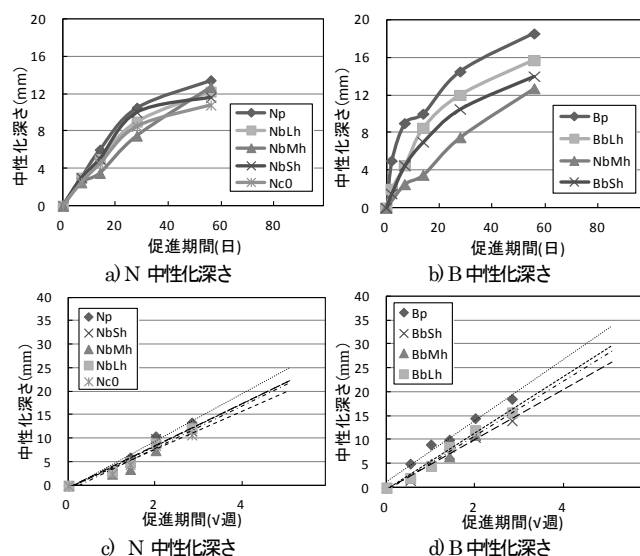


図 11 促進中性化試験の結果

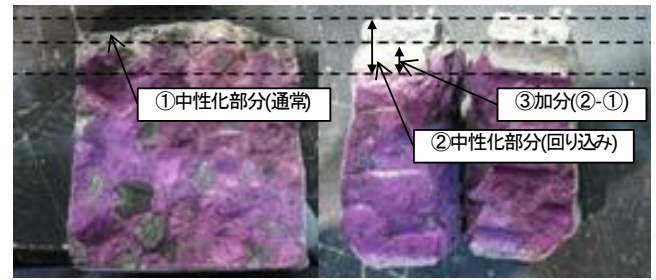
かったが、たわみ量は Nc0 が最も低い値を示した。その他については、ラスの位置とたわみ量の相関はあまり見られなかった。よって、3 線式 1 点中央載荷法では、中央位置にラス界面がくることによって、曲げ強さに変化はないが、たわみ量に影響が生じる。ただし、ラス界面を中央位置から 5mm 以上離すことによって、たわみ量はほぼ一定の値を示した。チューブ打継ぎについて、チューブの向きによる曲げ強さの違いはあまりみられなかったが、たわみ量は縦置きの方が強い傾向を示した。

3.3.促進中性化試験

図 11 に促進中性化試験の結果、写真 2 促進中性化試験の写真を示す。JIS A 1152 コンクリートの促進中性化試験方法に準じて試験をおこなったが、B の方が初期の中性化が進むことがあるため、本研究では促進中性化槽に静置してから 2 日で 1 度目の計測を行った。B と N では、B の方が相対的に中性化の進行が速い傾向を示した。打継ぎをしない試験体の方が中性化の進行が速い傾向を示した。ただし、打継ぎをした試験体を界面で割ったところ、中性化部分が界面に沿って進行することが確認できた。写真①が通常の中性化部分で、②が界面に沿って回り込んだ試験体写真であり、③は増加部分を示している。③は①に比べ、1.5 から 3 倍の中性化が界面に沿って進行していることが確認できた。つまり、JIS に定められる中性化抵抗性の評価方法では、打継ぎ界面の評価としては十分ではない可能性があり、チューブ打継ぎ材を使用する場合は、配筋方向や配筋位置と打継ぎ材の設置位置に留意が必要な場合があると考えられる。

4.まとめ

- 1) フレッシュ性状は、N、B 共にブリーディング量が $0.30\text{cm}^3/\text{cm}^2$ を下回っていた。
- 2) 割裂引張試験において、チューブの縦置では、チューブの径が大きくなるにつれて、割裂引張強度が大きくなり、試験体のばらつきも小さい傾向をし、チューブの横置きでは、径の違いによる大きな強度の違いは見られず、縦置に比べ強度も低く、試験体のばらつきも大きい傾向を示した。また、ラス打継ぎについては、打継ぎ界面から 15mm 離れた試験体は、打継ぎ無しの試験体と同等の強度を示した。
- 3) 圧縮試験において、界面をあらかじめ設けることで、本来ひずみが卓越する箇所へのひずみが分散したことが考えられ、ラス、チューブ、打継ぎ無しの順に圧縮強度が高い傾向を示した。試験体形状について、角柱試験体の方が円柱試験体に比べ圧縮強度が高い傾向を示した。
- 4) 曲げ強さは、打継ぎをしたものと、打継ぎなしの試験体では、打継ぎをしない試験体の方が、曲げ強さが高い傾向を示した。縦置きと横置きでは、縦置きの方が多くたわむ傾向を示した。3 線式 1 点中央載荷法では、



a) 通常測定後 b) 界面測定後
備考) 打継ぎをした試験体を界面で割ったところ① 通常の1.5から3倍の中性化が界面に沿って進行していることが確認できた②③

写真2 促進中性化試験

中央位置にラス界面がくることによって、曲げ強さに変化はないが、たわみ量に影響が生じる。チューブ打継ぎについて、チューブの向きによる曲げ強さの違いはあまりみられなかったが、たわみ量は縦置きの方が強い傾向を示した。

- 5) 打継ぎをしない試験体の方が中性化の進行が速い傾向を示した。ただし、打継ぎをした試験体を界面で割ったところ、通常の 1.5 から 3 倍の中性化が界面に沿って進行していることが確認できた。

参考文献

- 1) 日本建築学会環境配慮施工指針
- 2) 清水、嵩、能町、宮崎:コンクリート打継ぎ部の付着性状に及ぼす打継ぎ部の処理の影響に関する実験結果、日本建築学会学術講演梗概集、pp.647-648、1997.7
- 3) 佐藤、山田、石山:異なる材質の型枠によるコンクリート鉛直打継ぎ目の破壊解析的考案、日本建築学会東北支部研究報告会、pp.9-16、2000.6
- 4) 長谷川、阿部、小野里:ウォータージェットによる初裏面のコンクリート打継ぎ強度に関する研究、日本建築学会学術講演梗概集、pp.663-664、2010.9
- 5) 因幡、守屋、金子、嵩:普通ポルトランドセメントおよびエコセメントを用いたコンクリート打重ね部の中性化に及ぼす時間間隔の影響に関する実験的研究、日本建築学会構造系論文集、第 73 巻、第 632 号、pp.1691-1697、2008.10
- 6) 彦坂、田山、嵩、守屋、因幡、玉井:コンクリートの圧縮強度と静弾性係数に及ぼす円柱供試体の高さ直径比および乾燥の影響(その 2)圧縮強度に及ぼす供試体の高さ直径比と乾燥の影響、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp.871-872、2009.8

謝辞

本研究の実施にあたり、環境配慮型の資材研究関係者である前田氏・三浦氏・金本氏に助力を得た。

また本研究は、工学院大学 UDM・PJ 研究費の一部による。

*1 工学院大学建築学科・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)