

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

副産微粉, セメントペースト, 力学特性, 耐久性 相良賢治*1, 田村雅紀*2, 前田圭一郎*3, 三浦明人*4, 金本廉*4

1.はじめに

近年, 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¹⁾, 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, 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ち継ぎ材(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。そして, この打継ぎ部分の保温養生効果を同時に確保することが可能である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²⁾⁻⁵⁾。

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(標準)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。(図1)

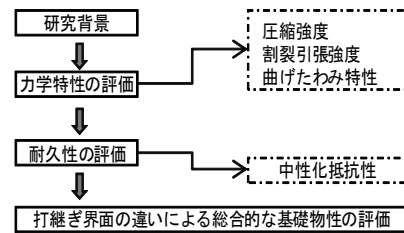


図1 研究の流れ

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	大井川産陸砂	表乾密度 2.63 (g/cm ³) 吸水率 1.5(%)
粗骨材	G	青梅産砕石	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
角柱	打継ぎ方法	標準(P)、チューブ(b), ラス(c),
	bの場合	チューブの直径 S, M, L (1.2, 2.5, 5)cm
		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)は静弾性係数のみに使用,角柱試験体寸法(10×10×40,15×15×15cm)

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

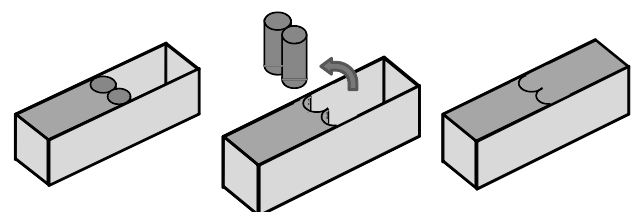
表2に実験の要因と水準, 表3にコンクリートの調査およびフレッシュ性状, 図2にチューブの打継ぎ手順, 図3にチューブの直径とラスの位置を示す。本研究では現場を想定し, 設計基準強度を 27N/mm², 水セメント比は 55%一律に設定した。また, セメント種に関わらず目標のスランブは 18.0±2.5cm, 空気量は 4.5±1.5%とした。円柱試験体(φ10×20 cm)は静弾性係数の測定時のみに使用した。角柱試験体による圧縮強度および割裂引張強度の測定には, 15×15×15 cmの試験体を使用し, 曲げたわみ特性の測定には, 10×10×40 cmの試験体を作製した。チューブによる打継ぎは, 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。また, 曲げたわみ特性と割裂

表3 コンクリートの調査およびフレッシュ性状

セメント種類	W/C (%)	s/a (%)	単位水量 W(kg/m ³)	単位質量(kg/m ³)			スランブ (cm)	空気量 (%)
				C	S	G		
N	55	43.1	178	324	764	1015	18.5	4.5
B				324	753	1015	19.5	4.5

備考)リグニンスルホン酸化合物とポリオールの複合体を使用



チューブをセットし, aをおこない翌日に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)

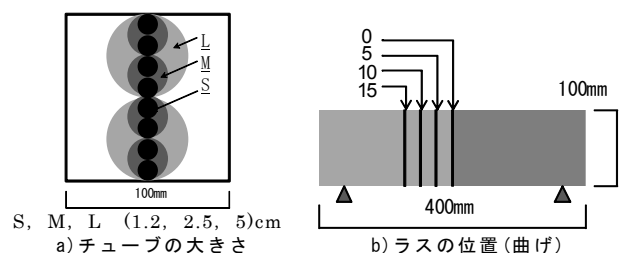


図3 チューブの直径とラスの位置

引張強度の測定時には、立体的なチューブ打継ぎの界面とラス界面とは、界面の臨界点が異なると考え、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た。

2.3.実験項目と方法

表 4 に試験方法と内容、図 4 に促進中性化試験方法、図 5 に曲げたたわみ試験模式図を示す。

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、圧縮試験体は、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⁶⁾。

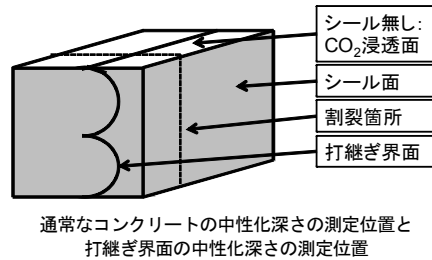


図 4 促進中性化試験方法

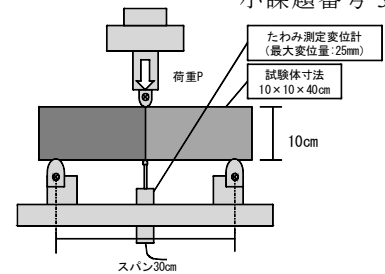


図 5 曲げたたわみ試験模式図



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	JIS A 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	JIS A 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	JIS A 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	JIS A 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 ⁶⁾
	曲げたたわみ試験	JIS A 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
耐久性	割裂引張試験	角柱試験体(15×15×15cm)の割裂引張強度を測定
	中性化抵抗性	JIS A 1153 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 B 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 $0.30\text{cm}^3/\text{cm}^2$ 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、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、径が小さいものから大きくなるにつれて、ひび割れ進展が界面に沿って入りづらくなるため、チューブの径に比例して強度が大きい傾向を示したと考えられる。ただしチューブの横置きに関しては、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、打継ぎ界面から載荷点を 15mm 離れた試験体は、標準の試験体

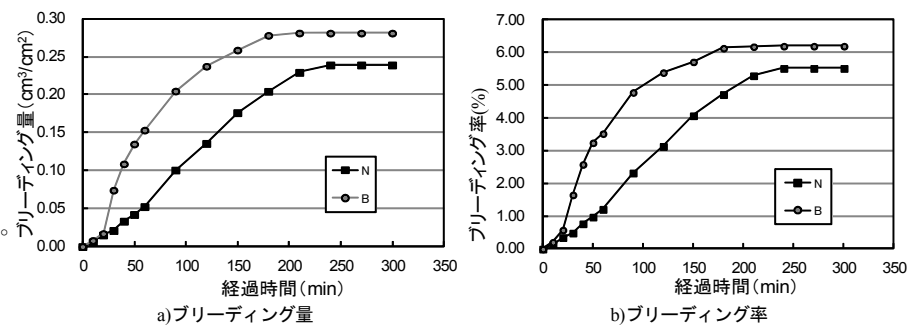


図 6 ブリーディング試験結果

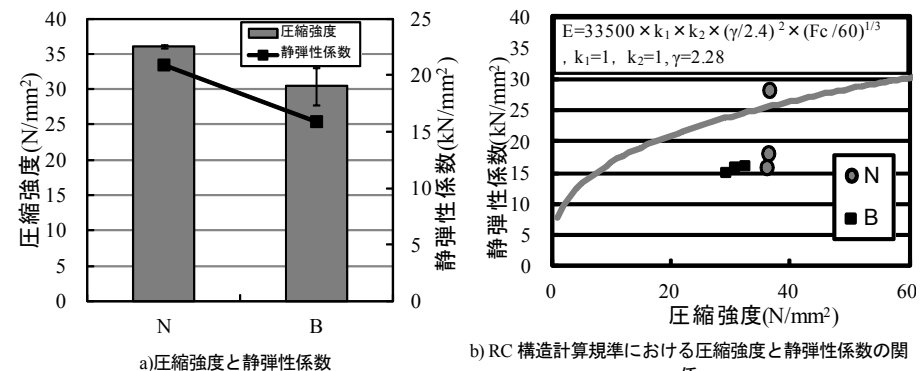


図 7 円柱試験体による圧縮試験の結果

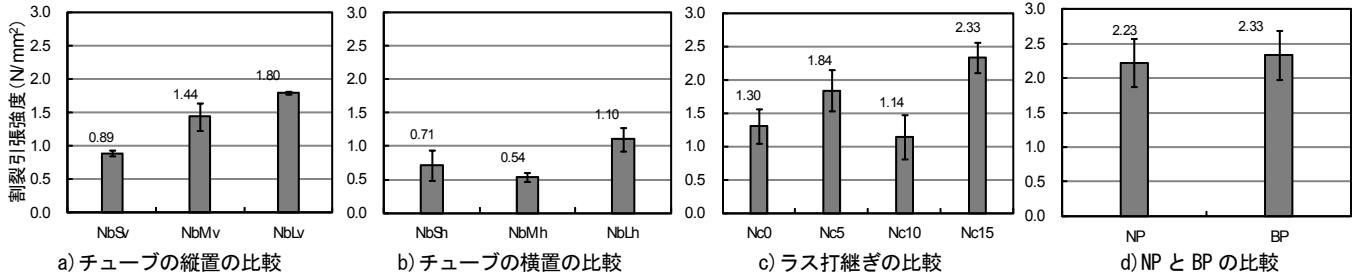


図8 割裂引張試験

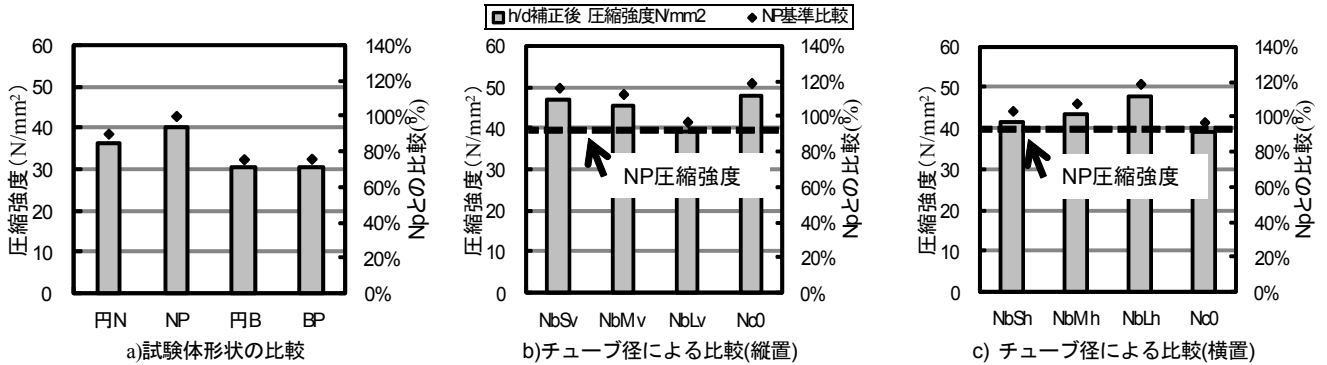


図9 圧縮試験・打ち継ぎ無しとの比較

と同等の強度を示した。これは、ラス界面付近ではひび割れ進展が直線に入り易いが、界面から载荷点が離れることでひび割れ進展が界面に沿って入らず、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ばらつ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、標準の順に圧縮強度が高い傾向を示したがほぼ同等な値となった。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、強度が標準も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、チューブの径による強度の違いはみられなかった。図7b)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。打ち継ぎをした試験体と、標準の試験体では、標準の試験体の方が、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、強度が打ち継ぎなしよりも下がらなかったと考えられ

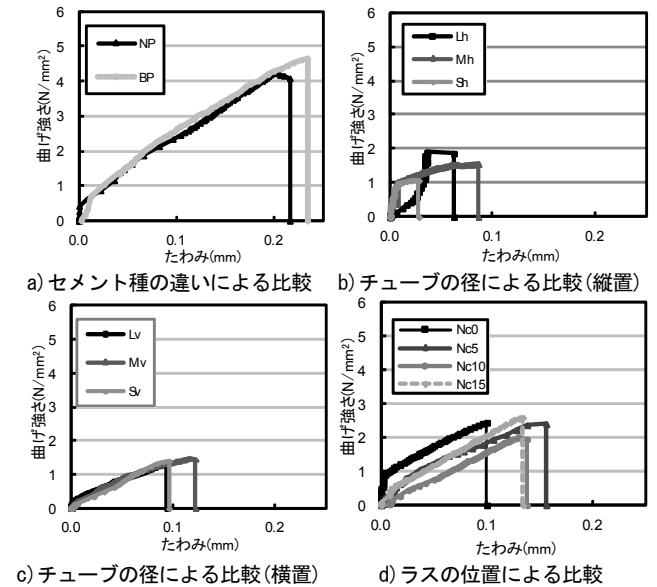


図10 曲げたわみ曲線

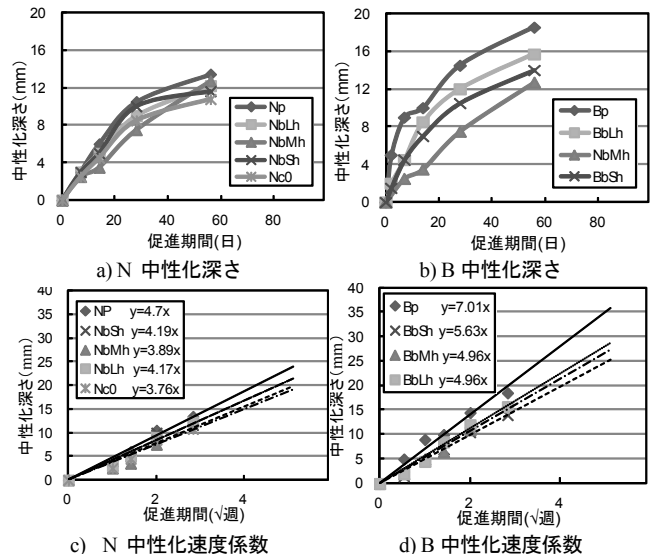


図11 中性化抵抗性の結果

る。ラス打継ぎについて、曲げ強さは大きな変化が見られなかったが、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。

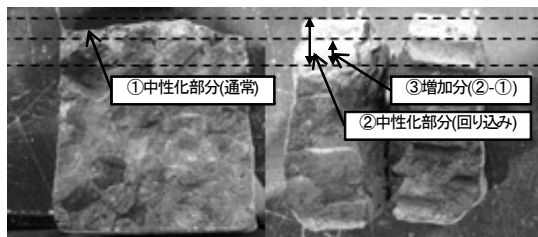
3.3.中性化抵抗性

図 11 に中性化抵抗性の結果、写真 2 中性化抵抗性の写真を示す。JIS A 1153 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。中性化速度係数を算出したところ、NよりBの方が高く、Pと打継ぎ試験体では、Pの方が高い値を示した。

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) 割裂引張試験のチューブの縦置は、チューブの径が大きくなるにつれ、割裂引張強度が増し、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、打継ぎをした試験体も打継ぎをしない試験体とほぼ同等な値を示すことが確認できた。チューブ打継ぎの場合、相対的な違いは無いが、Sは縦置の方が強く、Lは横置の方が強いことがわかった。



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 中性化抵抗性

4) 曲げ強さは、打継ぎをしたものと、標準の試験体では、標準の試験体の方が、曲げ強さが 5～8 割高い傾向を示した。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多い傾向を示した。

5) 促進中性化試験において、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。チューブ立体界面部分は、JIS 評価深さに対し、1.5 から 3 倍の回り込みが確認できた。

環境配慮の優位性を踏まえ、使用箇所(梁・柱等)での

力学・耐久性状の影響を踏まえた適用が重要である。

参考文献

- 1) 住宅の寿命を延ばす「200年住宅」への取組 H20年度予算案，国土交通省，pp.1-6，2002
- 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

本研究は、工学院大学 UDM・PJ 研究費の一部による。