

論文 養生条件が新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響

応 力*1・迫田 恵三*2・内海 秀幸*3・足立 一郎*4

要旨:新旧コンクリートの打継ぎ強度に影響を与える要因として、旧コンクリートの表面処理、打継ぎ面の表面水あるいは乾燥状態、新コンクリートの強度やブリーディングなどの問題が研究されてきた。コンクリートの所定の強度を得るためには、適切な養生が必要である。そこで標準養生あるいは膜養生などの保水養生を行った場合と、シートによる覆いや室内放置の場合との打継ぎ強度の差を実験的に研究し、実際的には膜養生がコンクリートの打継ぎ目の養生にシート養生などより有効であることを明らかにした。

キーワード:鉛直打継ぎ, 打継ぎ目, 打継ぎ強度, 保水養生, 膜養生,

1. はじめに

コンクリート構造物の施工に際しては、水和過程における養生が最終的なコンクリートの品質に大きな影響を与えるので、コンクリートの保水性を維持して有害な影響を受けないように十分な注意をする必要がある。実際にはコンクリート構造物の形式・形状の影響で必ずしも十分な養生のできないことがあった。しかし、最近の技術的進歩によって複雑な形状の構造物であっても養生が可能であると思う。コンクリート構造物の打継ぎ目の施工では従来、シートで覆いを施して風や直射日光による急激な乾燥の影響を避ける程度か、或いは全く行われていない。シートによる覆いでも保水性の損なわれる危険があり、十分とは言えない。

本論では、養生方法の違いによって打継ぎ強度に違いの生ずることを想定し、新旧コンクリートを打継いだ後に標準養生、室内膜養生、室外シート養生および室内放置の4通りを選んで実験的に研究した。

2. 実験概要

2.1 使用材料

本研究で使用したセメントは普通ポルトランドセメント、超速硬セメントである。超速硬セメントは比重 3.04, 比表面積 5600cm²/g, 鉱物組成 C₁₁A₇CaF₂ が 20.6%, C₃S が 50.7%, C₂S が 1.7%のものを用了。また、無収縮モルタルはプレミックス型である。これはモルタル 1m³ 当り CS 系膨張剤, セメント及び砂が 1875kg 混合されているものである。

細骨材は富士川産で表乾比重 2.62, 吸水率 1.02%である。粗骨材は富士川産で表乾比重 2.65, 吸水率 0.81%, 最大寸法 25mm である。

膜養生に用いた材料は水性タイプの養生剤である。これは造膜成分によって水分蒸発を低減させるはたらきがある。現在、コンクリートの養生に適すると考えられる種々の養生材料があるが、それらの性能に関しては検討しない。

2-2 配合

旧コンクリートには普通コンクリートを用

*1 千葉工業大学大学院博士前期課程 工学研究科土木工学専攻 (正会員)

*2 東海大学教授 海洋学部海洋土木工学科 工博 (正会員)

*3 千葉工業大学助手 工学部土木工学科 博士 (工学) (正会員)

*4 千葉工業大学教授 工学部土木工学科 工博 (正会員)

い、新コンクリートとしては普通コンクリート、高流動コンクリート、無収縮モルタルおよび超硬セメントコンクリートを用いた。普通コンクリートは水セメント比が 50%のみの 1 種類とした。これらの配合を表一に示す。

2-3 供試体の寸法および製作数

コンクリートの圧縮強度試験用の供試体は直径・高さが 10×20cm の円柱、打継目なしの標準供試体は縦・横・高さが 10×10×40cm の角柱、打継ぎ用旧コンクリートは 10×10×20 の角柱、この旧コンクリートに 10×10×20 の新コンクリートを鉛直打継ぎして 10×10×40 の角柱とした。製作数はそれぞれの実験項目について 3 個ずつとして平均値を採用した。

2-4 旧コンクリートの表面処理

表一に示すウォータージェット処理条件で標準養生 4 週直後に処理した。ウォータージェットの処理方式はロータリージェットとし、平均処理深さが 2～3 mm となるように処理条件を調節した。処理深さの測定は、処理面に標準砂を平らに敷き均し、その標準砂の重量を計って (標準砂の密度) × (供試体断面積) で割って求めた。

2-5 打継ぎ

打継ぎ供試体は全て鉛直打継ぎとした。先ず旧コンクリートに相当する 10×10×20 のコンクリート供試体を打設後 24 時間の室内湿潤養生を施して標準養生を行い、4 週間経た後 10×10 の型枠面を処理して 10×10×20 の新コンクリートを打設した。新コンクリートは先に述べた 4 種類である。これらを使用した理由は次の通りである。普通コンクリートは旧コンクリートと同じ水セメント比 50%とした。既往の研究¹⁾から、水セメント比 50%以内ではブリーディングの影響が小さいことと、コンクリートの強度が新旧で異なると強度の弱い側で破壊することを考慮したものである。高流動コンクリートは粘性があるためブリーディングが少なく、また、今後打継ぎ材料として利用されることが多いと考えた。無収縮モルタルは施工後の収縮

量が小さく、付着強度は大きくなると推測した。

表一 コンクリートの配合表

普通コンクリートの示方配合				
粗骨材の最大寸法 (G _{max})		水セメント比 (w/c) %		
25		50		
単位材料用量 (kg/m ³)				
水(w)	セメント(C)	細骨材(S)	粗骨材(G)	AE剤
181	361	744	1002	0.18
高流動コンクリートの示方配合				
粗骨材の最大寸法 (G _{max})		水セメント比 (w/c) %		
25		60		
単位材料用量 (kg/m ³)				
水(w)	セメント(C)	細骨材(S)	粗骨材(G)	
175	292	752	822	
混和剤				
石粉(SD)	AE剤	WRA	増粘剤	
248	0.18	11.3	0.35	
超硬コンクリートの示方配合				
粗骨材の最大寸法 (G _{max})		水セメント比 (w/c) %		
25		40		
単位材料用量 (kg/m ³)				
水(w)	セメント(C)	細骨材(S)	粗骨材(G)	
160	400	668	1156	
混和剤				
WRA	遅延剤			
8	0.8			
無収縮モルタルの示方配合				
水セメント比 (w/c) %		36		
単位材料用量 (kg/m ³)				
水(w)	セメント+砂+膨張剤(プレミックス型)			
338	1875			

表二 ウォータージェットの処理条件

コンクリートの水セメント比 (%)	50
水圧 (MPa)	150
繰り返し回数	1
ノズル先端口径 (mm)	0.3
処理深さ (mm)	2～3
処理限界距離 (mm)	15
回転数 (rpm)	185
速度 (c)	94

超速硬セメントコンクリートは他の3種類とは根本的に硬化の過程が異なり、24時間で他のコンクリートの4週強度に達することからブリーディングの影響がないとみなして使用した。したがって、今回使用した他の3種類の打継ぎ材料とは打継ぎ強度以外の点では比較しない。

2-6 養生方法

標準養生は実験室内のコンクリート標準養生設備内で行った。膜養生は脱枠直後にコンクリートに塗布して保湿・保水効果を高めるためのもので、水性の養生材として販売されているものを使用した。実験では、供試体の全面にわたって刷毛を用いて塗布し、実験室の廊下に置いた。室外シート養生では、市販の塩化ビニール製のシートで供試体を包み、実験室の北側室外に置いた。室内放置は、脱枠直後から実験室の廊下に供試体を縦の状態に置いた。養生の時期は8月であり何れの場合も直射日光は避けた。

2-7 打継ぎ強度試験

打継ぎ強度は、打継ぎ後4週間の標準養生を経て、三等分点載荷法による曲げ強度試験によって評価し、(打継目のある供試体の曲げ強度) / (打継目のない新コンクリートの標準供試体の曲げ強度)、すなわち曲げ強度比で表した。

3 実験結果および考察

3-1 コンクリートの圧縮強度

打継ぎ材料の標準養生4週間後の平均圧縮強度を図-1に示す。この場合、超速硬セメントコンクリートが最も大きく、無収縮モルタル、普通コンクリート、高流動コンクリート、の順で小さくなった。しかし、普通コンクリートと高流動コンクリートとの差は小さい。

3-2 曲げ強度および曲げ強度比

図-2は4種類の打継ぎ材料をそれぞれ旧コンクリートに打継いだ後4通りの方法で養生し、4週間経過してから先に述べた曲げ強度試験を行った結果である。また、図-3は縦軸を曲げ強度比としたものである。

打継ぎ強度については、超速硬セメントコン

クリートおよび無収縮モルタルを打継いだ場合が普通コンクリートや高流動コンクリートを打継いだ場合より大きい。超速硬セメントコンクリートおよび無収縮モルタルはブリーディングの影響が小さく、他の材料よりも高強度であったためと考えた。

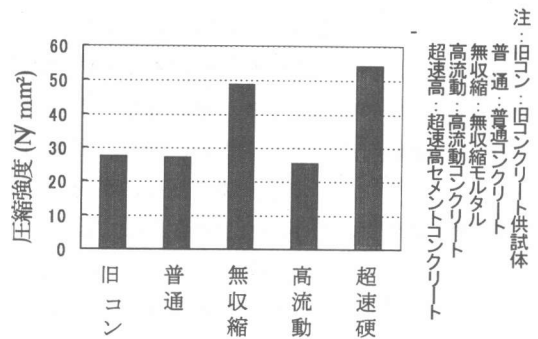


図-1 コンクリートの圧縮強度

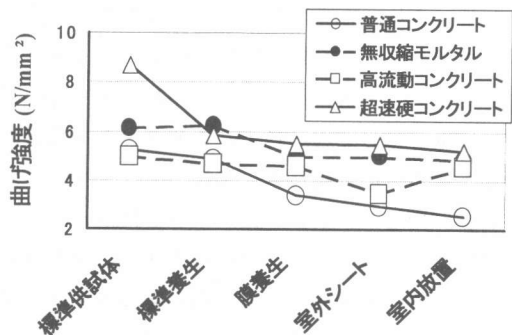


図-2 養生条件と曲げ強度

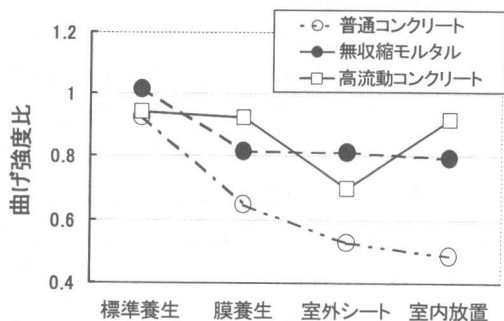


図-3 養生条件と曲げ強度比

表一3は曲げ強度試験における測定値である。この中で、(目)と記したのは打継目で破壊した場合、(新)と記したのは新コンクリート側で破壊した場合、(旧)と記したのは旧コンクリート側で破壊した場合を表す。普通コンクリートを打継いで標準養生した場合は全て新コンクリートで破壊しており、これは旧コンクリートの方が強度は大きいことと、打継目の付着が十分であったことが考えられた。他の養生方法では全て打継目での破壊となり、標準養生の場合と比べると破壊時の荷重が小さい。一方、高流動コンクリートについては、標準養生の場合は全て打継目破壊であるが、他の養生方法では新コンクリート側での破壊が多い。これらの理由は、新コンクリートの強度が旧コンクリートより小さい傾向であったことによると考えた。強度の大きい超速硬セメントコンクリートでは、標準養生の場合、全て旧コンクリート側で破壊しており、これは普通コンクリートの場合の逆で、旧コンクリートの強度が超速硬セメントコンクリートより小さいためである。他の養生方法では打継目での破壊が多く、標準養生より養生条件が劣るためであろう。無収縮モルタルの場合も超速硬セメントコンクリートを打継いだと同様に、標準養生では大きな打継ぎ強度が得られたが、他の養生条件では特別の傾向は見出せなかった。

次に、図一3の養生条件と曲げ強度比との関係について考察する。普通コンクリートの場合が養生条件の影響が顕著である。標準養生の場合の曲げ強度比は0.9~1.0の値を示しており、これは従来の研究成果²³⁾と同様である。しかし、曲げ強度比は、膜養生では0.65程度、室外シート養生で0.53程度、室内放置にすると0.49程度になった。膜養生では全面に養生剤を塗布して室内に置いたので、風などの外的な影響がなかったものと推定された。また、今回使用した養生剤の保湿・保水効果が水和作用にともなう硬化熱の逸散をある程度抑える働きをし、さらに、塗布された膜がコンクリートの微細な傷

や凹凸などを平面化することも考えられ、この効果が現れたと思う。室内シート養生の場合は供試体を包んだものの、薄いシートのため空気の漏れや温度など外的要因の影響があつて、膜養生の場合より打継ぎ強度が低くなつたと考えられた。

無収縮モルタルおよび高流動コンクリートの場合は、標準養生では凡そ100%の打継ぎ強度を得ることができたが、他の養生方法を用いると普通コンクリートの場合よりも曲げ強度比は大であるものの、その値は膜養生、室外シート養生、室内放置の順で低下する傾向を示した。

以上の実験的研究から、新旧コンクリートの打継ぎにおいて、可能な限り保水性を保つ養生が重要であることが明らかにされた。

表一3 曲げ試験破壊荷重と破断位置

(単位:KN)

養生方法	供試体 No	普通コンクリート	無収縮モルタル	高流動コンクリート	超速硬コンクリート
室内養生	1	8.00(目)	14.5(目)	14.7(目)	19.3(新)
	2	9.12(目)	17.6(目)	15.0(新)	17.0(旧)
	3	8.50(目)	16.6(新)	16.1(新)	15.8(目)
	平均	8.39	16.2	15.3	17.4
室外シート	4	-	17.2(目)	13.2(新)	20.9(目)
	5	9.75(目)	19.2(旧)	11.7(目)	16.7(目)
	6	9.90(目)	13.5(目)	10.1(新)	16.9(目)
	平均	9.83	16.6	11.6	18.2
膜養生	7	14.2(目)	14.7(目)	14.6(目)	18.6(目)
	8	9.07(目)	16.9(目)	13.6(目)	20.2(目)
	9	10.8(目)	18.4(目)	17.9(新)	16.3(目)
	平均	11.4	16.7	15.4	18.4
標準養生	10	14.3(新)	21.0(目)	16.0(目)	19.6(旧)
	11	17.9(新)	22.6(旧)	14.6(目)	18.4(旧)
	12	16.5(新)	18.7(目)	16.5(目)	20.2(旧)
	平均	16.2	20.8	15.7	19.4
標準供試体	13	16.1	18.7	16.7	32.1
	14	16.0	22.6	16.7	28.0
	15	20.5	20.1	-	26.8
	平均	17.5	20.4	16.7	29.0

3-3 供試体の重さ変化量

図一4に材齢の経過に伴う供試体の重さの変化量を示した。上から普通コンクリート、高流動コンクリート、無収縮モルタル、超速硬セメントコンクリートの順である。全体的傾向として、打継目なしの標準供試体と打継いでか

ら標準養生を行った供試体は材齢の経過とともに漸増しており、これは供試体が水分を吸収して重量が増えているものと推察できる。この現象に反して膜養生、室外シート養生および室内放置による場合は材齢が大きくなるにしたがって供試体の重さが減少する傾向となった。これは、養生によって水分の蒸発を極力抑制しようとしても自然乾燥が徐々に進行したものと考えられた。

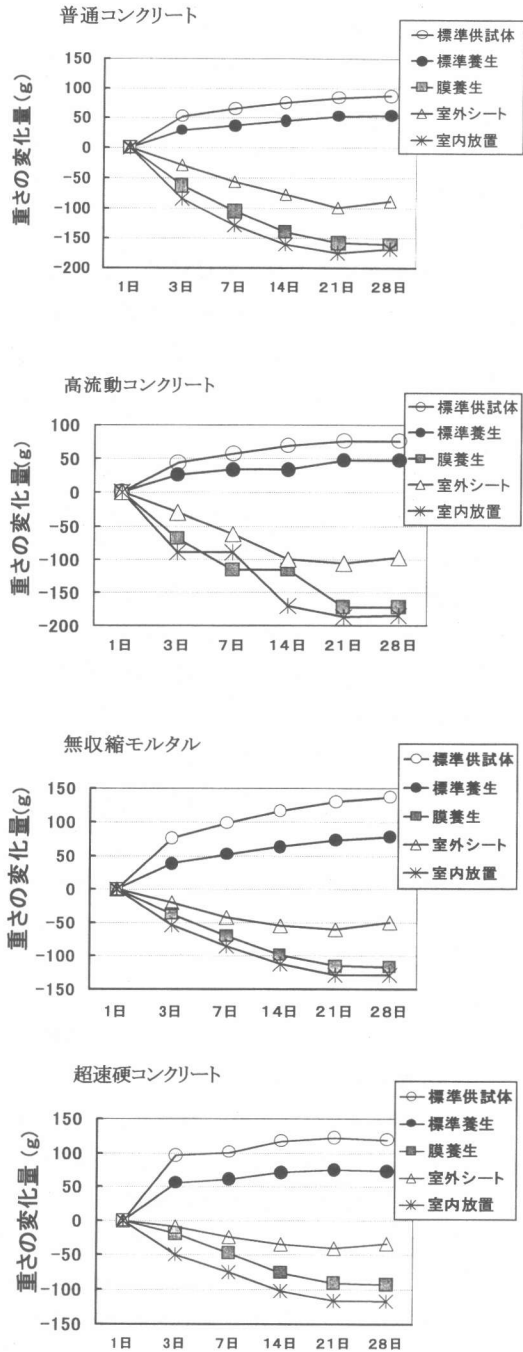
これらの図について個々に検討する。先に述べた如く、打継目のない標準供試体と普通コンクリートを打継いで標準養生した供試体とは曲線の増加勾配が同様であるが、標準供試体は作成時の重さが打継いだ供試体より若干大きいため、二つの平行曲線となった。一方、打継ぎ材料によらず膜養生、室内放置および室外シート養生の場合は材齢の経過に伴って重さが減少したが21日以降は変化がみられなかった。また、室外シート養生の場合は普通コンクリートおよび高流動コンクリートの3日における重量が他の養生を行った供試体より小さく、以降においては他の養生条件と同様の減少勾配となっている。この場合、室外シート養生が他の養生方法より優位とはならない。無収縮モルタルおよび超速硬セメントコンクリートにおいても、室外シート養生の場合は概して重量の減少勾配が小さい。しかし、図一2および図一3の結果を考慮すると、この場合、打継ぎ強度に特に影響を与える変化量ではないと判断した。

3-4 供試体の長さ変化量

図一5は材齢の経過に伴う供試体の長さレーザー測定器によって求めたものである。図の上部から普通コンクリート、高流動コンクリート、無収縮モルタル、超速硬セメントコンクリートの順に示した。これらは、図一4と密接な関係にある。すなわち、材齢の経過に伴ってコンクリートの重さが減少することは、コンクリートの表面や内部からの水分移動による水が蒸発するためであり、これによってコンクリートの乾燥収縮を引き起こし、長さ変化に繋がる

からである。

長さの変化量についての全体的傾向は、重さ



図一4 養生条件と重さの変化量

の変化量と同様であり、標準供試体および標準養生の場合には伸びを示し、膜養生、室外シート養生および室内放置では収縮を示した。供試体の平均長さは400mmであるから、 2×10^{-3} mmの伸びは、ひずみ値で 5×10^{-6} となる。一方、収縮ひずみは 6×10^{-6} 程度が最大となった。したがって、内的あるいは外的の束縛が働いてもこの場合は直接ひび割れの原因とならない。養生条件による打継ぎ強度の差異は、コンクリート内の水分移動による自己乾燥状態、水分蒸発などを防止してコンクリートの初期強度を確保し、さらには、強度が増進したことによる。

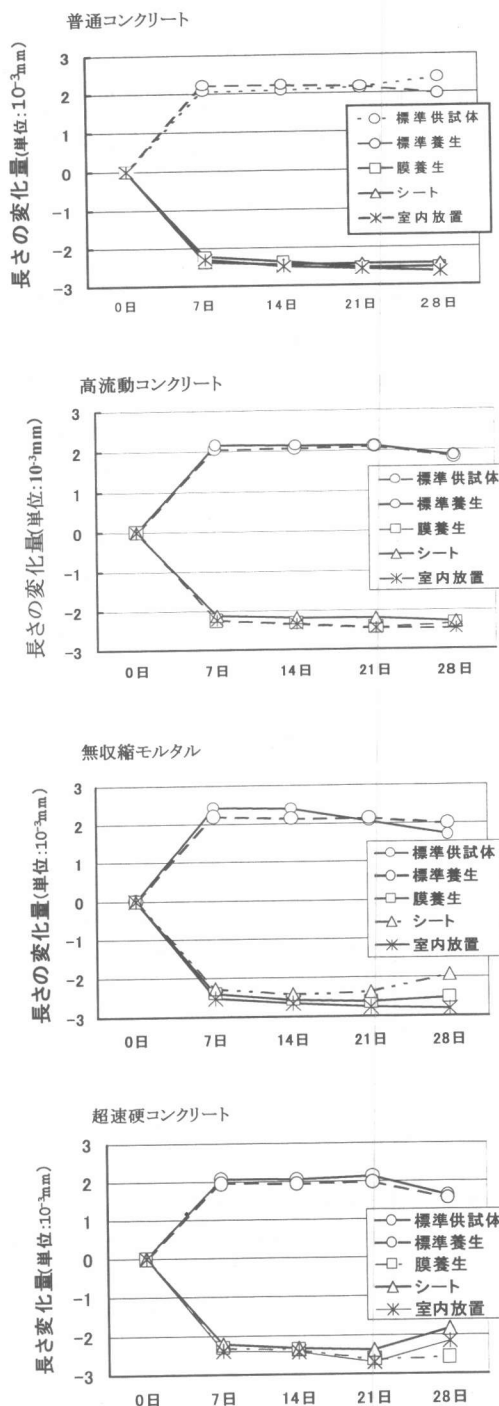
4 まとめ

養生条件が新旧コンクリートの打継ぎ強度に与える影響について、実験的研究を行った。その結果、以下の結論を得た。

- 1) 打継ぎ後に標準養生を行うと、90~100%の打継ぎ強度比を得ることが可能である。
- 2) コンクリートの種類による打継ぎ強度は概して標準養生、膜養生、シート養生、室内放置の順に小さくなる傾向を示したが、普通コンクリートの場合には養生条件の差が顕著であった。
- 3) 実地的な養生方法として、膜養生の利用も考えられる。

参考文献

- 1) 迫田恵三, 足立一郎, 光延優一, 吾妻健: 各種の打継ぎ材料がコンクリートの付着強度に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.20, No.1, pp.413-418, 1998
- 2) 迫田恵三, 足立一郎: ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.1, pp.1261-1266, 1995
- 3) 足立一郎, 五十嵐英幸, 迫田恵三, 八尋輝夫: ウォータージェットを用いた新旧コンクリートの打継ぎに関する研究, コン



図—5 養生条件と長さの関係

クリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.1, pp.1353-1358, 1996