

V-3

増粘剤系高流動コンクリートの強度および耐凍害性に及ぼす養生圧力の影響

室蘭工業大学大学院 学生員 河原 昇生
室蘭工業大学工学部 正会員 菅田 紀之

1. まえがき

近年、建設作業の省力化等の目的で高流動コンクリートが適用されている例が出ている。高流動コンクリートが使用される施工では打設速度や打設高さが増大する傾向にある。このような施工を行なった場合、コンクリートの自重による側圧およびコンクリート自体に作用する圧力の増加が予想される。フレッシュなコンクリートが圧力を受け硬化するとコンクリートの特性が変化するものと考えられるが、この様な圧力環境下で養生されたコンクリートの性質に関する研究は、著者等の研究¹⁾以外に、ほとんど行なわれていないのが現状である。また、増粘剤を添加した高流動コンクリートは耐凍害性が劣るという報告^{2)~5)}があり、養生時に圧力を受けることによってさらに耐凍害性を確保することが難しくなると予想される。

本研究では、高流動コンクリートの1つとして増粘剤を用いた高流動コンクリートがフレッシュな状態から圧力を受けた場合の強度および耐凍害性について検討を行った。また、コンクリートの細孔構造を調べ、その特徴および強度などとの関係を検討した。

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

コンクリートの製作に使用した各種材料を表-1に示す。コンクリートの配合は表-2に示すとおりであり、結合材には普通ポルトランドセメントのみを使用し、細骨材として陸砂、粗骨材として碎石、高性能 AE 減水剤にはポリカルボン酸系、AE 剤に

表-1 使用材料の種類

材料	略号	性質等
セメント	C	普通ポルトランドセメント(比重 3.15)
細骨材	S	白老産陸砂(比重 2.74)
粗骨材	G	白老産碎石(比重 2.65)
高性能 AE 減水剤	M	ポリカルボン酸系
AE 剤	A	天然樹脂酸塩
増粘剤	vis	セルロース系高分子化合物

表-2 コンクリートの配合

空気量 (%)	スランプ フロー(cm)	W/C (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				M (C×%)	vis (W×%)	A (C×%)
				W	C	S	G			
5.5	65±5	50	51.8	175	350	934	843	2.0	0.21	0.015

は天然樹脂酸塩、増粘剤には空気量ロスの少ないセルロース系増粘剤を使用した。また、水セメント比を 50%、単位水量を 175kg/m³とし、増粘剤、高性能 AE 減水剤、AE 剤の添加量は、コンクリート製造直後の空気量およびスランプフローが、それぞれ 5.5±0.5%、65±5cm となるように定めた。フレッシュコンクリートの性状を表-3に示す。

表-3 フレッシュコンクリートの性状

養生時の圧力 (MPa)	空気量 (%)	スランプフロー (cm)
0.1	5.5	60.0
0.2	5.5	60.0
0.3	5.8	60.5
0.4	5.7	61.5

Effect of Curing Pressure on Strength and Freeze-Thaw Resistance of High Fluidity Concrete Containing Viscous Agent

By Nobuo KAWAHARA and Noriyuki SUGATA

練り混ぜ方法は、まず細骨材、セメントと増粘剤を 5 秒間混ぜ、その後水、AE 剤と高性能 AE 減水剤を添加し 60 秒間混ぜ、最後に粗骨材を投入し 90 秒間練り混ぜた後、5 分間放置し、その後 60 秒間練り混ぜた。

2.2 加圧養生方法

図-1 に本研究で使用した加圧養生装置の概略を記す。コンクリートの養生は、打設直後から型枠上面をラップで包み、コンプレッサーを用いて 0.1~0.4MPa の圧力を与えながら 3 日間封緘加圧養生させた後、常圧(0.1MPa)にて 20℃の水中養生を行なった。

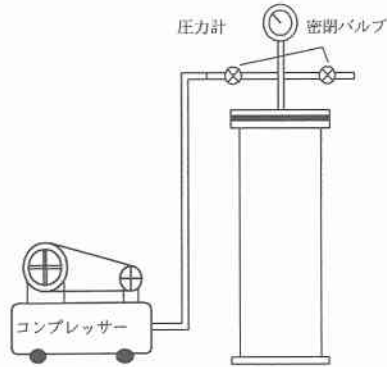


図-1 加圧養生装置

3. 実験結果

3.1 圧縮強度試験結果

圧縮強度試験は、φ10×20cm の供試体をそれぞれ 3 体用い、材令 28 日で行った。図-2 は養生圧力と圧縮強度の関係を示したものである。この図から、養生時に加えられた圧力が高いほど、より高強度を示すという傾向が得られ、ほぼ直線的に増加しているのが判る。また、養生圧力 0.4MPa の強度を常圧(0.1MPa)と比較すると 60%程度の増加が見られた。これは、フレッシュコンクリートに圧力が加えられたことにより締め固められ、組織が緻密に成ったためであると考えられる。

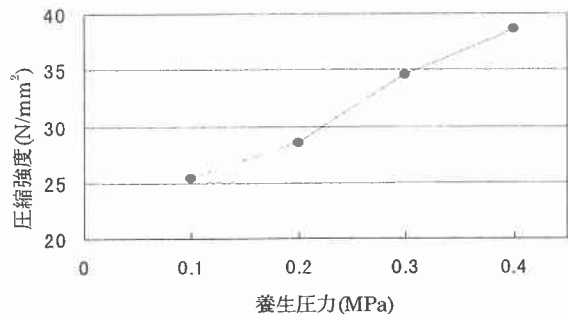


図-2 養生圧力と圧縮強度の関係

3.2 凍結融解試験結果

凍結融解試験は、10×10×40cm の角柱供試体を用いて、JSCE-G501 に準じて材令 14 日から開始した。凍結融解試験におけるサイクル数と相対動弾性係数の関係を図-3 に示す。この図より全ての圧力において十分な耐凍害性を得られていないことが判る。養生時の圧力が 0.1MPa の場合は約 30 サイクルで、0.2~0.3MPa の場合には約 20 サイクルで、0.4MPa の場合は約 50 サイクルにおいて相対動弾性係数 60%まで低下している。

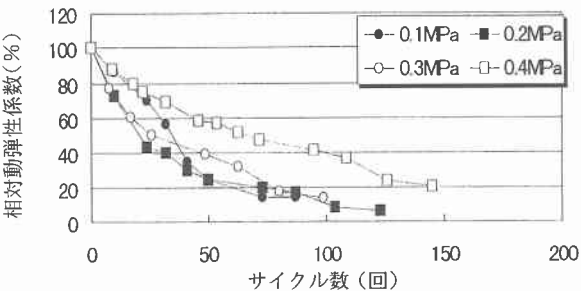


図-3 各種コンクリートの凍結融解試験結果

また、耐久性指数は養生圧力が 0.1MPa では 6、0.2~0.3MPa では 3.5、0.4MPa では 9 であり、この結果からも耐久性がほとんど得られていないことが判る。

3.3 空気量の変化

図-4 に養生時の圧力と硬化コンクリートの空気量の関係を示す。空気量は単位容積質量から算出したものである。また、ボイルの法則より求めた空気量変化も示している。単位容積質量から算出した値からす

ると、養生時の圧力が0.4MPaのコンクリート硬化後の空気量は約2.5%程度まで、ボイルの法則から出した値によると、養生時の圧力が0.4MPaで約1.5%程度まで低下している。この図より両者を比較して見ると、単位容積質量から求めた値はボイルの法則で仮定した値より減少率は小さいが、ほぼ同じような線形の曲線になっていることが判る。このように養生時に圧力が作用することにより、空気量が減少し締め固められ、圧縮強度の増加に繋がったものであると考えられる。

3.3 細孔構造試験結果

細孔構造の測定は、材令28日で供試体中央部のコンクリートから採取した2.5~5mmの粒径のモルタル部分を用いた。これをアセトンに浸漬して水和反応を停止させ、乾燥させた後、水銀圧入式ポロシメーターを用いて行なった。測定範囲は細孔直径で3.2nm~350 μ mまでとして、細孔容積、細孔径分布を各配合においてそれぞれ求めた。図-5は、養生圧力と総細孔容積の関係を示したものである。この図より、養生圧力の増加に伴い総細孔容積が減少していることが明確である。養生圧力が0.4MPaで13%程度の減少が見られる。図-6は細孔直径を横軸に取り、細孔容積の分布を示したものである。また、その変化が判りやすいように養生時の圧力が0.1MPaと0.4MPaのものを比較している。この図よりコンクリートを圧力環境下で養生することにより、細孔直径0.03 μ m~0.1 μ mの毛細管空隙が増加し、細孔直径0.03 μ m以下の毛細管空隙と0.1 μ m以上の比較的大きな細孔が減少するという傾向が見られる。この細孔変化についてより詳しく調査するため、図-7に示すように細孔分布のピークを考慮して細孔

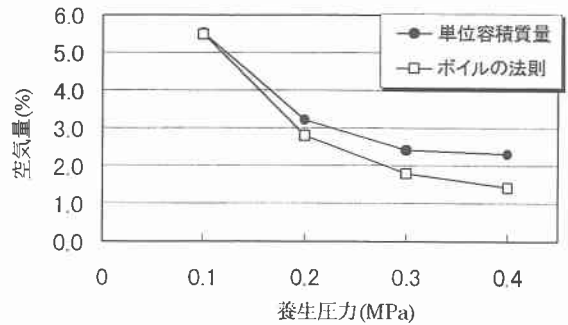


図-4 養生圧力とコンクリート硬化後の空気量の関係

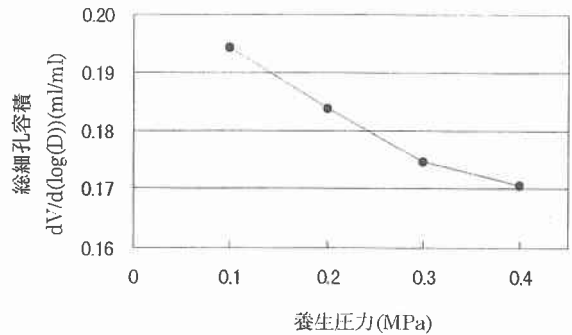


図-5 養生圧力と総細孔容積の関係

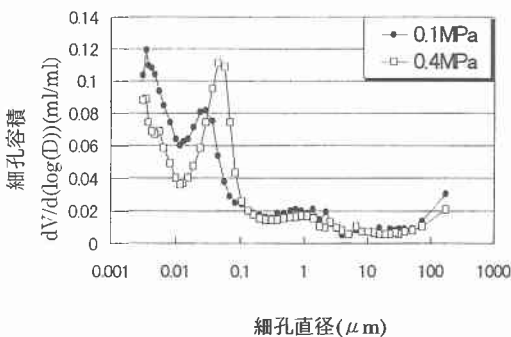


図-6 細孔径分布

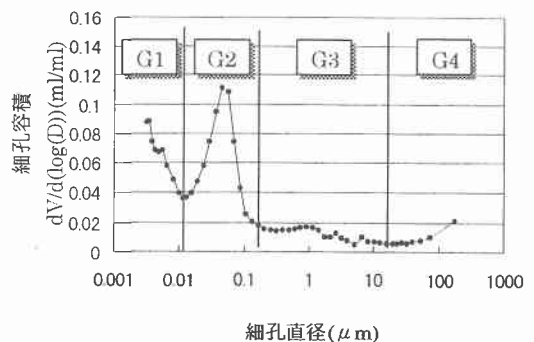


図-7 細孔の区分

直径の範囲を区分し検討を行なう。微細な毛細管空隙とゲル空隙の一部と見なされる範囲をG1、毛細管空隙の比較的小さなものをG2、毛細管空隙の比較的大きなものをG3、大きな空隙をG4と定義する。図-8は養生圧力の増加に伴う各範囲における細孔容積の変化を示している。細孔容積の変化は0.1MPa(常圧)時の容積に対する比として示す。この図から圧力により微細空隙(G1)及び大きな空隙(G4)が約70%程度まで減少していることが判る。また、大きな毛細管空隙(G3)は養生圧力0.2MPaにおいて増加が認められるが、全体の傾向

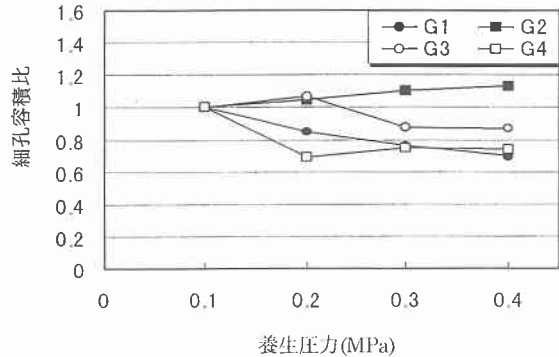


図-8 各範囲における細孔容積の変化

としては約85%程度まで減少している。小さな毛細管空隙(G2)は約15%程度の増加が認められた。これらの結果より判断すると、圧力増加に伴い大きな空隙が減少することによりコンクリートの組織が緻密になり、圧縮強度の増加が期待される。また、凍害の主因は本研究で分類した大きな毛細管空隙(G3)にあるといわれており、圧力が作用することにより凍害の要因は減少すると考えられる。

4. まとめ

本研究では、増粘剤を添加した高流動コンクリートが打ち込み時に受ける側圧の増加を想定し、打設直後から圧力環境下で養生されたコンクリートの特性について検討した。養生時の圧力は0.1MPaから0.4MPaまで変化させ、養生圧力が圧縮強度、耐凍害性に及ぼす影響を検討し、また、それらと細孔構造との関係を加えて検討した。その結果をまとめると以下ようになる。

- 1) フレッシュコンクリートを圧力環境下で養生することにより、圧縮強度の増加が認められる。これはフレッシュコンクリートが養生時に圧力を受けることで空隙および気泡容積が減少し、コンクリート組織が緻密になったためであると考えられる。
- 2) 増粘剤を添加したコンクリートは、空気量が5.5%程度では十分な耐凍害性は得られない。また、養生時に圧力を受けることで、硬化コンクリートの空気量が約2.5%程度になり、耐凍害性の確保は困難である。これについては今後、空気量を増やし検討する必要がある。
- 3) 養生時に圧力を受けることにより約 $0.03\mu\text{m}$ ~ $0.1\mu\text{m}$ の小さな毛細管空隙が増加し、約 $0.1\mu\text{m}$ 以上の細孔と約 $0.03\mu\text{m}$ 以下の微細な空隙が減少する。

【参考文献】

- 1) 清野和徳・尾崎諒・菅田紀之：高圧下に打ち込まれたコンクリートの特性に関する実験的研究
- 2) 須藤裕司・鮎田耕一・佐原晴也・竹下治之：増粘剤を添加した高流動コンクリートの耐凍害性に関する基礎的研究：コンクリート工学年次論文報告集、vol.14、No.1、pp.1003-1008、1992
- 3) 佐原晴也・庄司芳之・竹下治之・鮎田耕一：増粘剤を添加した高流動コンクリートの耐凍害性の向上方法に関する実験的研究：コンクリート工学年次論文報告集、vol.14、No.1、pp.1009-1014、1992
- 4) 須藤裕司・鮎田耕一・桜井宏・猪狩平三郎：増粘剤を用いた高流動コンクリートの基礎的研究：土木学会北海道支部論文報告集、pp.1021-1026、平成4年度
- 5) 山川勉・捧剛明・早川和良・鮎田耕一：分離低減剤を用いた高流動コンクリートの耐凍害性に関する研究：コンクリート工学年次論文報告集、vol.15、No.1、pp.155-160、1993