

近畿大学 正会員 玉井元治
近畿大学 学生会員 ○松川 徹
建設省 近畿地建 長田充弘

1. はじめに

本研究は、水や空気を自由に通すことのできるポーラスなコンクリート（連続空隙を有するコンクリート：No-Fines Concrete：NFC）の強度特性、遊離石灰の溶出防止および棲息生物について調査したものである。この種の硬化体を自然水域に沈漬すると凹凸の多い表面は勿論のこと、内部の連続空隙に各種水中微生物が付着・棲息し、生物膜を形成する。その結果、水中の有機物を分解し無機化を進行させると同時に、藻類や底生生物などの棲息を促進させ、バランスのとれた生物環境を早期に再生することが期待される。

2. 実験の概要

2. 1 使用材料と配合

高炉セメントB種：Sg(比重)=3.04(O社製)，シリカフューム(SF)：Sg=2.28(E社製)，カーボン繊維(CF)：Sg=1.63(T社製)，超高強度用ポリカルボン酸系高性能減水剤(Sp)：Sg=1.10(T社製)（固形分30%水溶液，W/(C+SF)=18%まで低下可能），骨材は5号(10~20mm)，6号(5~13mm)，7号碎石(2.5~7mm)（高槻産）：Sg=2.69。CFの物理的性質をTable 1に，NFCの配合をTable 2に示す。

Table 1 Physical properties of carbon fibers

Average length (mm)	Average diameter (μm)	Specific gravity (20°C)	Young's modulus (MPa)	Tensile strength (MPa)
6	14.5	1.63	386	8.3

2. 2 供試体の作成と養生

フレッシュベーストのフロー値は230mmとして作成した。供試体寸法：強度・pH試験用4×4×16cm(7号碎石)角柱型，河川・

海浜沈漬用φ10×20cm(6号碎石)，φ15×

30cm(5号碎石)円柱型。2日間湿潤養生，

脱型後、遊離石灰飽和水(20°C)で養生。

2. 3 試験方法

強度試験はJIS R-5201に準じる。pH

測定試験は、脱型後供試体をポリ容器(φ12

×20)に浄化水と共に入れ、1日後に容器内

の水をpH METER D-14で測定する。7日後に供試体

と容器を洗浄し、同様に9週間続ける。NFCへの

付着生物の観察は、目視および位相差顕微鏡X2F-Ph

にて行い、供試体の沈漬場所は東大阪市新川，大阪

府岬町水産試験場隣接岸内とした。

3. 実験結果と考察

3. 1 CFを混入したNFCの強度特性

Fig.1はCF混入率とNFCの曲げ強度との関係を、Fig.2は同じく圧縮強度との関係を(いずれも材

令28日)示す。まずSFを混入すると、曲げ、圧縮共に効果がみられE配合はA配合より曲げでは19%，

圧縮では18%増加した。また、曲げ、圧縮共にA，

C，D配合と順調に増加しているが、D配合を越えると増加率は減少する傾向を示した。これはCFの量があ

る程度以上多くなると、セメントペースト中に十分に分散されないからと考えられる。次にB配合とC配合

Motoharu TAMAI, Toru MATUKAWA, Mitsuhiro NAGATA

Table 2 Mix proportions of NFC

Mixing Type	CF/C (vol. %)	SF/(C+SF) (wt. %)	W/(C+SF) (wt. %)	B/V (vol. %)	Unit Weight (kg/m ³)					
					W	C	SF	Sp	G	CF
A	-	5	20	35	57.6	281	14.8	2.27	1470	-
B	0.7	-	20	35	49.8	294	-	12.72	1470	1.02
C	0.7	5	20	35	57.1	280	14.7	2.55	1470	0.98
D	2.0	5	20	35	56.3	278	14.6	3.02	1470	2.90
E	3.3	5	20	35	55.2	275	14.5	3.96	1470	4.79
F	-	-	18	40	41.0	344	-	29.79	1470	-
G	-	5	18	40	60.8	333	17.5	3.33	1470	-
H	-	10	18	40	61.1	313	34.8	2.09	1470	-

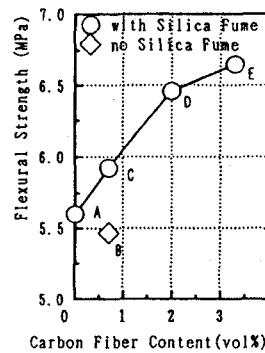


Fig.1 Carbon fiber content versus flexural strength of NFC

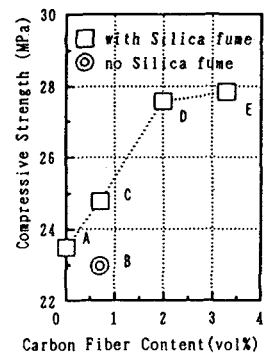


Fig.2 Carbon fiber content versus compressive strength of NFC

を比較すると、前者は後者よりも曲げでは 8%, 圧縮では 7% 減少した。これは、C 配合では C F の間隙に微細粒子の S F が入り込むことで C F が十分に分散され、また間隙に入り込んだ活性シリカ質の S F によって C F とセメント粒子との付着強度が上昇する（マイクロフィラー効果）からであると考えられる。

3. 2 S F を混入した N F C の強度特性

Fig. 3, 4 は、S F 混入率の異なる N F C の曲げ強度および圧縮強度と材令の関係を示す。曲げ、圧縮共に 7 日強度ではあまり差がみられないが、材令が進行するにつれて差が開き、強度の高い順に G, H, F となった。これは、G, H 配合では材令が進むにつれて S F と Ca(OH)_2 との間でポゾラン反応が起き、CSH・gel が生成されるためと考えられる。また H 配合の方が G 配合よりも低い値を示したが、これはセメントに高炉スラグが 30~60% 含まれているため、普通セメントを使用したときよりも少ない S F 量で上限がくる。N F C は広大な表面積をもつために、その表面から溶出する遊離石灰の量は普通コンクリートのそれより多い。この遊離石灰溶出によって N F C の強度が低下するだけでなく、周囲の環境にも悪影響を及ぼす。したがって N F C からの遊離石灰溶出防止には、この種のポゾラン質材料を使用するのが望ましい。

3. 3 S F を混入した N F C の遊離石灰溶出防止試験結果

Fig. 5 は S F 混入率別の pH 値と沈漬期間との関係を示す。沈漬期間の前半は大きな差はみられないが、5 週目あたりから S F 混入のものと無混入のものに差が開き始めた。また全体を通してみると、S F 混入のものは緩やかに減少する傾向を示した。これも上記に示したポゾラン反応の影響のようである。

3. 4 N F C の棲息生物について

河川および海浜に沈漬した N F C を目視観察した結果、前者からはユスリカの幼虫やイトミミズなどが、後者からはカニやゴカイなどが確認された。多いときには $\phi 15 \times 30$ 円柱供試体 (5301cm^3) から 300 匹近くものユスリカの幼虫が採取された。また N F C の外、内部表面は茶褐色化していたことからバクテリア類が付着していることが分かる。次に N F C の付着物を顕微鏡にて観察した結果、珪藻類、緑藻類、藍藻類（以上植物プランクトン）、繊毛虫類、輪虫類（以上動物プランクトン）などが確認された (Fig. 6)。以上のことから N F C には多種の生物が層をなして棲息することがわかり、ここに食物連鎖が形成されるものと思われる。

4. 結論

(1) C F は N F C の強度を上昇させ、今回の配合では C F の混入率 3~4 (vol%) で約 20 % の強度増加が望める。

(2) ポゾラン質材料である S F は、水中において N F C の長期強度を上昇させ、また遊離石灰溶出防止に有効に働く。さらに、C F 混入時に低下するセメントペーストの流動性を向上させ、また C F とセメント粒子との付着を良好にする。

(3) 自然水域において、N F C には多種の生物が棲息し、これが食物連鎖の母材となるようである。よってこの種の硬化体はバランスのとれた生物環境育成用材料として利用可能と考えられる。

【参考文献】 Yoshihiko Ohama etc; Properties of Carbon Fiber Reinforced Cement with Silica Fume 他

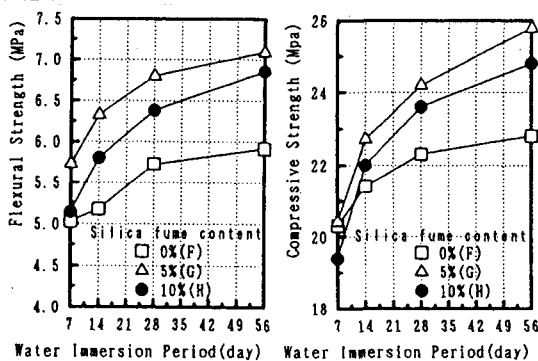


Fig. 3 Flexural strength of N F C versus age

Fig. 4 Compressive strength of N F C versus age

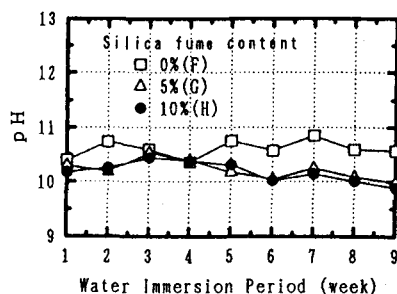


Fig. 5 Charges of pH versus water immersion period

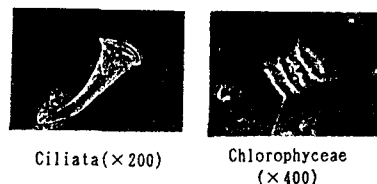


Fig. 6 Epilithic organisms