

京都大学 正員 岡田 清
 京都大学 正員 小林 和夫
 阪神高速道路公団 正員 ○正田 正一

1. まえがき

近年、凝結遅延作用や空気連行性がほとんど無いため、少量添加が可能で減水効果の高い高性能減水剤が開発され、特別な施工をせずに圧縮強度 800 kg/cm^2 以上の高強度コンクリートを得ることが可能となった。このような高性能減水剤を用いた高強度コンクリートの諸性状は、配合要因、骨材品質、環境条件などにより、大きく左右されるため、現場施工による実構造物へ適用する際には実状に即した観点からの基礎的研究が不可欠である。本研究は、設計基準強度として 600 kg/cm^2 (配合強度 750 kg/cm^2 以上)の高強度コンクリートを主たる対象におき、コンシステンシー、凝結硬化特性、強度や弾性係数、時間依存性変形などの基本的諸特性を明確にすることを目的としたものである。

2. 使用材料 (表-1)

セメントは3社等量混合した普通ポルトランドセメントを用いた。細骨材は重量比で海砂70%，砕砂30%の混合砂を用いた。その他は表-1に示すとおり。

3. 試験方法

表-1に測定項目を示す。静弾性係数はワイヤーストレインゲージ法と差動トランスミット計の2つの試験方法によって測定した。クリープ試験についてはJIS原案の方法を用い、リラクゼーションによる応力の再導入ならびに乾燥収縮によるひずみ補正を行っている。導入応力はA碎石を用いたAE減水剤使用コンクリートは導入時の破壊応力の1/3に相当する 177 kg/cm^2 としたが、その他の場合はいずれも 200 kg/cm^2 とした。

4. 試験結果

(1) まだ固まらないコンクリートの性状 (表-2)

単位セメント量 550 kg/m^3 で所定のコンシステンシーが得られる高性能減水剤の使用量は、NL4000が 2.7 g/c=100g ，NL1450が 1.5 g/c=100g ，PF510は $C\times 1.5\%$ であった。高性能減水剤の空気連行特性は一般に小さいが、NL1450とPF510はNL4000よりやや大きい傾向を示す。また、AE減水剤を 250 g/c=100g 使用したコンクリートの凝結は高性能減水剤の場合より若干遅れ、 $350\sim 450\text{ g/c=100g}$ に増加した場合には約3～4時間遅延される。

(2) 圧縮強度および静弾性係数 (表-2)

圧縮強度はNL4000も 2.7 g/c=100g を用いたコンクリートが最も大きく、材令28日で配合強度以上の値を示した。なお、A、B碎石間の圧縮強度にわずかの差が認められた。C/w～0%の関係を図-1に、圧縮強度と静弾性係数の関係を図-2に示す。静弾性係数は碎石の違いにより若干異なり、圧縮強度がA碎石よりB碎石を用いた方が大きいものに対して静弾性係数はA碎石の方が大きくなっている。温度、混和剤の違いによる静弾性係数の変化は特にみられない。

表-1 実験計画

要因	種類
粗骨材の種類	A (15 $\times$ 20 $\times$ 25 mm の3種) , B (45 $\times$ 20 $\times$ 25 mm の3種)
練り上げ温度 (°C)	20 , 30
単位セメント量 (kg/m ³)	550 , 500 , 450
混和剤	AE減水剤 (N-70) 高性能減水剤 3種 (NL-4000 高配合リテンション剤) (NL-1450 (PF-510 7%アルミカルボネート系)
練り混ぜ	100mmの強制練りミキサーを用いて、1分間 練り混ぜ
配合条件	スランプ : 10 $\pm$ 1 cm 空気量 : AE減水剤使用……4.0% 高性能減水剤使用……3%以下
測定項目	①スランプ ②空気量 ③凝結時間 ④圧縮強度 ⑤引張強度 ⑥静弾性係数 ⑦乾燥収縮 ⑧クリープ

備考 ①粗骨材Bについては、温度20℃、単位セメント量 550 kg/m^3 についての試験を行う。
 ②減水剤の量は単位セメント量 550 kg/m^3 で所定のコンシステンシーが得られ、材令28日での約750 kg/cm^2 の圧縮強度が得られるように定めた。

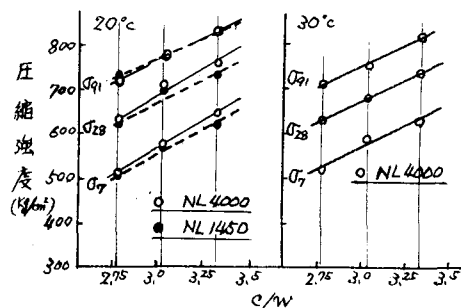


図-1 C/w と圧縮強度の関係

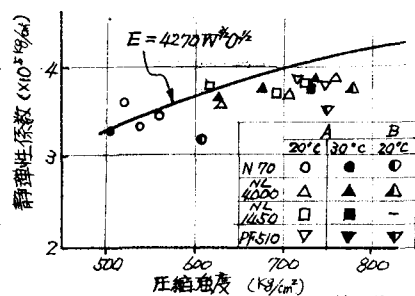


図-2 圧縮強度と静弾性係数の関係 (材令28日)

(3) 乾燥収縮およびクリープ 全般的に乾燥収縮は一級約な土木用コンクリートに比べて大きく、乾燥材令3ヶ月で約 $6 \sim 7 \times 10^{-4}$ 程度の値を示している。図-3に碎石種類および単位セメント量と乾燥収縮との関係を示す。最終収縮率は解析より $8 \sim 9 \times 10^{-4}$ 程度になると思われる。なお、碎石および減水剤の種類により乾燥収縮に顕著な差がみられる。減水剤については、NL4000が最も乾燥収縮が小さく、続いてNL1450とPF510がほぼ同等で、N70が最も大きい値を示した。クリープ試験は乾燥収縮とほぼ同様の傾向を示しており、図-4にクリープひずみの経時変化を示す。

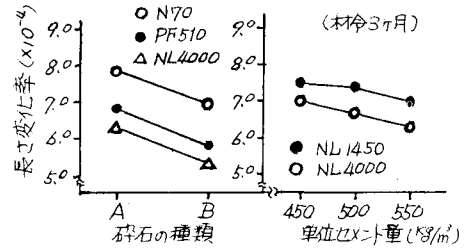


図-3 骨材の種類および単位セメント量と長さ変化率

5. まとめ 高強度コンクリートに関して以下の点が明らかになった。

- (1) 所要のコンシステンシーを得るための単位水量は、単位セメント量が増大してもほとんど変化しない。
- (2) 単位水量は練り上り温度が 30°C に上昇しても変わらない。
- (3) 練り上り温度 30°C では凝結時間が $1 \sim 1.5$ 時間程度 20°C の時より早くなる。
- (4) 材令28日で配合強度 750 kg/cm^2 を達成するためには単位セメント量として少なくとも $C=550 \text{ kg/m}^3$ が必要である。
- (5) 温度 30°C では強度発現がやや低下し、時間とともに顕著となる。
- (6) 弾性係数は圧縮強度約 650 kg/cm^2 で最大($3.8 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2$)となるが、それ以上の高強度では頭打ち現象を示す(図-2)。
- (7) 乾燥収縮・クリープは $C=450 \sim 550 \text{ kg/m}^3$ の範囲では単位セメント量の増大とともに減少し、必ずしもセメントペースト量に比例しない(図-3)。
- (8) 粗骨材の種類は強度よりも弾・塑性変形特性に及ぼす影響が大きい。

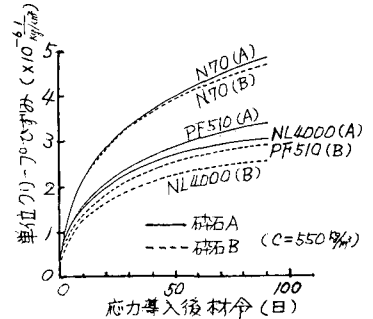


図-4 材令と単位クリープひずみ

表-2 高強度コンクリート試験結果

碎石	温度	単位セメント量	水和剤	W/C	S/A	単位水量 (kg/m³)					スリット径 (mm)	単位水量 (kg/m³)	凝結時間 (分)	圧縮強度 (kg/cm²)			引張強度 (kg/cm²)			弾性係数 (x 10⁵ kg/cm²)
						C	W	S	G	Ad				7日	28日	91日	7日	28日	91日	
A	20	550	N70	25.0	35.6	550	195	508	1012	1728	10.5	4.4	3-55	435	536	605	33.9	41.3	43.9	3.85
			NL4000	2.7	30	38	165	638	1082	1408	9.0	1.7	4-00	642	756	826	40.9	54.0	57.7	3.86
			NL1450	1.5	33	38	165	638	1082	1408	9.5	2.5	4-00	618	723	828	40.9	54.2	55.7	3.81
		500	PF510	2.5	33	38	165	638	1082	1408	9.0	2.4	4-00	640	746	812	40.9	53.5	55.7	3.79
			N70	35.0	37.2	36.5	550	186	580	1046	10.5	4.5	6-55	420	519	594	34.4	41.1	43.3	3.62
			NL4000	4.5	30	36.5	183	583	1053	1225	10.0	4.0	7-20	443	558	592	36.8	43.1	46.5	3.44
	450	550	NL4000	2.7	33	38.5	165	663	1015	1408	10.5	1.5	-	571	705	766	44.4	52.0	54.7	3.69
			NL1450	1.5	33	38.5	165	663	1015	1408	10.5	2.5	-	564	690	763	44.4	51.6	53.0	3.70
			NL4000	2.7	36	39	450	62	690	1121	12.5	9.5	1.3	511	628	720	40.8	49.3	52.8	3.59
		500	NL1450	1.5	36	39	450	62	690	1121	12.5	2.0	-	501	614	729	41.3	48.5	51.1	3.78
			N70	25.0	36.5	36	550	201	543	1003	9.5	4.0	3-55	426	504	584	33.7	37.1	42.8	3.30
			NL4000	2.7	30	38	165	638	1082	1408	10.5	1.9	3-05	621	735	814	40.9	55.2	58.0	3.85
B	20	550	NL1450	1.5	33	38	165	638	1082	1408	9.5	2.4	4-10	615	730	791	44.8	49.6	50.5	3.74
			PF510	2.5	33	38	165	638	1082	1408	9.0	2.1	3-50	609	715	785	44.8	49.8	53.9	3.85
		500	NL4000	2.7	33	38.5	165	663	1015	1408	11.0	1.4	-	584	674	747	45.6	52.4	54.6	3.75
			NL4000	2.7	36	39	450	62	690	1121	12.5	9.0	1.3	517	624	709	43.3	50.9	53.7	3.55
		450	N70	25.0	36.5	36	550	196	548	1009	10.5	4.4	-	457	538	607	35.4	42.0	46.2	3.20
			NL4000	2.7	30	38	165	638	1082	1408	10.0	1.8	-	667	776	864	45.1	54.8	57.1	3.73
	30	550	PF510	2.5	36	39	450	62	690	1121	12.5	2.3	-	641	747	844	46.5	53.4	56.6	3.52
			N70	35.0	37.2	36.5	550	186	580	1046	10.5	4.5	6-55	420	519	594	34.4	41.1	43.3	3.62
			NL4000	4.5	30	36.5	183	583	1053	1225	10.0	4.0	7-20	443	558	592	36.8	43.1	46.5	3.44
		500	NL4000	2.7	33	38.5	165	663	1015	1408	10.5	1.5	-	571	705	766	44.4	52.0	54.7	3.69
			NL1450	1.5	33	38.5	165	663	1015	1408	10.5	2.5	-	564	690	763	44.4	51.6	53.0	3.70
			NL4000	2.7	36	39	450	62	690	1121	12.5	9.5	1.3	511	628	720	40.8	49.3	52.8	3.59

1) Ad () 補助AE剤 No.303Aの使用量 1A = $2^{\circ}\text{C}/\text{C}=100 \text{ kg}$

(参考文献)

「RC施設の初期劣化とその改善策に関する研究報告書」阪神高速道路公社、日本材料学会、昭和55年3月