

小野田セメント(株) 正員 ○大橋 明
 同 後藤 義信
 同 正員 大森 淑寿

はじめに
 高強度膨張セメントコンクリートの各種基礎的性質および小型ヒューム管への応用実験を行った。その結果る倍管の強さのヒューム管を製造できる見通しを見た。

1. 拘束の無い膨張セメントコンクリートの長さ変化
 早強セメント(HPC) 300kg/m³ および 500kg/m³を用いたコンクリートに石灰系膨張剤エクスパン(Ex)をそれぞれ内割で0%, 8%, 10%, 12% および 16% 加えた 10×10×40cmの大きさの供試体の長さ変化と重量変化を測定した。

供試体は1日型枠、6日間水中養生した後20℃, R.H. 50%で空中養生した。コンクリートの単位水量はすべての配合とも155kg/m³の一定量であり、エクスパンを用いないプレーンコンクリートの圧縮強度はHPC=300kg/m³で σ_{c28} =550kg/cm², HPC=500kg/m³で σ_{c28} =900kg/cm²であった。

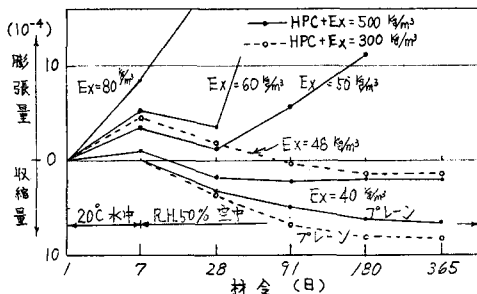
これらの試験結果の一部を図-1に示す。

HPC+Ex=300kg/m³のコンクリートにEx=48kg/m³まで加えた場合、水中養生7日以後の空中養生では成長とともに徐々に収縮している。HPC+Ex=500kg/m³の高強度コンクリートの場合、Ex=40kg/m³では1年程度まで収縮を続けるが、Ex=50kg/m³および60kg/m³混入したコンクリートは放令28日以降再度膨張を始めた。放令量300kg/m³と500kg/m³のコンクリートにエクスパン混入量が48kg/m³と50kg/m³とほぼ同量であるにもかかわらず、このように異なる挙動を示すのは、HPC+Ex=500kg/m³コンクリートの方が300kg/m³コンクリートより細繊維が密着したコンクリート中の水分が蒸散しにくいからコンクリート中の水分とエクスパンが反応し続けるためと思われる。

このことは水中養生7日を基準としたHPC=500kg/m³のプレーンコンクリートの乾燥収縮量がHPC=300kg/m³のそれより小さいこと、またHPC+Ex=500kg/m³のコンクリートの重量減少率はHPC+Ex=300kg/m³のそれの約半分であることから推察される。

2. 一軸拘束を受けた高強度膨張セメントコンクリート

早強セメント(HPC)あるいは普通セメント(NPC)を用いた500kg/m³(w/c=30.0%)ないし700kg/m³(w/c=25.7%)のコンクリートにエクスパン(Ex)を40kg/m³, 60kg/m³, 80kg/m³および100kg/m³内割で加え、図-2の供試体により膨張量、曲げ強度、一軸拘束状態解除後の圧縮強度および静弾性係数を測定した。養生方法は20℃水中養生と最高温度65℃の蒸気養生の2種類である。蒸気養生後は既型に所定割合まで水中養生した。拘束量はPC鋼筋の鉄筋比(中)で0.7%, 1.0%と2.4%の3種類である。テニカルプレストレス(σ_{cp})はPC鋼筋の伸び(ϵ)を



(ホイットモアダイヤルゲージ型試体で測定)

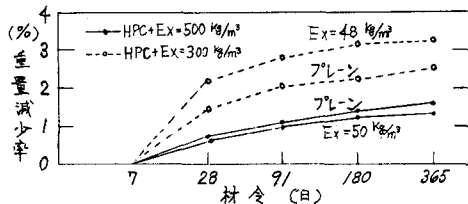
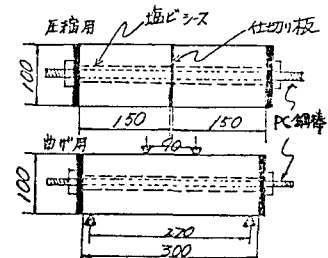


図-1 拘束の無いコンクリートの長さ変化と乾燥重量減少率

図-2 圧縮および曲げ強度試験用供試体の形状・寸法(mm)



イヤルゲージ測定で $\sigma_{cp} = \epsilon_c E_c \rho$ から算出した。これらの試験結果の一部を図-3, 図-4 および図-5 に示す。

図-3 は、NPC+Ex=500 kg/㎥のコンクリートを蒸気養生した試料28日の結果である。膨張材エクスパンの混入量の増加とともにケミカルプレストレス (σ_{cp}) および曲げ強度 (σ_b) が増大し、拘束解除後の圧縮強度 (σ_c) が減少している。Ex=100 kg/㎥, $\rho=2.4\%$ の場合、 $\sigma_{cp}=59.1$ kg/cm², $\sigma_b=137$ kg/cm², $\sigma_c=414$ kg/cm² となりエクспан無混入の Ex=0 コンクリートより曲げ強度が 72 kg/cm² 増加し、圧縮強度が 276 kg/cm² 減少している。

図-4 は、HPC 420 kg/㎥+Ex 80 kg/㎥ (蒸気養生) と NPC 620 kg/㎥+Ex 80 kg/㎥ (水中養生) の試料 28 日の結果である。HPC 蒸気養生の場合、エクспан無混入のコンクリートの圧縮強度 $\sigma_c=870$ kg/cm², 静弾性係数 $E=3.93 \times 10^5$ kg/cm² がエクспан 80 kg/㎥ 混入すると $\rho=0.7\%$ で $\sigma_c=512$ kg/cm², $E=2.97 \times 10^5$ kg/cm² に低下する。 ρ が 1.0%, 2.4% と増すにつれて σ_c , E も増大し $\rho=2.4\%$ で $\sigma_c=645$ kg/cm², $E=3.61 \times 10^5$ kg/cm² になった。

一方、NPC 水中養生の場合、 $E=1.0 \times 10^5$ kg/cm² 前後となり大巾に静弾性係数が低下しているが、これは膨張量が非常に大きい膨張材コンクリートの拘束状態を解除した場合の特質かと思われる。

図-5 は、エクспан 80 kg/㎥ 混入したコンクリートの圧縮強度 (σ_c) とケミカルプレストレス (σ_{cp}) の関係を試料 28 日ごのプロットしたものである。Ex=80 kg/㎥ の一定量であってもコンクリートの配合、養生方法あるいは試料によって σ_c と σ_{cp} の関係が大巾に異なることがわかる。

なお、蒸気養生したコンクリートの場合、蒸気養生後水中養生して試料 28 日までの膨張量 (ケミカルプレストレス) の変化はきわめて小さかった。

3. 150mm コンクリートヒューム管とケミカルプレストレス

内径 150mm, 厚さ 25mm, 長さ 300mm の遮心カコンクリート管の厚さ中央部に $\phi 2.8$ mm の高強度スパイラル筋を 25mm ピッチで配筋 (拘束鉄筋比 $\rho=1.0\%$) した小型径試料 CP ヒューム管の外圧試験をした。また図-2 と同じ試験方法により $\rho=1.0\%$ の一軸拘束による各種試験も併せて行った。これらの結果を表-1 に示す。

養生方法はコンクリート成形後 1 日 1 日脱型して最高湿度 65% まで 2 時間保持の蒸気養生を行い以後試験日の 7 日まで 20℃ 水中養生したものを (脱蒸) と、コンクリート成形後型枠のまま蒸気養生した後脱型して 7 日まで水中養生した (型蒸) の 2 通りである。

図-6, 図-7 に示したヒューム管の外圧試験結果によると、ひごり荷重は N 440 + Ex 60 kg/㎥ の蒸気養生で

図-3 NPC+Ex=500 kg/㎥ の蒸気養生したコンクリートの諸性質, 試料 28 日

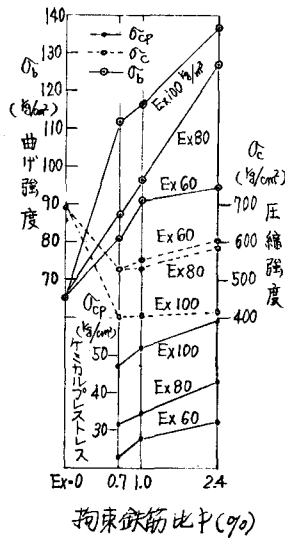
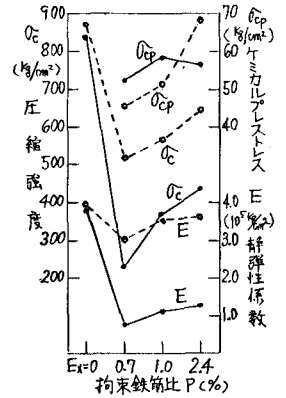
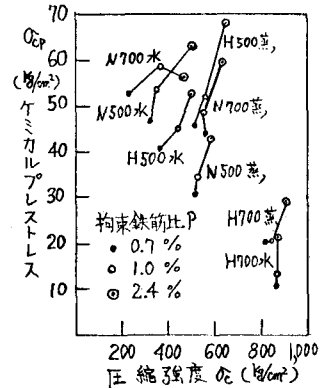


図-4 圧縮強度と静弾性係数およびケミカルプレストレスの関係



- NPC 620 kg/㎥ + Ex 80 kg/㎥ 水中養生, 試料 28 日
- HPC 420 kg/㎥ + Ex 80 kg/㎥ 蒸気養生, 試料 28 日

図-5 エクспан 80 kg/㎥ 混入したコンクリートの圧縮強度とケミカルプレストレスの関係



JIS規格1種の1.6t/mの3.8倍、 $E_x=80\%$ を用いるなどの配合も約5倍になる。ただし $E_x=80\%$ を用いる場合ヒューム管の両端部と膨張ひびわれがみられた。

一方、型蒸養生すると膨張が型枠に拘束されてケミカルプレストレス(σ_{cpH})が導入されず、軸拘束の値(σ_{cp})よりかなり小さくなる。これは脱蒸養生の場合ヒューム管の σ_{cpH} が軸拘束の σ_{cp} より大きくなるのと対照的である。

それども、H420+Ex80のようにひびわれ荷重が3.9倍にもかかわらず膨張ひびわれの無いヒューム管も製造できた。

なお、図-6のヒューム管の算出ケミカルプレストレス(σ_{cpH})は、 $Mcr(Ex)/Mcr(Plain)=(\sigma_{cpH}+F_{tB})/F_{tB}$ 、と $Mcr=0.318Pr+0.239W \cdot Y$ から求めた。

軸拘束コンクリートにケミカルプレストレスが30~40kg/cm²導入されると拘束解除後の静弾性係数が2.83~2.90 $\times 10^5$ kg/cm²となり、エクスペンを挿入しないプレーンコンクリートの値より0.8 $\times 10^5$ kg/cm²程度小さくなるが、拘束状態を持続しているヒューム管の静弾性係数はプレーンコンクリートの値と同程度ようである。これらの関係を図-8に示した。

またこのことは、図-9に示したHPC 620kg/m³+Ex80kg/m³脱蒸養生のヒューム管($\sigma_{cp}=29.7$ kg/cm²)の外圧荷重-引張らずみ曲線の立ち上がり部がHPC 700kg/m³のプレーンコンクリートのそれとほぼ同じであることから言うことができる。

以上

表-1 試験結果の一覧表

コンクリートの割合	コンクリートの割合				一軸拘束試験体 (材齢 99)							ヒューム管外圧試験 (9日)		
	C+Ex (kg/m ³)	W/C (%)	S/A (%)	養生方法	降伏強度 (10 ⁵ kg/cm ²)		引張強度 (10 ⁵ kg/cm ²)		弾性係数 E _c (10 ⁵ kg/cm ²)	ひびわれ (t/m)	破壊 (t/m)	弾性係数 E _b (10 ⁵ kg/cm ²)		
					蒸気付	7日	引張強度	降伏強度						
普通	500+0	30.0	30	脱型蒸気	—	—	—	67.6	694	—	4.80	11.9	—	
	440+60	"	"	"	1,010	1,025	21.8	88.5	570	—	6.10	10.9	—	
	420+80	"	"	"	2,280	2,240	47.7	118	364	—	8.02	11.1	—	
通	420+80	"	40	型枠蒸気	1,146	1,106	23.5	71.4	525	—	5.25	11.3	—	
	700+0	28.6	"	"	—	—	—	67.4	548	—	5.15	13.2	—	
	620+80	"	"	"	556	527	11.2	73.0	695	—	6.60	14.0	—	
早	500+0	34.0	40	型枠蒸気	—	—	—	—	—	—	3.40	3.40	4.23	
	500+0	"	"	"	—	—	—	70.3	760	3.68	4.25	14.9	3.88	
	420+80	"	"	"	1,163	1,174	24.9	88.2	580	3.30	6.24	13.7	3.79	
遅	420+80	"	"	脱型蒸気	1,610	1,794	38.1	76.8	476	2.90	8.00	12.6	3.23	
	700+0	28.6	40	型枠蒸気	—	—	—	—	—	—	3.46	3.46	4.20	
	700+0	"	"	"	—	—	—	82.2	731	3.59	4.34	11.7	3.66	
HPC	620+80	"	"	"	708	620	13.2	82.0	718	3.22	4.74	11.1	3.93	
	620+80	"	"	脱型蒸気	1,220	1,398	29.7	104	423	2.83	8.17	13.6	3.75	

※ 既製コンクリート

図-6 NPC+Ex=500kg/m³の150mm管外圧試験結果

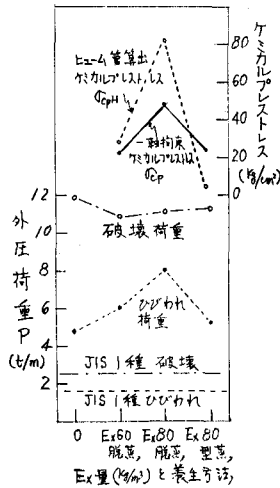


図-7 150mm管の外圧試験結果

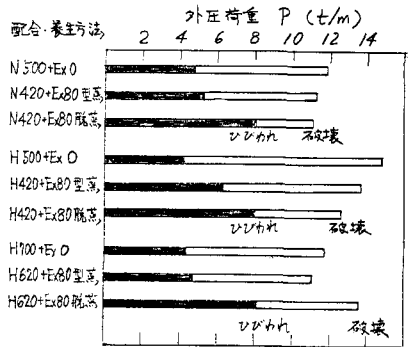


図-9 HPC+Ex=700kg/m³を用いた150mm管の外圧荷重-引張らずみ曲線

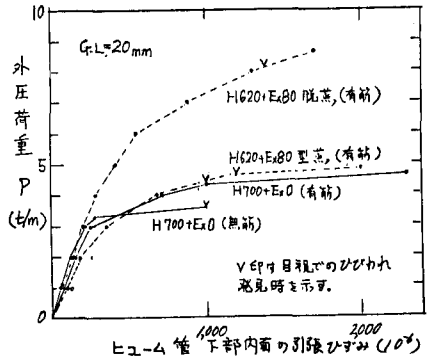


図-8 ヒューム管と軸拘束解除後のコンクリートの静弾性係数の関係

