

膨張材と収縮低減剤を併用した模擬床版コンクリートの力学 および 長さ変化特性

ハ戸工業大学 学員〇 伊藤清志
正員 庄谷征美
日本道路公団仙台工事 極壇秀実

1. まえがき：昨今、コンクリートの乾燥収縮を大幅に低減する混和剤、収縮低減剤が開発され、その利用による収縮ひびわれ抑制効果の確認の為に種々の検討がなされてきている。一方従来より膨張材の使用はこの種のひびわれ防止に有効であると言われており、この両者混和材料の併用は一層効果的であると考えられる。今回道路公団東北自動車道の一橋床版に膨張コンクリートの試験施行がなされたが、それに併行して各種模擬床版コンクリートが打設され実橋床版共々その長期挙動の観測が続けられている。本報告は実橋床版とほぼ同じ配筋状態の模擬床版コンクリート（以下ダミー版と呼ぶ）を対象として収縮低減剤と膨張材を併用した場合（以下REコンクリートと略す。）の力学及び膨張収縮性状について、常用（S）膨張（E）コンクリート並びに収縮低減剤単使用（R）コンクリートダミー版との比較を通して検討した結果を述べる。

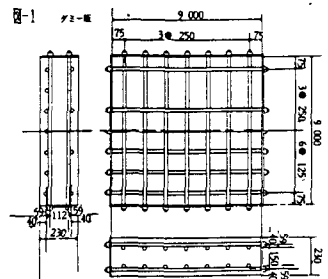
2. 試験概要

2-1 使用材料及び配合：セメントはA社普通ポルトを使用した。細骨材は十和田産陸砂（比重2.55, f_m 2.66）を、粗骨材として島守産輝緑岩碎石（比重2.94, 最大寸法25mm）を用いた。膨張材は石炭系Xを35kg/m³、収縮低減剤としてアルキレンオキサイド系Yを7.5kg/m³、AE減水剤としてPozz. No.5及びNo.8を使用した。使用した配合の内、常用（S）及び収縮低減+膨張材コンクリート（RE）の示方配合の例を表-1に示す。E及びRコンクリートの配合はREコンクリートに準じている。なお、空気調整剤量は収縮低減剤使用時の湿度依存性が高い為、予備試験によりコンクリート打設時湿度で所定のAir量が確保されるように配慮した。

表-1 示方配合

材 質	単位量 kg/m ³	スランピング S (mm)	空気量 CU (%)	収縮係数 ε (%)	長さ変化 (mm)						
					全長	膨張材E	膨張材S	膨張材O	膨張材R	膨張材	
通常 (S)	25	111	52.5	54.0	42.9	342	3000	750	1300	—	(0.05) 0.750
膨張+収縮低減 (RE)	25	111	52.5	54.7	42.9	344	3000	750	1300	7.5	(0.05) 0.750

2-2 供試体及び試験項目：Sコンクリートの打設は昭和60年7月25日、Rコンクリートは同8月1日、E及びREコンクリートは8月3日、全て暑中打設であった。ダミー版の寸法形状は図-1に示す。実橋床版と同じ配筋状態（主筋方向：上段鉄筋4D19, 下段鉄筋7D19, 配筋筋：上下段共7D19）であり、外周は、9×23cmの鋼板で拘束状態とし、各種コンクリートについて各2体ずつ打設した。更に無筋ダミー版も各1体作製した。表-2はダミー版に用いられた、ひずみ計器の一覧を示す。



2-3 測定方法：ひずみはデジタル指示器により、打設後1日までは、数時間おき、その後材令7日まで連日、以後所定間隔で約1ヶ月迄計測した。なおひずみ算定基準は打設後6時間とし、材令3日を基準とし温度補正を行なっている。材令28日、91日及び1年においてダミー版の1体よりコアを抜き取り力学的性質の試験を実施した。その他の試験については、基本的にJIS等の方法に準じた。

表-2 ひずみ計器

部 位	常用コンクリート	膨張コンクリート	収縮低減剤	膨張+収縮低減剤
上 部	2	2	2	2
中 部	2	2	2	2
下 部	2	2	2	2
側 面	0	0	0	0
計 (コンクリート部)	1	1	1	1
計	5	6	7	7

3. 結果 及び 考察

3-1 力学的性状：S（常用）及びE（膨張）コンクリートはレーミクストコンクリート、R（収縮低減）及びRE（収縮低減+膨張）コンクリートは現場練りであった。暑中打設及び現場養生のため、材令28日のコア強度は、S及びEコンクリートでは標準養生強度の8~9割の発現に対し、R及びREコンクリートでは比較的影響

量が少なかった。弾性係数も表-3に示すようにR及びREコンクリートで大きな傾向となっている。この様に力学的性質は低減剤と膨張材との併用により、相当に改善される可能性が有る。

3-2 一軸拘束膨張及びクリープ性状： 打設コンクリートの一軸拘束膨張及び収縮を図-2に、表-4には $10 \times 10 \times 40$ cm供試体の室内乾燥収縮及び圧縮クリープ試験の結果を示した。一軸拘束膨張はほぼ1日でピーク($E: 220 \times 10^{-6}$, $RE: 280 \times 10^{-6}$)となり、これは低減剤混和により凝結遅延作用によるものと考えられる。更に乾燥後の伸び能力はREコンクリートで最も優れている事が伺える。非拘束の乾燥収縮はSを1としてE0.7, R0.5及びRE0.4、圧縮クリープ係数はそれぞれ0.9弱, 0.7及び0.4強となり、REコンクリートでの低下が著しい。なお 初期に機械的に拘束を与えた場合にもほぼ同様の傾向となった。

3-3 ダミー版の長さ変化挙動： 図-3はE及びREダミー版の断面の膨張分布を示した。初期膨張は主筋上段で大きく鉄筋比の影響が見られるが、配筋筋ではほぼ均一な初期膨張を示している。なお最大膨張はEコンクリートで 161×10^{-6} , $RE 220 \times 10^{-6}$ 前後であり、この値は一軸拘束膨張の比率とほぼ一致している。一方材令7日以降の乾燥収縮は下段鉄筋で大きく、これはダミー版表裏の乾燥程度の違いや日射によるそり変形等による影響と推定される。いずれにせよ1ヶ月経過後も膨張が残存していることが分かる。図-4は、乾燥収縮と養生終了後(材令7)日数との関係を示す一例であるが、歪みに季節変動が認められ、夏期から秋期に乾燥し、冬期から春期に膨張する傾向が明瞭に見られる。

表-5は鉄筋計により求めた乾燥収縮量の最大値を示したが、REコンクリートでは、Sコンクリートの6割弱であり、Rコンクリートに比べてやや大きな値となった。

3-4 ケミカルプレストレスの算定： この膨張エネルギー概念を用いて最大膨張時及び1ヶ月におけるケミカルプレストレスを算定した。Eコンクリートでは、平均 5.7 kg/cm^2 , REでは 8.0 kg/cm^2 , 材令1ヶ月でのプレストレスの残存値は前者で 2.4 kg/cm^2 , 後者では 5.5 kg/cm^2 であった。ケミカルプレストレスの損失量は自由収縮から力の釣り合いを仮定して求めた収縮応力に大旨対応した。以上のように、膨張材に収縮低減剤を併用することにより、乾燥収縮応力を更に軽減しうる点を確認したと共に、温度応力等によるひびわれ発生に対しても相当に優れた抑制効果を発揮するものと考えられる。今後は、両混和材料の種類や添加量、更に有効な膨張の拘束方法について検討が必要と思われる。

謝辞：本研究の遂行に当り協力をいただいた本学4年西島一儀君に感謝の意を表します。

参考文献(1) 辻和；コンクリートにおけるケミカルプレストレスの利用に関する基礎研究，土木学会論文報告集，235号，1975

(2) 〃；ケミカルプレストレス及び膨張分布の推定方法，コンクリート工学 Vol.19, No.6, 1981

(3) 庄谷他；特殊混和剤によるコンクリートの収縮ひびわれ低減効果について，セメント技術年報 39, 1985

表-3

単位 kgf/cm^2

項目	弾性係数 (室内)					コア抜き (現場内養生)				
	圧縮強度		引張応力		弾性係数 ($\times 10^4$)	圧縮強度		弾性係数 ($\times 10^4$)		
	σ_{28}	σ_{91}	σ_{28}	σ_{91}	E28	σ_{28}	σ_{91}	E28	E91	E365
常用コンクリート	317	---	---	---	25.0	266	333	303	25.7	27.9
膨張コンクリート	264	---	---	---	24.0	---	212	262	309	26.9
収縮低減剤コンクリート	375	422	24.5	29.1	28.6	34.5	369	369	397	28.7
膨張剤・収縮低減剤コンクリート	358	421	26.2	31.0	31.7	325	406	415	28.6	29.3

一軸拘束膨張・材令 図-2

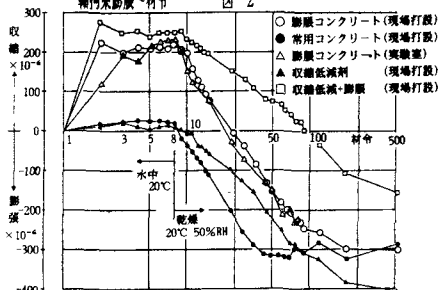


表-4

	常用 (S)	膨張 (E)	収縮低減剤 (R)	膨張・収縮低減 (RE)
乾燥				
100日	101.5×10^{-6}	64.5×10^{-6}	46.5×10^{-6}	34.0×10^{-6}
比率	1.0	0.64	0.46	0.33
収縮				
50日	114.0×10^{-6}	81.5×10^{-6}	57.0×10^{-6}	47.0×10^{-6}
比率	1.0	0.71	0.50	0.41
弾性歪み	40.9×10^{-6}	30.3×10^{-6}	29.4×10^{-6}	37.9×10^{-6}
弾性率	2.25	2.06	1.73	1.08
100日	1.0	0.91	0.77	0.48
比率	1.0	0.91	0.77	0.48

図-3 ひび割れ分布

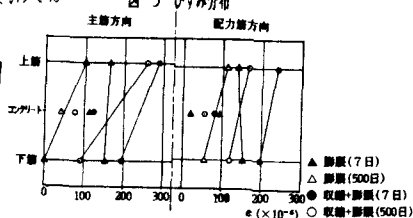


図-4

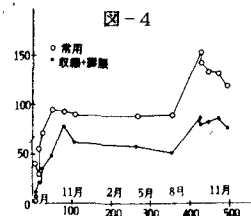


表-5

	常用	膨張	収縮	収+膨
鉄筋計による収縮量	15.4 (185)	12.0 (122)	7.0 (53)	9.0 (70)

() コンクリートゲージによる無拘束コンクリートの最大収縮量