

立命館大学理工学部 学生員○岡野昭宏 立命館大学大学院 学生員 井上真澄
立命館大学理工学部 正会員 高木宣章 立命館大学理工学部 正会員 児島孝之

1. はじめに

本研究では、単位膨張材量を30～600kg/m³とした膨張モルタルを鋼管内に充填して三軸拘束した場合の、膨張モルタルの配合とケミカルプレストレス、拘束鋼材比などの関係を把握することを目的として実験検討を行った。

2. 実験概要

実験要因を表-1に示す。拘束体使用する鋼管は、STPG38およびSTKM13A(弾性係数206kN/mm²，ポアソン比0.30，引張強度370N/mm²，降伏強度215N/mm²)であり，鋼管寸法は肉厚 $t = 3.6 \sim 20\text{mm}$ ，内径 $r = 35.5 \sim 92.6\text{mm}$ を適宜組み合わせた11種類とした．セメントに普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm³)，シリカフェームにノルウェー産粉体(密度:2.20g/cm³，粉末度:20m²/g，平均粒径:0.15 μm ，SiO₂=91.3%)，細骨材に野洲川産川砂(密度:2.62g/cm³)を使用した．膨張材にはCaO系(タイプI)，CSA系(タイプII)，CaO-CSA複合系(タイプIII)の3種類を使用した．混和剤には，ポリカルボン酸系高性能AE減水剤を使用した．膨張モルタルの配合は水結合材比[W/(C+SF)]を40，50，60%の3水準，単位膨張材量(EP)を60，200，400，600kg/m³の4水準を適宜組み合わせた12種類とした．シリカフェーム置換率[SF/(C+SF)]は20%で一定とした．なお，膨張材タイプIIIは，単位膨張材量を30，100，200，300kg/m³とした．

表-1 実験要因

要因	仕様
拘束体	鋼管 (11 種類)
充填材 (配合の種類)	膨張モルタル (12 種類)
養生方法	気中養生
試験項目	膨張ひずみ測定

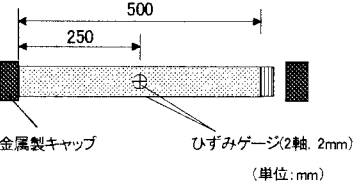


図-1 膨張モルタル充填鋼管供試体の概要図

図-1に膨張モルタル充填鋼管供試体の概要図を示す。鋼管表面の所定の位置にひずみゲージ(2軸，2mm)を貼付する。ひずみゲージ貼付位置は，供試体中央部の2ヶ所とした．鋼管供試体に導入されるケミカルプレストレスを把握するために，充填材打設後，所定の計測位置において鋼管の軸方向および周方向膨張ひずみの経時変化を測定した．鋼管供試体は，恒湿恒温室内(20±1℃，90±5%R.H.)で水平状態で養生し，充填材打設直後から膨張ひずみの計測を開始した．

3. 実験結果および考察

図-2に水結合材比(40%)，鋼管拘束度($t/r = 0.101$)および膨張材種類(タイプII)を一定にして，単位膨張材量を60～600kg/m³とした場合のケミカルプレストレスの経時変化の例を示す．三軸拘束状態におけるケミカルプレストレスは式(1) [1]により求めた．

$$p = \frac{E_s(k^2 - 1)}{2(1 - \nu_s)}(\epsilon_\theta + \nu_s \epsilon_z) \quad (1)$$

ここに， p ：ケミカルプレストレス， E_s ：鋼管の弾性係数， k ：鋼管の外内径比(外径／内径)， ν_s ：鋼管のポアソン比， ϵ_z ：鋼管の軸方向ひずみ， ϵ_θ ：鋼管の円周方向ひずみ

単位膨張材量を200～600kg/m³とした膨張モルタルを鋼管内で密封し，三軸拘束状態とした場合，ケミカルプレストレスは材齢3～5日までに急増している．その後さらにほぼ一定の割合で増加傾向を示し，材齢

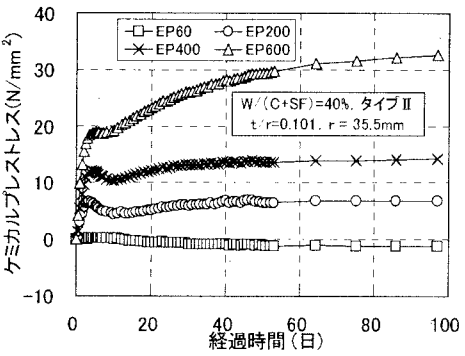


図-2 ケミカルプレストレスの経時変化

50～60 日を経過すると単位膨張材量 600kg/m^3 以外の配合では一定値に収斂する傾向がある。材齢 91 日におけるケミカルプレストレスは、単位膨張材量が 600kg/m^3 の場合、約 32N/mm^2 であった。

図-3に各膨張材を用いた場合のケミカルプレストレスと単位膨張材量の関係を示す。単位膨張材量が $60\sim 200\text{kg/m}^3$ までは、膨張材の種類に関わらずケミカルプレストレスは同程度の値を示した。しかし、単位膨張材量 300kg/m^3 の場合に注目すると、タイプⅢは他の膨張材に比べて約2倍のケミカルプレストレスが得られた。いずれの膨張材の種類においてもケミカルプレストレスは、単位膨張材量の増加に伴い大きくなる傾向を示した。

図-4は材齢 28 日において、膨張材タイプⅡを使用した時のケミカルプレストレスと水結合材比の関係を示す。ケミカルプレストレスと水結合材比の明確な関係は確認できない。三軸拘束状態下において、水結合材比を $40\sim 60\%$ とし、単位膨張材量が $60\sim 600\text{kg/m}^3$ と非常に広範囲な場合、ケミカルプレストレスは水結合材比にほとんど影響を受けず、単位膨張材量によって支配されると推察される。

図-5に配合条件および鋼管径 r (36mm) を一定とした時の各材齢ごとのケミカルプレストレスと鋼管拘束度 (t/r) の関係を示す。各材齢とも最も拘束度が低い $t/r = 0.097$ におけるケミカルプレストレスが大きい。本実験における拘束度 (t/r) の範囲では、 t/r が小さい、つまり肉厚 t が薄いほど導入ケミカルプレストレス量が大きくなる傾向を示した。しかし、 $t/r = 0.15$ 以上では大きな変化はなく、小林ら[2]の報告と同様に、 t/r がある限界値以上ではケミカルプレストレスに及ぼす t/r の影響が小さくなるものと考えられる。

図-6に配合条件を一定とした材齢 28 日における各 t/r ごとのケミカルプレストレスと鋼管径 r の関係を示す。鋼管拘束度 $t/r = 0.16, 0.32$ のどちらの場合においても内径 r が増加するに伴いケミカルプレストレスも大きくなった。

4. 結論

単位膨張材量が $30\sim 600\text{kg/m}^3$ 、水結合材比 $40\sim 60\%$ の膨張モルタルを三軸拘束した場合、導入されるケミカルプレストレスは、水結合材比、鋼管拘束度 (t/r)、膨張材の種類にほとんど影響を受けず、単位膨張材量の増加に伴い大きくなる。

【参考文献】 [1] 原田哲夫, 副田孝一, 出光隆, 渡辺明: 静的破砕剤の膨張圧測定法と膨張圧の諸性質, 土木学会論文集, 第 478 号, V-3, pp.91-100, 1993

[2] 小林一輔, 伊藤利治: 膨張セメントの膨張圧に影響をおよぼす諸要因, 土木学会論文集, No.226, pp.67-72, 1974.6

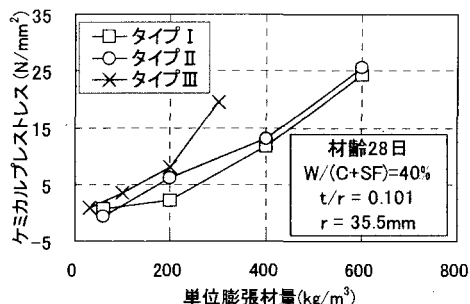


図-3 ケミカルプレストレスと単位膨張材量の関係

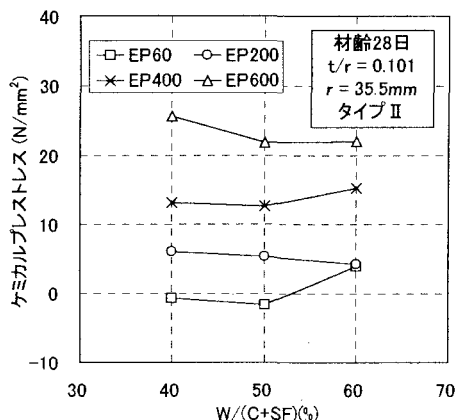


図-4 ケミカルプレストレスと水結合材比の関係

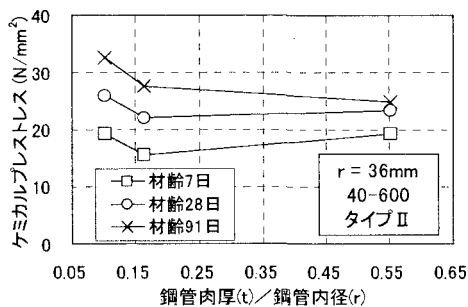


図-5 ケミカルプレストレスと鋼管拘束度 (t/r) の関係

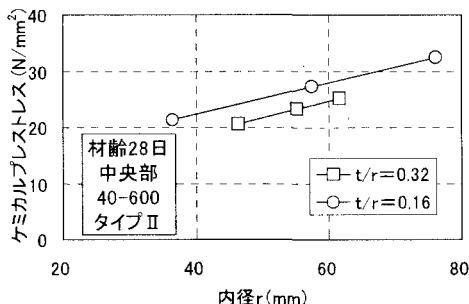


図-6 ケミカルプレストレスと鋼管内径 r の関係