

(株)オリエンタルコンクリート 正員 大谷 悟司
 長岡技術科学大学 正員 丸山 久一
 長岡技術科学大学 学生員 竹井 利公

1. まえがき

膨張コンクリートの圧縮強度は、供試体の膨張量に大きく影響され、膨張量が大きくなると強度低下が著しくなるが、鋼材等で膨張を拘束し、膨張発現を小さくすると圧縮強度は増加してゆき、場合によっては、同一配合のプレーンコンクリートの圧縮強度を上回ることもある。¹⁾ しかし、膨張混和材それ自身がセメントと全く同一に圧縮強度に寄与するのか、あるいは、コンクリート中にひびわれを発生させて強度低下の一因になっているのかは明確ではない。

本研究は、膨張混和材の圧縮強度への寄与の基本的特性を調べることを目的とし、膨張量による影響を除く為に、拘束鉄筋比を大きくした3軸拘束供試体により実験を行ない、複合則を検討したものである。

2. 実験概要

供試体は、一辺 10 cm の立方体とし、図 1 に示すような3軸拘束装置により、同時に2体拘束するものとした。2軸方向の拘束はPC鋼棒によって行ない、他の1軸方向は、予め端板に溝を切り、それに直角方向の端板をはめ込んだ。端板の厚さは 3 cm であり、PC 鋼棒は呼び径 26 mm のものを使用した。拘束鋼材比は各方向で同じではないが、10.6 %、21.2 %、60 % と非常に大きな値になっている。

配合因子は表 1 に示すようで、単位結合材量（単位セメント量 + 単位膨張混和材量：C+E）を3種類選び、各々のケースでセメント量と膨張混和材量の割合を変化させた。尚、単位水量はスランプが 10 ~ 20 cm の範囲になるよう定め、各ケースの中では一定とした。

使用したセメントは普通ポルトランドセメントで、膨張混和材はCSA系である。骨材は信濃川産の川砂利および川砂で、養生は 20℃ 湿潤養生とした。圧縮試験は材料7日で行なっている。

3. 実験結果

膨張コンクリートの圧縮強度をプレーンコンクリートとの強度比で示したのが図 2 である。ここで、CE 250 というのは単位結合材量が 250 kg/m³ であるケースを示している。この結果より、膨張混和材量のセメント置換率（E/(C+E)）が大きいと、3軸拘束状態であっても圧縮強度が低下してゆくのが認められる。ところが、置換率が小さい範囲では強度低下はあまり起らず、場合によってはプレーンコンクリートより高い圧縮強度が得られている。

図 3 には、膨張コンクリートの3軸拘束圧縮強度を、従来の水セメント比説にならって、結合材水比で整理した結果を示す。図中の点線は、プレーンコンクリートの3種類の配合による圧縮強度の回歸曲線であって、点線上のデータがプレーンコンクリートの結果ではない。

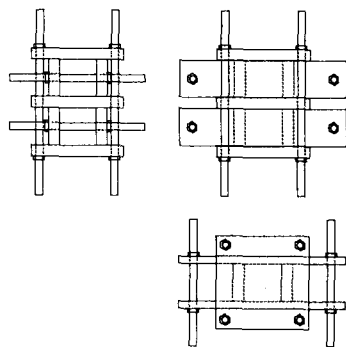


図 1 3軸拘束装置

表 1 配合因子

C+E (kg/m ³)	W/(C+E) (%)	E (kg/m ³)
250	70	0, 20, 40, 50, 125
450	40	0, 40, 60, 70, 140
700	30	0, 60, 70, 100, 160

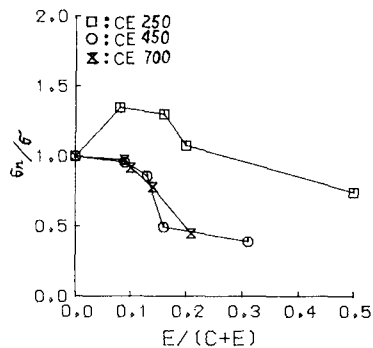


図 2 セメント置換率と圧縮強度比

図2の結果から当然予想されることであるが、膨張をほとんど許さない軸拘束状態であっても、膨張コンクリートの場合は単なる結合材水比だけでは圧縮強度を予測することはできない。

4. 解析方法

膨張混和材の水和反応に必要な水量は、既往の報告²⁾によると膨張混和材量の81%で、しかも、その反応はセメントの反応よりも早い。このことと実験結果から、膨張混和材の挙動として次の2点が考えられる。まず、セメントの水和反応に必要な水量を減少させる。次に、多量の膨張混和材の針状結晶は、セメントペーストの結合力を弱め、セメントペーストと骨材との付着性状も劣化する。

以上の考察を基にして、圧縮強度の複合則を導く為のモデル化を以下に示す手順で行なった。

- ① 膨張混和材は必要水量を吸収して結晶化し、ある強度を有する。
すなわち、膨張混和材量は等価なセメント量に置換できるものとする。
- ② セメントと膨張混和材の結合水量および結合速度は等しくないので、膨張混和材を等価なセメントに置換した場合、等価な水量を定める必要がある。
- ③ 膨張混和材の多量の結晶化はセメントペーストの結合力を損なう可能性があるため、この効果を考慮する。
- ④ 以上の結果より、等価な単位セメント量と等価な単位水量に置き換えられたコンクリートには、水セメント比説が成り立つものとする。(図4)

これを式で表わすと以下になる。

$$C_{eg} = (C + \alpha \cdot E) \cdot \left(1 - \beta \frac{E}{C+E}\right)$$

C: 単位セメント量
E: 単位膨張混和材量

$$W_{eg} = W \left\{ 1 - \left\{ a_1 \frac{E}{W} + a_2 \left(\frac{E}{W}\right)^2 + a_3 \left(\frac{E}{W}\right)^3 \right\} \right\}$$

W: 単位水量
 $\alpha, \beta, a_1, a_2, a_3$: 実験定数

以上の方法により実験結果を整理し通すと図5のようになる。

また、圧縮強度比の予測は図6のようになり、実験結果の傾向を良く表わしている。

5. 結論

膨張を許さない状態での膨張コンクリートの圧縮強度は、膨張混和材を等価なセメントに置き換え、等価な水量を用いるならば、水セメント比で予測可能である。

(参考文献) 1. 岡分, 小林他「膨張性セメント混和材を用いたコンクリートの標準試験方法に関する研究」コンクリートライブラリー第37号, 土木学会, 1974年10月, pp1-7

2. 電気化学工業(株)「デンシ CSA #20 を配合したセメントが水和に必要な理論水量の検討」昭和43年3月

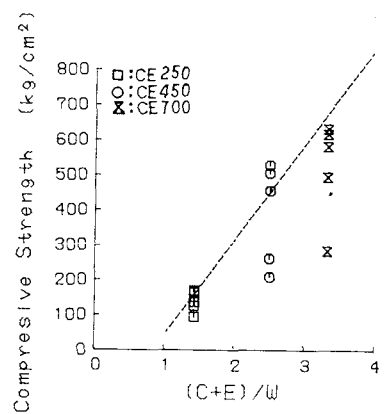


図3 結合材水比と圧縮強度

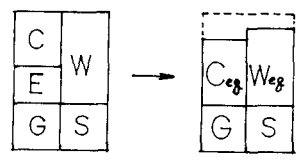


図4 置換モデル

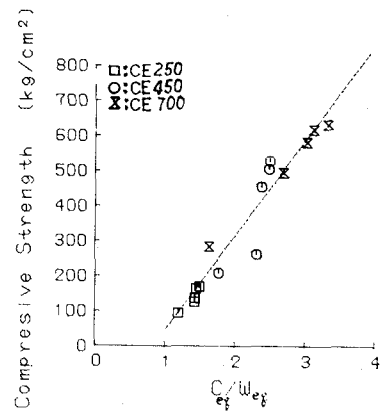


図5 等価セメント水比と圧縮強度

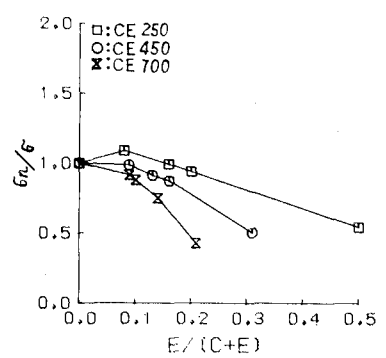


図6 圧縮強度比の推定結果