

1. まえがき

原力発電所用のプレストレストコンクリート圧力容器および格納容器は、内圧・強度荷重 σ と σ の荷重条件が非常に厳しいために、大径のプレストレスを導入しなくてはならないが、これらの容器構造物は厚肉の曲面構造であるために、プレストレスによって与えられるコンクリート中の応力は三軸圧縮応力状態となる。さらに、設計荷重の作用時においても圧縮応力状態であるように設計される場合が多い σ と σ の点から、本研究では、三軸圧縮応力を受けるコンクリート構造物を対象として、コンクリートの三軸圧縮応力下の強度について実験的検討を試みたものである。

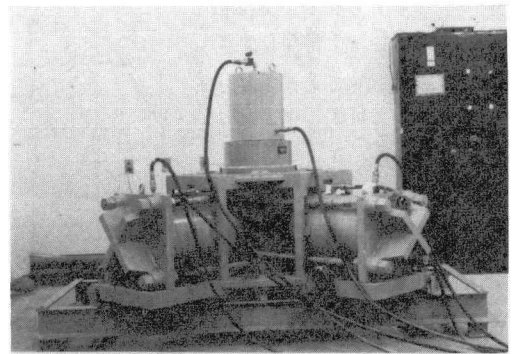
2. 実験概要

実験に用いたコンクリートの配合を表-1に示す。なお、粗骨材の最大寸法は、10mmであり、供試体の寸法は、 $100\text{mm} \times 100\text{mm} \times 100\text{mm}$ の立方体である。コンクリート材料は5月～11月で、また全体で108個の供試体について三軸圧縮試験を行った。三軸試験時の一軸圧縮強度は、 $381\text{kg/cm}^2 \sim 419\text{kg/cm}^2$ であった。

三軸試験装置は、垂直に1方向と水平に2方向に3台の200トン油圧ジャッキが構成され、3方向の荷重をそれぞれ独立に与えることのできる三軸圧縮試験装置である。(写真集-1参照)また、この試験機へは応力比一定装置および電圧ポンプが構成され、供試体に最大 $1,600\text{kg/cm}^2$ の圧縮応力を賦与することが出来る。三軸圧縮試験の載荷方法は、最小主応力(σ_3)を一定応力(σ_1)に伴ち、 σ_1 (最大主応力)と σ_3 の応力比を一定にしながら、供試体が破壊するまで荷重を漸次増加させる比例載荷方法を用いた。主応力比(σ_3/σ_1)は、0.0(1軸圧縮)、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0の6種類であり、また σ_1 が1軸圧縮強度の10%、20%、30%、40%の4種類について実験を行った。

表-1 コンクリートの配合

単位水量 W (kg/m^3)	単位セメント量 C (kg/m^3)	単位細骨材量 S (kg/m^3)	単位粗骨材量 G (kg/m^3)	水セメント比 W/C (%)	絶対細骨材率 S/A (%)	流注率 (ボリスル) (kg/m^3)
185	337	841	270	55	55	0.84



写真集-1 三軸圧縮試験機

本実験のように、立方体の供試体を用いる場合、試験機加圧盤と供試体との剛性の違い、ならびに、接触面の摩擦抵抗によって生ずる端部拘束は、強度 σ に大きな影響を及ぼす。この影響を除去するために、接触面には減摩材(厚さ0.1mmのテフロンシート2枚+シリコングリース)を挿入した。この減摩材の摩擦係数は、平均2.5%である。

3. 三軸圧縮応力下におけるコンクリートの強度

三軸圧縮強度の試験結果は、1軸圧縮強度(σ_1)で除した無次元値で表わすと、図-1に示すとおりである。この図から、三軸圧縮応力を受けるコンクリートの強度は、1軸圧縮強度よりも相当に大きく、従って、三軸圧縮応力を受けるコンクリート構造物を設計する場合には、許容応力度を強度増加に相対する σ に割増してもよいと考えられる σ 、有利な条件となる。図-1の破線は2軸圧縮応力下の破壊を結線を表示したものであるが、これと比較すると、三軸圧縮強度は最小主応力(σ_3)の影響を受け、 σ_3 が σ_1 に近づくほど急激に増大する。一方、 $\sigma_3/\sigma_1 = 0.1$ の σ の範囲では、 σ_3 の増加に伴いほぼ同じ割合で増大する。

また3軸圧縮強度応力比(σ_2/σ_1)によっても影響を受ける。この割合が一定の場合、応力比が約 $\sigma_2/\sigma_1=0.6$ とときの最大となる。このときの強度は $\sigma_2/\sigma_1=0.1$ の場合、一軸圧縮強度の約1.78倍であり、 $\sigma_2/\sigma_1=0.4$ の場合には約2.70倍である。しかし、 $\sigma_2/\sigma_1=0.6$ に達したとき、応力比が増加すると、逆に3軸圧縮強度は減少し、 $\sigma_2/\sigma_1=1$ とときの $\sigma_2/\sigma_1=0.1$ および 0.4 の場合、1軸圧縮強度の約1.61倍および約2.50倍である。すなわち、強度が急激に増大する $\sigma_2/\sigma_1=0.05$ および 0.11 に達して実験が中断である。

4. 3軸圧縮応力下におけるコングリートのひずみ性状

供試体に埋設した直角3軸モルダゲージ(ゲージ長30mm)によって測定した1軸および代表的な3軸圧縮応力($\sigma_2/\sigma_1=0.6$ および $\sigma_2/\sigma_1=\sigma_2/\sigma_1=0.4$)下の応力-ひずみ曲線は、最大主応力(σ_1)を縦軸にとり、図-2に示すとおりである。3軸圧縮応力下のひずみは1軸圧縮応力下のひずみに比べ著しく増大し、破壊発生時のひずみが 1.5×10^{-2} を越えている。また3軸圧縮応力下のコングリートは金属材料のように延性を帯びることが明らかにされた。

図-2から、 σ_1 - ϵ_1 曲線の勾配は σ_2/σ_1 の増加とともに増大し、 $\sigma_1=\sigma_2$ のとき $\epsilon_1=\epsilon_2$ となる。

また σ_1 - ϵ_2 曲線においては σ_2/σ_1 が増加すると、 $\sigma_2/\sigma_1=0.2 \sim 0.3$

の周りで引張ひずみから圧縮ひずみが生ずるようになる。一方 σ_1 - ϵ_3 曲線については、引張ひずみが増加する。以上のようにより、ひずみ性状はコングリートが破壊する直前を除いて弾性的ひずみ割合がほぼ成立すると考えられる。

本実験のように、最小主応力(σ_3)が一軸圧縮強度(σ_c)の最大40%と3軸圧縮応力状態の中で比較的低応力の場合でさえもコングリートのひずみ能力は顕著に増大し、一軸圧縮応力下の数倍の終局ひずみが見られることは、コングリートが破壊しにくい材料から延性を有する材料に変化したことを示すものであり、興味ある結果であると思われる。

参考文献

- (1) 田辺、大沼、他「原子力発電所コンクリートストレスコングリート劣化の非定常を考慮した74-1解析」電研報告73004、48年9月
- (2) 大沼、青柳「2軸圧縮応力下のコングリート強度・変形特性に関する研究」電研報告75016、51年3月

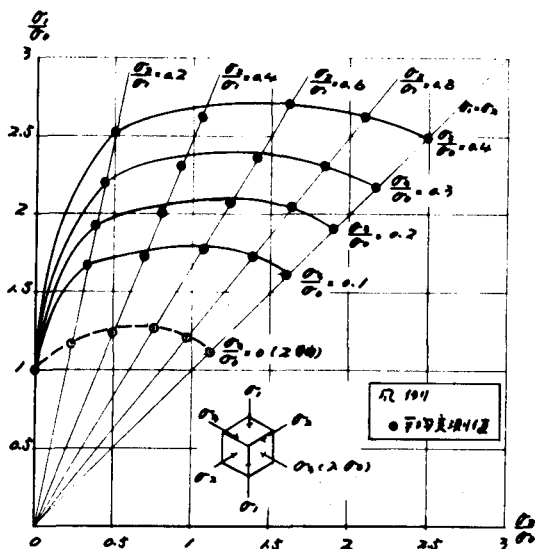


図-1 3軸圧縮応力下の破壊を伴う線

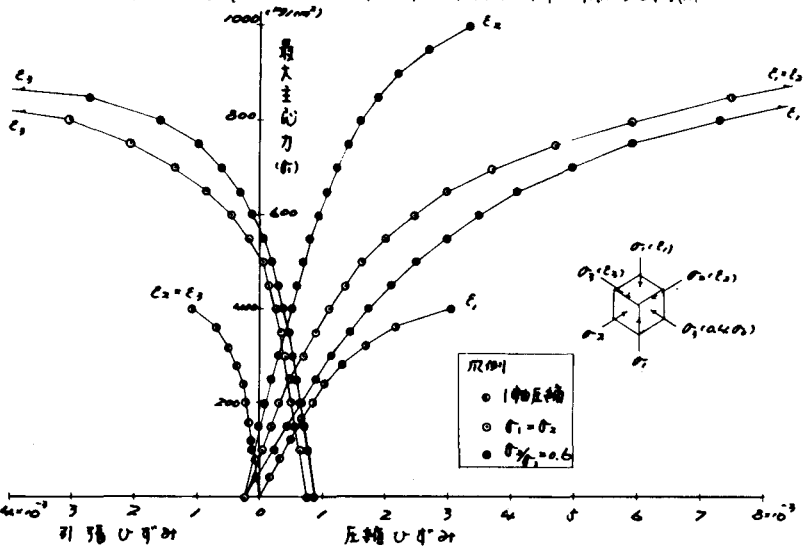


図-2 3軸圧縮応力下のコングリートの応力-ひずみ曲線