

1. 梗概 前報<sup>1)</sup>においてコンクリートの弾性係数は骨材容積比のみならず、粗骨材の粒径・粒度、さらにはその構成成分であるモルタルまたはコンクリートの強度と骨材との相対的強度比等の関数であるとして、その弾性係数推定式を求めた。しかしながら、コンクリートを構造模型的観点からその力学的挙動を考察すると、コンクリートモデルの破壊時における各エレメントの応力の分担状態に対する慎重な配慮を欠いていることがわかった。よつて、各種の模型構造の力学的挙動を実験研究したが、本報告ではとくに creep, creep recovery の推定値を十分な正確さで求め得るといわれる Upendra J. Counto の模型構造<sup>2)</sup>に考察を加え、またそれらのマクロな挙動を支配する骨材とモルタル間の境界域あるいは lattice system の応力状態に対するミクロな基礎研究を行ったもので、継続研究のうちの一部をここに述べる。

2. コンクリート模型構造の力学的挙動 1) 試料 モルタルと骨材との強度比を 1 : 4 ~ 1 : 5 となるように考慮し、モルタルモデルは早強ポルトランドセメント : plaster = 1 : 2, 水・セメント比 120%。骨材モデルは早強ポルトランドセメント : 標準砂 = 1 : 2, 水・セメント比 50%。6 日間水中養生後試料表面にゲージ (長さ 20 mm, 6.7 mm) を貼付し、また内部歪は埋め込みゲージ (長さ 30 mm) によつた。作成した Counto 模型構造を二つに截断した場合の内部状況を図-1 に示す。

2) 実験結果と考察 前記模型構造を形成するモルタルモデルおよび骨材モデルの単体としての応力-歪線図を図-2 に示す。また、複合構造の各成分の挙動を図-3 に示す。(a) 図-2 の単体の表面歪は埋め込みゲージによる内部歪に比し若干大きく検出される。また、モルタルモデルが圧縮破壊を起こしている塑性域では、骨材モデルは依然として elastic な挙動を呈しており、解析的には

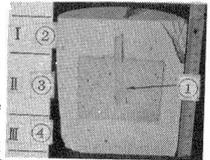


図-1

Hooke's law (従ひ初期接線係数を採るべきことを示唆している。

(b) 図-1 の複合構造を I・II・III に分割し、また、ゲージ設定位置を①②③④で示す。モルタルモデル I・III は単体構造でほぼ同量の歪を示す。I・III のモルタルモデルの表面歪に比し、II のそれ

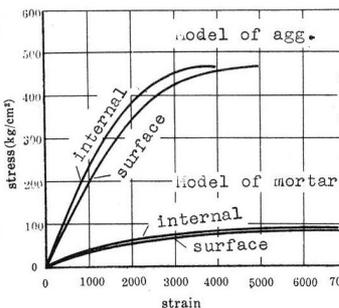


図-2

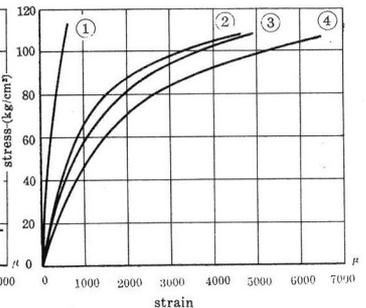


図-3

はより大きく、また、骨材モデルの内部歪はこの複合構造全体としての終局強度時においても弾性として elastic である。これらの事実から、先ず II, 次に I・III のモルタル層の降伏がこの複合構造体の破壊の素因となつていことがわかる。また、II は parallel type に該当する構造であるが、前報<sup>1)</sup>の parallel type のみの場合のようにモルタルモデルが骨材モデルの挙動に拘束されず、series-parallel type の Case (a) に類似した挙動を示し、載荷重の増大とともに骨材モデルが徐々に I・III のモル

タル層中に貫入するものと思われる。この現象は図-4に示すゼラチンで作成した同様の模型の載荷中における観察の結果によつて立証される。なお、骨材モデルはスタンブ状に均一に貫入するのではなく、ゆるやかな楔状であることは興味深い。以上から Counto のコンクリート弾性係数推定式も再検討の余地がある。

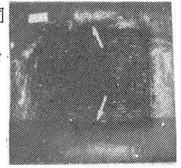
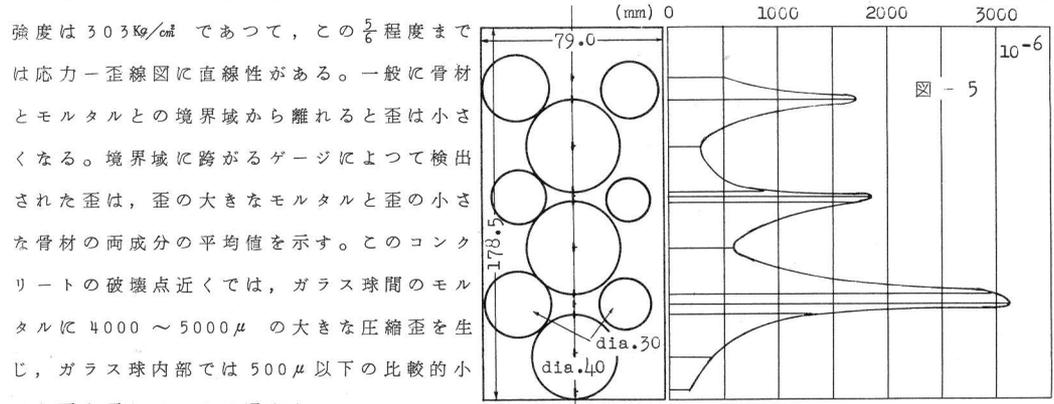


図-4

3. lattice system に対する検討 **実験1** ガラス球を粗骨材としたコンクリートの歪分布 モルタルは2. 1) で使用した骨材モデルと同配合である。10 $\phi$ ×20cm のモールドに径40mm および径30mm のガラス球をそれぞれ4個、5個と組み合わせ、それらの空隙にモルタルを充填締め固めたものである。6日間水中養生後軸方向にカッターで截断し、ゲージ(長さ3mm)を貼付した。各測点の圧縮応力-歪線図は略すが、この供試体の終局強度は177Kg/cm<sup>2</sup>であつた。圧縮応力度88Kg/cm<sup>2</sup>時における縦歪分布を図-5に示す。なお、ガラス球から切り出した試料18×18×11mmの圧縮強度は303Kg/cm<sup>2</sup>であつて、この $\frac{5}{6}$ 程度までは応力-歪線図に直線性がある。一般に骨材とモルタルとの境界域から離れると歪は小さくなる。境界域に跨るゲージによつて検出された歪は、歪の大きなモルタルと歪の小さな骨材の両成分の平均値を示す。このコンクリートの破壊点近くでは、ガラス球間のモルタルに4000~5000 $\mu$ の大きな圧縮歪を生じ、ガラス球内部では500 $\mu$ 以下の比較的小さな歪を示しているに過ぎない。



**実験2** モルタル円柱を骨材モデルとしたコンクリートの歪分布 骨材モデルおよびモルタルモデルの配合と養生法は2. 1)と同様で、5 $\phi$ ×10cmの骨材モデルを10×10×42cmモールドに図-6のように直立させ、その空隙にモルタルモデルを充填し振動締め固めを行つた。コンクリートモデルの圧縮強度は101Kg/cm<sup>2</sup>であるが、圧縮応力度50Kg/cm<sup>2</sup>時のA-A, B-B線上の縦歪分布を図-6に併記する。骨材モデルとモルタルモデルとの境界域のごく近傍で、前者の歪は後者のそれよりも一般に小さく、両者は不連続である。コンクリートモデルの終局強度時における骨材モデルの縦歪は400~1000 $\mu$ 程度であるが、モルタルモデルのそれは1300~3000 $\mu$ を示す。図-7にコンクリートモデルが終局圧縮強度に達した直後に、荷重を解放した場合の crack pattern を示す。hair crackは倍率15倍のクラック幅測定器で追跡したものである。縦軸中心線上の楔形モルタルモデル(矢印)と上下接する骨材モデル間に亀裂が殆んど見られないことから、それらは一体となつて挙動しているものと思われる。一方、横方向歪のため骨材モデルとモルタルモデル間に引張亀裂が見られる。mortar

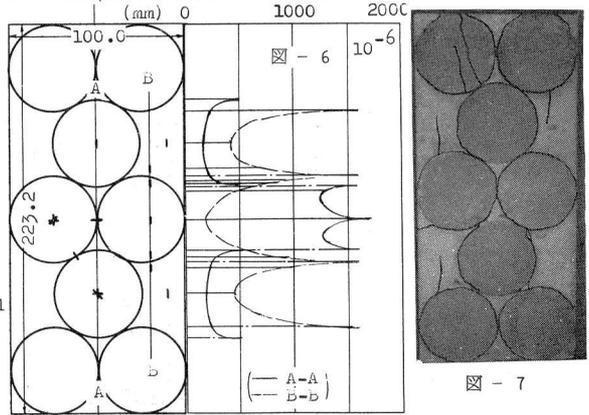


図-7

Figure 7: A photograph showing the crack pattern of a concrete model after reaching ultimate compressive strength and releasing the load. It shows a grid of circles representing spheres. A label '図-7' is present.

pocketや骨材モデル自身に圧裂性引張亀裂が発生している。

**実験3.** 天然粗骨材を人為的に埋め込んだコンクリートの歪分布 粗骨材は呼び寸法40~30mm, 30~20mmの2種に篩分けした砂利を, 10φ×20cmのモールド中に交互に敷き並べ, それらの空隙を2. 1) で使用した骨材モデルのモルタルで振動締め固めを行いつつ充填・成型し, 実験1と同様に6日間水中養生後軸方向にカッターで截断して, ゲージ(長さ3mm)を貼付した。このコンクリートの圧縮強度は324Kg/cm<sup>2</sup>で, また, 粗骨材は安山岩質でありその代表的試料の圧縮強度は1220Kg/cm<sup>2</sup>, 割線係数は359,000Kg/cm<sup>2</sup>であつた。図-8に骨材粒子の分布状況とゲージ貼付位置を示す。同図にA-A線上の各測点の縦歪を, 圧縮応力度147, 206, 294Kg/cm<sup>2</sup>の各場合について併記した(B-B, O-O線上歪分布については省略する)。図-9にlattice systemを形成する粒子の中央部における, 圧縮応力度147Kg/cm<sup>2</sup>時の主歪の大きさとその方向を示す。図-10にlattice system中の主要な点の歪分布を同上応力度の場合について示す。図-11に終局強度近くの圧縮応力度294Kg/cm<sup>2</sup>時まで, 粗骨材粒子の一部の外周またはモルタル中に発生したcrack patternを示す。数字は亀裂発生順序であつて, 無番号のものはクラック幅測定器で追跡して見出したものである。

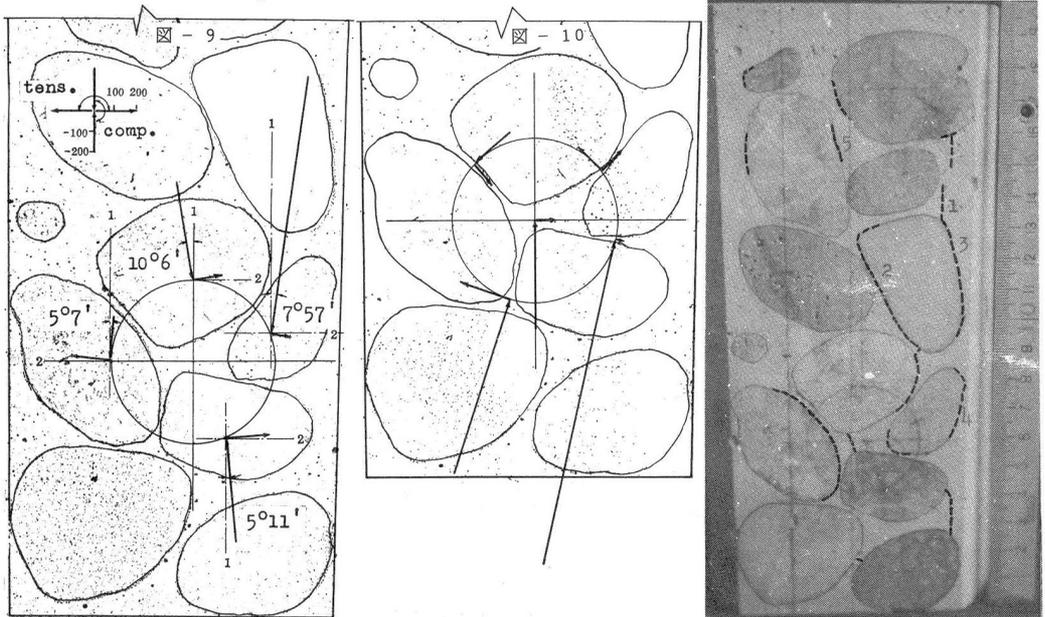
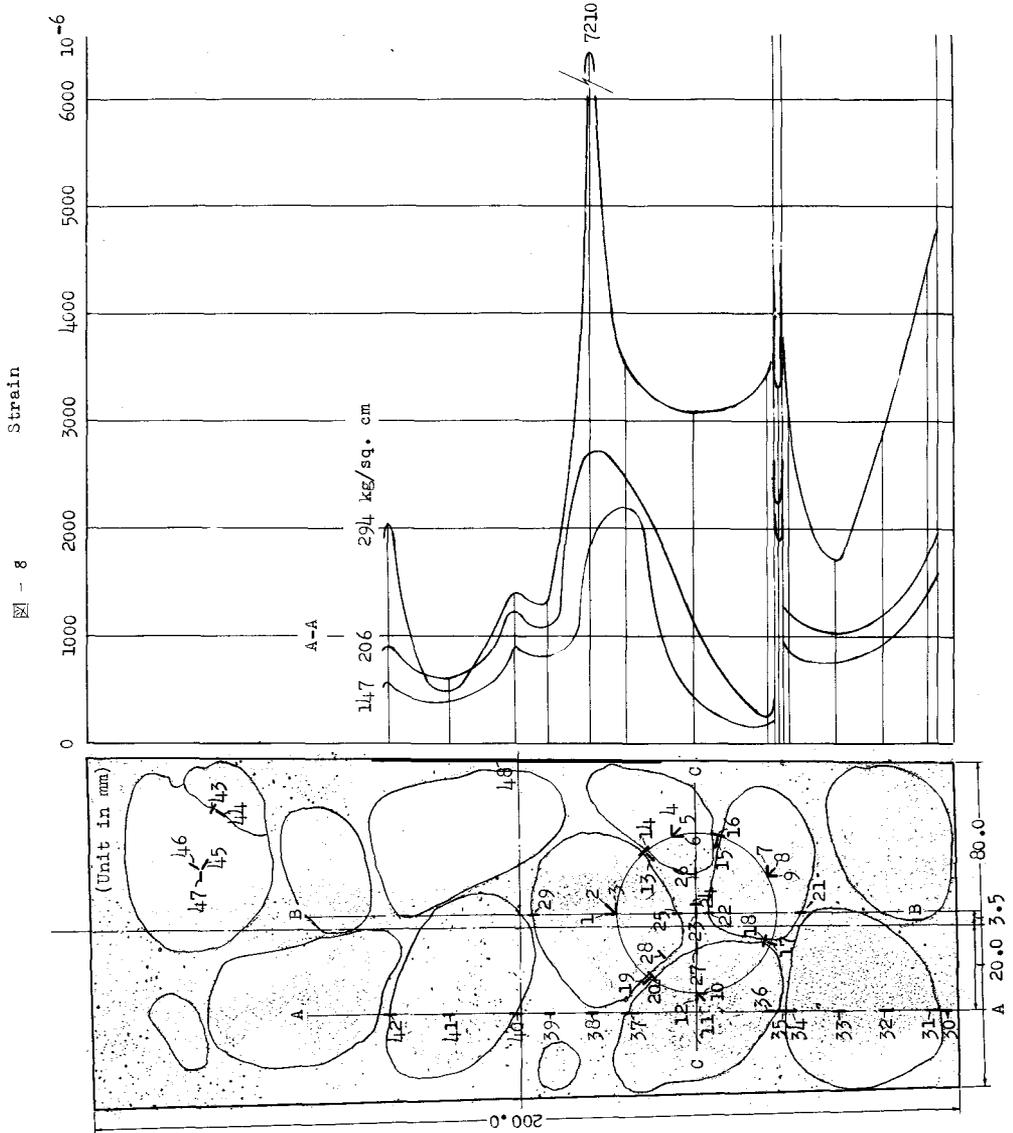


図-11

図-9の代表的 lattice systemを形成する4個の粒子のうち最大歪度はゲージNo.9の-900μで, この時の応力度は323Kg/cm<sup>2</sup>で, この程度では骨材は十分 elasticである。このような diamond distributionには thrust-ringを形成するものと考えられているが, 実測の結果様子は異なる。例えば, 接触点であるものは引張歪を, あるものは圧縮歪を生じていることから, また, 主歪分布からも明らかである。以上の兩種の実験から, 骨材とモルタル間の圧縮方向の応力の連続性は肯定されるが, 歪は不連続で後者の境界域近傍に集中する。しかし圧縮破壊はあまり顕著ではない。また, 前述の crack patternや他の報告<sup>3)4)</sup>にも見られるように, poisson's effectによる粒子の荷重方向境界域にボンド破損に基づく引張亀裂が発生する。これと併行して mortar pocketや骨材粒子に圧裂性引張応



方による亀裂が進行し、これらがコンクリートの弾性機構に大きく影響するものと思われる。

本研究に対し吉田研究奨励金を授与された土木学会、また、終始督励を戴いた防衛大学校 浄法寺朝美教授、一部文献資料を賜った早稲田大学 神山 一教授などに篤く感謝の意を表す。

- 参考文献 1) 浄法寺・加藤；コンクリートの骨材容積比と弾性係数 第20回本講演会 2) Upendra J. Counto; The effect of the elastic modulus of the aggregate on the elastic modulus, creep and creep recovery of concrete, Mag Concrete Research, Vol. 16, No. 48, 1964 3) 横道・松岡・高田；コンクリートのひびわれ発見に関する2, 3の実験 セメントコンクリート NO. 228, 1966 4) Thomas; Microcracking of plain Concrete and the Shape of the Stress-Strain Curve, J. ACI, V. 60, No. 2, 1963