

金沢大学	正員	柳場重正
	正員	川村義紀
金沢工業大学	正員	宮北 啓
	正員	○斉藤 満

1. まえがき

コンクリートは複合材料と考えられ、その破壊機構を考察する場合、巨視的な立場および微視的な立場双方により研究がなされている。本実験においては、圧縮強度が $300 \text{ kg/cm}^2 \sim 600 \text{ kg/cm}^2$ の範囲のコンクリートについて荷重と縦および横方向ひずみの関係を求め、後述の方法で関係曲線の変曲点の荷重を求め、この値が本実験におけるような高強度コンクリートの配合要因といかなる関係を有するか、またこの変曲点荷重がコンクリート内部の変化過程の主要素であるボンドひびわれおよびモルタルひびわれとの関係が認められると言えるかどうかを考察することにより微視的な立場による高強度コンクリートの破壊機構究明の一助とするものである。

2. 使用材料および方法

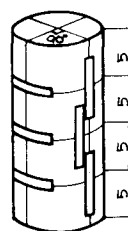
使用セメントは普通および早強ポルトランドセメントの2種類であり、粗骨材としては石川県手取川産の王研(比重2.62, 吸水率1.5%), 細骨材としては石川県手取川産の川砂(比重2.51, 吸水率3.3%, 粗粒率2.88)を使用した。粗骨材の最大寸法は25 mmおよび15 mmの2種類、単位セメント量は普通および早強ポルトランドセメントともに 500 kg/m^3 , 400 kg/m^3 , 350 kg/m^3 の3種類、細骨材率は粗骨材の最大寸法25 mmでは45%, 15 mmでは53%とし、目標としたスランプは0 cm, 2.5 cm, 5 cmの3種類とした。養生期間が普通セメントを使用した場合は4週間、早強セメントの場合は1週間とした。

ひずみ測定は図-1に示すような円柱供試体($\phi 10 \times 20 \text{ cm}$)の縦および横方向に各々6枚の電気抵抗線ひずみゲージ(ゲージ長さ67 mm)を接着して測定を行い、縦および横方向それぞれについて平均した値を測定結果として使用した。

本実験において言う変曲点荷重とは、一軸圧縮試験下におけるひずみを測定し、その測定結果よりポアソン比、体積ひずみおよび横ひずみと荷重の関係曲線を求め、各曲線の微係数の値が急に变化する点を変曲点荷重としたものである。上述の変曲点がポアソン比および横ひずみの場合ともに2点存在する場合が非常に多く、以後本文では変曲点荷重が小さい方を下部変曲点、大きい方を上部変曲点と呼ぶ。図-2は横ひずみと荷重の関係曲線における上部変

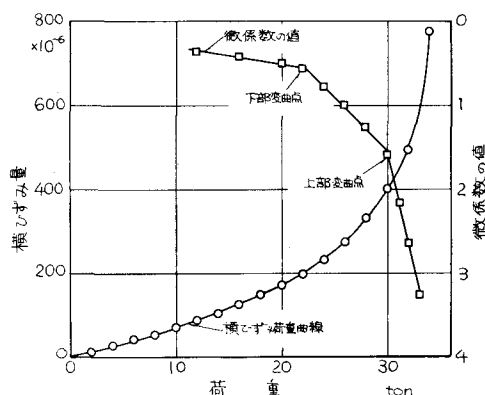
図-1

$\phi 10 \times 20$ 供試体
単位: cm



計12枚

図-2



曲点荷重が小さい方を下部変曲点、大きい方を上部変曲点と呼ぶ。図-2は横ひずみと荷重の関係曲線における上部変

曲点、下部変曲点の存在を示す一例である。なお体積ひずみより求めた場合においては最初にあらわれた変曲点のみを検討した。

3. 結果の考察

(1) 変曲点荷重比と圧縮強度および水セメント比 (W/C) の関係
荷重比とはある荷重値と各供試体の圧縮強度の比を百分率であらわしたものである。

図-3はポアソン比より求めた変曲点荷重比と圧縮強度の関係を示すものである。図に示されるように粗骨材の最大寸法およびセメントの種類には関係がないようで、全体的には圧縮強度の変化に対する変曲点荷重比は変化が認められず、上部変曲点荷重比は65%~85%、下部変曲点荷重比は40%~60%の範囲となる。図-4は横ひずみより求めた変曲点荷重比と圧縮強度の関係を示すものである。ポアソン比より検討した場合と同様に粗骨材の最大寸法およびセメントの種類による相違は明確ではないが、圧縮強度の増加により荷重比の増加傾向が見られる。なお上部変曲点荷重比は70%~80%、下部変曲点荷重比は40%~65%となりポアソン比より求めた場合とほぼ同様の値を得た。体積ひずみより求めた変曲点荷重比は圧縮強度の変化による変化は認められずほぼ一定値を有し、その値は60%~80%の範囲となった。

(図-7参照) 図-5および図-6はポアソン比および横ひずみより求めた変曲点荷重比と W/C の関係を示すものである。ポアソン比より求めた荷重比では図-5に示すように W/C と変曲点荷重比との関係は認めにくく、この傾向は体積ひずみより求めた場合においても同様である。横ひずみより求めた場合では図-6に示すように W/C の変化による変曲点荷重比の変化が上部変曲点、下部変曲点ともに見られ、 W/C 10%の増加により変曲点荷重比約10%の減少が見られる。

図-3

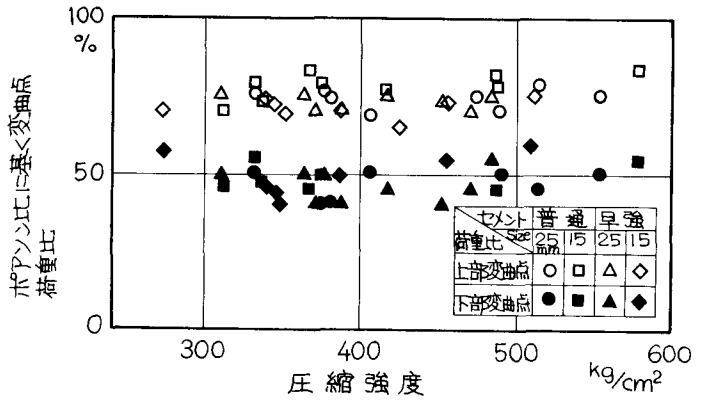


図-4

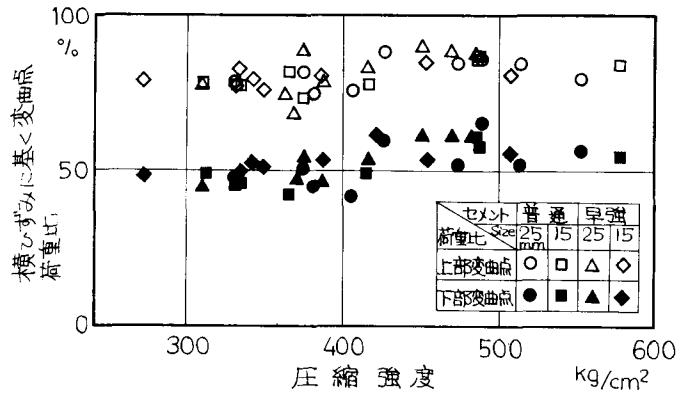
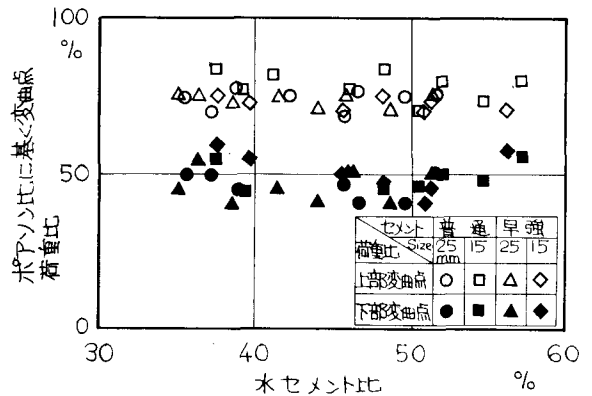


図-5



(2)変曲点荷重比と骨材量の関係

図-7および図-8は体積ひずみおよびポアソン比より求めた変曲点荷重比と粗骨材の絶対容積の関係を示すものである。図に示されるように体積ひずみおよびポアソン比による変曲点荷重比は粗骨材の絶対容積の増大により減りする傾向が見うけられる。図-9は横ひずみより求めた変曲点荷重比と粗骨材の絶対容積との関係を W/C 35%~40%および45%~50%の範囲に分けて図示したものである。図に示されるように同一の W/C の範囲においては変曲点荷重比は本実験に使用した骨材量の範囲内ではほぼ一定と考える。

図-10はポアソン比より求めた変曲点荷重比と全骨材の絶対容積の関係を示すものである。全骨材の絶対容積の変化による変曲点荷重比の変化は粗骨材の絶対容積の変化による場合程明確ではなく、体積ひずみの場合においても上述と同様の傾向を有する。横ひずみの場合では同一の W/C の範囲では全骨材の絶対容積の変化による変曲点荷重比の変化は認められないようである。

以上の実験結果をまとめると、ポアソン比および体積ひずみより求めた変曲点荷重比においては、圧縮強度および W/C の影響を受けないようであるが、粗骨材の絶対容積の変化により影響を受け、全骨材の絶対容積の変化でわずかに影響を受けるようであり、横ひずみより求めた変曲点荷重比は圧縮強度および W/C の影響を受けるが粗骨材および全骨材の絶対容積の影響を受けないようである。

以上より本実験においてもポアソン比および体積ひずみより求めた変曲点荷重比の傾向は従来考えられている概念、つまりShah^{*}ら(圧縮強度が $200 \text{ kg/cm}^2 \sim 400 \text{ kg/cm}^2$ の範囲)の言うボンドひびわれおよびモルタルひびわれが急に進展する荷重比は W/C にはそれ程影響されず粗骨材量によって影響を受けるという概念に一致する。しかし横ひずみより求めた変曲点荷重比は W/C の影響を受け、粗骨材の絶対容積の影響を受けないという結果となり今後の研究が必要と考える。

図-6

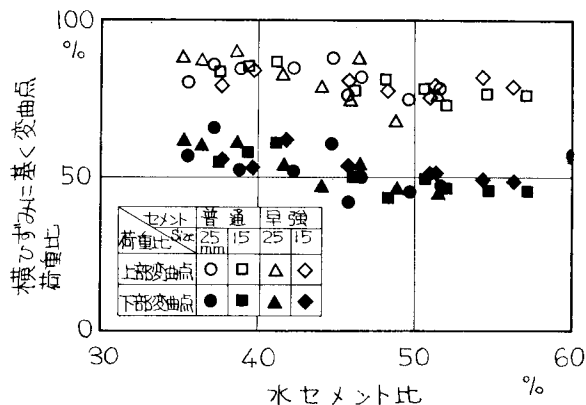


図-7

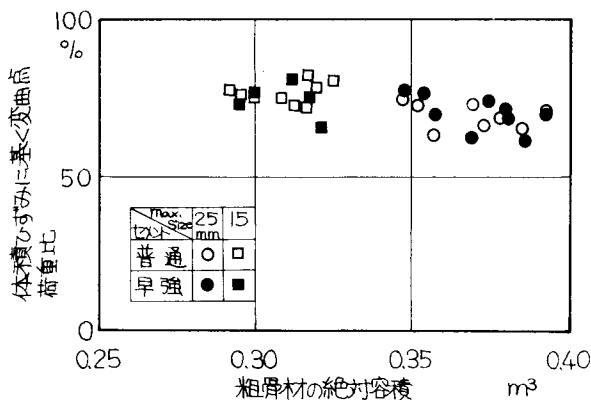
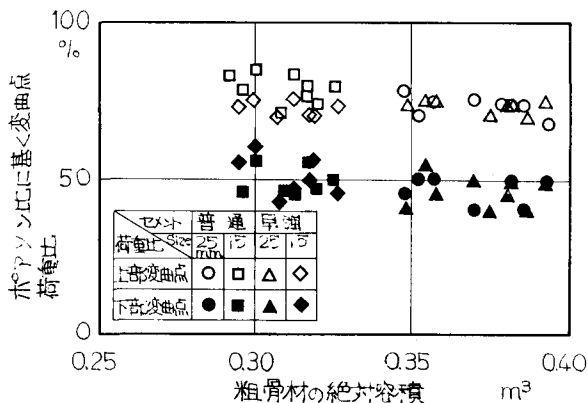


図-8



(3) 変曲点荷重比の位置づけ

一般にポンドびびわれからモルタルびびわれに移動する荷重比はポアソン比、体積ひずみおよび横ひずみと荷重の関係曲線の変曲点であり、その荷重比はほぼ一致すると考えられ約70%~90%の範囲であると言われている。本実験におけるポアソン比および横ひずみより求めた上部変曲点荷重比は横および縦ひずみの急激な変化点と考えられモルタルびびわれが進展し始める荷重位置と考える。本実験におけるような高強度コンクリートにおいても上部変曲点荷重比は65%~85%となり、ほぼ一般に言われているモルタルびびわれ発生荷重比の範囲に含まれる。体積ひずみより求めた変曲点荷重比は60%~80%の範囲となり上述の範囲より低い値を含みこの変曲点荷重比の物理的意味は今後検討の必要があると考える。

下部変曲点荷重比に関しても概念的には当然ポンドびびわれが生長を始める応力レベルと考えられその値は40%~65%の範囲となり、一般に言われている値30%~40%より多少大きい値となる。このことは本実験においては粗骨材として碎石を使用しており、コンクリートが高強度であるのみならず粗骨材の形状および表面性状の影響を受けているものと考えられる。

4. 結論

- (1) 変曲点荷重比に関して普通セメントと早強セメントは非常に類似している。
- (2) 本実験における粗骨材の最大寸法の範囲では、最大寸法の相違による変曲点荷重比の相違は明確ではない。
- (3) ポアソン比、体積ひずみより求めた変曲点荷重比は W/c にはそれ程影響を受けず、粗骨材量の影響を受け、従来概念に一致する。
- (4) 上部変曲点荷重比の値の範囲は一般にモルタルびびわれが進展すると言われている荷重比の値の範囲にほぼ一致する。
- (5) また下部変曲点荷重比の値の範囲は一般にポンドびびわれが生長を始めると言われる荷重比の値の範囲より多少大きい。

図-9

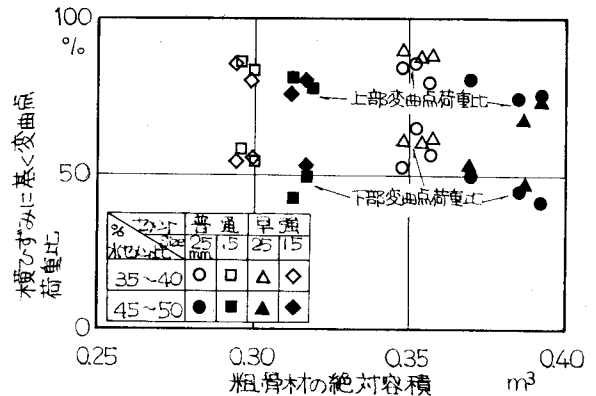
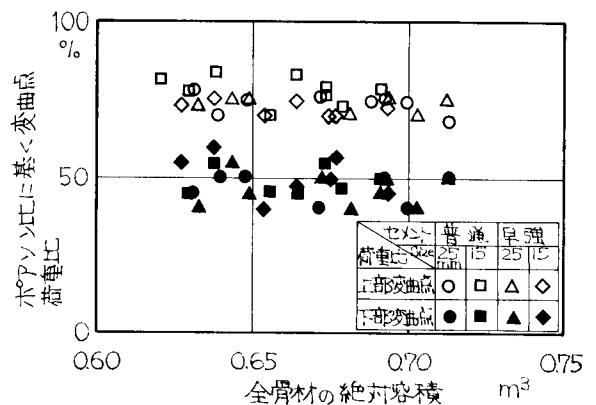


図-10



* Shah, S. P., and S. Chandra, Jour. ACI, Proc. 65, NO. 9, 770 (1968)