

金沢工業大学 正員 斉藤 満
 金沢大学 正員 加場重正
 金沢大学 正員 川村満紀

1. 目的

コンクリートの基本的な力学的性質とスラ引張強度特性は重要である。コンクリートの引張強度を求めるには、純引張試験又は試験方法そのものに煩雑を有することから圧裂試験によるのが一般的である。しかしながらコンクリートの圧裂引張強度(σ_s)が純引張強度(σ_t)と必ずしも常に一致しないことが多数報告されている。これらの報告を一律に扱うことには問題があるものの、大局的には準巨視的レベルでは均等質と考えられるモルタルでは σ_s と σ_t がほぼ等しく、コンクリートでは粗骨材の容積比あるいは最大寸法が大になると σ_s と σ_t の相異が大きくなる傾向が見うけられる。以上のような傾向およびコンクリートを

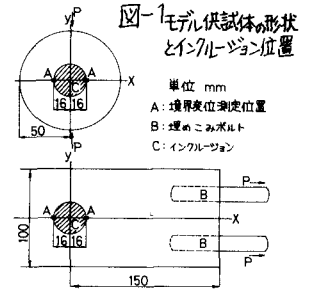


表-1 モデル供試体の種類と記号

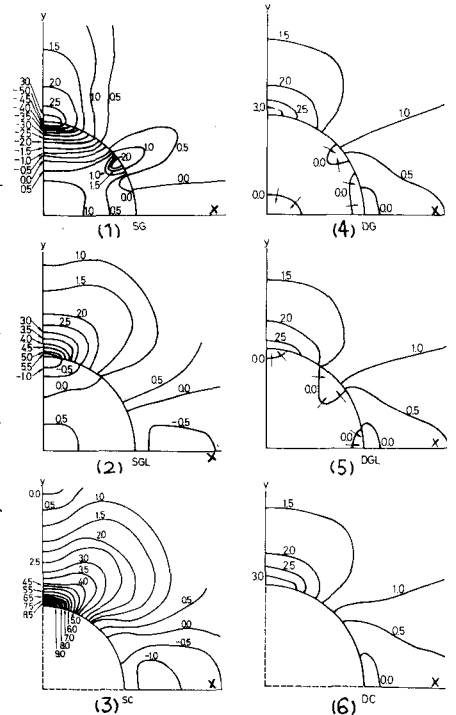
記 号		モデル	内 容
圧裂シリーズ	純引張シリーズ	インクルージョン	
SA	DA	鋼 材	インクルージョンマトリックス界面に付着力を有するもの
SAL	DAL	軽 量	インクルージョンマトリックス界面の付着力を〇としたもの
SG	DG	鋼 材	インクルージョン部分を空洞としたもの
SGL	DGL	軽 量	インクルージョン部分を空洞としたもの
SC	DC	—	モルタルマトリックスのみより成るもの
S	D	—	—

均等質であると仮定することより引張強度を算出し、これを考慮すると、 σ_s と σ_t の強度差は単なる実験条件のみに起因すると考えるよりむしろコンクリートがもつ複合性に起因する可能性が考えられる。以上の観点より、本報告ではモデルコンクリートを用い、これによる実験および解析結果よりコンクリートの複合性が純引張および圧裂引張強度特性に及ぼす影響を検討する。

2. 方法

《モデル供試体》マトリックスの使用材料および配合は文献(1)に示すとおりである。供試体形状、インクルージョン位置および境界変位測定位置を図-1に示す。供試体は普通および軽量コンクリートをモデル化し、インクルージョン・マトリックス界面の付着力0のシリーズを含め、12種類を作成した。供試体の記号と内容を表-1に示す。なお、普通および軽量骨材に相当するモデル骨材はそれぞれ鋼材およびカオリンを使用したプラスティックソイルセメントである。《F.E.M.解析》インクルージョンおよびマトリックスのクラック発生および進展(鋼材インクルージョンを除く)は各部の最大主応力がある値に達したときに生ずるものとし、マトリックスでは 3.18 kg/cm^2 、軽量インクルージョンでは 17.1 kg/cm^2 に達したときとした。クラックの方向は最大主応力方向と直角をなし、要素は最大主応力方向の応力と剪断応力を伝達しないよう剛性が修正される。その後クラックと平行な方向の引張応力が先の引張強度を越えたとき、再びこの要素は破壊し全応力を伝達しなくなる。界面の破壊とすは、界面に付着力を有するシリーズでは普通および軽量コンクリートともに文献(2)に示すモル・クローン理論による条件によりクラックが生じ、

図-2 F.E.M.解析による最大主応力の分布(引張力が正)



進展する。界面の付着力が0のシリーズでは当初界面の付着が完全であるとして解析し、全ての境界要素の法線方向応力の正負を判定し、正の場合には文献(2)の引張応力-剪断応力による破壊が生じ、負の場合には圧縮応力-剪断応力による破壊があらはれ始める。結果おおよそ考察

3. 結果おおよそ考察

《モデル供試体の応力分布》F.E.M.解析より、インクルージョンの存在による応力分布の乱れが見られ、一般に圧裂と純引張という载荷条件の相異により応力分布が大きく異なる。図-2に応力分布の代表例を示す。純引張载荷ではインクルージョンの弾性係数が普通骨材、軽量骨材、空洞と変化することにより、マトリックス中の引張応力集中度にほとんど変化を生じないが、圧裂载荷では弾性係数が大より小へと変化するに従って引張応力の集中度が急激に大きくなる。界面の付着力が0のシリーズでは特に供試体中の応力分布と引張強度が直接に結びつく可能性の強いことから、この結果は载荷条件が異なると引張強度に相異を生ずる可能性を示している。《界面の境界変位》境界変位¹⁾の実測より得たボンドクラック発生開始荷重(P_b)および破壊直前のクラック幅(D_{99})を表-2に示す。界面の付着の良好なシリーズでは载荷条件の相異により P_b および D_{99} は明らかに相異し、界面の付着力が0のシリーズでは両者がほぼ一致している。《クラック進展状況》F.E.M.解析によるクラック進展状況とモデル供試体の最終的な破壊状況は一般によく一致する(図-3と図-4参照)。クラックは一般にインクルージョン側より進展し、付着の良好なシリーズにおいて载荷条件の相異による最終的な破壊状況に相異が見られる。《 σ_s と σ_t の比較》表-3に実験および解析より得た引張強度を示す。実験、解析双方による σ_t/σ_s はDALとSALの比を除くは良く一致している。率巨視的レベルでは均等策と考えられるSにおいて σ_s と σ_t の実験値はほぼ等しい。また、圧裂、純引張载荷双方について、引張応力集中度および P_b 、 D_{99} 、クラック進展状況などの破壊挙動が全々ほぼ等しいSGとDGにおける σ_s と σ_t の実験値および解析値はともにほぼ等しい。その他のシリーズでは上述の応力分布および破壊挙動の全々あるいは一部が相異しており、実験および解析結果とも σ_s と σ_t の間に相異が見られる。

応力分布および破壊挙動の状況、これらと σ_t/σ_s の関係および従来考えられてきた σ_s と σ_t の強度差の理由の検討から、コンクリートの複合性が σ_s と σ_t 間の差異に影響を及ぼす有力な原因の一つであると考えられる。

文献1) 初場川村著藤土論報集, 第283号, 1975. 2) 青藤初場川村: 講概集, 1976.

表-2 ボンドクラック発生荷重(P_b)と破壊直前のクラック幅(D_{99})

シリーズ	圧裂試験			純引張試験		
	ボンドクラック発生荷重 P_b (kg)	クラック幅 μm	破壊直前	シリーズ	ボンドクラック発生荷重 P_b (kg)	クラック幅 μm
SA	584 (124)	65 ~ 75		DA	571 (57)	25 ~ 40
SAL	—	0.0		DAL	1717 (172)	15 ~ 45
SG	0 (0.0)	65 ~ 75		DG	0 (0.0)	55 ~ 70
SGL	0 (0.0)	2.0 ~ 60		DGL	0 (0.0)	25 ~ 45

(): 応力 kg/cm^2

表-3 実験およびF.E.M.解析による引張強度と強度比

モデル供試体	圧裂試験			純引張試験			強度比 σ_t/σ_s
	シリーズ	引張強度 kg/cm^2	変動係数 %	シリーズ	引張強度 kg/cm^2	変動係数 %	
モデル供試体	SA	272	6.3	DA	219	7.0	0.81
	SAL	207	11.7	DAL	234	8.3	1.13
	SG	19.8	13.8	DG	18.9	9.6	0.95
	SGL	9.6	3.2	DGL	9.0	5.5	0.97
	SC	7.9	4.7	DC	18.7	7.3	2.37
F.E.M.解析	SA	32.7	4.1	DA	31.8	4.5	0.97
	SAL	13.4	—	DAL	10.7	—	0.80
	SG	9.6	—	DG	17.2	—	1.79
	SGL	9.6	—	DGL	10.2	—	1.06
	SC	5.2	—	DC	10.8	—	2.08
	SC	3.6	—	DC	9.2	—	2.56

図-3 F.E.M.解析によるクラック進展状況の代表例

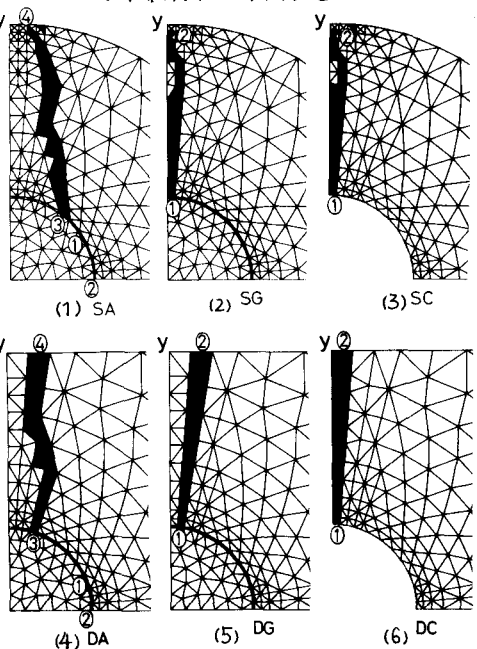


図-4 最終的な破壊状況の概略図

