

京都大学 正会員 小林昭一
 “ “ “ 小柳 玲

1. まえがき

近年PCPVなどの出現により、構造物の設計あるいはその安全性を推定する上での基礎資料として、多軸応力下のコンクリートの破壊条件の検討がとくに重視されるようになってきた。多相材料であるコンクリートの破壊の機構は非常に複雑であり、破壊の過程全体にわたり定量的に明確に説明しうる一般的な破壊条件を求めるとは现阶段では不可能である。このためコンクリートの破壊条件は、工学的に設計と関連づけて、巨視的現象的に多軸応力場の下での終局破壊を対象として実験的に求められているが、このようなアプローチは现阶段としては非常に有効であろう。一か、コンクリートの巨視的破壊条件に関する実験結果の報告も多くなり、また諸外国においてはPCPVの設計に多軸応力下の破壊条件を加味することが考えられている。上記のことから、本文はコンクリートの巨視的破壊条件およびとくにその近似的な表手法について述べると共に諸外国において提案された設計条件について検討し、多軸応力下のコンクリート構造物の設計に対する問題点を論議することを目的とする。

2. 巨視的破壊条件

コンクリートの破壊は、破壊の開始、伝播および終局破壊という連の破壊過程が含まれる。いまコンクリートが巨視的にみて一様応力場を生ずるような短時間準静的荷重作用の下にあれば、その破壊過程全般を通じてその各段階に対応する破壊曲面、すなわち破壊開始曲面、逐次破壊曲面、終局破壊曲面などが、巨視的な応力あるいはひずみ空間内に一義的に決定される。この破壊曲面がコンクリートの最も一般的な巨視的破壊条件であり、セメントペースト、モルタル、コンクリートに対してこの終局破壊曲面の形状を求めた結果については他に述べられている¹⁾。コンクリートの破壊の開始はコンクリート中のクラックの応力集中に起因するものと考えられるため、多軸応力場の下での破壊の開始は中間主応力の影響をほとんど受けない。また破壊過程全般を通じてほぼ同一の考え方が適用できるならば、破壊伝播はもちろん終局破壊もまた一次近似として最大および最小主応力のみの関数と考へてよいであろう。このような観点から、実験的にも妥当性のある巨視的破壊条件については、破壊曲面表示(Rendulicの応力面および等静水圧面による破壊曲線の表示が一般的)、および最大、最小主応力の和と差とによる表示が簡明であろう。コンクリートの巨視的破壊条件である破壊曲面の形状については他に示されているため²⁾、現在までに行なわれた多軸応力下の強度に関する種々の実験結果を一括して、最大、最小主応力の和と差との関係を図-1に示す。図-1の範囲内ではこの関係は軽微コンクリートを除けばほぼ一つの曲線に近似しう

る。なお図中の曲線Iは、破壊の開始に対応して出されたGriffithの破壊基準を $\sigma_c = -8\sigma_t$ として示したものであり、終局破壊とは一致しない。ここで破壊の始末をかりに単軸圧縮強度の50%の値とすれば、Griffithの破壊基準は曲線IIで表わされる。また圧縮領域についての実測値の平均値と曲線IIとの比 α を求め、最大最小主応力の和との関係を図-2に示す。曲線IIIおよびIVは、圧縮域において破壊過程を表わすパラメータを用いて

図-2 α の値

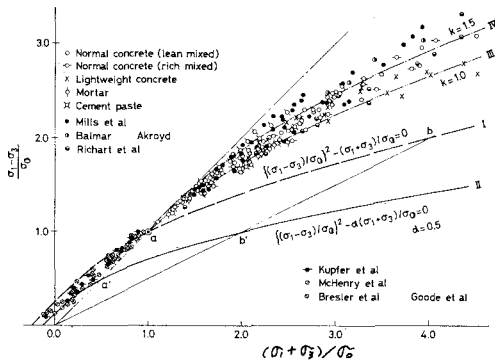


図-1 実験結果の総合

Griffithの破壊基準を終局破壊に延長した次式において $k=1.0$ および $k=1.5$ とした場合の曲線であり、各種の試験結果はほぼこの中に入る。

$$(\sigma_1 - \sigma_3)^2 - (1+k)(\sigma_1 + \sigma_3)\sigma_0 + k\sigma_0^2 = 0 \quad (1)$$

以上よりコンクリートの巨視的破壊条件は破壊曲面によって示されるが、また最大・最小主応力の和と差との関係によって図-1のように表わされ、数式的には(1)式において $k=1.0 \sim 1.5$ とすればよい。

3. 設計への適用

コンクリートの巨視的破壊条件は、破壊曲面として概念的には図-3のように示される。またこれを考慮した設計上の基準も図-3中の破線のように破壊曲面の内部に設定される。

現在までに提案された巨視的破壊条件を考慮した圧縮域での設計基準^{3,4)}を、Rendulicの応力面(図-4)および主応力 $\sigma_1=2$ および3の直截面の形状(図-5)で示す。これらの図には設計曲面から推定した終局破壊条件、普通コンクリートに対する実験値および(1)式において $k=1.0$ および $k=1.5$ とした場合の破壊条件を併記する。

提案された設計基準は、適用の上限が定められていることもあり十分安全側ではあるが、必ずしも実測の破壊曲面をもとにするものではないこととなる。巨視的破壊条件をもとに設計基準を設定する場合には図-3の破壊曲面をもととしてその中に設計限界曲面を描く方法のほか簡便な方法として最大最小主応力の和と差との関係から適切なパラメータ k あるいは k の低減によって設計条件を定めるとよい。ここで安全率の選定は対象とする構造物に依存するが、そのほか破壊の開始から終局破壊に至る間の過程およびその長さ、外力の作用順序、荷重の変動幅、載荷履歴などを考慮しなければならない。

講演当日の活発な議論を期待する。

参考文献

1. たとえば S. Kobayashi, W. Koyanagi; RILEM Int. Symp. I/9, Cannes (1972)
2. たとえば 1. 林昭一, 小柳 玲; 材料 16, 897-902 (1967)
3. D. J. Hannant et al.; Mag. Conc. Res., 20-64, Sept (1968)
4. 青柳征夫; コンクリートと鋼筋, 10-11, Nov. (1972)

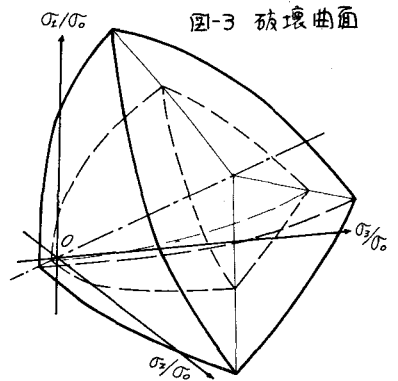


図-3 破壊曲面

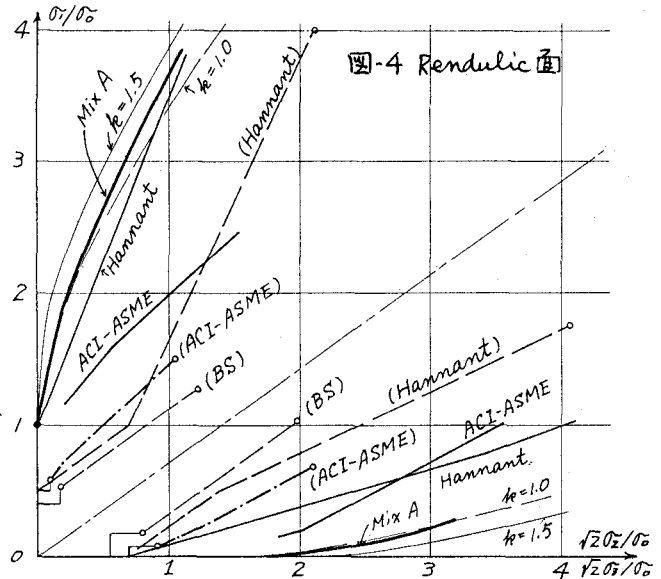


図-4 Rendulic面

図-5 直截面

