

III-308

 K_I 値負の領域における岩質材料の混合モード破壊規準について

(株)大林組 正員 ○原田 英一
徳島大学工学部 正員 藤井 清司
(株)大本組 前田 秀巳

1. まえがき 欠陥が内在する岩質材料に荷重が作用した際の破壊現象を的確にとらえるため、応力拡大係数(K 値)を力学的パラメータとする線形破壊力学を用い破壊靱性値を求める研究を進めている。一連の研究において円板の圧裂引張試験より K_I 値正の領域における破壊規準式¹⁾

$$(K_I + 20.0)^2 + K_{II}^2 = 57.0^2$$

を導いている。しかしながら、岩質材料では K_I 値負の領域においてもき裂の発生がみられるので、今回一面せん断試験を用い K_I 値負の領域における破壊靱性値を求め、新たに破壊規準式を導く。また、この破壊規準式の適用性については、内部に単一切欠きを有する正方形板にせん断荷重を作用させた実験より K 値を求め検証を行った。

2. 一面せん断試験

(1) 試験体寸法および試験方法 試験体用の岩質材料として、重量配合比、水：普通ポルトランドセメント：細骨材=1:2:6のセメントモルタルで一週間養生したものを用いる。試験体は図-1に示すような正方形板で、両側中央に5cmの切欠きを有しており、その厚さ1mm、先端部4mmはティバーになっている。

鉛直荷重は、ロードセルを介して、スクリージャッキで微調整を行いながら載荷し、鉛直圧を一定に保つ。せん断荷重は、ロードセルを介してオイルジャッキで載荷する。載荷速度は1mm/4minの変位制御で行う。なお、鉛直圧は、15, 30, 40, 50kgf/cm²の4種類とする。

(2) 試験結果 破壊靱性値 K_C は、 K 値算出式と三方向抵抗線ひずみゲージから計算する。図-2にその両者の結果を示す。そして、前者の算出式

より求めた K_C 値と円板の圧裂引張試験のモードI単独値37.0kgf/cm^{3/2}から放物線近似による破壊規準式

$$K_I = -6.87 \times 10^{-3} \cdot K_{II}^2 + 37.0 \quad (\text{kgf/cm}^{3/2})$$

を得た。なお、このような放物線近似による混合モード破壊規準式として複合応力仮説が提案されている。これは、最大周応力説で考えられている周応力 σ_θ に加え、切欠き先端のもう一つの主応力 σ_r も考慮し導かれたものである。そして、この仮説より求めた破壊規準線と本試験より得られた破壊規準線を図-2に示す。両者

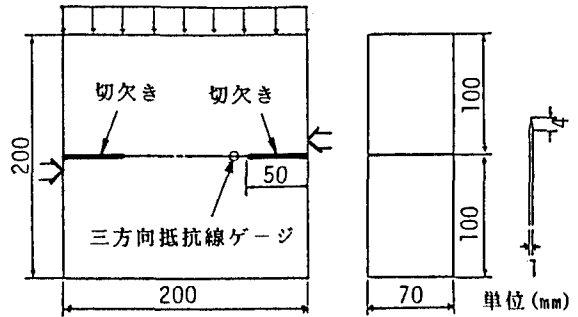
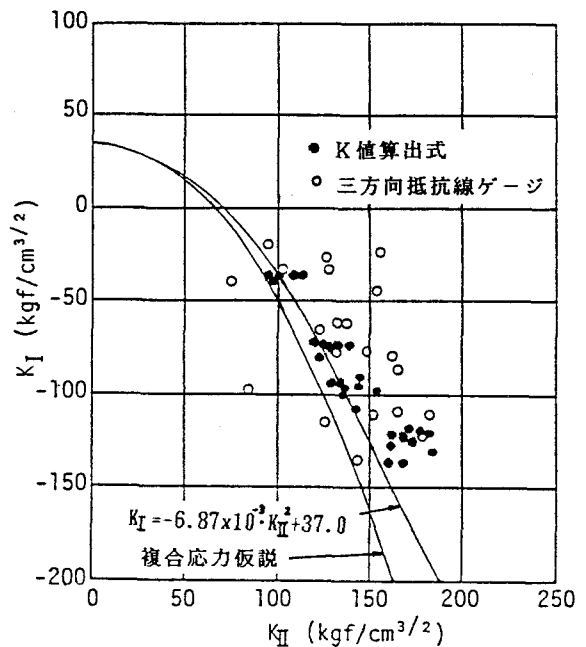


図-1 試験体形状および寸法

図-2 一面せん断試験による K_C 値

を比較すると、本試験より得られた破壊規準の方が多少大きくなっている。本試験においては、初期き裂発生時を目視によりとらえているため、き裂発生時の荷重値は実際の値より多少大きくなっていると考えられ、その結果、 K_C 値も多少大きくなっていると思われる。よって、このことを考慮すると、本試験より得られた放物線近似の破壊規準式は十分に有効であると思われる。

3. 検証実験

(1) 供試体寸法および実験方法 供試体は図-3に示すような正方形板で中央に3cmの切欠きを有しており、切欠きは、厚さ1mm、両端部4mmがティパーになっている。切欠き角度は、 $0^\circ, 5^\circ, 15^\circ, 25^\circ, 155^\circ, 165^\circ, 175^\circ$ の7種類とし、鉛直圧は各々に15, 25, 40 kgf/cm^2 の3種類について行った。実験方法は一面せん断試験と同様である。 K 値は、三方向抵抗線ひずみゲージより計算する。

(2) 実験結果 図-4は、先程の放物線近似の破壊規準線に実験より求めた K 値をプロットしたものである。それらの点は、この放物線をはさんで両側に散らばっているものの放物線近似の破壊規準式の有効性が検証できたと思われる。

き裂進展については、 $\beta = 15^\circ, 25^\circ$ の場合、 K_{II} 値に比べ K_I 値が卓越しているため K_I 値の影響が大きく、切欠きが開く状態で破壊が起こる。そのため、き裂は、仮想せん断面より外側に進展した後、仮想せん断面に漸近する。 $\beta = 0^\circ, 5^\circ, 155^\circ, 165^\circ, 175^\circ$ の場合は、 K_I 値より K_{II} 値が卓越しているため、主として、せん断による破壊が起こり、仮想せん断面方向に発生し、仮想せん断面に沿うように進展する。

4. 解析³⁾ 今回新たに導かれた放物線近似による破壊規準式を用い、有限要素法でき裂進展解析を行った。その結果を図-5に示す。このように実験結果とはほぼ等しいき裂進展経路を得ることができ、この解析の有効性が確認された。

5. 結論 本報告では、切欠き先端からき裂が発生した時点での K_C 値を求めることに重点をおいたが、き裂発生時を目視により求めているため幾分大きい値が得られたと思われる。また、放物線近似の破壊規準式は、内部に単一切欠きを有する正方形板の実験により、その有効性が検証できた。

参考文献 1) 藤井他；岩質材料の混合モード破壊規準とその考察，第42回年次概要集III, 1987他。2) 矢富・藤井他；複合応力仮説による岩質材料の混合モード破壊条件，土木学会論文集，第382号/III-7, 1987。3) 藤井他；切欠きを有する岩質材料のせん断荷重下におけるき裂進展解析，第41回年次概要集III, 1986。

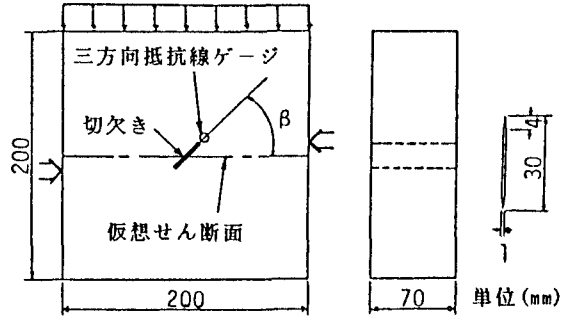


図-3 試験体形状および寸法

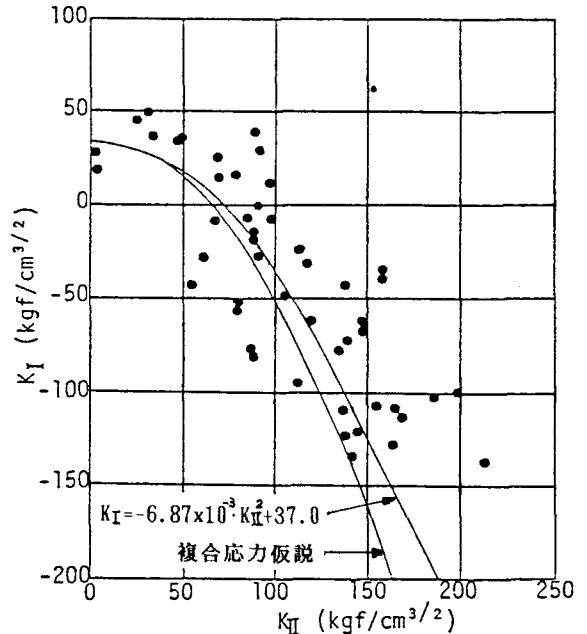


図-4 検証実験による K 値

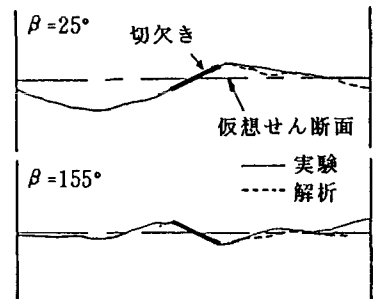


図-5 き裂進展図