

V-271 各種土木材料の強度の漸近的分岐理論による評価

東北大学 ○学生会員 河又洋介
 大成建設 正会員 長谷川正人
 長岡技術科学大学 正会員 丸山久一
 東北大学 正会員 池田清宏

1. はじめに

土、コンクリート、鋼材等各種土木材料の強度は、要素試験により求められているが、強度を支配する根本的なメカニズムを重視せず、その数値のみで評価されがちである。一方、粒状体の滑り線形成に関する広範な研究より、破壊のメカニズムが分岐現象によって支配されていることが明らかになっている。池田ら^(1,2)は初期不整が十分小さい場合、初期不整の影響は分岐方程式によって記述することが可能であるとし、応力-ひずみ曲線を近似する漸近近似則を提案している。本研究は池田ら⁽²⁾の理論をモルタルを主とした各種土木材料のせん断試験に適用することにより、強度が分岐現象によってどの程度支配されているかを調べることを目的とする。

2. 分岐理論

分岐現象が生じている応力-ひずみ曲線の一例を図.1に示す。実際の現象はなんらかの初期不整を含む不完全系となっている。そこで完全系からのずれ量を初期不整変数 ε の関数を用いて表す。初期不整変数 ε は供試体形状の狂い、材料の不均質さ、境界面の不整等の種々の影響を考え合わせた一次元量である。分岐に支配されている物理現象の応力-ひずみ曲線は、分岐方程式によって表される⁽¹⁾。分岐方程式を展開すると次の関係式(2.1)が求まる。

$$\delta u|_{P_c, h, \varepsilon=0} \propto \delta P_c \quad (2.1)$$

ここで、 δu は完全系の分岐点と実験曲線と直線の交点の変位座標の差で、 δP_c は完全系の分岐荷重と実験曲線のピーク荷重の差である。この比例関係は、強度が分岐によって支配されている傾向が強いほどよい相関が得られるので、分岐が対象とする現象を支配している程度を表わす有効な指標となる。

3. 解析結果と考察

3.1 モルタル

水セメント比のみを26%、35%、62%に変え、その他の配合が同一なモルタル供試体に対する応力-ひずみ曲線に対し、本理論を適用する。応力-ひずみ曲線の最大応力を示す点（以下ピーク点と呼ぶ）を図.2にプロットする。強度が分岐によって支配されている場合、ピーク点は図.1で示す主径路と大きな角度を成す直線上に分布する。しかしながら、水セメント比が26%のモルタル供試体のピーク点は、図.2に示すように主径路の方向に分布しており、分岐現象によって強度を失う前、つまり分岐径路を誘発する前に供試体に致命的な亀裂が入り、強度を失っているものと考えられる。

水セメント比が62%の供試体のケースのピーク点も、図.1の様な明確な直線関係はないが、ピーク点の分布から図.2に示すような2つのグループに分け、(2.1)式の関係があるかどうかを調べたものを図.3に示す。このグループ分けはモードスイッチング⁽³⁾（図.4）に相当するものと考えられる。また、水セメント比が62%の応力-ひずみ曲線に対し、漸近近似則を適用してシミュレーションした応力-ひずみ

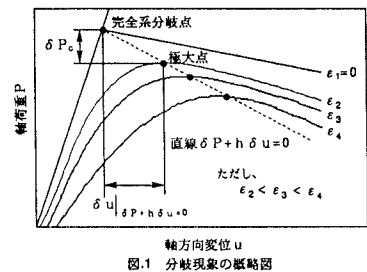
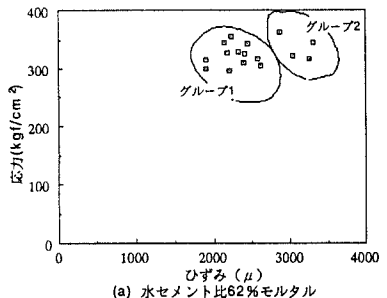
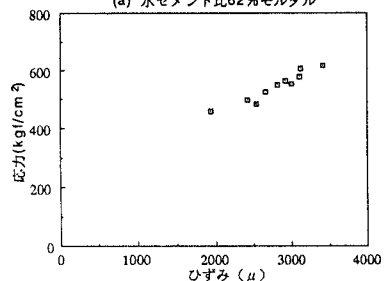


図.1 分岐現象の概略図



(a) 水セメント比62%モルタル



(b) 水セメント比26%モルタル

図.2 ピーク点分布

曲線を図.5に示す。

以上のことからモルタルは、水セメント比が高いほど強度が分岐によって支配され、同配合であっても複数のモードが検出されることが分かる。

また、同様の解析を他のパラメーターを変化させて行った結果、高強度のモルタルは分岐現象が生じる前に強度を失うという上記の解析結果と同じ傾向にあることが分かった。

3.2 鋼材

鋼材(SS400)の引張試験の応力-ひずみ曲線を、漸近近似則によってシミュレーションしたものを図.6に示す。ここでは、応力-ひずみ曲線のひずみ硬化部分のみを対象とする。図より、鋼材にも分岐理論によるシミュレーションが適用できることが分かる。

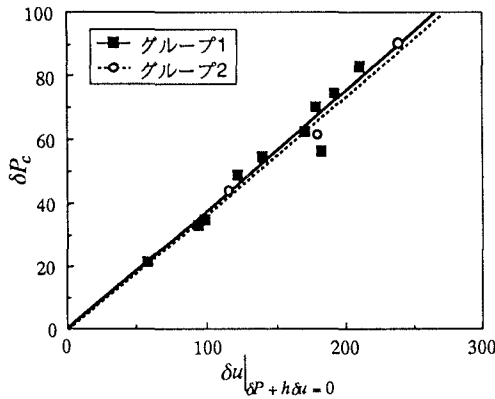


図.3 $\Delta P_C - \Delta u|_{\delta P + h\delta u = 0}$ 関係

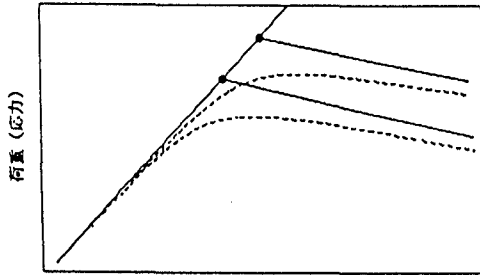


図.4 モードスイッチング

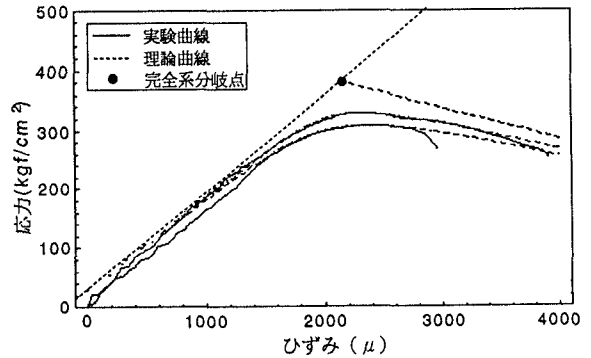


図.5 応力-ひずみ曲線のシミュレーション

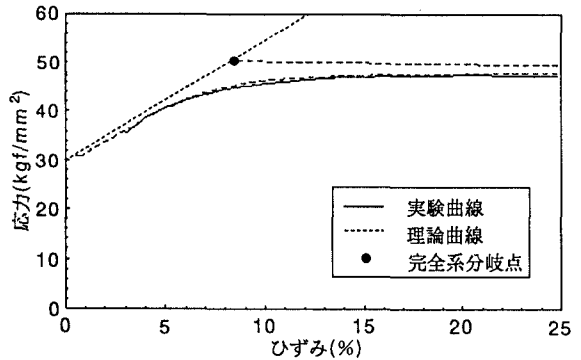


図.6 鋼材の応力-ひずみ曲線のシミュレーション

4. 結論

高強度のモルタルは亀裂進行により強度が支配され、低強度のモルタル及び鋼材は分岐現象によって強度が支配される傾向にある。今後は、分岐モードの確認や供試体形状を変化させた実験を行う必要があるものと思われる。

【謝辞】

この研究に対し前田記念工学振興財団の御協力をいただきましたことを心から感謝いたします。

【参考文献】

(1)池田清宏、室田一雄、丸山久一、柳沢栄司：材料の強度変動の統計理論、構造工学論文集 Vol.41A,1995.

(2)Ikeda K., Chida T., and Yanagisawa E.: Imperfection Sensitive Strength Variation of Soil Specimens, Preprint, 1996.

(3)Ikeda K., Murota K., and Yanagisawa E.: Mode Switching in Sand Shearing Behavior, Preprint, 1996.