

V-341

コンクリートの一軸圧縮強度に対する分岐理論の適用

長岡技術科学大学大学院 学生員 長谷川 正人
 長岡技術科学大学建設系 正会員 丸山 久一
 東北大学土木工学科 正会員 池田 清宏
 五洋建設（株） 正会員 石田 仁

1. はじめに

池田らが誘導した初期不整感度則に注目し、コンクリートの一軸圧縮試験結果への適用性を検討することによりコンクリートの破壊性状の中から法則性を導き出すことを目的としている。

2. 分岐理論

2.1 荷重—変位曲線と分岐現象

図1に荷重—変位曲線上の分岐現象の例を示す。分岐とはある釣合い経路から、分岐点において別の釣合いに移行する現象である。分岐は分岐経路の傾きにより安定分岐（傾きが正）、不安定分岐（傾きが負）にわけられ図1は後者を示す。材料の状態が理想的である場合、図1の太線のような完全系の経路を辿る。実際には材料に種々の不均質さ、欠陥等が存在するため、細線（不完全系）の経路を辿る。不完全系に対し、完全系からのずれを初期不整変数 ϵ で表す。初期不整変数は形状の狂い、材料の不均質さ、境界の不整等の種々の影響を総合的に表す一次元量である。

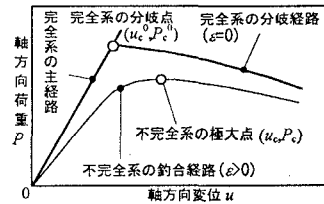


図1.分岐現象の例

2.2 初期不整感度則

池田らは構造系の非線形の釣合式から、分岐現象に支配される荷重変位曲線に対して成り立つ、2つの初期不整感度則を導いている。これらはそれぞれ荷重と初期不整変数の関係変位と初期不整変数の関係を表しており、この2つの関係から初期不整変数を消去することによって次の比例関係を得る。

$$\delta P_c / P_c \propto (\delta P_c)^{1/2} \quad (1)$$

ここに、 $\delta u = u - u_c^0$, $\delta P = P - P_c^0$, u は軸方向変位、 P は軸方向荷重、 (u_c^0, P_c^0) は完全系の分岐点をそれぞれ示す。 δP_c は完全系の分岐荷重 P_c^0 と不完全系の極大点の荷重 P_c の差である。また、 g はある定数であり、 $\delta P = g \delta u^2$ は荷重変位曲線上において完全系の分岐点からおろされる放物線である。

コンクリートの応力ひずみ曲線に対して(1)式の関係を用いた時の相関係数 R の2乗を分岐理論の適合性の目安と考える。

3. 実験概要

3.1 使用材料

今回使用した材料・配合をそれぞれ表1、2に示す。圧縮強度について検討を行うために、比較的強度の低いものから一般的に高強度として用いられている範囲のコンクリート及びモルタルについて実験を行った。

表1.使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント	比重3.17
細骨材	信濃川産川砂 F.M2.61	比重2.59
粗骨材	信濃川産川砂利	比重2.74
AE 剤	特殊アニオン系界面活性剤	1種
高性能AE減水剤	ポリカルボン酸系 標準型	

表2. 配合及び完全系の分岐点の位置

名称	粗骨材 最大寸法 (mm)	air (%)	W/C (%)	単位量 (kg/m ³)				AE剤 (%)	S P (%)	養生方法	平均 圧縮強度 (kgf/cm ²)	完全系の分岐点の位置	
				W	C	S	G					P _c (kgf/cm ²)	u _c (μ)
194C	15	5.9	65	168	259	756	1104	0.0387	—	水中養生	193.6	230.1	1000
195C	15	4.5	65	168	259	756	1104	0.0245	—	気中養生	194.7	217.6	2030
400C	15	6.6	42	174	415	756	1104	0.0400	—	水中養生	402.0	509.9	2290
700C	15	5.2	32	154	480	756	1104	—	3.8	水中養生	729.3	931.3	1505
180M	—	9.3	65	282	434	1265	—	0.0245	—	気中養生	180.4	193.2	3310
200M	—	9.2	65	282	434	1265	—	0.0387	—	—	222.1	253.8	2300
300M	—	10.6	65	282	434	1265	—	0.0350	—	水中養生	308.0	401.9	3085
550M	—	6.0	26	231	887	1265	—	—	5.6	—	542.8	684.0	2200

3.2 圧縮試験

試験は1ケースにつきサンプル数を10～19本程度としそれぞれの応力ひずみ曲線を測定した。試験に用いた供試体は $\phi 10\text{cm} \times 20\text{cm}$ の円柱供試体である。

4. 実験結果及び考察

4.1 応力ひずみ曲線

圧縮試験から得られた応力ひずみ曲線を図2、3、4に示す。ケース700Cに関しては、応力ひずみ曲線の極大点が取れていない。ケース550Mについても同様のことがいえる。これが材料あるいは供試体の特性なのか、試験方法の影響なのか、今後検討する必要がある。

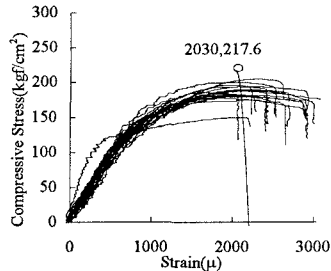


図2. 応力ひずみ曲線
(ケース195C)

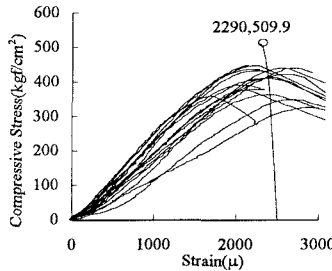


図3. 応力ひずみ曲線
(ケース400C)

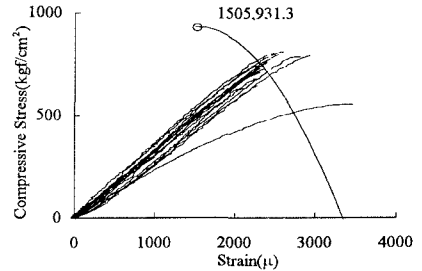


図4. 応力ひずみ曲線
(ケース700C)

4.2 初期不整感度則に対する検討

これらの応力ひずみ曲線を式(5)に適用したとき原点を通る比例関係が認められた。(図5、6、7) コンクリート及びモルタルにおいても適合性に差は認められなかった。ケース700C及びケース550Mの適合性が低い原因としては、応力の極大値が正確に得られていないことと放物線との交点のひずみが不正確であるということが考えられる。

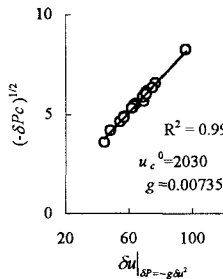


図5. 初期不整感度則の適合性
(ケース195C)

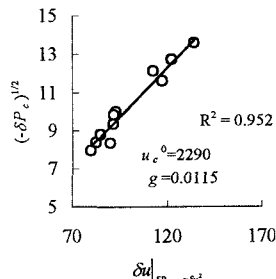


図6. 初期不整感度則の適合性
(ケース400C)

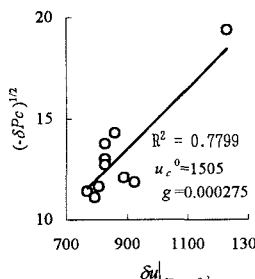


図7. 初期不整感度則の適合性
(ケース700C)

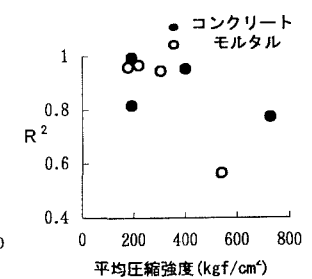


図8. 平均圧縮強度と適合性

5. まとめ

本研究の結果を以下にまとめることにする。

- (1) 本研究では圧縮強度が 400kgf/cm^2 までの範囲では初期不整感度則は影響を受けていないことが分かった。
- (2) コンクリートとモルタルで特に初期不整感度則の適合性に差は見られない。
- (3) 応力ひずみ曲線において極大点が取れなければ、初期不整感度則の適合性が下がる。

【謝辞】

この研究には文部省科学研究費補助金（一般課題研究C、課題番号068 05 038）の助成を受けて行ったものである。ここに記して感謝の意を表わします。

【参考文献】

1. 池田清宏・岩熊哲夫・中沢正利・後藤聡・堀宗朗：初期不整感度則による分岐特性の漸近的近似法、構造工学論文集Vol.39A 1993
2. Ikeda, K. and Goto, S.: IMPERFECTION SENSITIVITY FOR SIZE EFFECT OF GRANULAR MATERIALS, SOILS AND FOUNDATIONS, Vol.33, No.2, 1993
3. 池田清宏・室田一雄・丸山久一・柳澤栄司：材料の強度変動の統計的理論、構造工学論文集Vol.41A 1995
4. Koiter, W.T. (1955): On the suitability of elastic equilibrium, Dissertation, Delft, Holland, (English translation NASA Tech Trans. F10, 1967)
5. 石田仁・丸山久一・池田清宏・長谷川正人：コンクリートの圧縮破壊性状に関する分岐理論的考察、コンクリート工学年次論文報告集投稿準備中