

## カイザー効果による鉄筋コンクリートの履歴応力推定に関する基礎的研究

日本大学工学部○正員 田野久貴

東北大学工学部 正員 佐武正雄

日本大学工学部 正員 渡辺英彦

### 1. まえがき

本文はAEを用いてコンクリート構造物の損傷の程度を評価するために

1) 行われた一連の研究のうち、カイザー効果を応用して先行履歴応力を推定した結果について述べたものである。

コンクリート構造物を模した小規模な鉄筋コンクリート梁にあらかじめ4点曲げによる履歴荷重を加え、除荷後梁内よりコア試料を抜きとりこのコアのカイザー効果より履歴応力の推定を試みた。実験は標準供試体による圧縮および圧裂引張試験のカイザー効果に関する実験と、梁の曲げ試験に大別されそれぞれの精度を比較した。本報告では主として梁の曲げ試験の結果について述べる。

### 2. 実験方法

用いたコンクリートの配合および材令を表-1および2にしめす。また、AE計測設定条件を表-3に示す。標準供試体による圧縮および圧裂引張試験はそれぞれΦ5X10cmおよび5X5cmが用いられた。梁の4点曲げ試験はJIS1106に従って行われた。梁の寸法諸元およびAEセンサーの配置を図-1および2に示す。曲げ試験は梁の曲げ荷重そのもののカイザー効果と先行荷重を受けた梁内よりコアを取り出して、そのコアの圧縮および圧裂引張試験におけるカイザー効果より履歴応力を求める実験である。梁のコア採取位置を図-3に示す。

### 3. 実験結果

カイザー効果を利用して求めた履歴応力の精度を検討するために次式を用いて誤差をもとめた。

$$\text{推定誤差} (\%) = \frac{\text{AEによる推定履歴応力 (荷重)} - \text{履歴応力 (荷重)}}{\text{履歴応力 (荷重)}} \times 100 \quad (1)$$

標準供試体による結果は、圧縮試験において0.24%，圧裂引張試験において約-1%を得たが、与える先行応力レベルによって精度が変動することが認められ、強度の約50%付近において最も良好であった。

一方、梁の曲げ荷重のカイザー効果に関しては次ぎのような結果がえられた。図-4は荷重を1tずつ増加させて4tまで載荷-除荷をくり返した場合のAEと荷重の関係の例である。同図からも明らかなように鉄筋コンクリート梁においても明瞭にカイザー効果が認められる。図-5は曲げ荷重レベルと精度との関係を示す。先の標準供試体と同様に荷重レベルによって精度が変動し、2tでは9.9%であった。

一方、図-3にしめす位置より取り出したコア試料について、圧縮側の試料には一軸圧縮試験を、引張側の試料には圧裂引張試験を行いつこれらのカイザー効果より履歴応力を推定した。なお、梁の内部応力は、あらかじめ

最大 粒径 (mm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m³)		
			水	セメント	細骨材
15	50	50	200.0	363.6	883.1
					900.2

表-1 コンクリートの配合表

供 試 体	使用セメント	材令日数
標準供試体(圧縮及び圧裂引張試験用)	普通ポルトランドセメント	7
曲げ試験用梁 I	早強セメント	7
曲げ試験用梁 II (コア採取用梁)	普通ポルトランドセメント	28

表-2 各供試体の材令

センサー	: 共振周波数 140 KHz
増幅度	: ブリアンプ 40 dB
	メインアンプ 20 dB
バンドパスフィルター	: 100 KHz - 1.0 MHz
ディスクリベル	: 約100mV

表-3 AE計測の設定条件

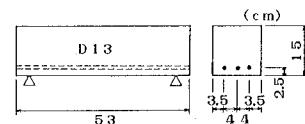


図-1 梁の寸法及び配筋

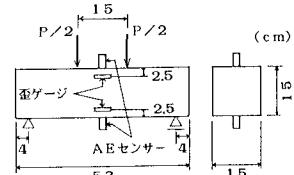


図-2 AEセンサー及びヒズミゲージ位置

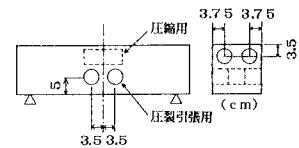


図-3 コア試料の採取位置

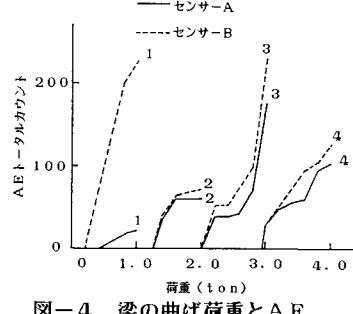


図-4 梁の曲げ荷重とAE

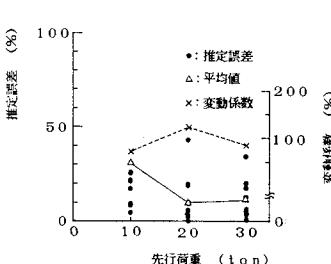


図-5 履歴荷重の推定誤差

コア採取位置付近に設置したヒズミゲージの値とヤング率より求めた。

得られた結果の一部を図-6および7に示す。また、これらのコア試料の強度を表-4に示す。履歴応力推定の精度は表-5に示すように圧裂引張試験（-37.6%）の方が圧縮試験（18.0%）より良好であった。なお、比較のために無筋梁についても同様なことが行われた。

#### 4. 考察

以上の各実験結果を推定誤差の観点よりまとめたものが表-5である。同表より明らかのように標準供試体による圧縮（①）及び圧裂引張試験（②）の方が曲げ試験（③～⑦）より精度が良い。これは前者が履歴応力（荷重）を直接モニター可能であり、また比較的単純な試験法であることによるものと思われる。梁の曲げ試験（③）とコア試料（④～⑦）による相違も同様である。

一方、梁のコア試料による結果では圧裂引張試験（④、⑤）に比較して圧縮試験（⑥、⑦）の方が精度が低下している。これは先にものべたように、与えられる履歴応力レベルの影響を精度が受けるためと考えられる。すなわち、梁の曲げに於て圧縮側に加えられた圧縮応力は、圧縮強度に比べてはるかに小さく、一方、引張側での引張応力は比較的引張強度の50%にちかい応力レベルであるためと思われる。この傾向はコア試料の圧縮及び圧裂引張試験において有筋・無筋のそれぞれを比較することでより明瞭となる。すなわち、有筋梁（⑥）の圧縮側においては無筋（⑦）に比べて大きな応力をうけ、より圧縮強度（の50%）に近いため精度が良く、引張側ではむしろ引張強度に近い（強度の50%をこえている）ため精度が低下しているものと思われる。

#### 5. まとめ

曲げを受けた小規模な鉄筋コンクリート梁の履歴内部応力を梁の内部より取り出したしたコア試料のカイザー効果を利用して求めた結果を総括すると次ぎのようである。

（1）精度は与えられる応力レベルに左右され、強度の50%付近において最も良い傾向にある。

（2）この方法では見かけ上、引張応力領域のコアによる圧裂引張試験が精度がよい。今後の問題点としては、応力履歴の減少（カイザー効果の回復）や材令との関係などが挙げられるが現在も検討を加えている。今回の実験における精度は今後履歴ヒズミを直接モニターすることにより向上することが期待される。

2)

なお、3方向に履歴応力を加えた圧縮試験や圧裂引張試験におけるカイザーエフクトの方向性等については別途検討されている。

本研究は、昭和59年度および60年度文部省科学研究費補助金（試験研究（1）課題番号59850076）の補助を受けて行われたことを付記する。

#### 参考文献

- (1) 佐武正雄 他：AEによるコンクリート構造物の破壊箇所の識別と破壊レベルの予測法の開発、文部省科学研究費試験研究（1）研究成果報告書、1986 (2) 毛利一朗、佐武正雄、新関茂：コンクリートにおけるカイザーエフクトの方向独立性について、昭和60年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要、P. 328-329、1986
- (3) 渡辺英彦、田野久貴：圧裂試験におけるAEのカイザーエフクトについて、同上、P. 326-327、1986

試験名	鉄筋	強度 (kg/cm²)	変動係数 (%)	個数
圧縮	有	297.9	15.1	8
	無	298.7	14.9	10
圧裂	有	28.3	18.7	35
	無	26.1	24.5	30

表-4 コア試料の圧縮および圧裂引張強度

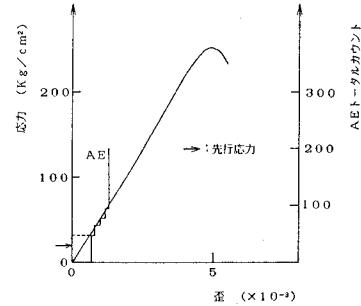


図-6 圧縮時のAE発生状況  
(有筋梁のコア試料)

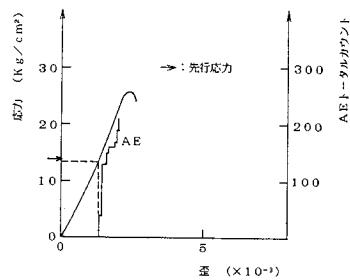


図-7 圧裂引張時のAE発生状況  
(有筋梁のコア試料)

試験名		推定誤差 (%)
1	標準供試体	0.24
2	同上	-1.03
3	梁の曲げ試験 有筋：荷重2t	9.90
4	梁のコア試料 圧裂引張・無筋	-11.2
5	同上	-37.0
6	同上	18.0
7	同上	26.3

表-5 各試験における履歴応力の推定誤差の比較