

(V-3) エネルギー吸収に基づく拘束コンクリートの挙動評価

山梨大学大学院 ○学生会員 平野 貴規
 山梨大学工学部 正会員 中村 光
 山梨大学工学部 正会員 斉藤 成彦
 山梨大学工学部 正会員 檜貝 勇

1. はじめに

拘束コンクリートの応力-ひずみ関係はプレーンコンクリートに比べ、最大圧縮応力ならびに最大圧縮応力時のひずみが増加し、最大応力以降の軟化勾配が緩やかになることが知られている¹⁾。しかしながら、応力レベルの変化とともに、横拘束筋が拘束コンクリートの挙動にどのように影響を与えるかは必ずしも明らかにされていない。

そこで、本研究では、横拘束筋ならびにコンクリートの吸収エネルギーに着目して、拘束コンクリートの挙動に及ぼす横拘束筋の影響を評価した。

2. 実験概要および実験結果

拘束コンクリートとして、図-1 に示すような直径 100mm、高さ 390mm の供試体を作成した。横拘束筋としては、かぶりおよび定着部の影響をなくするため、外径 95mm の鋼管リングを用いた。鋼管リングは、降伏強度 304N/mm²、ヤング率 2.0×10^5 N/mm² であり、降伏棚、ひずみ硬化域を有し、通常の鉄筋と同様の性質を示すものである。また、コンクリートには早強ポルトランドセメントを使用し、目標圧縮強度は 20N/mm² とした。表-1 に供試体の概要を示す。測定項目は、鋼管リングのひずみと供試体上下間の軸方向変位とした。

载荷は、最大荷重到達と同時に除荷を行う一方向繰返し载荷により、供試体の破壊が進み測定不能になるまで行った。

図-2 に実験より得られた各供試体の正規応力-ひずみ関係を示す。図からは帯鉄筋比が増えるにつれ、最大圧縮応力と最大圧縮応力時のひずみが増加し、軟化勾配が緩やかになっていることがわかる。

3. エネルギー吸収に基づくコンクリートと横拘束筋の挙動の分離

本論では、一軸圧縮試験より得られた応力-変位関係を基に、材料ごとの吸収エネルギーに着目することで、コンクリートと横拘束筋の挙動を分離し、コンクリートの挙動に及ぼす横拘束筋の影響について考察する。

拘束コンクリートの吸収エネルギー(E_{rc})は、(1)式で示すように、横拘束筋の吸収エネルギー(E_{st})とコンクリート単体の吸収エネルギー(E_{con})の和で与えられる。

$$E_{rc} = E_{con} + E_{st} \quad (1)$$

ここで、任意の変位レベル(δ)における拘束コンクリートの吸収エネルギー(E_{rc})は、(2)式に示すように、応力-変位関係を積分することで求められる。

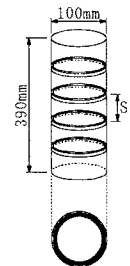


図-1 供試体図

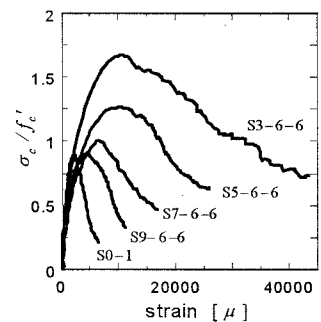


図-2 正規応力-ひずみ関係

表-1 供試体概要

No.	リング 間隔 S (mm)	帯鉄 筋比 ρ_s (%)	リング 形状		一軸圧縮 強度 f_c' (N/mm ²)	最大圧縮 応力 σ_{max} (N/mm ²)	最大圧縮応力 時のひずみ ϵ_{cc} (μ)
			幅 h (mm)	肉厚 t (mm)			
S3-6-6	30	3.94	6	6	20.9	35.00	10615
S5-6-6	50	2.63	6	6	20.6	26.00	9795
S7-6-6	70	1.97	6	6	18.7	20.63	6769
S9-6-6	90	1.31	6	6	18.7	17.03	4641
S0-1	----	----	----	----	21.1	17.35	2615

キーワード： 拘束コンクリート、吸収エネルギー、円柱供試体

連絡先： 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL055-220-8517 FAX055-220-8773

$$E_{rc}(\delta) = \int_0^{\delta} \sigma_{cc}(\delta) d\delta \quad (2)$$

一方、横拘束筋の吸収エネルギー(E_{st})は、(3)式に示すように、実験より得られた各横拘束筋のひずみから、その応力-ひずみ関係を積分することと求めることができる。

$$E_{st}(\delta) = \sum A_i l_i \int_0^{\varepsilon_{si}} \sigma_{st}(\varepsilon_{si}) d\varepsilon_{si} \quad (3)$$

ここで、 ε_{si} 、 A_i 、 l_i はそれぞれ i 番目の横拘束筋のひずみ、断面積、周長である。したがって、両者から(1)式を用いてコンクリート単体の吸収エネルギー(E_{con})が算定され、横拘束筋とコンクリートをエネルギー的に分離することが可能となる。この手順により得られた、S3-6-6 供試体に対するコンクリートと横拘束筋の吸収エネルギー量を図-3 に示す。さらに分離したコンクリートの吸収エネルギー量は、(4)式によりコンクリート単体の応力-変位関係へと変換できる。

$$\sigma_{con}(\delta) = \frac{dE_{con}(\delta)}{d\delta} \quad (4)$$

以上の結果を用いれば、拘束コンクリートの応力-変位関係に対し、横拘束筋の挙動がどのように影響を及ぼしているかを考察することが可能である。

この方法により求めたコンクリート単体の応力-変位関係を図-4 に破線で示した。(a)は S3-6-6、(b)は S7-6-6 供試体の応力-変位関係を示す。なお、図中の実線は拘束コンクリートを示し、縦軸は最大圧縮応力で、横軸は最大圧縮応力時の変位でそれぞれ正規化している。

図によれば、応力増加域の $0.75\sigma_{max}$ までは、拘束コンクリートの挙動はコンクリート単体の挙動とほぼ一致する。しかしながら、それ以降では差が生じ、拘束量の多い S3-6-6 供試体では、コンクリートには応力がほとんど変化しない応力平衡区間が存在することが分かる。このことは、拘束コンクリートの最大応力時付近の挙動が、横拘束筋のエネルギー吸収に支配されていることを意味する。また最大応力後 $0.7\sigma_{max}$ 程度以降では、再度拘束コンクリートの挙動はコンクリートの挙動と概ね一致し、コンクリート単体で荷重を負担していることが分かった。

拘束コンクリートとコンクリートの挙動に差異が生じる時点が横拘束筋の降伏時点と概ね一致していたことから、今回実験を行った拘束コンクリートの挙動として次のことが推測される。すなわち、横拘束筋が降伏すると拘束力がそれ以上大きくならないため、コンクリート単体の応力負担は増加しないがコンクリートの横膨張とともに横拘束筋がエネルギーを吸収することで拘束コンクリートの応力は増加することが可能となる。最大応力以降では、コンクリートは損傷を受けることで横膨張量は増加しても膨張力が低下するため、ある時点で横拘束筋の拘束力を負担できなくなり横拘束筋のエネルギー吸収による応力を期待できなくなる。

4. まとめ

一軸圧縮応力下における拘束コンクリートの実験結果に基づき、コンクリートと横拘束筋の挙動を分離する方法を示した。さらに分離した挙動を検討することで、最大圧縮応力付近の挙動が横拘束筋のエネルギー吸収に支配されると言う結論を得た。

1) 星隈順一ほか：鉄筋コンクリート橋脚の地震時保有水平耐力の調査に用いるコンクリートの応力-ひずみ関係，土木学会論文集，V-28，No.520，pp.1-11，1995.8

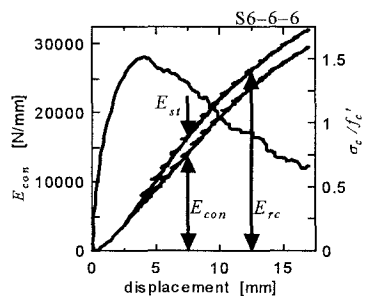


図-3 エネルギーの分離

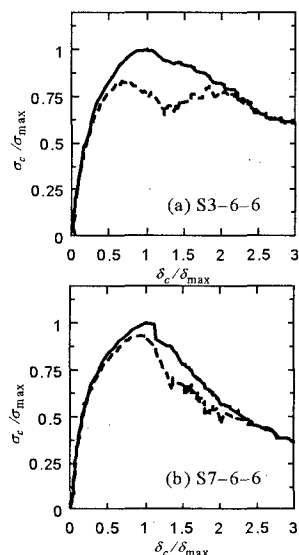


図-4 応力-変位関係