

(2) コンクリートはりの衝撃破壊に関する実験的研究

金沢大学大学院 ○柴田 豊
 金沢大学工学部 榎谷 浩
 金沢大学工学部 梶川康男

1. まえがき

構造物の設計上、衝撃荷重を考慮しなければならないものに、落石覆工（ロックシェッド）や落石を受けるシェルターなどがある。近年、これらの構造物は数多く建設されており、また、落石による大きな被害も少なくないのが現状である。しかしながら、衝撃を受ける構造物に関しては、まだ解明されていない問題が多く、荷重が作用した場合の構造部材の破壊挙動の解明および耐衝撃性の改善が、今後の重要な課題のひとつである。そこで著者らは、これまでその基礎的なものとして、鉄筋コンクリートはりの衝撃実験を行い研究を進めてきたが、本研究では、さらに鉄筋コンクリート部材に対して、重錘落下による衝撃荷重を作用させた実験を行い、その実験結果について比較・検討を行っている。

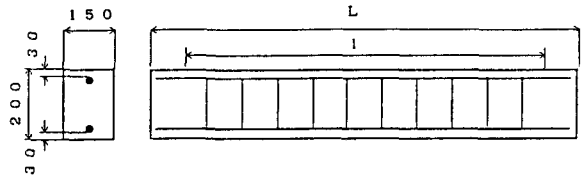


図-1 実験供試体

2. 実験方法

2.1 静的試験

実験に用いた供試体は、図-1に示すように断面が20×15cmのものであり、圧縮側と引張側にそれぞれ1本ずつ鉄筋（SD32，D16）を配置した複鉄筋矩形はりである。実験は、3種類のスパン長およびスターラップの有無により、表-1の5種類（10本）について行った。また、測定項目は、荷重、スパン中央の変位、4点の鉄筋ひずみとした（図-3参照）。なお、実験に用いたコンクリートのヤング率は $2.632 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$ 、圧縮強度は 304.20 kgf/cm^2 、引張強度は 30.41 kgf/cm^2 である。

表-1 実験ケース（静的試験）

L (cm)	l (cm)	スターラップ間隔	本数
150	130	10 cm (14本)	2
200	180	なし	2
		10 cm (18本)	2
		15 cm (12本)	2
250	230	10 cm (24本)	2

2.2 衝撃試験

衝撃試験装置として、図-2に示すように、ロードセルと一体化させた重錘を磁石で釣り上げ、供試体の上に落下させるようなものを作成した。実験は、静的試験と同様に、スパン長3種類、スターラップの有無により5種類（42本）の供試体について行い、表-2に示すように、重錘の落下高さおよび重錘の重量を変化させた。また、ロードセルにより荷重を、光学式変位計により3点の変位（スパン中央、L/3点、L/6点）を、さらに鉄筋ひずみとして圧縮側2点（スパン中央、L/3点）、引張側2点（スパン中央、L/3点）の4点を測定した（図-3）。な

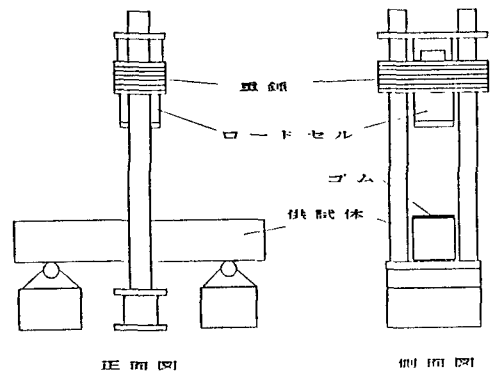


図-2 衝撃試験装置

表-2 実験ケース (衝撃試験)

L (cm)	l (cm)	スターラップ間隔	重錘落下高さ	重錘重量	本数	
150	130	10cm (14本)	75cm	116kg	2	
			150cm		2	
			225cm		2	
200	180	なし	75cm	116kg	2	
			150cm		2	
			225cm		2	
		10cm (18本)	75cm	116kg	2	
			150cm		2	
			225cm		2	
	250	230	10cm (24本)	75cm	116kg	2
				150cm		2
				225cm		2

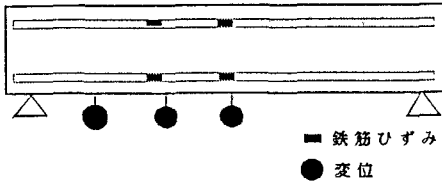


図-3 測定項目

お、衝撃荷重の作用時間を長くするために荷重作用点に厚さ1cmのゴムをひいて実験を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 供試体の破壊形式 静的試験

および衝撃試験の、長さ2.0mのはりから得られたクラック図を、それぞれ、図-4および図-5に示す。静的試験において、スターラップ間隔10cmのものと15cmのものを比べてみると、10cm間隔のはりがクラックが比較的狭い間隔で入っている。また、クラックの間隔がスターラップの間隔とほぼ一致しており、スターラップのあるところでクラックが発生している。

次に衝撃試験のクラック図であるが、重錘の落下高さが75cmの時には、静的試験と同様に縦方向の曲げクラックが確認されているが、落下高さを高くすると、荷重作用点近くでは、荷重作用点に向かって斜めにクラックが発達し、せん断破壊していると言える。図-5の(a)~(c)は重錘の落下高さ225cmの時のものであるが、スターラップなしの供試体では荷重の作用点まで一直線にクラックが達しているが、スターラップのある供試体では途中で分かれたり、屈かないでいることがわかる。クラックの間隔を見ても、静的試験と同じようにクラックの間隔がスターラップの間隔に関係しているようである。

また、図-5(d)のように、スパン中央と支点的中央付近あるいは支点寄りのはり上面に、クラックが見られるものがいくつかあった。これは、クラックがはり上面から入ったものか、底面から上に延びたものかはよく判別できないが、衝撃荷重が作用するはり特有のクラックであると言える。

3.2 荷重-時間関係 図-6に、衝撃試験

における荷重と時間の関係を示す。(a)は、スパン長の異なる3つの供試体を比較したものである。なお、これは重錘重量は116kgf、落下高さが150cmの時のものである。最大荷重にあまり差はなく、また荷重の作用時間もほぼ一致していると言える。ここには示していないが、スターラップの有無や間隔の相違によっても、同様な結果となっている。

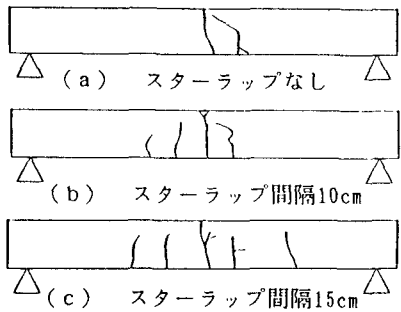


図-4 静的試験クラック図

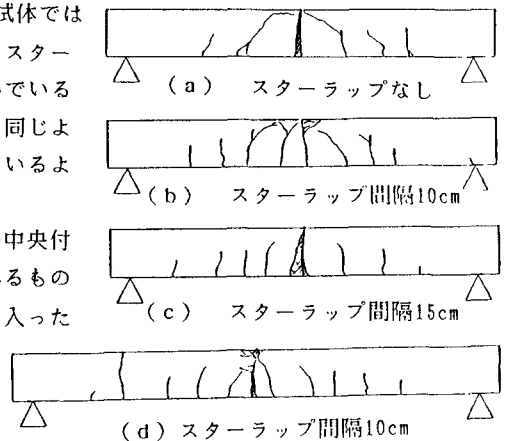
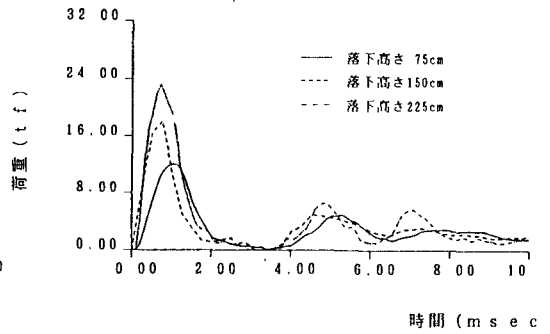
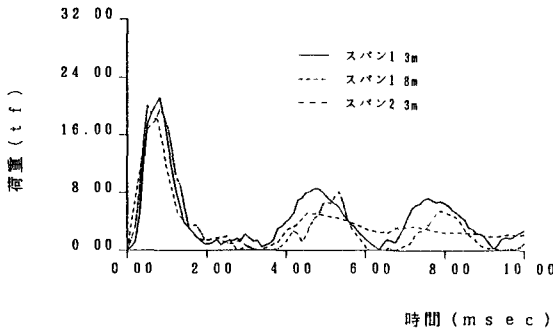


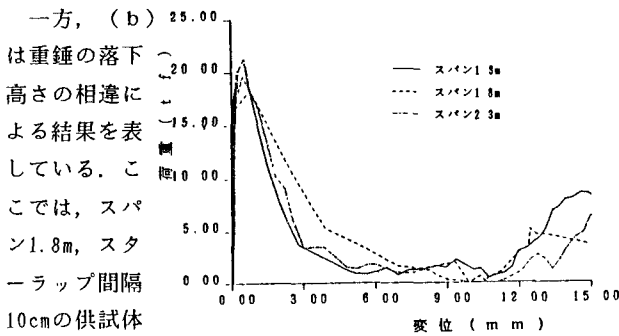
図-5 衝撃試験クラック図



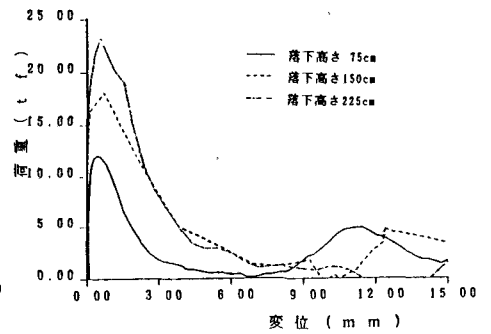
(a) 落下高さ150cm

(b) スパン1.8m (スターラップ間隔10cm)

図-6 荷重-時間関係 (衝撃試験)



(a) 落下高さ150cm



(b) スパン1.8m (スターラップ間隔10cm)

図-7 荷重-変位関係 (衝撃試験)

見てもわかるように, 重錘の落下高さを高くするにつれ荷重が大きくなり, 作用時間も短くなる傾向にあることがわかる.

3.3 荷重-変位関係 3.2で示した供試体について, 作用荷重とスパン中央の変位との関係を表したものを図-7に示す. スパンの長さが違っても, 荷重-変位の関係はそれほど変わっていない. また, 重錘落下高さの大きさの違いによる結果を見ると, 荷重-変位関係は落下高さにより異なるが, 荷重の最大値はほぼ同じ変位のときに生じており, 落下高さが大きいほど見かけ上剛性が大きいことがわかる.

図-8は, 静的試験の荷重-変位関係である. それぞれのスパンによる関係を示している. スパンが長いほど最大荷重が小さくなっており, 最大荷重に達するときの変位は, スパンが短い方が小さい.

静的試験と衝撃試験の荷重-変位関係を比べてみると, やはり, 衝撃試験の方が小さい変位で最大荷重に達している.

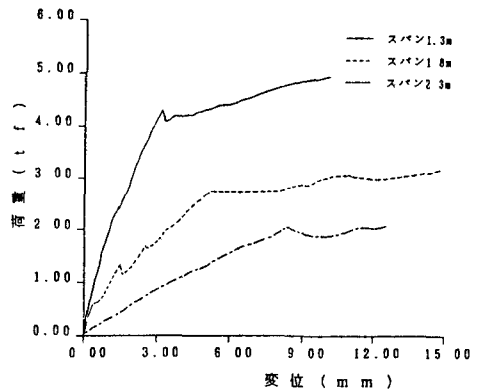


図-8 荷重-変位関係 (静的試験)

3.4 吸収エネルギー

3.3に示した荷重-変位関係により, 吸収エネルギーと落下高さの関係について検討する. ここで, 吸収エネルギーは, 荷重と変位の積で表されるもので, 以下の2つの場合について求めた.

(A) 最大荷重までの吸収エネルギー

図-9に最大荷重までの吸収エネルギーと重錘の落下高さとの関係を示す。(a)は3種類のスパンについて表したものであり、(b)はスパン1.8mのはりの3種類のスターラップ間隔について表している。図中のプロットは、それぞれ、2本の供試体の平均値をとったものである。スパンが短い方が吸収エネルギーが小さく、落下高さが高くなるとエネルギーを吸収しきれずそれほど差がないことがわかる。また、スターラップ間隔による比較では、スターラップのない供試体がエネルギーの吸収が少し大きくなっていることがわかる。これより、スターラップが少ないほど衝撃初期の変形が大きく、打撃点付近により大きな変形(破壊)を生じていることが推論される。

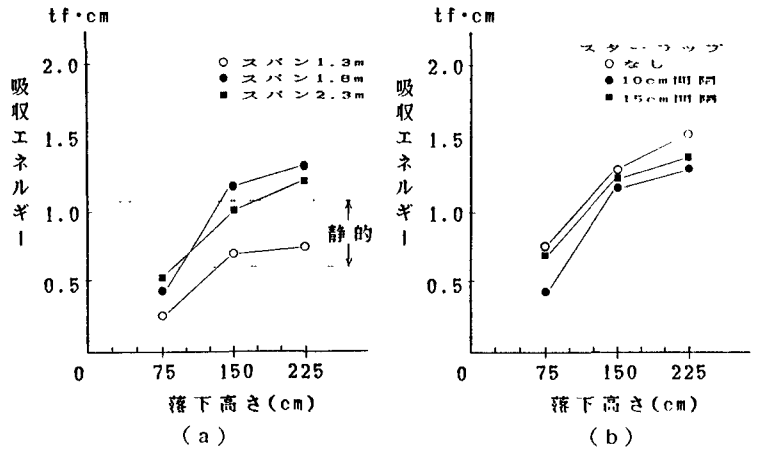


図-9 吸収エネルギー (A)

(B) 静的試験を基準とした吸収エネルギー

静的試験において求められた、引張側の鉄筋が降伏した

ときの変位を用いて、衝撃試験における吸収エネルギーを求めると、図-10のようになる。(A)の場合と同様に比較すると、やはり、スパンが短いと吸収エネルギーが小さいことがわかる。しかし、最高荷重までのエネルギーを考えた場合と逆に、スターラップが少ない程エネルギー吸収が小さくなる傾向が認められる。

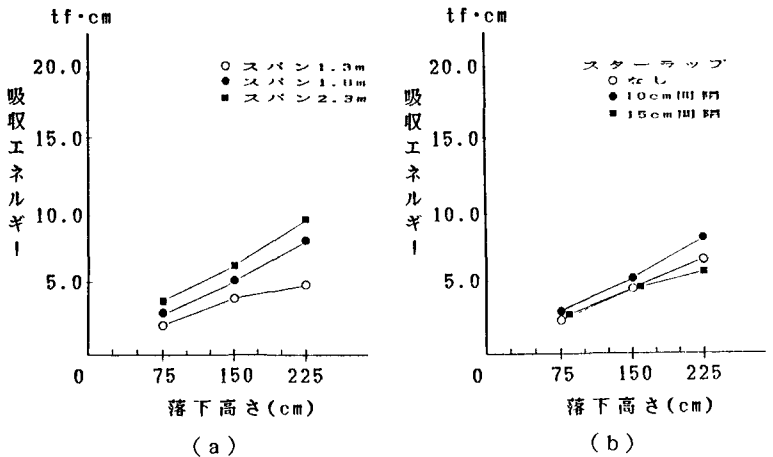


図-10 吸収エネルギー (B)

4. まとめ

本研究は、これまでに行ってきた、衝撃荷重を受けるコンクリート部材の破壊実験をさらに進めるため複鉄筋コンクリートはりの衝撃実験を行い、その衝撃力特性や、吸収エネルギーに与えるスパンの違いやスターラップの影響について検討したが、今後は、解析的にも、衝撃破壊挙動の解明が必要であると考えている。

<参考文献>

- 1) 藤井学, 宮本文穂: 衝撃荷重下におけるコンクリート構造物の挙動, コンクリート工学, Vol. 21, No. 9, pp. 25-36, 1983年9月
- 2) 香月智, 星川辰雄, 石川信隆, 水山高久: 鋼管はりのせん断衝撃実験について, 平成元年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 323-326, 1989年5月