

高速変形するRC床版の終局限界性能に関する実験的研究

防衛大学校 学生員 ○辻本雅洋 学生員 江崎賢治
正員 高橋芳彦 正員 内田 孝

1 まえがき

原子力施設への航空機の衝突、山岳地における落石防護施設への落石、橋脚に対するトラック等の衝突や海洋構造物に対する船舶の衝突などの場合には、構造物は非常に大きな衝撃荷重のため、高速変形を生じて破壊に至る危険性がある。そのため、これらの設計に際しては、RC部材の高速変形時の終局限界性能、すなわち耐力と変形能そしてエネルギー吸収容量を把握する必要がある。そこで、本研究は、RC構造物の主要な部材であるRC床版を対象として、有効高さおよび鉄筋係数をパラメータとした高速載荷実験を行い、高速変形するRC床版の弾塑性応答および終局限界性能を解明することを目的としたものである。

2 実験概要

(1)試験体 試験体は下側のみに鉄筋を配置した単鉄筋コンクリート床版である。

(図-1) パラメータは有効高さ d (Type1~3) および鉄筋係数 $\rho \cdot f_y / f_c$ (ρ :引張鉄筋比, f_y :引張鉄筋の降伏点, f_c :コンクリートの圧縮強度) (Type3~5)とする。試験体の諸元は表-1に示すとおりである。実験時のコンクリートの圧縮強度は平均 325kgf/cm^2 である。

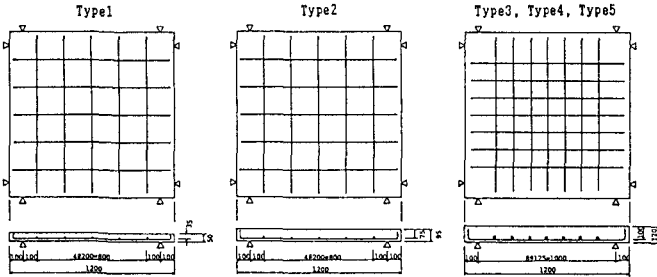


図-1 配筋および形状寸法

(2)載荷方法 載荷は高速変形負荷装置 (図-2) を用いた。この装置は試験体を高速 (0~4m/s) で、しかも等速度で変位させることができる。また、衝突実験では困難な終局限界性能を調べることが可能である。

表-1 試験体の諸元

Type	板厚 (cm)	有効高さ (cm)	使用鉄筋	鉄筋降伏点 (kgf/cm ²)	鉄筋間隔 (cm)	鉄筋比 (%)	鉄筋係数
1	5.0	3.5	D 6	4344	20.0	0.5	0.06
2	9.5	7.5	D 1 0	3742	20.0	0.5	0.06
3	12.0	10.0	D 1 0	3742	12.5	0.5	0.06
4	12.0	10.0	φ 6	2803	12.5	0.2	0.02
5	12.0	10.0	D 1 3	3487	12.5	0.9	0.10

RC床版は4隅点を定着しないスパン1.0×1.0mの4辺単純支持にて、載荷体 (15×15cmの正方形鋼板 (厚さ5cm)) を試験体中央に接触させた状態から高速に変位させ載荷した。変位速度は1~3m/secの間とした。本体7mm

3 実験結果および考察

(1)荷重～変位曲線および破壊状況 荷重～載荷点変位曲線の一例を図-3に示す。

Type1~3は、高速載荷時および静的載荷時ともに、放射状のひび割れ線が生じて十分に曲げ変形した後、載荷面周辺のコンクリートが圧壊して押し抜ける形で破壊した。Type4は、静的載荷の場合十字型の降伏線のみを生じ、その降伏線に変形が集中しながら十分に曲げ変形した後、載荷面直下の鉄筋が破断し破壊した。これに対し、高速載荷時は載荷面周辺に変位が集中し、静的載荷時に比べ局所的な変形が生じたのち鉄筋が破断し破壊した。Type5は、静的載荷の場合塑性変形を生じることなく、載荷面近傍のコンクリートが割裂して脆性的に破壊した。これに対し、高速載荷時は放射状ひび割れが生じて塑性変形を示したのち破壊した。

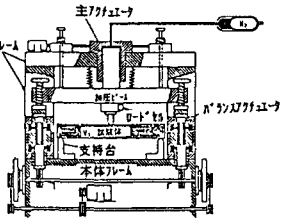


図-2 高速変形負荷装置

(2)耐力 図-4に、耐力と各パラメータとの関係を示す。耐力は、高速載荷の場合は振動の中心線、静的載荷の場合は最大荷重とする。静的載荷、高速載荷ともに、有効高さおよび鉄筋係数が増加すると耐力は増加することがわかる。また、高速載荷時の耐力は静的載荷時に比べ、各タイプとも増加している。これは、Type1~4の場合、ひずみ速度効果による鉄筋の降伏点の増大^[1]およびコンクリートの圧縮強度の増大^[2]によるものと考えられ、Type5の場合は、ひずみ速度効果によるコンクリートの引張強度の増大^[3]によると考えられる。

(3)終局変位量 図-5に、終局変位量と各パラメータとの関係を示す。静的載荷、高速載荷ともに、有効高さおよび鉄筋係数が増加すると、終局変位量は減少し脆性的となることがわかる。また、高速載荷時の終局変位量は静的載荷時に比べ、Type1~3およびType5では増加するのに対し、Type4は減少している。Type1~3の終局変位量の増加は、ひずみ速度の影響によりコンクリート圧縮時の終局ひずみが増加するためであると考えられ、また

Type5の増加は、ひずみ速度効果によるコンクリートの引張強度の増加がコンクリートの割裂を抑えるため、変形が進みR C床版の崩壊メカニズムが完成して塑性変形が生じるためであると考えられる。これらに対し、Type4の高速載荷時の終局変位量の減少は、静的載荷に比べ、変形が載荷部分に集中するためと考えられる。すなわち、高速載荷時の載荷面の変位量が静的載荷時と等しい場合、鉄筋のひずみ量は静的載荷時に比べ大きな値となる。そのため、高速載荷時は静的載荷時に比べ小さな変位量で鉄筋破断するものと推察される。

(4) エネルギー吸収容量 図-6にエネルギー吸収容量と各パラメータとの関係を示す。有効高さの増加(Type1~3)に対し、エネルギー吸収容量は静的載荷、高速載荷ともに増加する。一方、鉄筋係数の増加(Type3~5)に対し、エネルギー吸収容量は高速載荷時のType3が最も大きく他は減少する傾向にある。これは、鉄筋係数の増加による終局変位量の減少が大きく影響するためである。

また、高速載荷時のエネルギー吸収容量は、静的載荷時に比べType4を除いて増加している。これは、高速変形により耐荷力、終局変位量ともに増加するためである。一方、Type4のエネルギー吸収容量の減少は、高速載荷により破壊が局所的になり終局変位量が減少するためであると考えられる。

4 結論

- (1) 高速変形する R C 床版の耐荷力は、静的載荷時に比べ増加する。
- (2) 鉄筋係数が0.06以上の R C 床版が高速変形する場合、終局変位量は、有効高さにかかわらず静的載荷時に比べ増加する。
- (3) 高速変形する R C 床版のエネルギー吸収容量は、鉄筋係数が0.06以上の場合、静的載荷時に比べ増加する。
- (4) 鉄筋係数が0.02付近の R C 床版は、高速変形時、破壊が局所的になり終局変位量およびエネルギー吸収容量が減少する。
- (5) 鉄筋係数が0.10付近の R C 床版は、静的載荷時は脆性的だが、高速変形を受ける場合は、曲げ型の挙動を示し、エネルギー吸収容量が急激に大きくなる。

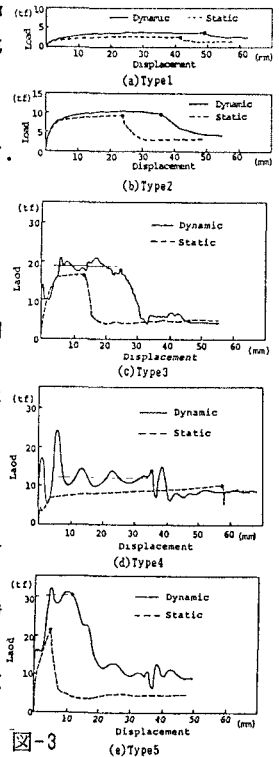
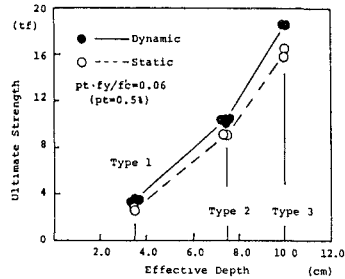
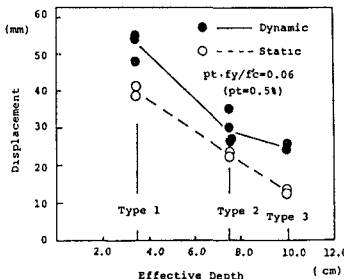


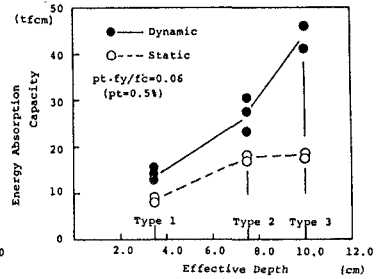
図-3 荷重～載荷点変位曲線



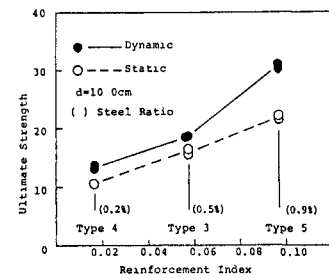
(a) 耐荷力～有効高さ



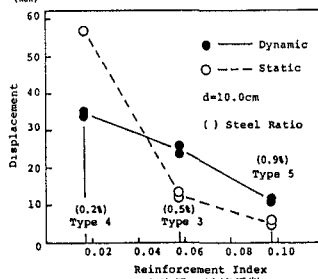
(b) 終局変位量～有効高さ



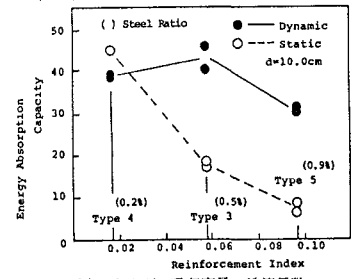
(c) エネルギー吸収容量～有効高さ



(a) 耐荷力～鉄筋係数



(b) 終局変位量～鉄筋係数



(c) エネルギー吸収容量～鉄筋係数

図-4 耐荷力

図-5 終局変位量

図-6 エネルギー吸収容量

- [1] 陸好, 町田: 動的外力を受ける鉄筋コンクリート部材の力学的特性に関する研究, 土論, 354号/V-2, 1985.2
 [2] 竹田, 立川: 高速圧縮荷重を受けるコンクリートの力学的性質とその基本的関係式, 建論78号, 昭.37.10.
 [3] 竹田, 立川: 高速圧縮, 引張りおよび曲げを受ける各種コンクリートの力学的性質, 建論77号, 昭.37.9.