

構造部材の挙動に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究 (その2)

正会員 若林 實^{*1} 同 中村 武^{*2} 同 吉田 望^{*5}
同 岩井 哲^{*3} 同 渡辺 幸広^{*4}

§1. 序 建築構造物の地震時の挙動を調べるために、わが国では過去に数多くの実験あるいは繰り返しの準静的加力実験が行なわれてきた。しかし、地震時には構造物は大きな歪速度で変形し、降伏・破壊に至ることが予想されるが、歪速度、載荷速度の影響を考慮した研究は少ない。本研究は前報⁽¹⁾に引き続き曲げモーメントを受けて破壊する鉄筋コンクリートはりに対する動的及び静的載荷実験と、文献⁽²⁾の成果を基にした解析結果及び動的割裂実験の結果についての報告である。

§2. 動的割裂実験 試験体 直径50mm高さ100mmの円柱状試体を用いた。使用したコンクリートは普通ポルトランドセメント(比重3.16, 4週圧縮強度400 kg/cm²)細骨材として最大粒径1.2mm以下の川砂(表乾状態の比重2.59)、粗骨材として粒径5mm以上10mm以下の川砂利(表乾状態の比重2.55)を用いた普通コンクリートでその重量調合比はセメント:砂:砂利が1:2.20:2.01で、水セメント比62%スランプ値15cmであった。実験時の材令は5週であった。

載荷及び計測方法 載荷には電気油圧式サーボ試験機を用いた。図1に示す様に、

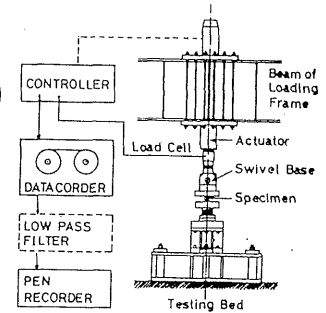


図1 載荷・測定システム

荷重はロードセルによって検出し、データレコーダに記録し、ローパスフィルタを介してリニアコーダに再生した。載荷はストローク速度が一定となる様に制御され、動的3段階、静的1段階と設定された。実験結果 引張強度と静的引張強度の平均値を無次元化し、引張強度-応力速度関係を図2に示す。図中黒丸は各設定段階での応力速度、引張強度の平均値を示し、破線は実験結果から最小自乗法によって求めた回帰直線である。引張強度は載荷速度が増大するにつれ大きくなることわかった。

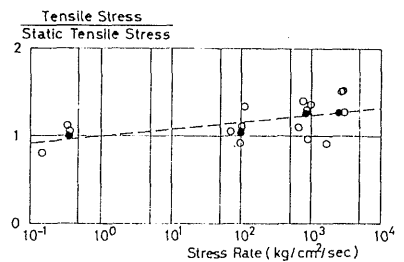


図2 引張強度-応力速度関係

§3. 鉄筋コンクリートはり解析 文献⁽²⁾での実験結果をもとに鉄筋及びコンクリートの歪速度を考慮した応力-歪関係を定式化し解析を行った。

仮定 (1)鉄筋 降伏応力、最大強度は歪速度の常用対数関数について線型に増加するが、歪速度50μ/sec以下では静的の値とする。圧縮引張同形の応力-歪曲線であるとする。弾性係数、歪硬化域での勾配は一定とする。図3に仮定した鉄筋の応力-歪曲線と実験値⁽²⁾を示す。(2)コンクリート 最大応力時歪は歪速度に関わらず一定であり、最大応力は歪速度の常用対数関数について線型に増加するが、歪速度が20μ/sec以下では静的の値とする。応力-歪曲線の形状は最大応力、最大応力時歪を頂点とする2次曲線であるとする。引張強度は無視する。(3)平面保持の仮定が成立する。(4)載荷は単調で曲率速度が一定であるとする。解析方法 曲率速度を与え断面に働く曲げモーメントを逐次近似的に求める。載荷開始後時刻Tで釣合を保っているとし、時間0T後の釣合を求める。中立軸を仮定すると断面の中立軸位置からの任意の高さの歪速度と歪がわかり、断面の応力分布が求められる。軸力の和が零となる中立軸位置が求められるれば断面に働く曲げモーメントが得られる。

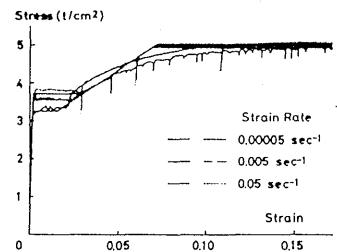


図3 応力-歪関係 (鉄筋)

らず一定であり、最大応力は歪速度の常用対数関数について線型に増加するが、歪速度が20μ/sec以下では静的の値とする。応力-歪曲線の形状は最大応力、最大応力時歪を頂点とする2次曲線であるとする。引張強度は無視する。(3)平面保持の仮定が成立する。(4)載荷は単調で曲率速度が一定であるとする。解析方法 曲率速度を与え断面に働く曲げモーメントを逐次近似的に求める。載荷開始後時刻Tで釣合を保っているとし、時間0T後の釣合を求める。中立軸を仮定すると断面の中立軸位置からの任意の高さの歪速度と歪がわかり、断面の応力分布が求められる。軸力の和が零となる中立軸位置が求められるれば断面に働く曲げモーメントが得られる。

§4. 実験計画 試験体 (1)コンクリート 普通ポルトランドセメント(比重3.15, 4週圧縮強度401 kg/cm²)細骨材として最大粒径1.2mm以下の山砂(表乾状態の比重2.54)、粗骨材として粒径5mmから10mm以下の山砂利(表乾状態の比重2.58)を用いた普通コンクリートで、その重量調合比はセメント:砂:砂利が1:3.06:2.50で、水セメント比60%、スランプ値15cmであった。(2)鉄筋 主筋としてSR24の規格を満すφ6を用い、スターラップとしてφ3を使用した。表1に材料の機械的性質を示す。図4に試験体形状を示す。実験時の材令は42~52週であった。

載荷、計測方法

載荷には電気油圧式サーボ試験機を用いた。図5に示す様に単純支持はり2点載荷とした。

試験部での曲率速度が一様になるために試験体中央と中央より100mm離れた部分のたわみ差を差動トランス

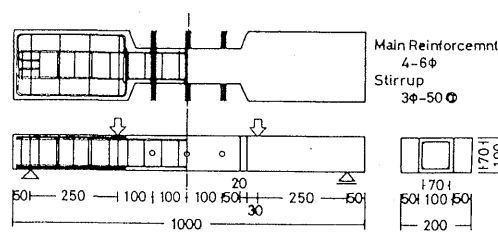


図4 試験体形状

表1 材料の機械的性質

主筋	降伏応力	2.44 t/cm ²
	引張強度	3.73 t/cm ²
	破断伸び	43 %
コンクリート	圧縮強度	215 kg/cm ²
	最大強度時荷	0.215 %

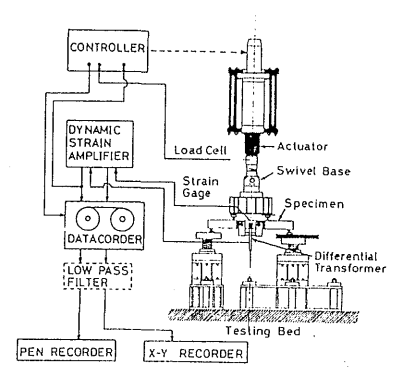


図5 載荷・測定システム

により、計測し、このたわみ差速度が一様となる様に制御した。試験体中央断面において、圧縮側コンクリート表面と、引張鉄筋に電気抵抗線歪ゲージを各2枚貼布して歪を計測した。荷重はアクチュエータにとりつけられたロードセルにより、検出した。データは動歪アンペアを通してデータレコーダに記録し、ローパスフィルターを介してリニアペンレコーダまたはX-Yレコーダに出力した。

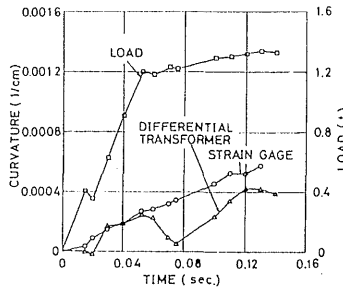
§5. 実験結果

図6(a),(b)に動的載荷実験での荷重及び、差動トランス、歪ゲージ

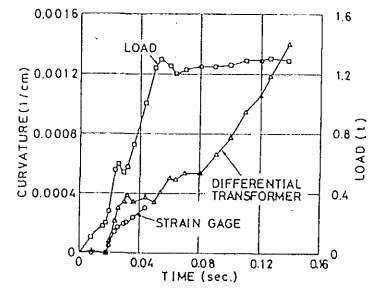
からの出力から求められた時刻歴を示す。図7に荷重-たわみ差関係を示す。

図中、試験体実測寸法、材料定数、実験での降伏時前後の曲率速度を用いた解析値が同時に示されている。図8に最大荷重-曲率速度関係を示す。図中破線は、曲率0.005 cm⁻¹での解析における荷重を示している。静的載荷後の試験体を、写真1(a),(b)に、動的載荷後の試験体を、写真2(a),(b)にそれぞれ示す。

考察 終局状態では、静的載荷の場合中央部を中心にひびわれが入り最大のひびわれは中央部に発生した。一方、動的の場合、ひびわれは中央部に認められたが、最大のひびわれは中央部より150mm離れた断面が変化する部分に発生した。実験値の降伏耐力は解析値より30%程度高い。この原因としてラムの加速度によって生ずるロードセル以下の質量による慣性力の影響について検討した。図9は試験体NO4に対する結果である。これから、降伏近傍では0~0.4g程度の加速度があり、これにより降伏耐力は0~40kg程度の影響を受ける可能性がある。しかし、この慣性力の影響だけでは解析値と実験値の差を十分説明できない。



(a) 試験体 NO. 2



(b) 試験体 NO. 4

図6 荷重及び曲率の時刻歴

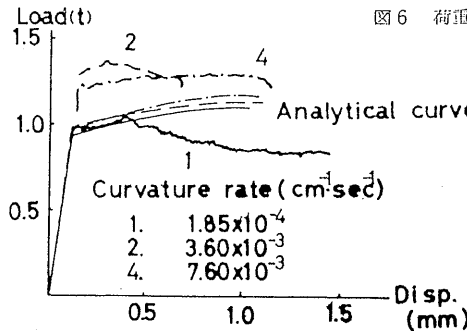


図7 荷重-たわみ差関係

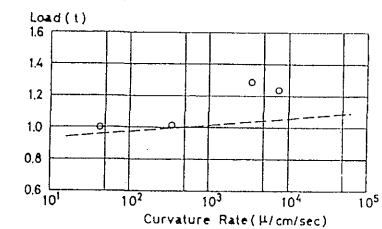
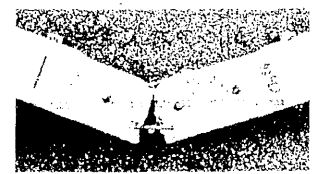


図8 荷重-曲率速度関係

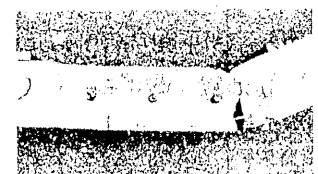


(a) 試験体 NO. 1

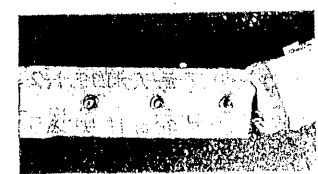


(b) 試験体 NO. 3

写真1 静的載荷後の試験体



(a) 試験体 NO. 2



(b) 試験体 NO. 4

写真2 動的載荷後の試験体

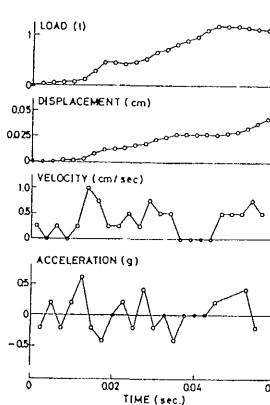


図9 荷重、ラム変位、ラム速度及びラム加速度の時刻歴

本研究は昭和52、53年度文部科学省科学研究費補助金（一般研究）C NO. 255219（代表者若林貴）による。

<参考文献>

- 1) 若林、中村、吉田、岩井、渡辺「構造部材の挙動に及ぼす載荷速度の影響に関する実験的研究(第1)」日本建築学会大会要覧、昭和54年9月 pp1043~1044
- 2) 若林、中村、吉田、岩井「鉄筋コンクリート部材の応力-歪関係に対する速度の影響(第1)、(第2)」日本建築学会大会要覧、昭和53年9月 pp1545~1548

*1 京都大学防災研究所教授、工博

*2 同 助教授

*3 同 研修員

*4 同 大学院生

*5 佐藤工業