

## R C One Point Advice 2

### せん断破壊 vs. 曲げ破壊 梁・柱部材における宿命的バトル -

「構造部材が、最終的に曲げ破壊するか、せん断破壊するか」---これは、構造工学の基本的な課題である。それ故、古来より多くの実験/解析/設計手法が研究されてきた。なかんずく、梁部材や柱部材による載荷実験はとくに中心的な研究対象であり、この半世紀の間、世界各国にて（もちろん、我が国の建築/土木の両分野において）、活発に行われてきた。特に、鉄筋コンクリート梁/柱部材による載荷実験は、ある意味、大学研究室活動の華やかな一面でもあり、ここにその実験結果（終局時の破壊の様子）を例示したい。

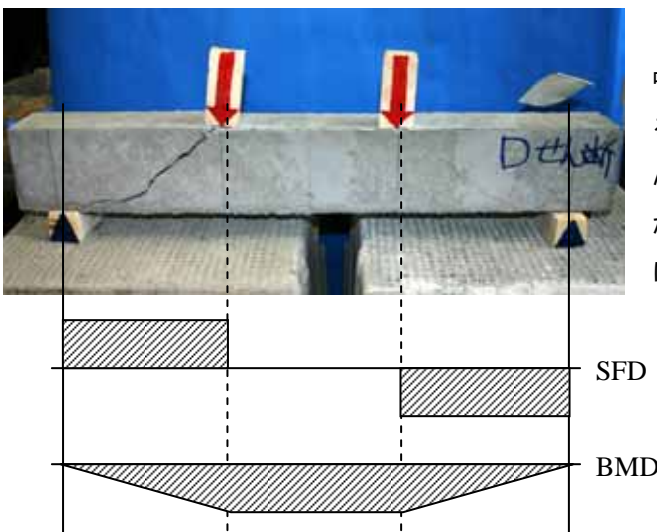
題して、「せん断破壊 vs. 曲げ破壊：宿命的バトル」..... 鉄筋コンクリート構造学の古くて新しい課題である。

一般に、構造形状とせん断スパン比などによって、両断面力の比率が決まり、一方、断面特性（断面耐力）は、断面寸法、主鉄筋量、せん断補強筋量によって算定される。宿命的バトル（せん断破壊か曲げ破壊）は、これら両者の兼ね合いによって決定され、曲げ破壊先行/せん断破壊回避が、耐震設計上の掟でもある。



(a)曲げ破壊

中央支間（純曲げ区間）にて、曲げひび割れが下縁から3~4本程度発生し、中立軸にまで及んでいる。やがて引張鉄筋が降伏し、その後圧縮側（上縁側）のコンクリートが圧縮破壊し、終局に至った。



(b)せん断破壊

中央支間にて曲げひび割れが数本発生するが特に発達せず、同時に、左右両側のせん断スパン腹部にて、微細な斜めひび割れが認められた。左側せん断スパンにて急激に斜め割れが発達/開口し、終局に至った。

写真1 対称2点載荷RC梁の載荷試験 - 試験体の終局状態と断面力分布

・梁部材の載荷試験：

写真1の例は、対称2点載荷による鉄筋コンクリート梁（単純梁形式）の載荷試験であり、まずは、ひび割れの展開と破壊の様子を観察してもらいたい。これは、武蔵工業大学都市工学科の実験演習(3年生配当科目)にて、製作/試験したもので、断面が70mm×100mm、長さ700mmの言わば世界最小級のRC試験体であろう。

このときのせん断力図 S.F.D.と曲げモーメント図 B.M.D を画像直下に付記した。すなわち、梁部材の場合、部材中央支間にて曲げ破壊するか、両側のせん断スパン（実際はどちらか）にてせん断破壊するか、最も興味あるところである。多くの実験では、予め、曲げ破壊またはせん断破壊を想定して、実験計画（試験体の設計）を立てるが、予測（計算）通りにいかないこともある。



(a) 曲げ破壊

正負交番繰返し載荷により基部にて激しく損傷を受けている（被りコンクリートの剥離、および軸方向筋の降伏）。しかし、適切な配筋（特に帯鉄筋の拘束）により塑性ヒンジが形成され、十分な部材靱性が保持されていた。最終的には、コアコンクリートの圧縮破壊、軸方向筋の破断などにより、終局に至った。



(b) せん断破壊

荷重初期においては、正負交番繰返し載荷により曲げひび割れとせん断ひび割れが認められるが、特には発達しない。そして、突然、柱部材中腹にせん断ひび割れが発生し、大音響とともに崩壊した（荷重が急激に低下した）。右方向への載荷によるせん断破壊であることを確認されたい。

写真2 RC単柱部材の片持ち式載荷試験 - 試験体の終局状態 -

・柱部材の載荷試験：

このような破壊形式は柱部材においてさらに重要である。具体的には、耐震設計における靱性確保、想定外の巨大地震に対する曲げ破壊型の保証、または、せん断破壊の回避などがキーワードであり、近年の耐震設計上の論点である。

写真 2 は、RC 単柱部材を下部にて固定、頭部にて加力した片持ち式載荷試験であり、試験体は試験後の終局状態である。このような柱部材の載荷試験（耐震性能試験）では、変位制御にて正負交番繰返し載荷を行い、終局となるまで徐々に変位を増大させる。写真 2 では、(a) 曲げ破壊、(b) せん断破壊であり、再度、その様相を目視されたい。

このような載荷実験に実際に立ち会うと、変位を増大に従って、両断面力（せん断力と曲げモーメント）が増加し、ひび割れ、コンクリートの剥落、鉄筋降伏（計測でわかる）があちこちで起こり、まさに破壊間近ということが現場での臨場感から伝わってくる。このとき、基部では最大曲げモーメントを主鉄筋（軸方向筋）によって支え、柱全般に斜めひび割れが散在するが、帯鉄筋が必死に耐えていることが、変形の様子、ひび割れの進展と開口幅の増幅、および試験体からの音響、などから推察できる。

まさに、せん断破壊 vs. 曲げ破壊：因縁の対決 がこちらにも伝わってくる。