

コンクリートはりのせん断力に対するビーム機構とアーチ機構

せん断補強筋が配置されていないコンクリート部材断面にせん断力が作用する場合、応力の状態に応じて全く異なる二つの耐荷機構、すなわちビーム機構及びアーチ機構によってせん断力に抵抗することが知られている。これは、鉄筋の引張力 T によるモーメントの式を、鉄筋に沿って微分することで得られる以下の式から、理論的に導かれる。

$$V = \frac{dM}{dx} = \frac{d}{dx}(Tz) = \frac{dT}{dx}z + T \frac{dz}{dx} \quad \dots (1)$$

ここで、 V は断面に生じるせん断力、 M は断面に生じるモーメント、 z はコンクリートの圧縮域の中心と鉄筋の引張力との距離、 x は鉄筋に沿った距離である。それぞれ、第一項がビーム機構によるせん断抵抗、第二項がアーチ効果によるせん断抵抗を表している。

いま、コンクリートの圧縮域と引張鉄筋との距離が一定とすれば、第二項がゼロとなり、第一項でせん断力に抵抗することになる。また、第一項に含まれる鉄筋の引張力 T の微分は、鉄筋とコンクリートとの付着応力に等しく、これが抵抗の主要因となる。図-1(b)に示すように、この場合の耐荷機構では、隣接したひび割れと圧縮域で形成されるカンチレバー（片持ちはり）によりせん断力に対抗する。なお、このときの耐荷機構として「はり」を形成することから、この抵抗機構をビーム機構と呼んでいる。このカンチレバーには、自由端で鉄筋からの付着力が作用し、ひび割れ面から骨材の摩擦抵抗などが作用する。載荷荷重の増加に伴い、これらの作用力の増加とともにカンチレバー固定端の領域が減少し、最終的にビーム機構が消失して斜め引張破壊などに至る。

一方、鉄筋とコンクリートとの付着力が失われる場合、鉄筋の引張力が変化しないことになる。このとき、ビーム機構である第一項はゼロとなり、第二項によってせん断力に抵抗する。すなわち、コンクリートの圧縮域の中心と鉄筋の引張力との距離が変化する耐荷機構を形成し、せん断力に対して抵抗することになる。図-1(a)示すように、このとき圧縮域によるアーチが形成されることか

ら、この耐荷機構をアーチ機構と呼んでいる。アーチ機構によって達成されるせん断耐荷力は、斜め圧縮応力度に対する抵抗力で定まることになる。

以上のように、はり部材に作用するせん断力はビーム機構及びアーチ機構の二つの異なる機構によって達成される。しかし、実際には、鉄筋のすべりやコンクリートのひび割れ、その他の原因によって、ビーム機構に必要な付着力が完全には伝達されず、ビーム機構とアーチ機構が共存した形のメカニズムでせん断に抵抗する。

また、スターラップを有するはりにおいても同様の機構が成り立つが、このような耐荷機構は矩形断面のはりを想定している。一方、スターラップを有するT形断面のはりでは、上フランジの存在で圧縮域の応力が立体的に分布することから、せん断力に対する挙動が矩形断面のはりとは異なる。一般に、圧縮側のフランジがない矩形断面に比べ、圧縮側のフランジを有するT形断面の方が、せん断力に対する抵抗力が増加する。設計上は、安全側にこのような圧縮フランジの効果を見込まないが、補修設計など実耐荷力の評価を行う場合には、適切に圧縮フランジの効果を見込む必要がある。しかし、圧縮フランジの効果については未解明な部分もあり、鋭意研究が進められている。

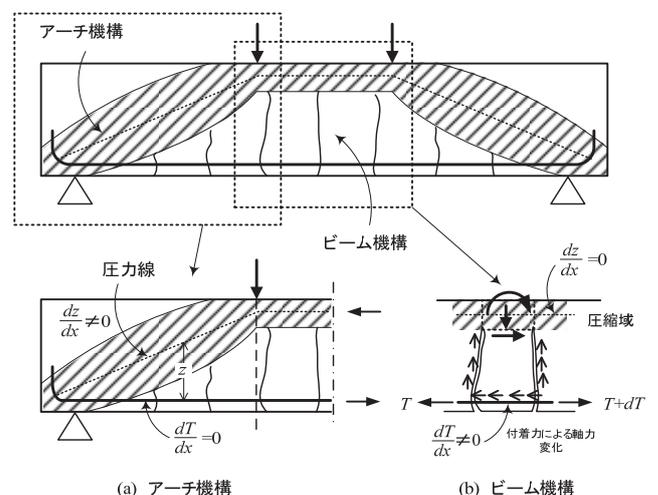


図-1 アーチ機構(a)とビーム機構(b)