

V-22

集中荷重を受ける両端固定無筋コンクリート梁の強度とアーチングアクション

秋田大学大学院 学生員 ○伊藤 宏幸
 秋田大学 奥山 佳史
 秋田大学 フェロー 川上 洵

1. はじめに

近年、桁橋の鉄筋コンクリート床版において、塩害による鉄筋の腐食とそれともなうコンクリートの劣化が問題となっている。そこで、コンクリート床版の耐久性向上の目的で、コンクリート内部に鉄筋を配筋せず、コンクリートの外部に鋼板(ストラップ)設置する方法がある。約10年前に、カナダで開発された無鉄筋コンクリート床版と呼ばれるこのシステムは、床版上に外力が作用したとき、ストラップが引張を受け持つと同時にコンクリート内部に圧縮が発生するアーチングアクションにより、構造体がタイドアーチのような挙動を示すことに基づいている。本研究は、上記の無鉄筋コンクリート床版におけるアーチングアクションを明らかにするために、集中荷重を受ける両端固定支持の無筋コンクリート梁を対象として、アーチングアクションの効果を解析するとともに、終局耐力を明らかにしたものである。

2. アーチングアクションの理論

2.1 仮定

図-1(a)のように、両端固定梁に集中荷重が作用するとき、ひび割れ発生まで全断面有効とし、ひび割れ発生後は、コンクリートの引張応力を無視する。ひび割れ位置は、梁の中央及び両端である。アーチングアクションの理論においては、荷重が増大すると、端部と中央の断面の半分は剛体のまま、端部と中央で梁が θ だけ回転すると仮定する。端部と中央に圧縮力 $P(u)$ が生じ、圧縮力の作用位置間の距離 $r(u)$ との積の抵抗モーメントを考慮する。

2.2 材料特性

図-2に解析で用いるコンクリートの応力-ひずみ関係を示す。圧縮応力は、圧縮強度に達するまでの応力-ひずみ関係を2次放物線とし、放物線以降は一定とする。引張応力は、引張強度に達するまでの応力-ひずみ関係を線形と仮定する。

2.3 基礎式

ひび割れが生じた梁を、図-1(a)に示す。また、ひび割れ発生後の梁の端部と中央接触領域における幾何学的関係を、図-1(b)に示す。

梁のスパンを $2L$ とし、断面の高さを $2d$ 、幅は b とする。梁のスパン中央における断面の高さの中心線の変位は w とする。変形に伴う回転角を θ とし、 αd は接触部の長さである(α は係数)。

圧縮縁から任意の接触部までの位置を、座標 y により表す。 y_a は圧縮力 $P(u)$ の作用位置である。

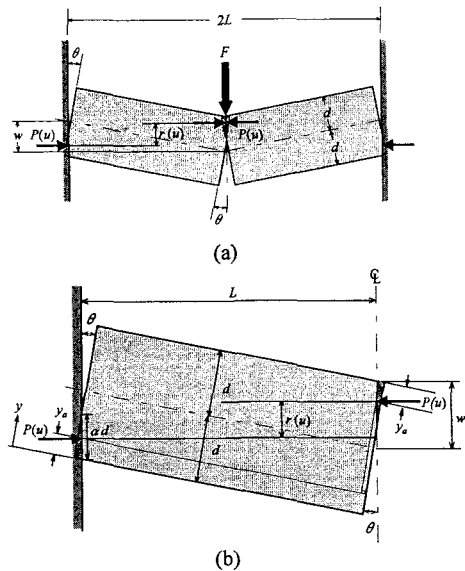


図-1 モデル化されたコンクリート梁

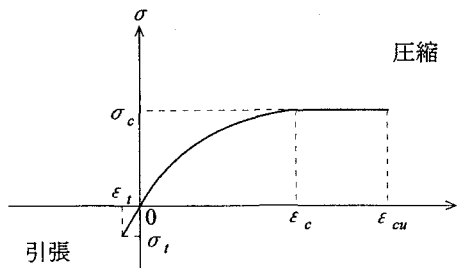


図-2 コンクリートの応力-ひずみ関係

本理論で用いる基礎式を表-1に示す。

無次元化した変位 u を式(1)のように定義する。 ε_c を用いて無次元の係数 R を式(2)のように定義する。任意の位置 y におけるひずみ ε は、 u, R を用いて式(3)で表される。

梁の端部と中央の接触領域に分布する応力の合力 $P(u)$ をアーチング力と呼び、式(4)となる。抵抗モーメント $M(u)$ はアーチング力によるモーメントで、式(5)で与えられる。表-2にアーチング力 $P(u)$ と抵抗モーメント $M(u)$ の詳細を示す。

抵抗モーメント $M(u)$ は、外力 F により生じる曲げモーメントの釣合いから、式(6)が成り立つ。式(1)より、 $M(u)$ は変位 w の関数である。したがって、式(6)より荷重-変位関係が求まる。

表-1 基礎式

$$\begin{aligned} u &= \frac{w}{2d} & (1) \\ R &= \frac{\varepsilon_c L^2}{4d^2} & (2) \\ \frac{R\varepsilon}{\varepsilon_c} &= u \left(1 - \frac{y}{d} - \frac{u}{2} \right) & (3) \\ P(u) &= \int \sigma b dy & (4) \\ M(u) &= r(u)P(u) & (5) \\ M(u) &= \frac{F}{2} L & (6) \end{aligned}$$

表-2 アーチング力と抵抗モーメント

R の範囲	u の範囲	$P(u)$	$M(u)$
$R \geq \frac{1}{2}$	$u > 0$	$\sigma_c b d \left\{ -\frac{u^2}{3R^2} \left(1 - \frac{u}{2} \right)^3 + \frac{u}{R} \left(1 - \frac{u}{2} \right)^2 \right\}$	$\sigma_c b d^2 u \left(1 - \frac{u}{2} \right)^2 \left\{ -\frac{7u^3}{24R^2} + \frac{5u^2}{6R^2} - \frac{u}{2R^2} - \frac{5u}{3R} + \frac{4}{3R} \right\}$
$R < \frac{1}{2}$	$0 < u \leq 1 - \sqrt{1 - 2R}$		
$R < \frac{1}{2}$	$1 - \sqrt{1 - 2R} < u$	$\sigma_c b d \left(1 - \frac{u}{2} - \frac{R}{3u} \right)$	$\sigma_c b d^2 \left\{ \left(1 - \frac{u}{2} \right)^2 - u \left(1 - \frac{u}{2} \right) - \frac{R^2}{6u^2} + \frac{R}{3} \right\}$

3. 数値計算と考察

スパン $2L=40\text{cm}$ 、幅 $b=6\text{cm}$ 、高さ $2d=4, 6, 8, 10, 12\text{cm}$ ($d/L=0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3$) のとき、 $\sigma_c=30\text{N/mm}^2$ 、 $\sigma_t=3\text{N/mm}^2$ 、 $\varepsilon_c=2000 \times 10^{-6}$ 、 $\varepsilon_{cu}=3500 \times 10^{-6}$ 、 $\varepsilon_t=200 \times 10^{-6}$ とする。

以上の条件を用いて、数値計算を行った結果、図-3に示すような荷重-変位関係が得られた。図-3は、弾性解析とアーチングアクションを考慮した解析を重ね合わせた結果を示している。荷重の最大値すなわち終局耐力は、図-1(b)の $y=0$ におけるひずみが ε_{cu} に達した時である。図-3より、 d/L の値が大きくなると、アーチングアクションによる効果が大いことがわかる。また、終局耐力は、ひび割れ発生荷重より6~7倍大きい。

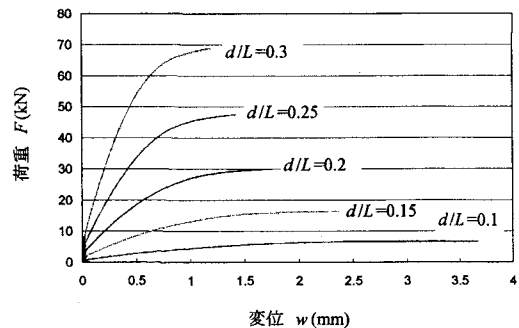


図-3 荷重-変位曲線

4. まとめ

本研究では、両端固定無筋コンクリート梁のアーチングアクションの効果を解析し、ひび割れ発生荷重と比較して、大きな終局耐力が得られることを示した。無鉄筋コンクリート床版は、両端固定の支持よりむしろ、バネ支持されていると考えられるので、支点到バネ定数を考慮した解析が、今後の課題である。

参考文献

1) E.L.McDowell, K.E.McKee, A.M.ASCE, and E.Sevin : Arching action theory of masonry walls. ASCE Journal of Structural Engineering, 1956, 82, No. ST2, 915-1-915-18