

V-71 軽量骨材を用いた鉄筋コンクリートばりのせん断強度に関する基礎的研究

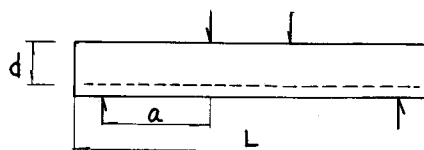
名古屋工業大学 工博 正 吉田 弥智
大成建設広島支店 工修 正 松井 裕

1. まえがき

本研究はカニ氏の理論に基づき曲げとせん断をうける鉄筋コンクリートばりの、いわゆる、せん断破壊についての内部機構を解明し、その結果に準じてR.C.ばりのせん断強度を追及したものである。また、現在のウェブ補強筋(スターラップ)の配筋方法が適切なものか、スターラップがより有効に働らく配筋方法はないか、という事柄についてもスターラップの機能を追及しながら研究した。

2. 実験材料および実験方法

が試体は鋼板型枠を用いて作製した。鉄筋はすべて異形を用い、セメントは早強ポルトランドセメントを用いた。が試体諸元、載荷方法は図2-1のとおりである。



$$\begin{aligned} a/d &= 1.4 \sim 4.8 \\ L &= 150\text{cm} \sim 330\text{cm} \\ P &= 1.1 \sim 3.4 \end{aligned}$$

図 2-1

3. 腹鉄筋を有しない鉄筋コンクリートばりのせん断解析

鉄筋コンクリートばりは、荷重の増加とともに、はり底面に曲げ引張ひび割れを生じ、桁状構造物になる。その際、はりの圧縮部は、あたかも桁の背の様相を呈する。さらに荷重が増加するとひび割れは載荷方向に傾き、それが進行すると桁状コンクリートばりの底部が破壊され、桁の背の部分がはりのこされる。そして鉄筋コンクリートばりはタイドアーチ状構造物になる。したがって鉄筋コンクリートばりの解析にあたっては全く異なった二つの構造物として考えるのが妥当である。すなわち、荷重が桁状構造物の耐力をこえず構造物がはりとして挙動する場合と、底部が破壊されたのち構造物が全く異なった性質をもつ、タイドアーチとして挙動する場合である。

3-a) コンクリート底部の耐力

荷重の増加とともに、曲げ引張ひび割れによって別けられ桁状ばりのコンクリート底部には付着力による力 ΔT が作用しており、コンクリート底部は、はりの圧縮部に定着された短い片持ばりであり、そこに力 ΔT が作用しているとみなせる。したがって、水平力 ΔT を受ける短い片持ばりである底部は曲げを受け、その軸は曲線となる(平面保持の仮定の矛盾)。図3-1のような模型を使うことによりコンクリート底部の耐力を求めると

$$f_c = \frac{M}{I} y = \frac{\Delta T \cdot S}{b (\Delta x)^2 / 6} \quad (3-1)$$

これを発展することにより、

$$M_{cr} = M_0 \frac{\Delta x}{S} \cdot \frac{a}{d} \quad (3-2)$$

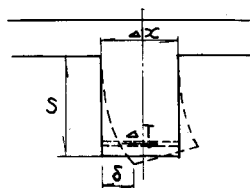


図 3-1

がえられる。 M_0 、 $\Delta x/S$ は、はり断面が与えられればわかるものであり M_{cr} は a/d の関数である。

3-6) タイドアーチ状に移行した鉄筋コンクリートばりの耐力

鉄筋コンクリートばりのタイドアーチへの移行は、確かに部材構造物を弱くするが、しかし、これは荷重がコンクリート部材の耐力をこえた時、タイドアーチを破壊することを意味しない、時にはタイドアーチの耐力が著しく大きいこともある。それゆえ鉄筋コンクリートばりの内部の状態を注意深く観察することによって破壊時におけるタイドアーチの内部機構を究明してみた。オコビひび割れ、オコビひび割れ発生後のばりの内部応力曲線の変化、中立軸の変化、圧縮部の応力分布の変化等を考察することによりタイドアーチの耐力は、

$$M_{CR} = \frac{M_{FL}}{K} \cdot \frac{d}{a} \quad (3-3)$$

なる結果をえた。これを見るとタイドアーチ状のばりの耐力は a/d に反比例することがわかる。

3-7) 斜め破壊(せん断破壊)の解析

図3-2は式3-2, 3-3を組み合わせたものである。このグラフで a , b 点は重要な意味をもつ、そこで b 点における a/d について考えてみよう。ここにおいて、

$$M_{FL} = M_{CR} = M_0 \cdot \frac{\Delta x}{S} \cdot \frac{a}{d} \quad (3-4)$$

$$(\alpha)_b = (a/d)_b \text{ とすると}$$

$$(\alpha)_b = \frac{M_{FL}}{M_0} \cdot \frac{S}{\Delta x} \quad (3-5)$$

曲げ破壊時における主鉄筋の応力度を f_s とすると、

$$\frac{M_{FL}}{M_0} = \frac{bd^2 \rho f_s}{(1-r/2)(f_c'/6)bd^2} = \frac{6\rho f_s}{f_c'} \quad (3-6)$$

上式より

$$(\alpha)_b = \frac{6\rho f_s}{f_c'} \cdot \frac{S}{\Delta x}$$

したがってコンクリート部材の耐力は

$$M_{CR} = M_{FL} \cdot a / (\alpha)_b \cdot d$$

となる。

つぎに a 点について考えてみよう。この点においてタイドアーチとコンクリート部材の耐力は等しいから

$$\frac{M_{FL}}{(\alpha)_a} \cdot \frac{a}{d} = \frac{M_{FL}}{K} \cdot \frac{d}{a}$$

したがって最小 a 点の a/d は $(\alpha)_a = \sqrt{(\alpha)_b} / K$ と示される。この点における荷重伝達能力は、

$$(M_{CR})_a = \frac{(\alpha)_a}{(\alpha)_b} \cdot M_{FL}$$

で示される。

3-8) 考察

この理論を実証する為に行なった実験結果の一部を図3-3に示す。これを見ると実験値は以下の理

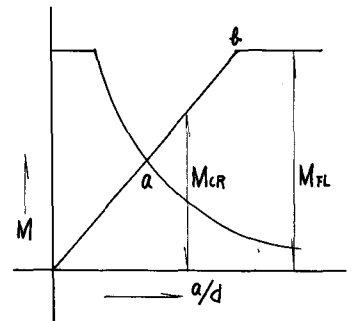


図 3-2

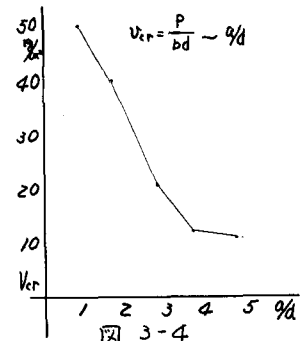
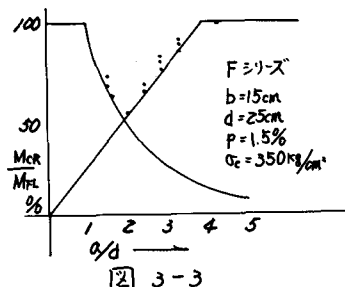


図 3-4

論式にそって分布している。このことは筆者が行なった鉄筋コンクリートはりのせん断破壊機構に関する解析が適切なものであったことを証明している。また、図3-4は a/d と V_R をプロットしたものであるが、これを見ると a/d の変化とともに V_R が大きく変化していくことがわかる。このことは、現在の示方書の規定、すなわち、コンクリートの圧縮強度により、せん断許容能力を規定しているのは、実際の破壊強度にフィットしないものであることがわかる。



4) 腹鉄筋を有する鉄筋コンクリートはりのせん断破壊機構 (腹鉄筋の機能とその有効性について)

コンクリートの引張強度は圧縮強度より小さいからひび割れの方向は、つねに主引張応力の方向に対して直角であり、また圧縮曲線も主引張曲線に対して直交するから、引張ひび割れは圧縮曲線にそって進行する。そして、さらにそれらが進行すると、コンクリートはりに数個のアーチが形成される。いまこれらの数個のアーチをみると次のような2種のアーチがあるのに気付く。

Type I. 外部支承をもつアーチ

Type II. 外部支承をもたないアーチ

4-a) 腹鉄筋の機能

従来、腹鉄筋の機能はひび割れを阻止し、分散することであり、その挙動を通じて構造物のせん断力(斜め引張力)伝達に寄与するというのが定説であった。しかし筆者が行なった実験では、いちがいにすべての腹鉄筋がそのような機能を実果するというのは適切ではないと思われるのである。すなわち、せん断スパン中の腹鉄筋の位置によって、その機能が異なるのである。

載荷点から0.6a以内の所のその機能はタイプIIのアーチの内部支承として働く、ここで重要なことは腹鉄筋の定着の質である。すなわち、腹鉄筋が機能を十分に果す為には、タイプIのアーチ中に堅固に固定しておく必要がある。このことを考慮すると、この部分の腹鉄筋は垂直スタースラップより斜めスタースラップがより効果的と思われる。

つぎに0.6a以上の所の腹鉄筋の機能はこの部分に生ずる水平せん断力、もしくは、垂直方向にはたらく引張力に対するものであり、0.6a以内の腹鉄筋とは全く機能を要している。

4-b) 腹鉄筋が効果的でない部分

実験結果より次の2ヶ所の腹鉄筋は効果的でないばかりではなく、ある場合には悪影響を及ぼす。
支承付近、載荷点付近、

4-c) 効果的はスタースラップの配筋

以上の結果より、次のような配筋指針がえられる。

- i). はり内部に付加的なアーチ支承を腹鉄筋によって作成し、同時にこれらのアーチ支承反力をタイプIのアーチに伝達する。
- ii). コンクリートにITによってこれらの反力を外部支承まで、伝達することができるから、この部分には斜め破壊に対する腹鉄筋は不必要である。
- iii). 荷重P付近のせん断破断式において内部支承は不必要である。

⇒. 載荷点から $0.6a$ 付近に水平せん断力, もしくは主鉄筋面に垂直な引張力に対する補強筋をいれる。

図3-5はこれらの指針にしたがって配筋された鉄筋コンクリートはりを示す。

4-e) 考察

ここに得られた腹鉄筋の配筋指針を, 従来のせん断強度理論(トラス理論)によって配筋されたはりと比較してみるとより合理的であり, 実際の斜め破壊機構に即したものである。

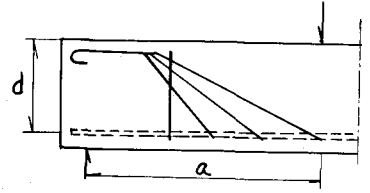


図 3-5

まとめ。

筆者が行った実験はごく小さな範囲のものであり, これを一般的に適用するにはほとんど違っているものである。すなわち, 供試体の大きさ(長さ, 中, 高さ), 鉄筋の種類(丸, 異形), 圧縮鉄筋の影響, 載荷様式, ロードファクター等, 実際におこりうるすべての場合を想定しなければならぬだろう。しかし, ここに表出した理論式は鉄筋コンクリートはりの斜め破壊の傾向を示す式として有意義である。そしてまた, 鉄筋コンクリートはりのせん断破壊という問題にとりくむ基本的姿勢において, 大いなる成果がえられた。

この論文を作製するにあたり終始, 御指導いただいた荒井利一郎, 吉田環智, 両博士に對し, 感謝する次第である。

参考文献

1. 鉄筋コンクリート設計方法 吉田徳次郎著
2. 鉄筋コンクリート梁にフックの研究 坂 静雄 著
3. 鉄筋コンクリート梁のせん断破壊機構 神山 一 著
4. 人工軽量骨材コンクリート(土木構造物への応用)
岡田 清
西村新蔵 著
千葉静雄

5. A General Flexural Theory of Reinforced Concrete By Hjalmar Granholm
6. Significance of Dowel Forces on the Shear Failure of Rectangular Reinforced Concrete Beams
By D.N. Acharya
K.O. Kemp
7. Basic Facts Concerning Shear Failure By G.N. Kanj