

V-439

横拘束鉄筋を配置したアンボンドP C連続はりの耐荷特性に関する研究

(株)富士ピー・エス	正会員	西永 卓司
大阪工業大学	正会員	小林 和夫
大阪工業大学	正会員	井上 晋
大阪工業大学	正会員	仁枝 保

1. はじめに

本研究ではアンボンドP C連続はりに対して静的曲げ載荷試験を実施し、コンクリートに対する横拘束鉄筋の有無が最大曲げ耐力、P C鋼材応力、変形特性、曲げモーメント再分配挙動などに及ぼす影響をボンドタイプとの比較をもとに検討するとともに、非線形解析を実施して実験値と比較検討した。

2. 試験概要

供試体は、図-1に示す幅×高さ×全長=10×16×330cmの長方形断面の2スパン(2×145cm)連続はりで、P C鋼棒(φ9.2mm, φ13mm)を用いて断面上下に対称配筋した。P C鋼材は、グリース充填プラスチックシース被覆型のアンボンドタイプと金属製シース内にセメントペーストグラウトを注入したボンドタイプの2種類とした。いずれもP C鋼材の緊張力は $0.6f_{py}$ (f_{py} :実降伏点)とし、コンクリートの目標強度は450kgf/cm²(平均実強度 $f_c'=544$ kgf/cm²)とした。横拘束鉄筋の配置としては、U型スターラップ(D6)の底部を圧縮側にして配置したものを横拘束鉄筋、引張側にして配置したものを非拘束鉄筋とし、横拘束鉄筋を載荷点正モーメント領域と中間支点負モーメント領域の40cm区間に6.5cm(拘束鉄筋体積比 $\rho_v=1.5\%$)と4.0cm($\rho_v=2.5\%$)で配置したもの、非拘束鉄筋として配置したもの($\rho_v=0\%$)の3種類とした(表-1)。載荷は各スパン1点の対称2点載荷とし、端支点から載荷点までの距離を $a=95$ cmに選定した。弾性式による中間支点モーメント M_A と載荷点モーメント M_B の比は1.81である(図-2)。

連続はりの曲げびり割れ発生以降の曲げモーメント再分配挙動を検討するため、3支点位置にロードセルを設置して支点反力を測定するとともに、変位計により左右スパン中央位置のたわみ、さらに、ボンドタイプでは上側P C鋼棒では中間支点位置、下側P C鋼棒では載荷点位置に防水ストレインゲージを貼付し、一方、アンボンドタイプでは部材片端に設置したロードセルによりP C鋼棒の作用応力を測定した。

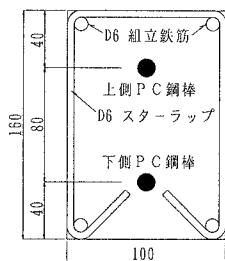


図-1 (単位mm)

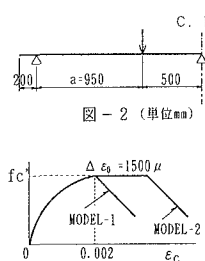


図-2 (単位mm)

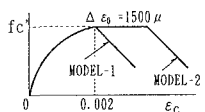


図-3

3. 解析方法

構成材料の応力-ひずみ関係として、コンクリートにはKent & Parkモデル(MODEL-1)、Kent & Park モデルに断面内でのひずみ勾配の影響を考慮($\Delta \epsilon_0=1500\mu$)したモデル(MODEL-2)の2種類を採用し(図-3)、組立鉄筋にはパイリニアモデル、P C鋼材にはBlakeleyの提案式を用いて断面解析(切断法)を行い、曲げモーメント-曲率関係(M-φ関係)を算定した。この際P C鋼材変形適合係数は、ボンドタイプでは $\beta=1.0$ 、アンボンドタイプでは $\beta=0.2$ とした。

次に静定基本系として中間支点で切断した単純はりを選定し、任意荷重Pに対して中間支点モーメント M_A を仮定し曲げモーメント分布 M_x を求め、これに対応する曲率 ϕ_x を先に求めたM-φ関係から定める。曲率分布より弾性荷重法で中間支点位置のたわみ角 θ を求め、連続条件(本連続はりには左右対称スパン: $\theta=0$)が満足されるまで M_A を仮定し直し繰返し計算を行う。以上より、各荷重階の M_x が求まると、先の断面解析の結果より荷重と諸量との関係を算定できる。

表-1 供試体の種類と最大荷重の実験値と計算値

供試体	付着 有無 *)	P C 鋼棒 直径	横拘束 鉄筋比 (%)	実験値 P_u	MODEL-1 *3)		MODEL-2 *4)	
番号				P_u	P_{u1} (tf)	P_{u2} (tf)	P_{u1} (tf)	P_{u2} (tf)
U 1	U	13 (mm)	0.0	20.41	18.29	1.12	20.13	1.01
U 2			1.5	21.43	21.26	1.01	22.05	0.97
U 3			2.5	21.22	21.91	0.97	22.77	0.93
B 1	B	9.2 (mm)	0.0	22.42	21.85	1.03	24.14	0.93
B 2			1.5	22.53	24.31	0.93	24.55	0.92
B 3			2.5	23.68	24.50	0.97	24.63	0.96
U 4	U	9.2 (mm)	0.0	15.58	13.97	1.12	15.52	1.00
U 5			2.5	17.38	16.42	1.06	16.48	1.05
B 4			0.0	17.84	16.10	1.11	16.74	1.07
B 5	B	2.5	18.49	16.82	1.10	16.89	1.09	

*1) U: アンボンドタイプ B: ボンドタイプ

*2) φ=9.2mm($f_{py}=143$ kgf/mm²), φ=13mm($f_{py}=142$ kgf/mm²)

*3) Kent & Park モデル

*4) Kent & Park モデルに $\Delta \epsilon_0=1500\mu$ のひずみ勾配を考慮。

4. 結果と考察

(1) 最大耐力

最大耐力の計算値 P_{U1} 、 P_{U2} は、中間支点と載荷点位置に塑性ヒンジを仮定して極限解析法より算定した（表-1）。

$$P_{U1}, P_{U2} = 2 \cdot \{M_{UB}(1/a+1/b) + M_{UA}(1/b)\}$$

M_{UB} 、 M_{UA} ：載荷点と中間支点断面の終局抵抗最大曲げモーメントの計算値で、P C 鋼材変形適合係数をアンボンドタイプでは $\beta=0.2$ 、ボンドタイプでは $\beta=1.0$ とし算定した値。a、b：載荷点から端支点、中間支点までの距離。

横拘束筋の配置によりアンボンドはりの最大曲げ耐力を増加させることが可能となる。アンボンドはりとはりボンドはりの $\rho v=0\%$ に対する $\rho v=2.5\%$ の耐力増大率は、P C 鋼材 $\phi=13\text{mm}$ の場合はともに5%程度で両者で顕著な差はみられないが、 $\phi=9.2\text{mm}$ の場合はボンドはりでは4%、アンボンドはりでは12% となり横拘束筋によりアンボンドはりの最大耐力の増大がかなり顕著となる。計算値については、全体的にみてコンクリートの応力-ひずみ曲線にMODEL-1よりMODEL-2を用いた方が実験値の最大荷重をよく推定できる。

(2) 荷重-たわみ（P- δ ）関係

図-4に荷重-たわみ関係の例を示す。横拘束鉄筋の配置によりアンボンドタイプの塑性変形性能（じん性）が大きく向上する。終局域でのじん性の改善効果はアンボンドタイプの方がボンドタイプより大きくなる傾向がみられる。

(3) 荷重-P C 鋼材応力（P- σ_p ）関係

図-5、6に荷重-下側P C 鋼材応力関係を示す。横拘束鉄筋を配置することによりアンボンドはりの終局域でのP C 鋼材応力の増加がかなり顕著となる。このことは、P C 鋼材量の少ない $\phi=9.2\text{mm}$ の場合に一層顕著となりボンドタイプとはほぼ同等までP C 鋼材応力が増加している。

(4) 荷重-曲げモーメント（P-M）関係

図-7にアンボンドはりの荷重-中間支点、載荷点モーメント関係の例を示す。曲げひびわれ発生以降からモーメント再分配挙動が認められるが、荷重-モーメント関係の曲線形状についてはP C 鋼材付着の有無や横拘束鉄筋の配置により特に顕著な差異はみられない。

(5) 非線形解析法から算定した計算値と実験値の比較

先に述べた非線形解析法で終局状態までのP- δ 、P- σ_p 、P-M関係をかなりよく推定できる。なお、コンクリートの応力-ひずみ曲線にMODEL-1よりMODEL-2を適用した方が全体的にみて、実験値のとの適合性はよい。

5. おわりに

アンボンドP C 連続はり部材に適量の横拘束鉄筋の配置により、部材じん性の向上やP C 鋼材応力の増加が可能となる。今後、載荷位置や高強度コンクリートの影響などについても検討していきたい。

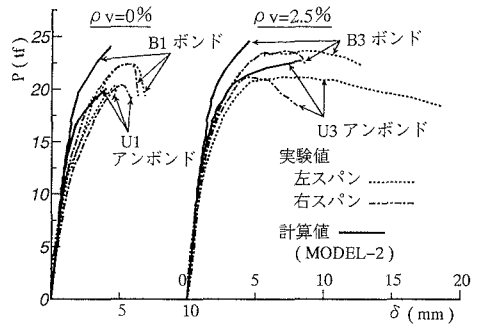


図-4 P- δ 関係

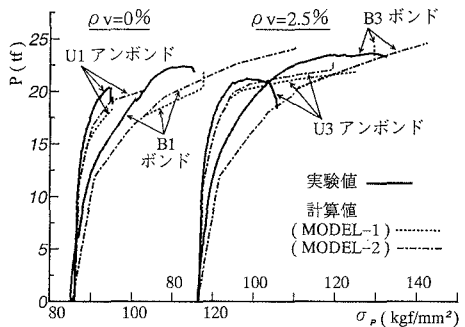


図-5 P- σ_p 関係

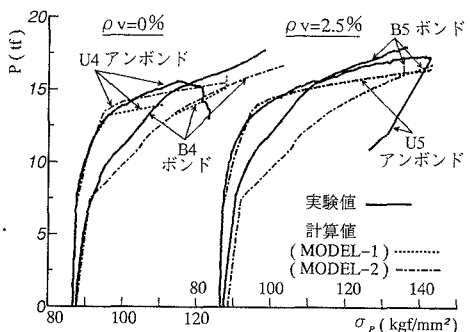


図-6 P- σ_p 関係

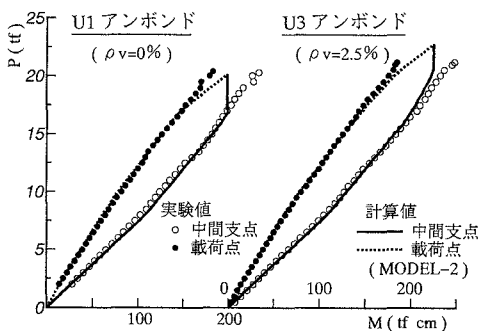


図-7 P-M 関係