

報告

[2082] PC 鋼棒で締結された柱添えばり間のせん断耐力

渡辺康夫*1・鎌田則夫*2・今井政人*3

1. はじめに

既設構造物の下に構造物を新設する場合や、既設構造物の基礎の支持力が不足になった場合に既設構造物に新しい基礎（仮受または本設）をつけ加える必要が生じる。この既設の構造物を新しい基礎で受ける工法（アンダーピニング工法）の一つとして添えばり方式があるが、現在の工法は柱とはりの摩擦力のみで構造物を支えるため、添えばりの断面が大きくなり、施工性等が低下する。そこで、柱をはさんだ一本の軸上に添えばりを設け、柱を貫通させた複数のPC鋼棒で柱と添えばりを締結する「柱貫通方式のアンダーピニング工法」を開発することとした。本報告では、この工法の設計手法を確立するために行った模型試験—柱を貫通させたPC鋼棒で柱・はり間を締結した試験体の静的載荷—の結果について述べたものである。

2. 試験概要

2.1 試験体

試験体は、「柱貫通方式のアンダーピニング工法」の柱と添えばりをモデル化して作成したもので、あらかじめ作成しておいた柱に後打ちではりを打ち継いでいる。試験体の諸元を図-1および表-1に示す。柱とはりの接合面は幅30cm、高さ40cmで、上下2段に配置された6本のPC鋼棒（φ11mm）で締結している。柱を貫通させるPC鋼棒は、あらかじめ埋め込んだシースの中を通し、断面にプレストレス10kgf/cm²を作用させた後にグラウトを行って定着した。試験体は柱とはりの接合面の処理条件を変えて作成しており、柱の打継ぎ面をチップング処理したもの、コンクリート間の摩擦を無くすためにテフロンシートを打継ぎ面にはさみこんだもの、無処理のもの、および柱とはりを一体で成形した試験体の4つのタイプについて試験を行った。なお、破壊面を柱とはりの接合面とするため、柱とはりは鉄筋で十分補強した。

2.2 載荷方法および測定項目

載荷は70tfのセンターホールジャッキを用いて、

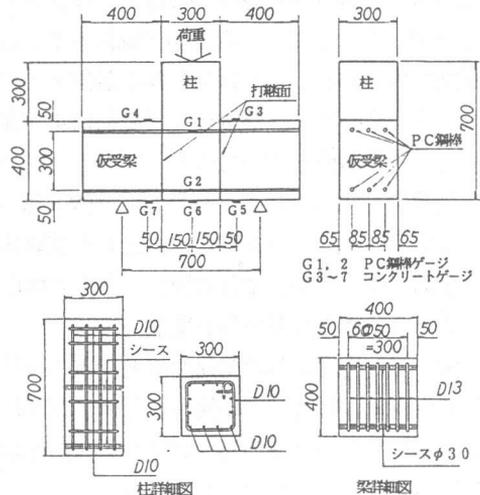


図-1 試験概要図

表-1 試験体の条件

試験体番号	接合面の処理状況	柱のσ _c kgf/cm ²	梁のσ _c kgf/cm ²	PC鋼棒 Aps cm ²
1	無処理	345	367	5.7
2	チッピング	370	382	5.7
3	テフロンシート	390	337	5.7
4	一体打設	395	395	5.7

*1 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室課員、工修（正会員）

*2 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室主席（正会員）

*3 東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所工事管理室課員、工修（正会員）

荷重制御で行った。ひび割れの発生までは1tf間隔、発生後は2.5tf間隔で荷重を増加させ載荷を行った。測定項目は、載荷荷重、柱中心の変位、はり上下縁および柱の下端のコンクリートのひずみ、柱中心位置でのPC鋼棒のひずみ、柱とはりの相対変位、ひび割れ状況である。

3. 実験結果ならびに考察

3.1 変位と荷重の関係

表-2および図-2に試験結果と、試験後の各試験体のひび割れ状況を示す。試験体1~3は柱と梁の接合面に下側からひび割れが進行し、接合面にずれが生じて行く。一方、試験体4はひび割れが柱の中心付近で生じ、最終的に接合面位置のずれは生じなかった。図-3に柱中心位置での変位と荷重の関係を示した。ここで、変位0.5mm程度までは変位の増加が大きい、これは試験体と装置とのなじみのためと考えられる。試験体4は載荷荷重が40tf程度までは、等断面を持つはりとして考えた荷重とたわみの関係とはほぼ等しく、その後試験体下部のひび割れ進行にともない、柱中心の変位も大きくなっている。柱とはりを別々に打設した試験体も、ずれ発生前までは試験体4とはほぼ同じような傾向を示しているが、ずれの発生とともに柱中心の変位は急激に増加している。

3.2 柱とはりの相対変位

図-4は柱とはりの相対変位と荷重の関係を示したもので、この関係に各試験体の初期ひび割れ発生荷重、柱とはりの接合面全体にひび割れが進行したときの荷重、および柱とはりのずれによる摩擦力で斜めひび割れが生じた荷重を記入している。柱とはりの相対変位は、接合面全体にひび割れが発生した後に増加する。

表-2 ひび割れ発生荷重

試験体番号	初期ひび割れ発生荷重(tf)	全面ひび割れ到達荷重(tf)	斜めひび割れ発生荷重(tf)
1	13.0	22.5	25.0
2	13.0	37.5	40.0
3	13.0	15.0	22.5
4	27.0	—	—

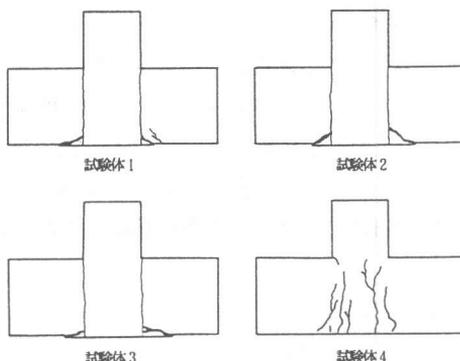


図-3 ひび割れ状況図

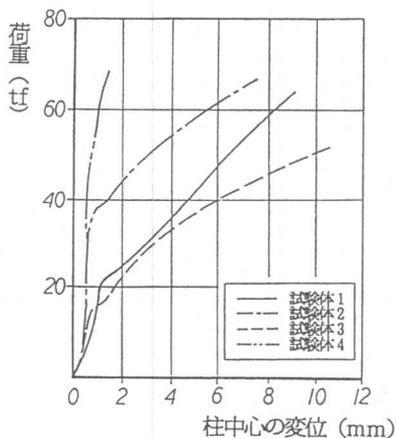


図-3 荷重と柱中心の変位の関係

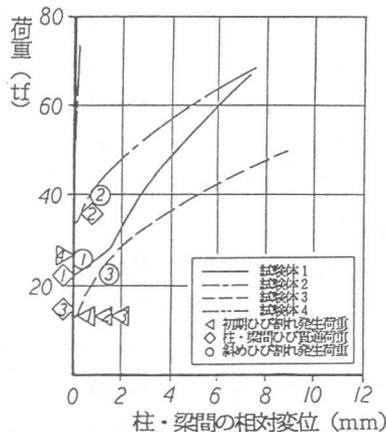


図-4 荷重と柱・梁間の相対変位の関係

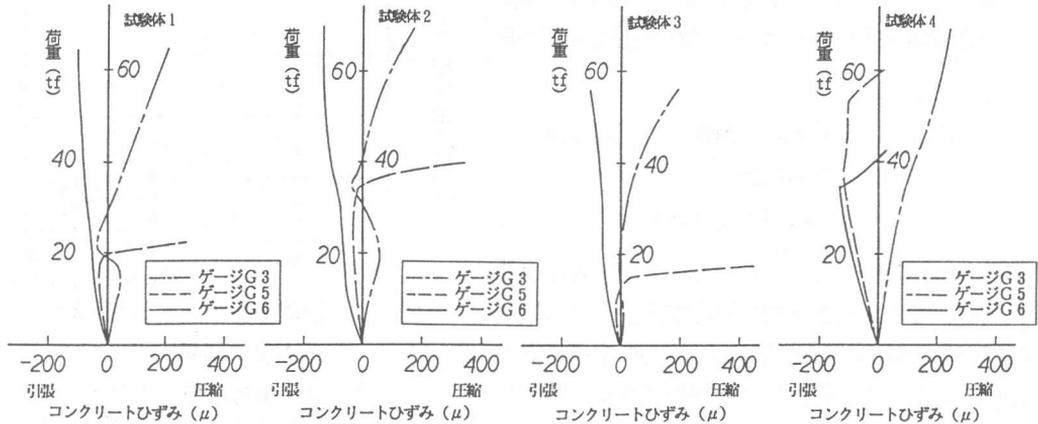


図-5 コンクリートのひずみと荷重の関係

コンクリートのひずみと載荷荷重の関係を図-5に示した。初期ひび割れ発生までの段階では各試験体とも同じような挙動を示す。これは、柱とはりが一体となつて一つのPC桁を形成しているため、柱とはりを別々に打設した試験体1~3も一体で打設した試験体4と同じく、単純はりとなっているためである。コンクリート下縁のひずみが、プレストレスによって与えられた初期ひずみ（計算上35 μ ）を越えると、結合力の弱い接合面でひび割れが生じるため、試験体1~3の初期ひび割れはほぼ同じ荷重となっている。

柱とはりの接合面でひび割れが発生すると、これまで一体のPC桁として受けていた応力状態と異なり、はりの上縁と下縁のひずみは逆転に向かう。そして、柱とはりの接合面全体にひび割れが生じる時に、はりの上縁と下縁のひずみはほぼ0となる。その後、2本のはりと柱の間では押し抜きせん断のような挙動を示す。斜め方向のひび割れが生じると、荷重はPC鋼棒のせん断力とプレストレスの効果も含んだ接合面の摩擦力で支えることとなる。この時点では、はり下縁のひずみゲージはひびのため使用できなくなっていた。また、試験体4は、柱の中央付近にひび割れが発生したため柱中央下端のゲージも測定不能となっていた。

3. 3 せん断力とプレストレスの関係

PC鋼棒で締結した今回の柱とはりの関係は、打継面の相対変位が生じたあと最終的にPC鋼棒のせん断力と接合面の摩擦力で荷重を支えることとなる。試験体の中でPC鋼棒のせん断応力度を評価する事が難しいため、ここではせん断応力度がすべてプレストレスによる摩擦力と仮定して考察する。

図-6に、柱とはりの相対変位とPC鋼棒のひずみの関係を示した。PC鋼棒のひずみは相対変位（ずれ）の発生とともに増加しており、このPC鋼棒のひずみの増加は曲げ引張りによるものでなく、柱とはりのずれによって生じていることを示している。PC鋼棒のひずみが緊張力としてはりの断面の圧縮応力度を増加させているものと考えてプレストレスを計算し、このプレストレス（圧縮応力度）と載荷荷重を柱とはりの接合面の面積で割ったずれせん断応力度の関係を図-7に示した。この関係より、圧縮応力度とずれせん断応力度の関係はほぼ

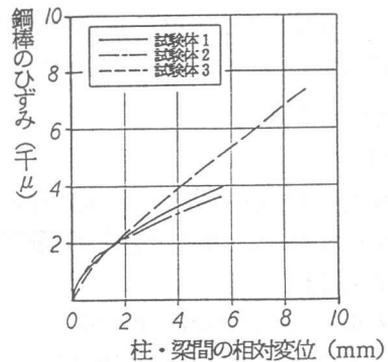


図-6 鋼棒のひずみと柱・梁間の相対変位の関係

直線で表されることが分かる。この関係を摩擦応力度の関係式に当てはめ、ずれ発生時とずれ発

$$\tau = \mu \sigma$$

ここで、 τ ：ずれせん断応力度 (kgf/cm²)

μ ：摩擦係数

σ ：圧縮応力度 (kgf/cm²)

生後摩擦係数を求めた。表-3に今回求めた摩擦係数と、せん断伝達強度の算定方法として提案されている ACI Building Code 318-83の摩擦係数 μ と比較した。ずれ発生時の静摩擦係数は ACIの提案値とほぼ等しく、ずれ発生時の挙動はせん断摩擦理論に基づくものと考えられる。ずれ発生後の動摩擦係数は、一般に静摩擦係数より小さくなるが、試験体1は逆に動摩擦係数が大きくなっている。これは今回考慮しなかったPC鋼棒のせん断応力度の影響が大きく、そのためにずれせん断応力度が大きくなったためと考えられる。

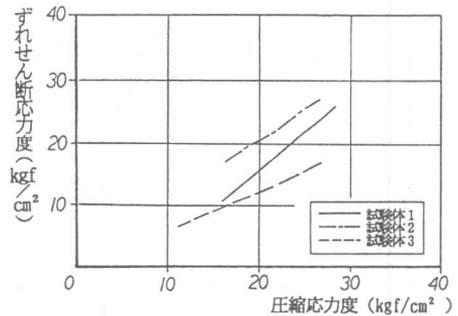


図-7 圧縮応力度とずれせん断応力度の関係

表-3 摩擦係数 μ の比較

試験体番号	ずれ発生時の静摩擦係数	ずれ発生後の動摩擦係数	ACI Building Codeの提案値
1	0.65	1.16	0.6
2	1.00	0.94	1.0
3	0.56	0.41	—

4. まとめ

柱を貫通してPC鋼棒を通し添えばりを渡す「柱貫通方式のアンダーピニング工法」の模型試験により、以下の事がわかった。

- ① 初期の段階では柱・はりが、最初に与えられたプレストレスによって一体となりPCばりの挙動を示す。
- ② 柱とはりの間にずれが生じて、PC鋼棒の伸びによる増加応力が接合面に作用するため、ずれせん断応力度は減少しない。
- ③ ずれの増加によりPC鋼棒が伸び、その反力としての圧縮応力度が増加するために、ずれせん断耐力は増加する。
- ④ あらかじめ断面に与えるプレストレスによりずれせん断の挙動を管理できる。
- ⑤ チッピング処理を行った試験体は無処理の試験体に比べ、ずれ発生荷重およびせん断応力度は大きい。また、テフロンシートでコンクリートの付着を切った試験体は柱はり間の相対変位が大きい。

〔謝辞〕

本研究をまとめるに当たってご指導いただいた、東京工事事務所石橋忠良次長をはじめ、実験に協力いただいた工事管理室亀戸試験室、日本鋼弦コンクリート(株)の皆様には謝意を表します。

【参考文献】

- 1) 石田 一郎：添え梁を用いるアンダーピニング工法に関する研究
土木学会論文集第94号 1963.6
- 2) 石橋 忠良、中原 繁則、佐藤 勉：コンクリートブロック間の各種せん断伝達方法とその効果 構造物設計資料 No.80 (構造物設計事務所) 1984.12