

梁中央で圧着接合する山形凹凸を有する接合面の摩擦係数

技術本部	技術部	福井剛
東京建築支店	建築設計部	大塚夕
東京建築支店	建築設計部	毛利浩
技術本部	技術部	渡辺一弘

1. はじめに

プレキャスト PC 工法により大型物流倉庫を構築する方法として、建物内部に設置した移動式揚重機により、建物長手方向に分割した工区を工区ごとに最上階まで構築し、隣接工区の施工に移る「建て逃げ方式」がある。長手方向の梁部材はスパン中央部で分割して柱梁接合部と一体の部材とし、梁中央部において PC 鋼棒を用いて圧着接合される（写真-1）。

圧着接合部のせん断設計では、PC 造技術基準解説及び設計・計算例に準拠して、圧着接合面の摩擦係数 $\mu=0.5$ を用いてずれせん断破壊しないように設計するのが一般的である。本開発は、圧着接合面に型枠による山形の凹凸を形成することで、設計に用いる圧着接合面の摩擦係数を $\mu=1.0$ 程度に増大させることを目的としている。梁中央の接合部では地震力による曲げモーメントが小さく、地震時のせん断力が支配的な設計条件となるため、ずれせん断耐力の計算に用いる摩擦係数の増大は直接的に PC 鋼棒量の削減に寄与する。

本報告は、地震による繰り返し応力を受ける、前述の梁中央部における圧着接合面の摩擦係数を調べるために行った実験の報告である。

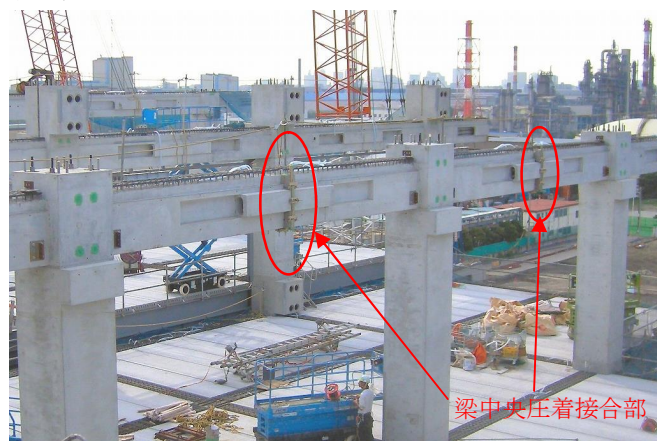


写真-1 梁中央圧着方式の例

2. 実験概要

2.1 試験体

図-1 に試験体概要図を示す。圧着接合面の断面寸法は $250\text{mm} \times 300\text{mm}$ とし、断面内に配置する 2 本の PC 鋼棒の緊張力により圧着接合面に軸方向力と緊張力重心の偏心 e による曲げモーメントを与えた。圧着接合面には鋼製型枠により、図-2 に示す底辺 40mm 、高さ 6mm の山形形状による凹凸を形成した。コンクリートの目標強度は 60N/mm^2 、モルタルの目標強度は 70N/mm^2 とした。

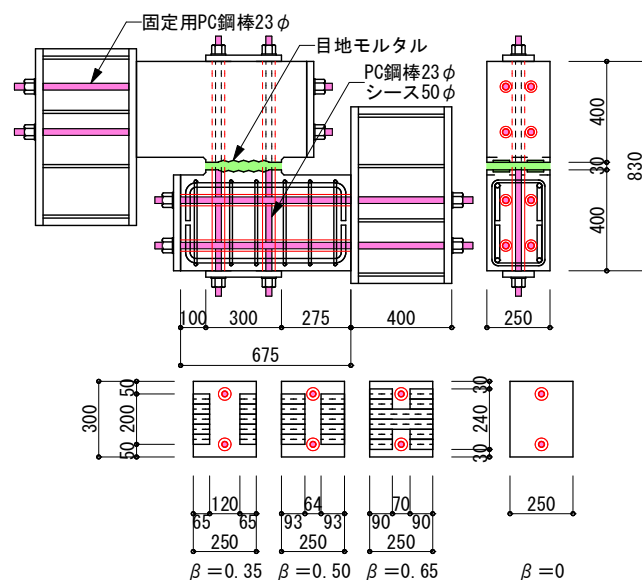


図-1 試験体概要図

実験要因は、プレストレス $\bar{\sigma}_g$ の大きさ 3 水準、圧着接合面面積に対する凹凸部の面積比（以降、凹凸面積比 β ） 4 水準、PC 鋼棒緊張力の偏心量 e 寸法 3 水準とした。試験体はこれら要因を組み合わせると合計 8 水準計画し、試験体数は各水準 2 体、総計 16 体とした。表-1 に実験要因の組み合わせを示す。

図-2 目地部形状詳細

表-1 実験要因の組合せ

$\bar{\sigma}_g$	1.0N/mm ²	2.0N/mm ²	3.0N/mm ²
e			
0mm	--- --- ①S1-C-50 ---	②S2-C-00 ③S2-C-35 ④S2-C-50 ⑤S2-C-65	--- --- ⑧S3-C-50 ---
50mm	---	⑥S2-D-50	---
100mm	---	⑦S2-T-50	---

※試験体名：S2-T-50

圧着接合面面積に対する凹凸の面積比 ($\beta=0.5$)
引張縁応力 (T:引張, C:圧縮, D:0 N/mm²)
平均プレストレス ($\sigma_g=2.0\text{N/mm}^2$)

2.2 荷重方法

図-3 に荷重装置概要図を示す。荷重は地震時の繰り返し荷重を想定し、S 型荷重方式による正負交番荷重漸増荷重とし

た。荷重増幅率は $\bar{\tau}=0.5$ 相当の Q から 0.25 相当刻みとした($\bar{\tau}=Q/P$, Q : 荷重, P : 2本のPC鋼棒導入緊張力の合力)。正負交番回数は2回とし、初期の大きなずれ変位が生じた以降は変位制御により1方向に漸増载荷を行った。なお、実建物における曲げモーメントとプレストレスにより生じる断面の応力勾配はプレストレス力の偏心 e により再現した。

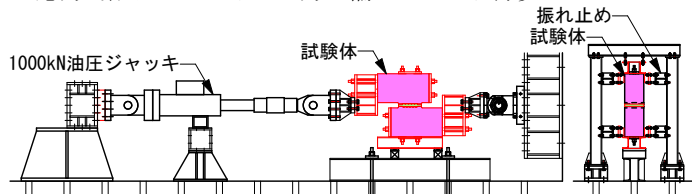


図-3 载荷装置概要図

2.3 計測方法

計測項目は、荷重・ずれ変位・PC鋼棒緊張力とした。荷重は油圧ジャッキに取り付けたロードセルにより、ずれ変位は図-4に示す2点の変位計(CDP-25)の平均値により、PC鋼棒張力はPC鋼棒に貼付したひずみゲージによるひずみにPC鋼棒断面積とヤング係数を乗じて算出した。

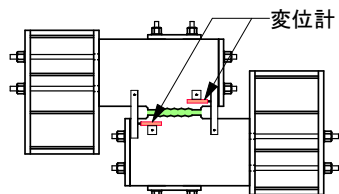


図-4 ずれ変位計測要領

2.4 材料試験結果

载荷はコンクリートの材令が48~62日、無収縮モルタルの材令が40~54日の間に行い、コンクリート強度は $63.5 \sim 66.5$ (平均 65.1) N/mm^2 、無収縮モルタル強度は $77.6 \sim 80.6$ (平均 79.0) N/mm^2 だった。

3. 実験結果

3.1 破壊経過

図-5に代表的な試験体の荷重-ずれ変位関係を示す。図-6に同試験体について摩擦係数とずれ変位の関係を示す。ここで摩擦係数は、荷重 Q を導入緊張力 P で除した摩擦係数 $\bar{\tau}=Q/P$ と、PC鋼棒の張力計測値 $_{ex}P$ で除した摩擦係数 $\bar{\tau}_{PC}=Q/_{ex}P$ の2つを示す。

• $\beta=0$ (平滑面: S2-C-00-2) の試験体は $\bar{\tau}=1.38$ 時に大きな初期ずれ変位を生じ、荷重の低下を伴ってずれ変位が10mm以上まで急進した。これ以降の摩擦係数は $\bar{\tau}_{PC} \approx 0.7$ となった。

• $\beta=0.35$ (凹凸有: S2-C-35-1) の試験体は $\bar{\tau}=1.54$ 時に大きな初期ずれ変位を生じ、同様にずれ変位が進んだがその値は2.5mm程度と $\beta=0$ の試験体より小さかった。その後载荷を継続すると断続的にずれ変位が増大したが、その時の荷重は初期のずれ変位時から段階的に増大していった。これは、ずれ変位が山形凹凸に沿って生じたために目地に目開きが発生し、PC鋼棒張力の増大に伴いずれせん断耐力が増大したためである。この影響でこれ以降の段階的なずれ変位発生時には $\bar{\tau}$ は上昇した。一方、 $\bar{\tau}_{PC}$ はほぼ一定値となりその値は1.05~1.07であった。

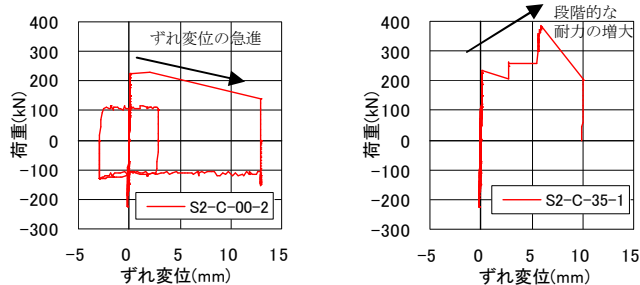


図-5 荷重-ずれ変位関係

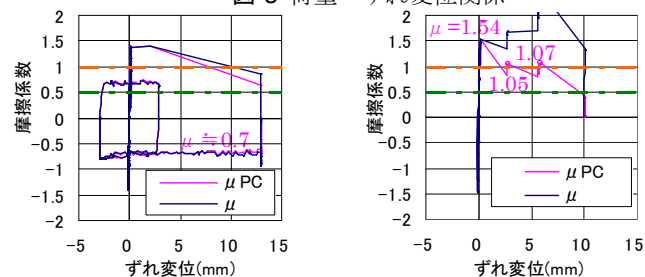
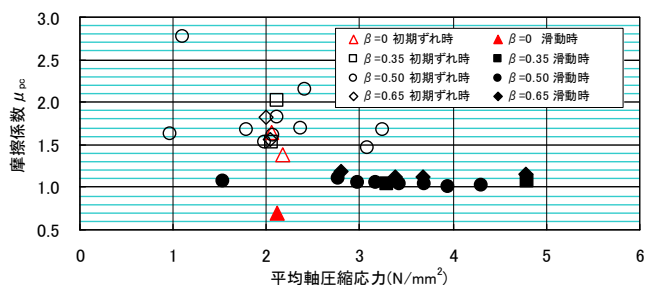


図-6 摩擦係数-ずれ変位関係

3.2 摩擦係数

図-7は、縦軸に摩擦係数の実験値 $\bar{\tau}_{PC}$ 、横軸にずれ変位発生時の平均軸圧縮応力 $=_{ex}P/(bD)$ をとり、この平面にずれ変位が5mm以下の時の全試験体の実験結果をプロットしたものである。図中、白抜きの記号は初期ずれ変位時の値を、塗り潰しの記号は2回目以降のずれ変位時(滑動時)の値を示している。この図より以下のことが分かる。①初期ずれ変位時の摩擦係数は1.38~2.78となった。②凹凸有りの試験体について、初期ずれ変位以降の滑動時の摩擦係数は1.01~1.18となった。③①および②の結果は、表-1に示した3つの実験要因の影響は見られなかった。

図-7 摩擦係数 $\bar{\tau}_{PC}$ -平均軸圧縮応力関係

4. まとめ

山形形状の凹凸を有するPC圧着接合面の摩擦係数を調べる実験を行った。初期ずれ時以降の滑動時の軸圧縮応力により算出した摩擦係数 $\bar{\tau}_{PC}$ はすべての試験体で1.0以上となりばらつきも小さかった。また、これはプレストレスの大きさ、凹凸面積比、断面応力勾配の有無の影響が見られないことを示した。

Key Words: プレキャストPC, 摩擦係数, 直接せん断実験



福井剛

毛利浩

大塚夕

渡辺一弘