

プレテンション方式PCaPC大梁の地震時構造性能

森田仁彦・是永健好・今井和正・甲斐隆夫^{*1}・小室努^{*2}・浜原正行^{*3}・森英明^{*3}

Keywords : pre-tensioning system, prestressing strand, tensioning of main reinforcement, bond characteristics, vertical load, hysteresis characteristics

プレテンション方式, PC鋼より線, 主筋緊張, 付着特性, 鉛直荷重, 復元力特性

1. はじめに

プレキャスト(以後、PCaと略称)工法を用いた鉄筋コンクリート(以後、RCと略称)建物の大スパン対応技術として、図-1に示すようなPCa大梁にプレテンション方式でプレストレスを導入する構法を提案した。この構法の特徴は、以下に示す通りである。

- 1) 緊張材が接合部を貫通していないため、地震時にはRCとして挙動する。従って、そのエネルギー消費能力は通常のプレストレスコンクリート(以後、PCと略称)部材より高くなる。
- 2) 長期荷重に対しては、PCとして挙動するため、大きなスパンが確保できる。
- 3) プレテンション方式を採用しているため、定着具やシース等の材料費、およびグラウト注入等の施工費の削減が図れる。

プレテンション方式では、緊張材とコンクリートの付着力によって梁にプレストレスが導入されるため、定着域となるPCa梁両端部での付着性状の把握が不可欠である。特に大梁にプレテンション方式を採用する場合、長期荷重のみでなく、地震荷重に対する検討も必要となる。地震時応力下の大梁では、緊張材の定着域となる梁両端にはひび割れ等による損傷が集中し、それに伴う緊張材の付着劣化によって引張力が一定となる領域が短くなることが懸念される。すなわち、大梁ではプレストレスコンクリート設計施工規準¹⁾(以後、PC規準と略称)に示される定着長さより大きな値を設計値として採用する必要があるが、これらに関する既往の実験資料は皆無である。また、大梁にPC鋼より線を用いてプレテンションを導入する場合、小梁や

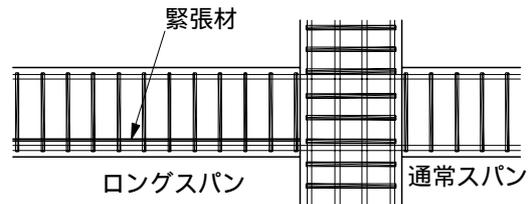


図-1 プレテンション方式PCaPC大梁の構法

Structural system of precast prestressed concrete beam of pretention system

スラブに比べて大きな緊張力が必要となり、鋼材径も12.7mmや15.2mmとなる。PC規準に示されるプレテンション材の定着長さは、7本より線では径12.4mmが最大であり、それ以上の径に関しては規定されていない。

これらを背景に、梁端がプレテンション材の定着域となる大梁の地震時性能および緊張材の付着性状を把握する目的で、梁端部を模した実大梁試験体による加力実験を行った。また、PC梁はスパンの大きい建物に適用される場合が多いため、地震時においても鉛直荷重による影響が大きい。そこで、2/3スケールの1スパン試験体に一定鉛直荷重を与え、加力実験を行った。以下に、これらの実験で得られたデータにより、プレテンション方式でプレストレスを導入する構法のPCa大梁への適用性について報告する。

2. 構法概要

本構法では、図-2に示すように3種類のプレテンション大梁を想定する。タイプ1はPC鋼より線を緊張材とする在来のプレテンション梁、タイプ2は高強度異形鉄筋(梁主筋)を緊張材として兼用したものの、タイプ3はタイプ1とタイプ2を組合せたハイブリッド方式である。タイプ2ではPC鋼材を必要としないため、タイプ1に対してコストダウンが図れると共に、梁主筋を利用する

*1 建築本部 建築技術部

*2 設計本部 構造Gr.

*3 日本大学 理工学部 海洋建築工学科

ため偏芯距離を大きくとれる。タイプ3は、図-2に示すように揚重の関係でPCa断面を小さくする場合等、より大きな緊張力を必要とするPCa梁を対象としている。

主筋緊張方式を採用するタイプ2および3では、鈴木・大野の研究等^{2,3)}で示されているように、クリープ等による異形鉄筋（緊張材）の引張力損失が大きいいため、設計有効率が小さくなるという短所がある。しかしながら、緊張後1~2週内の引張力損失の少ない梁施工時（単純梁）には、大きな偏芯モーメントが期待でき、梁下サポートの不用もしくは削減が可能となる。

3. 実大実験

今回の実験では、構法タイプ1とタイプ2を対象として、設計に必要な基礎的な実験資料を得ることを目的とした。試験体は表-1および図-3に示す2体で、NO.1はPC鋼より線を緊張材とし、NO.2は異形鉄筋（梁主筋）を緊張材として兼用したものである。試験体は、実建物で10m~12mスパンの梁を対象としたものであり、実験では1/2スパンを取り出した片持ち梁形式で地震荷重を想定した加力実験を行うこととした。ただし、梁端部の付着劣化を助長させる目的で、実状よりスパン長を短くし（3.1m 5~6m）、曲げモーメント勾配を大きくした。使用した鋼材およびコンクリートの材料特性値を表-2と表-3に示す。

NO.1を標準試験体として、NO.2は梁中央断面のプレストレスによる応力状態がNO.1とほぼ同様になるように計画した。そのため、NO.2の初期緊張力は、主筋の規格降伏点荷重の0.44倍と実設計レベルよりかなり小さな値とし、PCa梁上端にも緊張材となる鉄筋を2本配置した。さらに梁端で上端引張時と下端引張時の曲げ耐力（e関数法）がほぼ等しくなるように、上端主筋の本数を減らした（5本 4本）。

緊張材に所定の緊張力を導入し、コンクリート打設10日後、緊張力を徐々に解除してコンクリートにプレストレスを導入した。その後スタブ（梁固定端）を取付け、地震力を模擬した加力実験を行った。加力方法は、図-4に示すように梁反曲点位置に水平力を加える片持ち梁形式である。加力は、部材角1/500で1回、1/200、1/100、1/50で2回、1/30で1回の正負交番荷した後、正側の部材角1/20で終了した。

4. 実験結果

4.1 プレストレス導入時の定着長さ

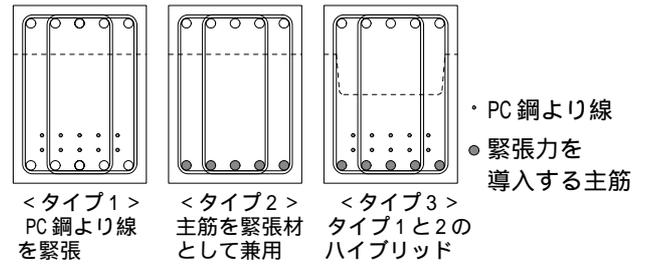


図-2 構法の種類
Types of structural system

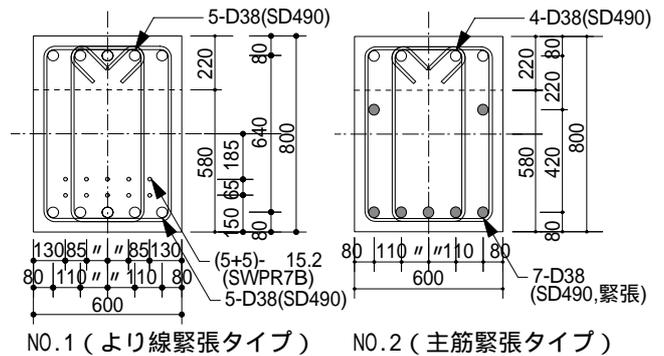


図-3 試験体断面
Section of specimen

表-1 試験体一覧
Summary of specimens

| | 緊張用鋼材 | 緊張力 | | 初アレストレス力 | |
|------|-------------------|--------|---------------------|----------|---------------------|
| | | T (kN) | (T/P _y) | P (kN) | (P/P _y) |
| NO.1 | (5+5)-15.2 PC鋼より線 | 1870 | (0.84) | 1804 | (0.81) |
| NO.2 | (5+2)-D38 SD490 | 2100 | (0.54) | 1719 | (0.44) |

P_y: 規格降伏荷重 (15.2: 222kN, SD490: 559kN)

表-2 鋼材の力学的性質

Mechanical properties of steel members

| 種別 | 降伏点 (N/mm ²) | 引張強度 (N/mm ²) | 弾性係数 (kN/mm ²) | 伸び (%) |
|-----------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|--------|
| D38 (SD490) | 519 | 674 | 196 | 25.3 |
| U12.6 (SBPD1275/1420) | 1359 | 1448 | 243 | 9.7 |
| 15.2 (SWPR7B) | 1835 | 1911 | 225 | - |

表-3 コンクリートの力学的性質

Mechanical properties of concrete

| 材令 (日) | σ _B (N/mm ²) | E _c (kN/mm ²) | ν | σ _t (N/mm ²) | |
|--------|-------------------------------------|--------------------------------------|------|-------------------------------------|-----|
| PS導入時 | 10 | 29.0 | 21.3 | 0.19 | 2.3 |
| 加力時 | 63 | 39.4 | 25.9 | 0.22 | 3.4 |

σ_B: 圧縮強度 E_c: ヤング係数
ν: ポアソン比 σ_t: 割裂引張強度

図-5にプレストレス導入時の緊張材の引張応力分布を示す。両試験体とも、梁にプレストレスが導入されるに従ってプレストレスが減退する端部定着域が広が

り、PC鋼より線のNO.1では定着長さが約1000mm（約66 d、d：鋼材径）、主筋緊張方式のNO.2ではそれが約400mm（約11 d）となった。NO.2では主筋の緊張応力そのものが小さいため、プレストレス導入前の主筋の引

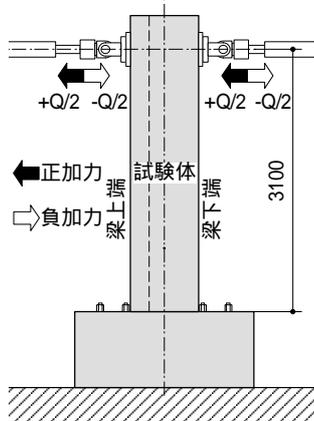


図-4 加力方法
Test set-up

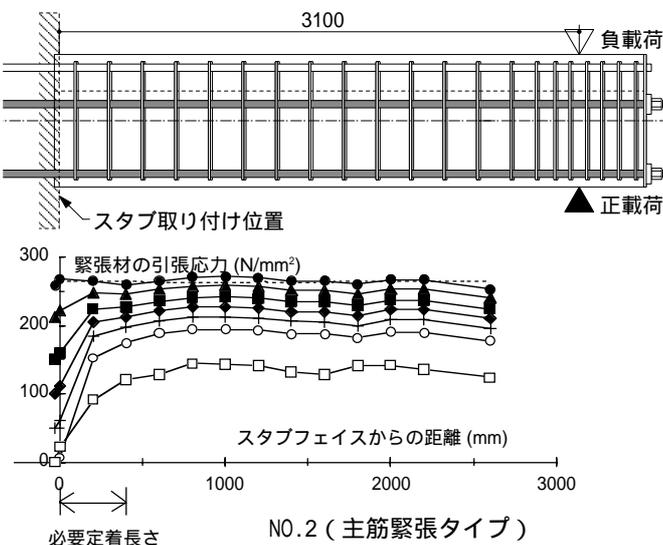
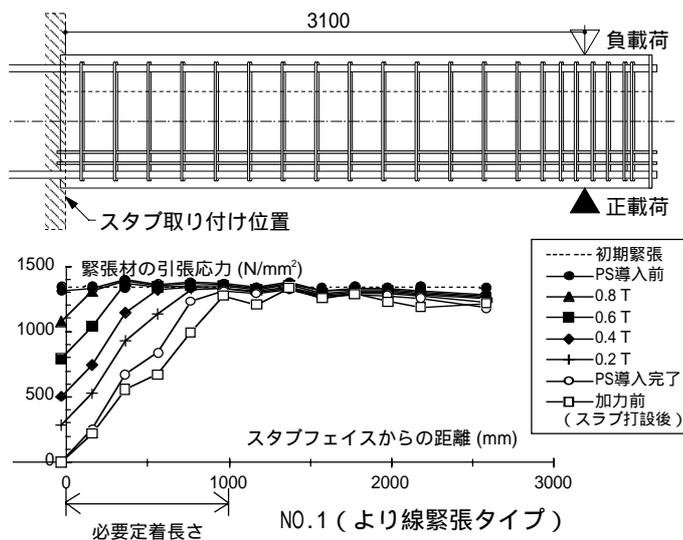


図-5 プレストレス導入時の鋼材の応力分布
Stress distribution of tendon at initial prestress

張力に比べて最終的に導入緊張力が半分程度となっている。

4.2 荷重 - 変形特性

図-6に荷重 - 変形関係を示す。図に見られるように、NO.2の正加力時（緊張鉄筋が引張側）では、NO.2の負側およびNO.1（正負）に比べて圧壊が生じる時期も早く、最大耐力が大きいことなど若干の相違は見られるものの、両試験体の荷重 - 変形関係に顕著な差はなく、良好な履歴特性を示している。

4.3 緊張材の応力分布

図-7にNO.1とNO.2の荷重ピーク時と除荷時における緊張材の応力分布の推移を示す。両試験体とも、正載荷時には緊張材が引張側となり、負載荷時には圧縮側となる。荷重ピーク時の緊張材の応力分布性状は、地震荷重による曲げ応力のため、正載荷時と負載荷時で差が見られる。PC鋼より線を緊張材としたNO.1では、主筋より断面内側にPC鋼より線があるためその影響は小さいが、主筋を緊張材として兼用したNO.2では正載荷と負載荷で応力分布は大きく異なる。すなわち、緊

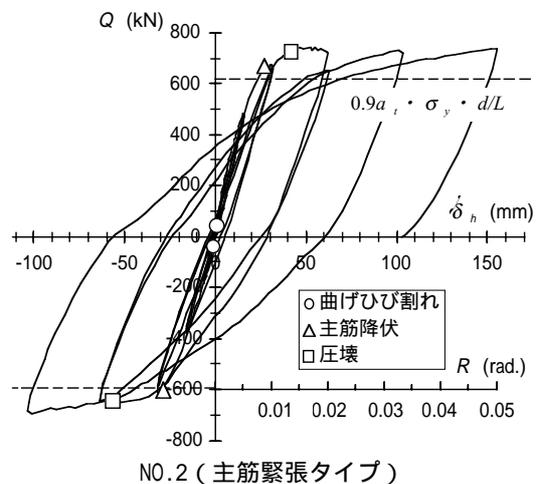
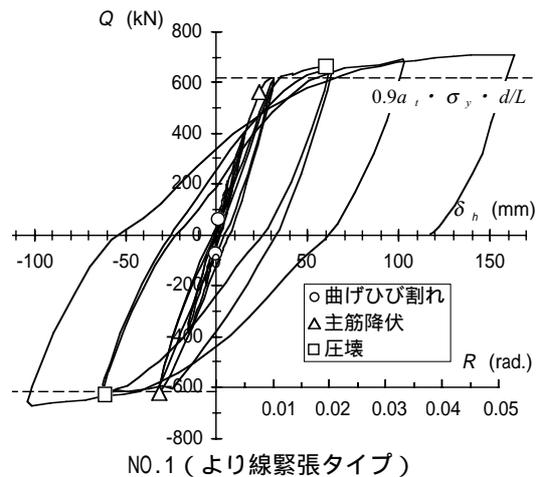


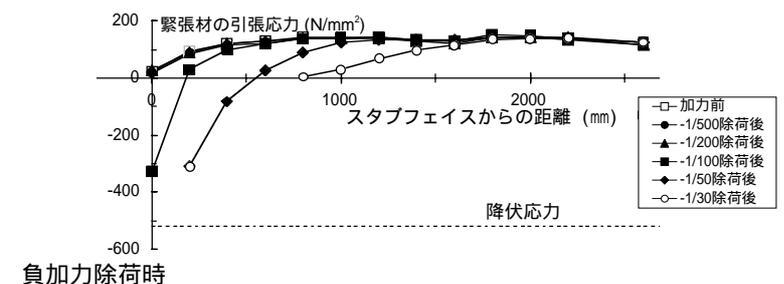
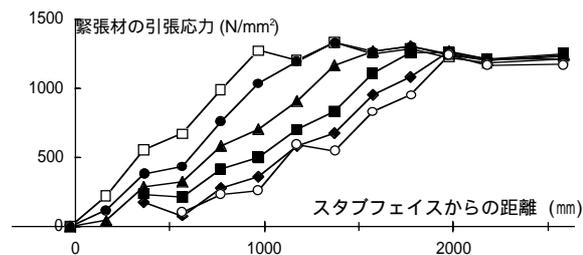
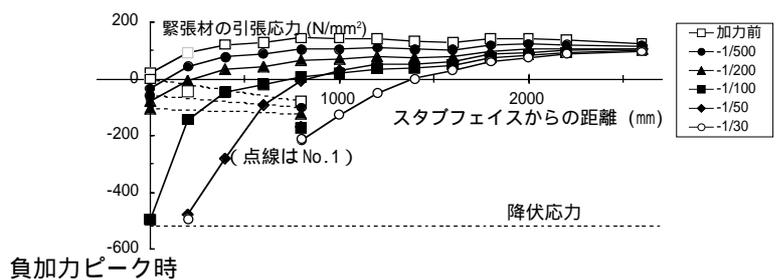
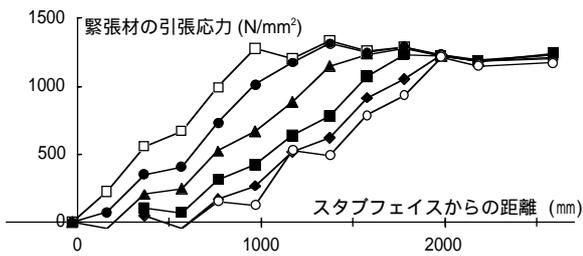
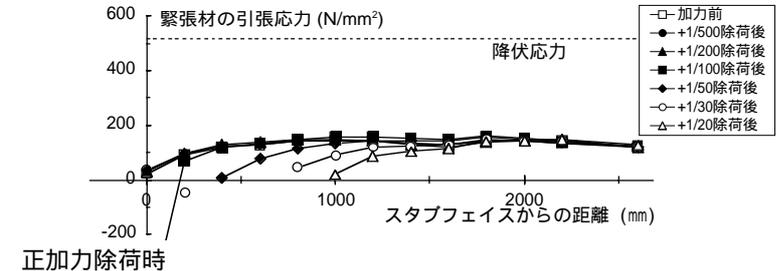
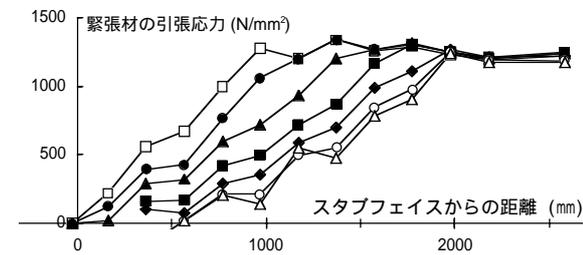
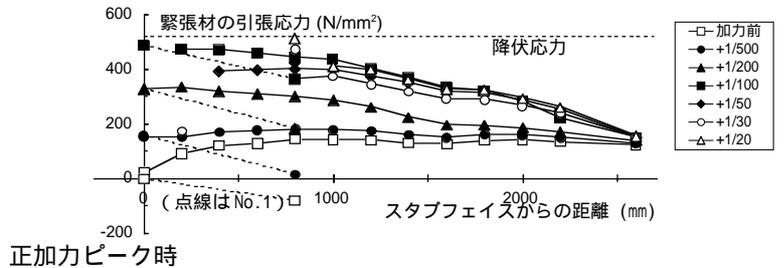
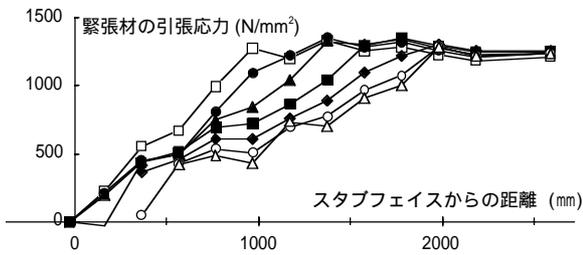
図-6 荷重 - 変形関係
Load-displacement relationships

張主筋が引張側となる正載荷時には、加力初期段階（部材角1/500）から応力分布が梁端部でほぼ一様となっているのに対して、緊張主筋が圧縮側となる負載荷時には、部材角が大きくなるに連れてスタブフェイスを最大とした鋭角的な応力分布となっている。図には、参考として主筋を緊張していないNO.1の梁端付近の応力分布（2点のみ）を示してあるが、上述した特徴が明確に把握できる。

除荷時の緊張材の応力分布から、地震荷重を受けた後のプレテンション材の定着長さが把握できる。両試験体とも、除荷時に関しては、荷重ピーク時に比べて正載荷と負載荷における応力分布の差はあまりない。主筋緊張方式のNO.2では、同一ピーク変形時で比較すると正載荷より負載荷の方が主筋の付着劣化が若干進

行していることが把握できる。これは、主筋緊張方式では、負載荷時に梁端付近における緊張主筋が大きな付着応力変動（鋭角的な応力分布）を受けるためと考えられる。

部材角±1/100載荷後の両試験体の必要定着長さは、NO.1では約1800mm（= 2.25D = 118d、D：梁全せい、d：鋼材径）、NO.2では約800mm（= D = 21d）である。緊張材がPC鋼より線のNO.1ではその後大きな変形を受けても定着長さはあまり増大しないが、異形鉄筋を緊張したNO.2では、梁端付近での大きな応力変動および材そのものの降伏等によって定着長さが増大し、部材角1/20ではPC鋼より線とほぼ同じ程度（約1800mm）まで達している。いずれにしろ、これだけ大きな変形および損傷を受けても、緊張材の付着劣化の進行は柱か



NO.1（より線緊張タイプ）

NO.2（主筋緊張タイプ）

図-7 載荷後の鋼材応力分布
Stress distribution of tendon after loading

ら2D程度の範囲で抑えられ、スパン中央では導入時と同程度の応力が残存していることが確認できた。

5. 鉛直荷重を考慮した実験

5.1 試験体概要

ロングスパン梁の応力(図-9参照)を考えると、地震荷重に鉛直荷重が加算された時、負曲げが作用する側では大きなせん断力が作用し、梁の損傷は端部に集中する一方、正曲げが作用する側では、せん断力は小さいが梁下端にはかなり広い領域に渡って曲げひび割れが発生することになる。前述の実大実験では、この鉛直荷重の影響が考慮されていない。そこで2/3スケールの1スパン大梁試験体に錘を吊るし、これに正負繰返し逆対称荷重を加えることで鉛直荷重と地震時荷重の応力状態を実験的に再現し、実大実験同様、試験体の挙動、特に緊張材の定着域での付着性状を把握することにした。

試験体は、図-8に示す実部材の2/3スケールとした幅400mm、せい535mm、内法スパン7400mmのプレテンションPCa大梁であり、梁の両側には600mm角の柱型が付いている。PCa部分の梁せいは、実工事の揚重能力を考慮して梁全せいの6割程度(下端から300mmまで)とし、PCa梁にプレテンション方式で緊張力を付与した後、残りの部分(235mm)にコンクリートを後打ちした。

No.1試験体は、PC鋼より線(6-E5B)を緊張するプレテンション梁である。この試験体のPC鋼より線は柱前面でカットオフされているため、クリアスパン内の長期荷重のみに抵抗し、地震力に対しては梁主筋(上下主筋共5-D25)で抵抗する。No.2試験体は、梁下端主筋として用いた5本の高強度異形鉄筋の内、中央3本にプレテンション方式で緊張力を加えた。以上のことから、図-9に示すように、これらの試験体は鉛直荷重に対しては端部がRC、中央部がPCとして、また地震荷重に対してはRCとして挙動する。

表-4に試験体の諸元を示す。緊張力は両試験体とも緊張材の $0.85P_y$ (P_y :緊張材の規格降伏荷重)とし、長期荷重載荷時に梁下端に引張応力が生じない程度に位置および本数を調整した。試験体に用いたコンクリートと鋼材の力学的性質を、各々表-5、表-6に示す。

5.2 実験概要

試験体の加力には、図-10に示すような鉛直荷重と地震荷重を再現できるような載荷システムを採用した。鉛直荷重時の応力状態は、支点間距離を5等分する位置にセットした錘による正の曲げモーメントと支点(柱心)から1.2m離れた位置にセットしたセンターホール

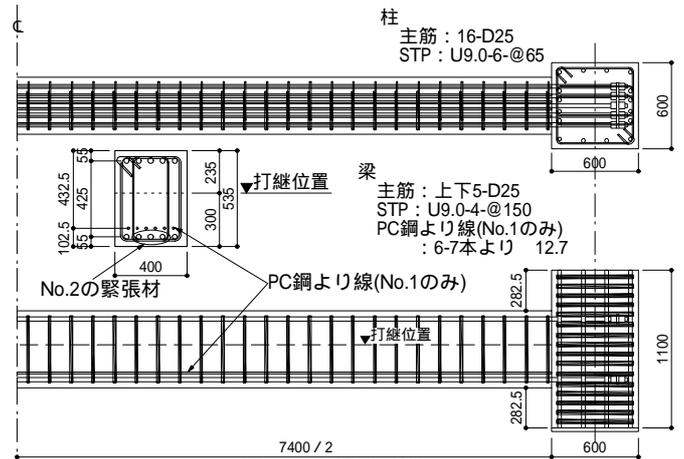


図-8 試験体詳細
Detail of specimen

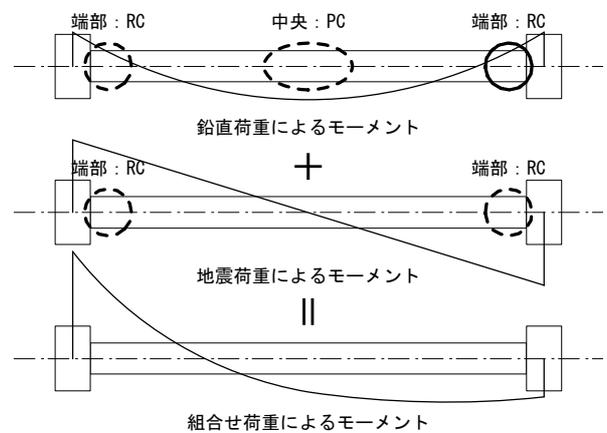


図-9 梁の応力状態
Moment distribution of beam

表-4 試験体の諸元
Summary of specimens

| 試験体 | 緊張用鋼材 | 梁主筋 (SD490) | 緊張力 | | 初PS力 | | 共通因子 |
|------|--------------|---------------------|-------|------------------|-------|------------------|--------------------------------|
| | | | T(kN) | T/P _y | P(kN) | P/P _y | |
| No.1 | 6- 12.7(E5B) | 5-D25 | 790 | 0.85 | 755 | 0.812 | b=400mm, D=535mm ²⁾ |
| No.2 | 3-D25(SD490) | 5-D25 ¹⁾ | 633 | 0.85 | 546 | 0.733 | L ₀ =7400mm |

1) 下端筋5本の内、中3本は緊張用鋼材と兼用

2) PCa部: 300mm 場所打: 235mm

T: 緊張力 P_y: 緊張材の規格降伏荷重

P: 初PS力 = ひずみ一定領域での平均ひずみ度(PS導入完了時) × 材料試験結果から求めたヤング係数 × 断面積

b: 梁幅 D: 梁せい L₀: 内法スパン

表-5 コンクリートの力学的性質
Mechanical properties of concrete

| 試験体 | 梁 | | | | | | | | 柱 | | | |
|-------|------|-----|----------------|----|------|-----|----------------|----|------|-----|----------------|----|
| | PCa部 | | | | 場所打部 | | | | | | | |
| | b | t | E _c | 材令 | b | t | E _c | 材令 | b | t | E _c | 材令 |
| PS導入時 | 40.9 | - | - | 5 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| No.1 | 51.4 | 3.2 | 33.6 | 96 | 51.5 | 3.2 | 32.3 | 88 | 60.5 | 4.1 | 36.6 | 80 |
| No.2 | 47.2 | 3.1 | 34.4 | 65 | 43.4 | 3.2 | 33.0 | 57 | 59.0 | 4.0 | 36.3 | 49 |

σ: 圧縮強度 τ: 割裂強度 E_c: ヤング係数

ジャッキとスタブ自重による負の曲げモーメントを加算することによって再現した。なお、鉛直荷重には、地震上下動による増分(長期荷重の50%)を考慮した。地震

時の水平荷重による応力は、スタブ先端に設置した串型ジャッキの押し引き荷重で再現した。地震時の荷重と梁南北端の回転角は、鉛直荷重時からの増分値として評価し、载荷中は南北端の回転角が等しくなるように串型ジャッキによって制御した。南北端の回転角は、それぞれ(1)、(2)式を用いて求めた(図-11)。

$$\theta_S = R_S + (R_N + R_S) \cdot D_c / (2 \cdot L_o) \quad \dots\dots (1)$$

$$\theta_N = R_N + (R_N + R_S) \cdot D_c / (2 \cdot L_o) \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 D_c は柱せい(60cm)、 L_o は内法スパン(7.4m)である。 R_S と R_N は、北側と南側の柱の回転角であり、串型ジャッキ設置位置でのスタブの鉛直変位を支点から同ジャッキまでの距離(1.6m)で除した値とした。梁端回転角は梁の南端、北端の回転角(θ_S 、 θ_N)の平均値として評価した。载荷ルールは、梁端の回転角1/500で正負2回繰り返した後、1/200、1/100、1/50、1/30の各回転角振幅で正負3回ずつ繰り返した。

6. 実験結果

6.1 プレストレス導入時のひずみ分布

図-12に、No.1試験体(緊張材にPC鋼より線を使用)について、プレストレス(PS)導入完了までの各段階における緊張材のひずみ分布の推移を示す。ひずみは、より線6本の内の中央2本(より線3、より線4)にひずみゲージを千鳥配置して測定した。緊張力が解除され、プレストレスが徐々に試験体に導入されるに従って端部の定着長さは増加し、プレストレス導入完了時における定着長さは両端とも約700mm(約55d、d:鋼材径)であった。定着域より内側の領域のプレストレス導入完了時における緊張材のひずみは、初期緊張時から平均で約360 μ (約6%)減少している。

図-13に、No.2試験体(緊張材に主筋兼用で高強度異形鉄筋を使用)について、プレストレス導入完了までの各段階での緊張材のひずみ分布の推移を示す。ひずみは、3本の内、2本(主筋1、主筋2)にひずみゲージを千鳥配置して測定した。No.1試験体同様、緊張力が解除され、プレストレスが徐々に試験体に導入されるに従って、端部の定着長さは増加し、プレストレス導入完了時における定着長さは、両端とも約400mm(約16d)であった。定着域より内側の領域のプレストレス導入完了時における緊張材のひずみは、初期緊張時から平均で約310 μ (約15%)減少している。

6.2 緊張材のひずみの推移

図-14に、No.1試験体の梁中央位置での緊張材2本の

表-6 鋼材の力学的性質

Mechanical properties of steel members

| | 材種 | 使用部位 | 断面積 mm ² | y N/mm ² | E kN/mm ² | max N/mm ² | 伸び率 % |
|------|---------------|------------|------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|----------|
| D25 | SD490 | 柱梁主筋 | 507 | 523 | 198 | 678 | 25.7 |
| U9.0 | SBPD1275/1420 | 柱梁せん断補強筋 | 64 | 1404 | 228 | 1490 | 8.8 |
| 12.7 | SWPR7B | No.1試験体緊張材 | 98.7 | 1813 | 209 | 1898 | - |

y: 降伏強度 E: ヤング係数 max: 最大強度

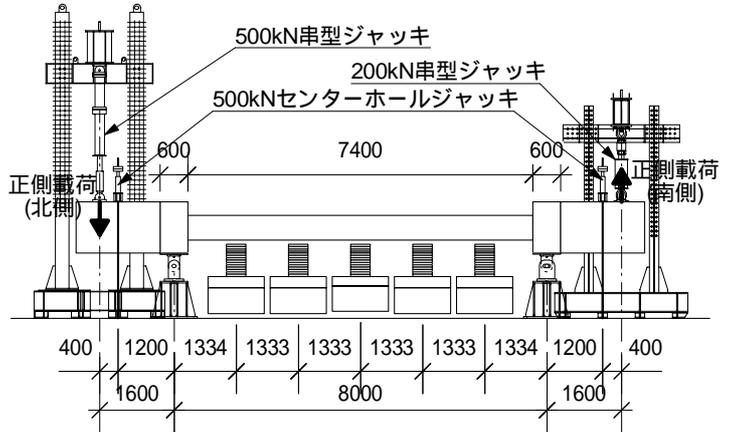
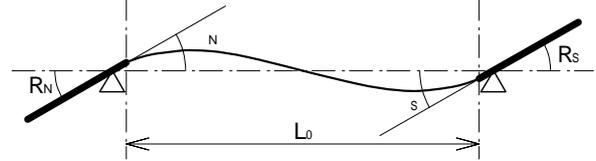


図-10 加力装置
Test set-up



R_S, R_N : 南側, 北側のスタブ回転角
 θ_s, θ_N : 南側, 北側の梁回転角

図-11 回転角測定方法

Method of measure rotational angle

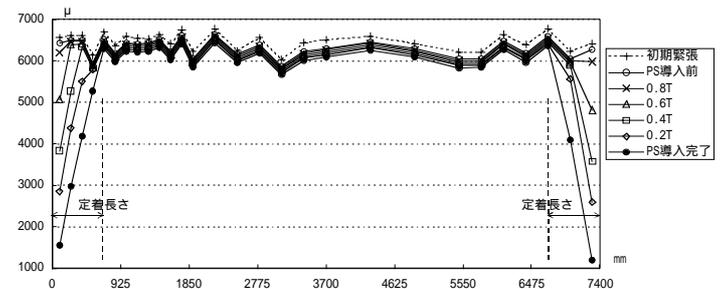


図-12 緊張材のひずみ分布(No.1)

Strain distribution of tendon(No.1)

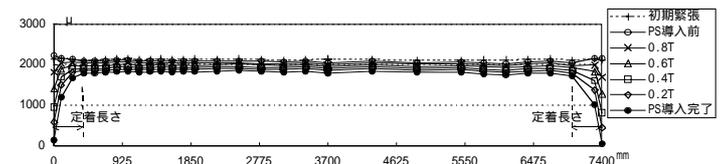


図-13 緊張材のひずみ分布(No.2)

Strain distribution of tendon(No.2)

ひずみの推移を示す。横軸は日数で、プレストレス導入完了時から加力実験開始時までを連続して示した。計測期間は80日で、後半の点線は試験体移動のために計測を

中断した期間である。図中には、表-4に示した初プレストレス(PS)力に対する有効率 $=0.8$ 相当のひずみを一点鎖線で示した。両緊張材のひずみに若干の差はあるものの、減少の割合はほぼ同等である。なお、プレストレス導入完了時に対する実験開始時のひずみの減少量は、平均で約 160μ (約 3%) であった。

図-15に、No.2試験体の梁中央位置での緊張材2本のひずみの推移を示す。計測期間は55日である。主筋緊張の場合もPC鋼より線と同様に、ひずみの減少の割合はほぼ同等で、プレストレス導入完了時に対する実験開始時のひずみの減少量は、平均で約 160μ (約 9%) であった。

6.3 復元力特性と最終破壊状況

図-16(a)、(b)は、それぞれNo.1、No.2試験体のせん断力Qと梁端回転角の関係を示したものである。両試験体ともエネルギー消費能力に富んだ紡錘型の履歴ループを描いており、緊張材の違いによる復元力特性の差異は見られないことが分かる。

図17a)、(b)に、それぞれNo.1、No.2試験体の最終破壊状況を示す。両試験体とも、正曲げを受ける側では、曲げひび割れがスパン中央近傍までの広い範囲に互って発生している。これに対して、負曲げを受ける側では、ひび割れが端部に集中し、ひび割れ角度もせん断の影響を受け、傾斜している。

6.4 緊張材のひずみ度分布

図-18(a)~(c)は、緊張材により線を用いたNo.1試験体の緊張材のひずみ度分布を示したものである。図より、プレストレス導入から鉛直荷重を経て、回転角 $1/200$ のサイクルまでは、緊張材のひずみ度分布は、ほとんど変化せず、導入時プレストレスが保持されている。回転角 $1/200$ のサイクル以降では、定着長が回転角振幅の上昇に伴って増加する傾向が見られる。具体的には、回転角 $1/200$ のサイクルまでは約 700mm であったものが $1/100$ のサイクルでは約 850mm 、 $1/50$ のサイクルでは約 1150mm ($=2.2D=91d$, D : 梁全せい, d : 鋼材径) に増加する。しかし、定着域より内側では、プレストレス導入時の応力状態が保持されており、回転角 $1/50$ 程度の変位振幅を経験した後でも、長期荷重は残存プレストレスによって十分対処できると考えられる。

図-19(a)~(c)は、高強度異型鉄筋を緊張材として用いたNo.2試験体の緊張材のひずみ度分布を示したものである。図より、鉛直荷重を経て、回転角 $1/100$ のサイクルまでは、残留変形時における緊張材のひずみ度はプレストレス導入時の状態が保持されており、定着長の変化も見られない。No.2試験体は緊張材が柱にアンカーされているため、回転角が $1/50$ に達すると、正曲げを受ける

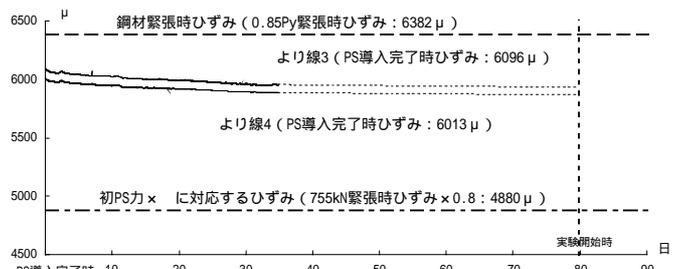


図-14 緊張材のひずみの推移 (No.1 梁中央位置)
Change of strain at tendon (No.1 Center of beam)

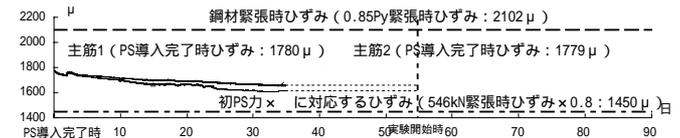


図-15 緊張材のひずみの推移 (No.2 梁中央位置)
Change of strain at tendon (No.2 Center of beam)

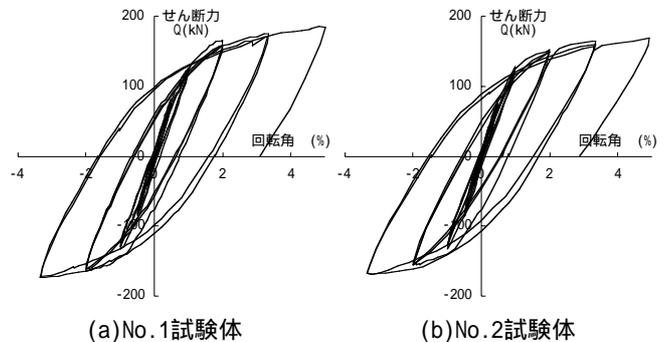


図-16 せん断力 - 回転角関係
Shear stress-rotational angle relationships

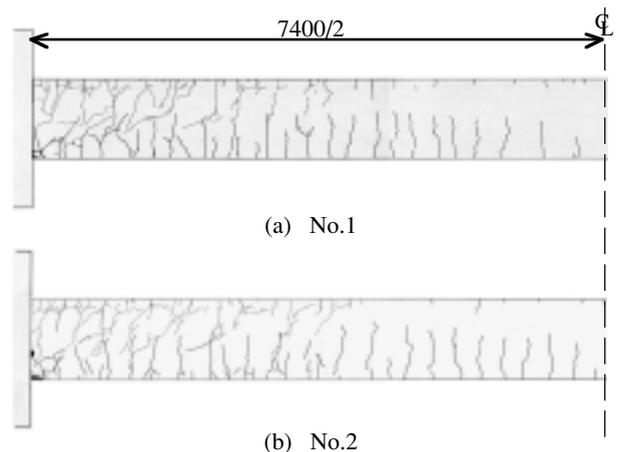


図-17 最終破壊状況
Final crack pattern

側の広い範囲で塑性化が進行した。このため、残留変形時のひずみ分布はプレストレス導入時のものとは若干異なっているが、中央部では導入時の緊張力がほぼ保持されている。

前述の実大実験と同様に、鉛直荷重を考慮した実験に

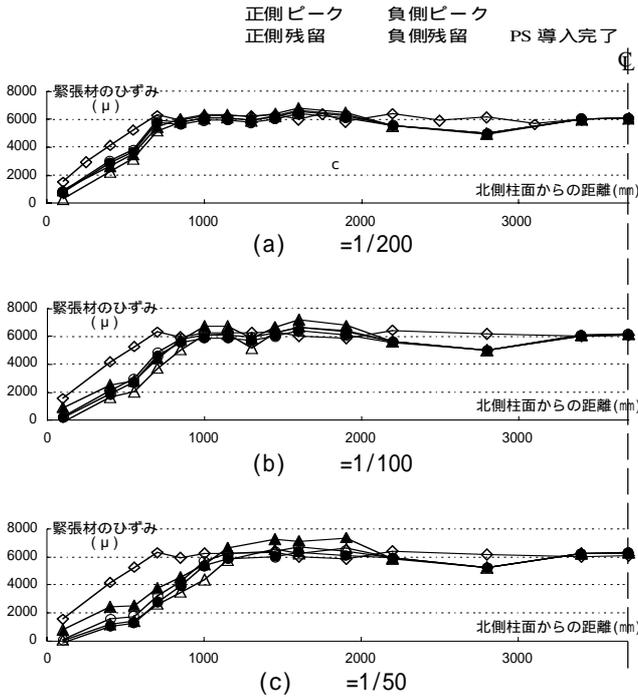


図 -18 緊張材のひずみ分布(No.1)
Strain distribution of tendon(No.1)

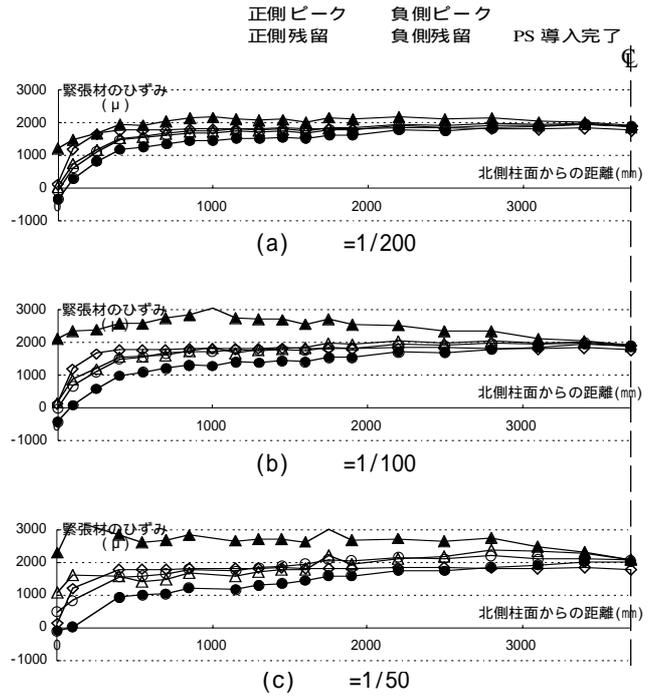


図 -19 緊張材のひずみ分布(No.2)
Strain distribution of tendon(No.2)

おいても、各試験体の緊張材の付着劣化は柱から3D以下の範囲であり、スパン中央ではプレストレス導入時と同程度の応力が残存していることが確認できた。

7. まとめ

2つのタイプ（緊張材にPC鋼より線用いたタイプと主筋を緊張材として兼用するタイプ）のプレテンション方式の大梁において、実大試験体を用いた加力実験、並びに鉛直荷重を考慮した加力実験を実施し、以下の知見を得た。

- ・プレストレス導入完了時の緊張材の定着長さは、2回の実験でほぼ同程度の値となり、PC鋼より線で径の約66倍と55倍、異形鉄筋で約11倍と16倍となった。
- ・定着域より内側の領域での緊張材のひずみ（平均値）は、初期緊張時からプレストレス導入完了時までで、PC鋼より線で約6%、異形鉄筋で約15%減少した。
- ・梁中央位置での緊張材のひずみは、プレストレス導入完了時に対して、PC鋼より線で約3%（計測期間80

日）、異形鉄筋で約9%（計測期間55日）減少した。

- ・荷重 - 変形関係は、緊張材にPC鋼より線用いたタイプも主筋を緊張材として兼用するタイプも、エネルギー消費能力に富んだ紡錘型の履歴性状を描いた。
 - ・大きな変形及び損傷を受けた後も、緊張材の付着劣化の進行は梁せいりの2～3倍程度の範囲であり、スパン中央部では導入時の緊張力がほぼ保持されていた。
- 以上のことより、プレテンション方式でプレストレスを導入する構法がPCa大梁に適用可能であることがわかった。

参考文献

- 1) AIJ: プレストレストコンクリート設計施工規準, 1998年
- 2) 鈴木ほか: 普通鉄筋にてプレストレスを導入したはりの曲げ性状について, AIJ大会学術講演会梗概集, pp.27-28, 1986年
- 3) 鈴木ほか: 高強度鉄筋を用いてプレストレスを導入したPRCはりの曲げ性状, JCI年次論文報告集, Vol19, No.2, pp.489-494, 1997年