

[230] ひびわれ制御を目的とした PRC 工法の適用事例

正会員 ○長尾覚博 (大林組技術研究所)
 正会員 小柳光生 (大林組技術研究所)
 正会員 中根 淳 (大林組技術研究所)

1. はじめに

自己歪によるひびわれを制御する基本的な考え方は、コンクリートの長さ変化を抑えることと、拘束の度合をできるだけ小とすることに尽きるといっても過言ではない。

コンクリートの長さ変化の原因は、主に温度変化 (初期の水和熱による温度変化、空調・気象などの環境変化)、および乾燥収縮に起因するが、これを制御することは非常に難しい。

一方、本報告で紹介する PRC 工法 (アンボンドプレストレスト工法) は、実部材の長さ変化を PS 導入により強制的に増大し、拘束度を減少させてひびわれを制御しようとするもので (図-1 参照)、ひびわれ制御の具体策として大いに期待される工法である。

本事例は、RC 構造物の地下 1 階のスラブおよび外壁に PRC 工法を採用し、ひびわれを制御することによって防水工事を省いたものである。また、同時に部材の温度、含水率、ひずみ、PS 導入力の経時変化を実測し、同工法のひびわれ制御効果について検討を加えた。

2. 建物および調査概要

2.1 建物の概要

建物は鉄筋コンクリート造 地上 2 階 地下 1 階、建物面積：約 933m²の規模のものを対象とした。

PRC 工法を採用した地下外壁およびスラブは、室内側は恒温恒湿室のため比較的乾燥しやすく、外部はコンクリート打込約 1 ヶ月後に埋戻し、土壌に接するため乾燥しにくい条件となっている。

2.2 使用材料およびコンクリートの調査

コンクリートの使用材料および調査は、表-1 に示す通りである。なお、スラブの施工 22 日後に外壁のコンクリートを打込んだ。

2.3 PC 鋼線の配置

地下外壁およびスラブへの PC 鋼線の配置は、それぞれ図-2 に示す通りである。スラブには、@ 450mm ピッチで X-Y 方向とも配置し、外壁は @ 600mm ピッチで配置した。また導入緊張力は、PC 鋼線一本あたり 18t で、見付面積当りではコンクリートの引張強度にほぼ等しい 12 Kg/cm²とした。

2.4 PRC 工法によるひびわれ制御効果の

調査方法

PRC 工法によるひびわれ制御効果を検討するため、PS 導入力、導入時のコンクリートひずみおよび含水率、温度、ひずみの経時変化を調査した。また、PS 導入により部材の拘束が低減しているかどうかを確認するために、実部材と同一の断面寸法および養生条件のダミー供試体を作成し、自由変形を測定して、実際の部材とのひずみ比較をした。これによって PRC 工法のひびわれ制御効果を検討することとした。

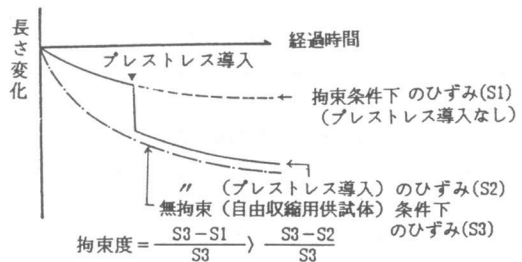


図-1 PRC 工法によるひびわれ制御の考え方

表-1 使用材料および調査

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	セメント (Kg)	水 (L)	細骨材 (Kg)	粗骨材 (Kg)	水和剤 (Kg)
51.0	43.0	345	176	760	1028	0.086

(注) 骨材は表乾状態

使用材料

- ・セメント：普通ポルトランドセメント
- ・粗骨材：秩父・青梅混合 実績率 59.3%、表乾比重 2.87
- ・細骨材：木更津・秩父混合粗粒率 2.65%、表乾比重 2.82
- ・混和剤：AE 剤 (ヴィンゾール)

2.4.1 温度・電極・埋込ゲージ取り付け位置

温度測定にはC-C熱電対、含水率測定には電極、ひずみ測定には埋込ゲージを用いた。

各センサーの取り付け位置は、図-3に示す通りである。スラブへは、ほぼ中央位置に1ヶ所各センサー2点、外壁へはスパンのほぼ中央位置において、壁面のひずみの分布が測定できるように壁中央、壁上端下端、柱と壁はその境界部分にセットした。なお、熱電対、電極、埋込ゲージとも同一位置にセットしている。

2.4.2 PS導入力の測定方法

PC鋼線端部にロードセルを固定し、PC鋼線緊張時の導入力および経時的な導入力の変化を測定できるようにした。

3. 調査結果

3.1 PS導入時のコンクリート強度

PS導入は、コンクリート打込後、スラブが材令9日、外壁が7日とした。導入時の強度は、スラブに対応した部分は現場水中養生供試体の平均値で198 Kg/cm²、外壁に対応した部分は194 Kg/cm²でほぼ同一の値であった。

3.2 温度の測定結果

温度の測定結果は、図-4に示す通りである。これよりコンクリート打込後初期材令では、構造体の壁、スラブ共、ダミーより高めの温度となっている。しかし、PS導入前後以降は、構造体、ダミーともほぼ同様の温度変化を示している。構造体の温度がダミーより高目になっているのは、構造体とダミーのマス目の相違と考えられる。

一方、コンクリート打込後からの温度降下は、スラブで約19℃、壁で約15℃となり、コンクリートのひずみにかなり寄与していることがわかる。

3.3 含水率の測定結果

含水率の測定結果は、図-5に示す通りである。その変化は、材令初期の含水率には若干差が認められるものの、壁、スラブともダミー供試体とほぼ同様の含水率となっている。

また、壁、スラブとも地下階に位置しているため、乾燥が進みにくく、ある程度材令を経過してもかなり高含水率を保持しているものの材令約200日で初期材令より7~8%程度含水率が低下し、温度降下と同様コンクリー

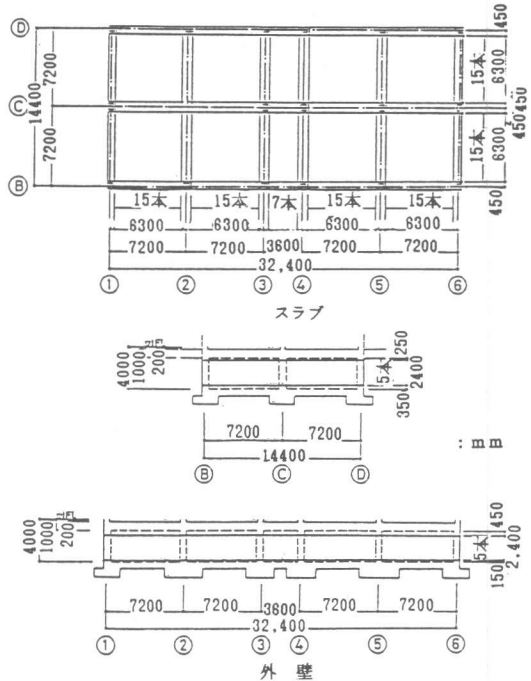
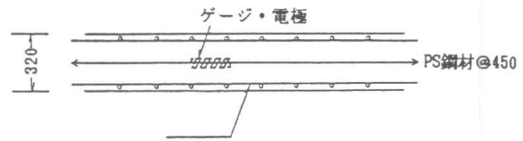
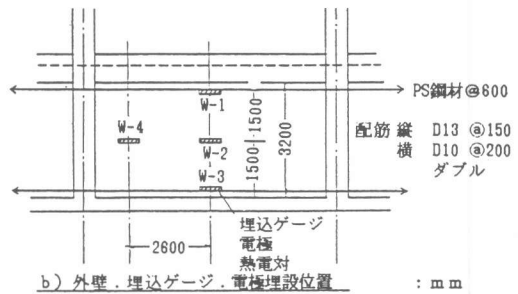


図-2 PC鋼線の配置



a) スラブ・埋込ゲージ・電極埋設位置 S1,S2



b) 外壁・埋込ゲージ・電極埋設位置 : mm

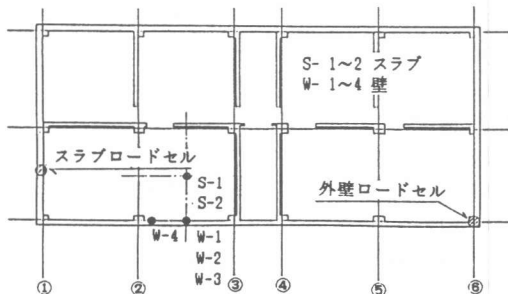


図-3 各センサーの取り付け位置

トのひずみにかなり寄与していることがわかる。

3.4 ひずみの測定結果

前述の、温度、含水率の変化に伴って生ずるコンクリート打込後のひずみの変化は、図-6に示した通りである。

これによると、スラブではPS導入時までダミーより構造体スラブの方がひずみが小となり地盤等の外部拘束が影響していることがわかる。

一方PS導入前後のひずみの変化は40 μ （コンクリート応力で約8 kg/cm²）程度で、PS導入以降はダミーとほぼ同様の挙動を示している。すなわち、PS導入により拘束度が低下しひびわれ制御効果が明らかに認められる。

外壁については、スラブに接している部分のひずみの変化が他の部分より小さく、その他の部分については、ダミーの変化とほぼ同一の傾向となっている。また、PS導入前後のひずみはスラブに比較して小さく壁中央で28 μ （コンクリート応力で約5 kg/cm²）を示したものの他の部分は大きな変化はなかった。これは、壁体が周囲の柱、はりに拘束されているためと考えられ、PS導入の効果がスラブほど顕著でないことがうかがわれる。

3.5 PS導入力の変化

PS導入力およびその経時変化を示したのが、図-5であるが、スラブ、壁の場合ともあまり大きな変化はない。ただし、材令50日程度から導入力の増大が認められるが、これは、部材の室内側が外気温の変動によって部材軸方向に膨張したことによる影響と思われる。また、導入緊張力はPS鋼線1本あたり18tに対し、実際の導入力はスラブでは2ヶ所の測点でそれぞれ14tおよび17t、外壁では2ヶ所の測点でそれぞれ15.4t、16.5tであった。

このような導入力の損失に対しては、各種要因が組み合さっているものと考えられるが、本事例ではPS導入力の瞬間的損失は10~30%であった。遅れ損失については導入力の経時変化を見る限りその変化は少なく、材令3年目でスラブ、壁とも約10%の低減率となり、あまり低下しない結果となっている。

すなわち、ひびわれ発生の危険性が最も高い材令1年程度までは、顕著なPS導入力の変化はないものと思われる。

4. 結果の検討 - PRC工法によるひびわれ防止効果について -

今回の測定結果によると、スラブのPS導入前後のひずみの変化が明らかに認められ、PS導入前の自由変形と構造体スラブの変形との差は、PS導入

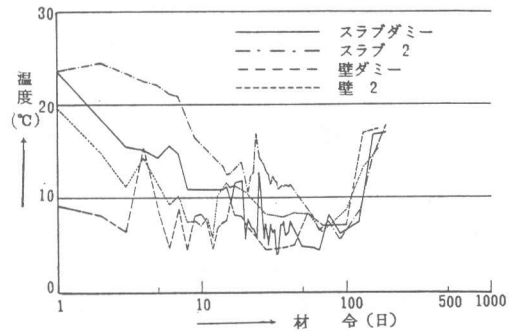


図-4 温度の経時変化

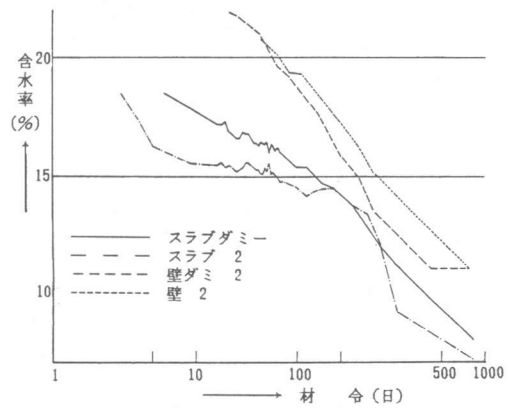


図-5 含水率の経時変化

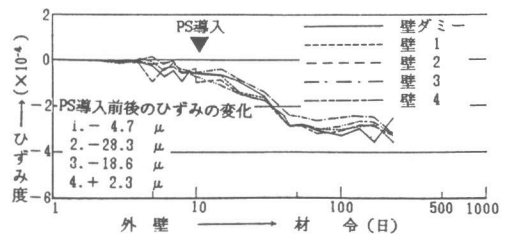
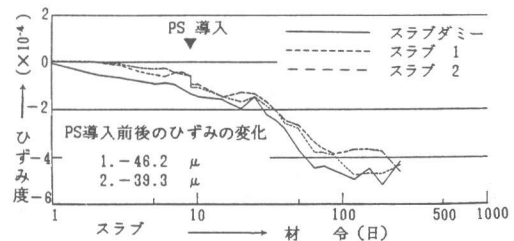


図-6 ひずみの経時変化

によって矯正され、かつほぼ同一の挙動を示していることから、スラブの拘束度が減少し、PRC工法によるひびわれ防止効果が十分期待できる結果となっている。

一方、外壁の場合には、壁体各部における拘束条件の差異のため、PS導入前のひずみは各部でかなり異なっている。すなわち壁体下部は基礎スラブの拘束のため変形が小さく、中央部はダミーによる自由変形とほぼ同一となっている。また、PS導入前後のひずみの変化はスラブの場合に比べ顕著ではなく、壁の周辺の拘束が影響し、PRC工法が壁体各部の拘束度を減少し、ひびわれ防止効果を十分果しているとはいえない。この傾向は、今回の建物をモデルにしてPS導入時の各部応力をFEM解析した図-8の結果によってもうかがえる。解析は外壁上下スラブの剛性をばね置換し、18tの導入緊張力に対する弾性解析とした。

これより、緊張方向の壁の応力は、上下スラブに隣接した部分が壁中央よりも小となり、また、スパン中央になる程PS導入の効果が及びにくくなるのがわかる。このように壁周辺の拘束がPS導入の効果に影響を与えていることが解析によっても推察される。

これらの結果により、壁体のひびわれ防止を目的としたPRC工法の適用については、PS導入方法、導入時期、導入力等について構造物の形態に応じた合理的な検討が必要と思われる。

5. まとめ

本事例では、地下外壁およびスラブにひびわれの発生および漏水は認められずPRC工法を採用し防水工事を省いた当初の目的は達せられた。しかし今回は乾燥条件および温度条件ともひびわれ発生に関してはあまり厳しいとはいえない条件での適用例であるため、ひびわれ制御を目的として特に地上階の外壁にPRC工法を適用するためには、PSの導入方法、導入力等、実際に適用する上でさらに詳細な検討を進める必要があるものと思われる。

(参考文献)

- 1) 中村他：「アンボンドPRC工法による清掃工場RC壁のひびわれ防止対策」, 建築技術, 1985, No.407, 1985, No.407, 7, P.85 ~ 90
- 2) 亀高・松谷他：「RC建築物におけるアンボンド工法の利用」建築技術, 1981.9, No.361

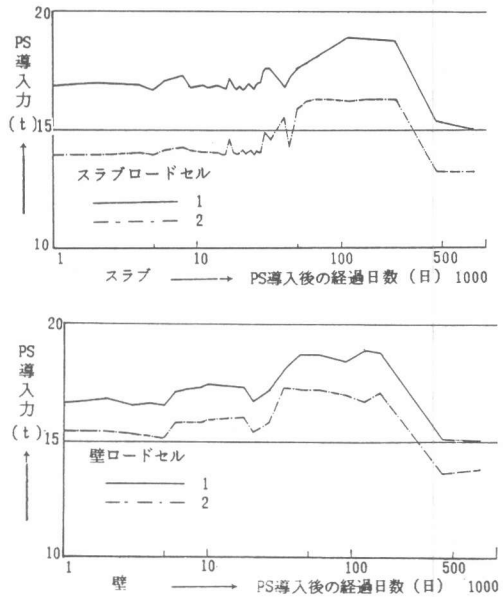


図-7 導入力の経時変化

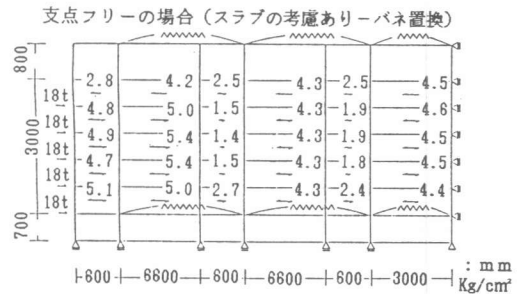


図-8 PS導入時の壁の応力(解析結果)