

V-488

高性能膨張材を用いたケミカル2方向P C埋設型枠用薄板の製作に関する研究

九州工業大学工学部 正会員 山崎 竹博
同 上 正会員 出光 隆
九州共立大学工学部 正会員 渡辺 明

1. まえがき

現在、埋設型枠工法には高強度・高耐久性のP I CやR E Cパネルが使用されているが、本研究では埋設型枠用コンクリートパネルとしてケミカルプレストレス（以下“C P”と略す）を用いた厚さ3cm程度の2方向P C薄板を試作してその性能を検討した。土木学会制定の“膨張コンクリート設計施工指針”では、膨張量の限界を工場製品でも 200×10^{-6} 以上 1000×10^{-6} 以下と規定している。この程度の膨張率ではクリープや乾燥に起因する収縮ひずみによってプレストレスは消失する。本研究では緊張材として鋼より線、C F R P、A F R Pを用い、膨張ひずみが数千（ $\times 10^{-6}$ ）を越えるC Pを導入して有効プレストレスを確保した。このような膨張コンクリート設計施工指針の範囲を超えた膨張コンクリートを高膨張コンクリート、膨張材を高性能膨張材と呼ぶことにする。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

高性能膨張材には定着用膨張材として使用される石灰系材料、比重3.14を使用した。粗骨材には最大寸法13mm比重2.73の碎石、細骨材には比重2.53の海砂を使用し、セメントには比重3.15の普通ポルトランドセメントを使用した。高膨張コンクリートの実験配合を表-1に示す。膨張量は使用する高性能膨張材量によって変化するため、実験ではセメント量 425 kg/m^3 に対する置換率で示している。

緊張材には3本よりP C鋼線（SWPD3）、炭素繊維 $\phi 5 \text{ mm}$ より線、アラミド繊維 $\phi 5 \text{ mm}$ 組紐の3種類を使用した。その機械的性質を表-2に示す。伸び率から見ていずれの緊張材も $1 \text{ 万} \times 10^{-6}$ 程度の膨張に対して破断の危険性はないと考えられる。

2. 2 供試体の形状・寸法

供試体は打設後24時間で脱型し 20°C 空气中養生した。強度測定には $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 円柱供試体を、基本膨張量の測定には $10 \times 10 \times 30 \text{ cm}$ 角柱供試体を用いた。一方向プレストレス供試体には図-1に示す $3.5 \times 10 \times 50 \text{ cm}$ を、2方向プレストレス供試体には図-2に示す $5 \times 50 \times 50 \text{ cm}$ 薄板を用いた。緊張材の配置は一方向には図心に、その直角方向には緊張材の合成断面が図心が供試体断面の図心と一致するよう千鳥に配置した。

2. 3 膨張ひずみおよび有効プレストレスの測定方法

膨張ひずみは、図-1のように供試体中央部に20cm間隔で設置した標点をホイットマーゲージで測定すると共に、打設前に鉄筋、脱型後に供試体表面に貼付したワイヤーストレインゲージとから測定した。

供試体の膨張ひずみを材令90日まで測定した後曲げ試験を実施して有効プレストレスを測定した。ひび割れ発生直後に除荷してひび割れ直交方向にワイヤーストレインゲージを貼付し、再びひび割れ荷重から有効プ

表-1 高膨張コンクリートの実験配合

Gmax (mm)	W/B (%)	s/a (%)	air (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
				水 W	粉体 B	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 A
10	32.5	48	5	170	523	746	872	5.23
	35				485	760	888	4.85
	40				425	783	916	4.25

表-2 緊張材の機械的性質

	破断荷重 (t f)	破断強度 kgf/mm ²	弾性係数 kgf/mm ²	伸び率 (%)	断面積 (mm ²)
C F R P	2.64	261	15,400	1.5	10.1
A F R P	1.67	158	4,540	2.4	10.6
鋼より線	3.90	196	20,000	3.5	19.8

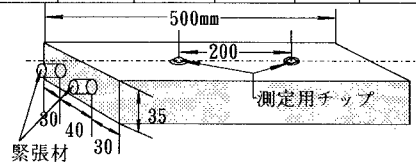


図-1 1方向P C板供試体の標点

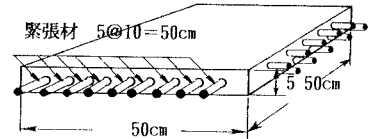


図-2 2方向P C供試体

レストレスを算出した。載荷供試体のスパンは30cm, 3等分点に2点集中荷重を載荷した。

3. 実験結果および考察

3. 1 膨張材量と強度との関係

従来, C P Cでは60kg/m³程度以下の膨張材量を, 水結合材比45~60%で打設した例が多い^{1)~4)}。膨張率を高くすれば結晶が粗くなり強度低下を生じるので, 膨張材置換率を0, 10, 15, 20, 22.5, 25%として変化させ, 無拘束状態の強度試験を行った。その結果は図-3に示すように, 膨張材25%の置換による圧縮強度低下は材令28日で38%程度であった。

3. 2 膨張量の長期性状

膨張材置換率と膨張ひずみとはほぼ比例関係にあることから¹⁾, 1万×10⁻⁶の膨張ひずみを得るための膨張材置換率を25%として3カ月間のひずみ測定を行った。P C鋼線を0, 1, 2, 3本用いた供試体各3体ずつの実測膨張ひずみを, 種類毎に平均して図-4に示した。図から, ばらつきは見られるが, 3カ月後でもほぼ安定した膨張ひずみを維持していることが分かる。また, 緊張材量が多くなるほど膨張ひずみは小さくなる結果は得られたが, 設計施工指針の解説式から, それらの定量的関係は算定できなかった。

3. 3 二方向C P C薄板の膨張ひずみ

膨張量が1万×10⁻⁶程度で高強度が得られるように, 膨張材置換率を22.5%, W/Bを32.5%として, 5cm間隔に緊張材を並べ, その直行方向に上下千鳥に緊張材を配置して二方向C P C薄板を3体ずつ3種類合計9体作製した。打設後のひずみ測定値を図-5に示した。その結果, 2方向配筋の場合, 一方向配筋よりもやや膨張ひずみが小さくなる傾向が得られた。

3. 4 再びび割れ試験によるC Pの算定

P C薄板の支間30cmとし, 2点集中荷重で曲げ試験を実施してひび割れ発生および再びび割れ荷重からプレストレスを算出した。それらの結果は表-3示すように, 更に緊張材量を増やせば40kgf/cm²以上のプレストレス導入も可能と考えられる。このとき, C P導入ではプレテンション方式の場合と逆に, ポアソン効果によって鋼線は細くなる方向にあるため, 今後さらに薄い部材の製造も可能と考えられる。

4. まとめ

高性能膨張材を用いた埋設型枠用2方向プレストレス薄板を作試作した結果, 次の知見を得た。

- (1) 高性能膨張材を20%程度用いた膨張コンクリートは3カ月以後も有効なプレストレスを維持できる。
- (2) 膨張材置換率25%, 膨張ひずみ2万~3万×10⁻⁶発生時でも圧縮強度低下率は38%であった。
- (3) 同一単位膨張材量を使用したとき, 水結合材比の低下に伴い膨張ひずみはやや低下する傾向にある。
- (4) かぶりは12.5mm (2.5φ) の二方向P C板にひび割れは無く, 直交するC Pはほぼ等しい値であった。

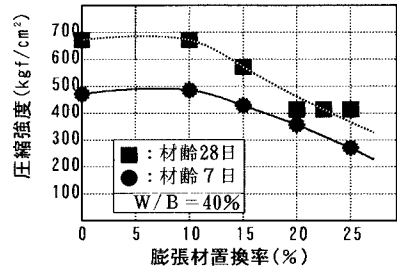


図-3 膨張材置換率と圧縮強度の関係

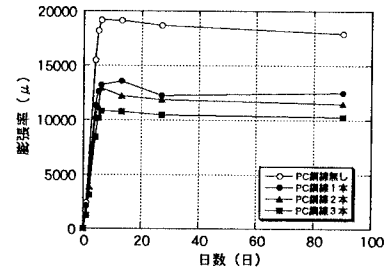


図-4 鋼線拘束量の膨張量への影響

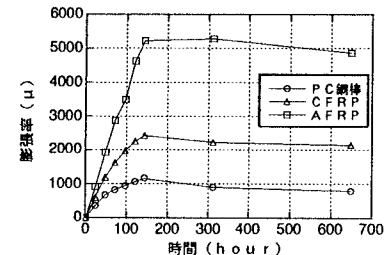


図-5 2方向P C板の膨張量

表-3 曲げ試験及び膨張量から求めたプレストレス算定値の比較 (各3体の平均値で示す。)

供試体の種類	プレストレス算定値 kgf/cm ²	
	曲げ試験	膨張ひずみ
1方向	P C鋼線	21.6
	C F R P	26.6
	A F R P	1.8
2方向	P C鋼線	40.4
	C F R P	34.8
	A F R P	3.5

参考文献

- [1] 門司昭・井上一郎・吉川功: 膨張材を使用するコンクリートの配合設計に関する研究, セメント技術年報, No. 25, pp. 200-203, 1971.
- [2] 楠元孝夫・杉田英明: 石灰系膨張混和材がコンクリートの膨張および強度性状に及ぼす影響, セメント技術年報, No. 31, pp. 237-241, 1977.
- [3] 河野俊夫・家惟俊・中野昌之・綿貫輝彦: 各種セメントコンクリートに及ぼす石灰系膨張材の影響, 土木学会論文報告集, No. 229, pp. 99-104, 1974.
- [4] 戸川一夫・中本純次: 膨張コンクリートの拘束膨張, 収縮特性に及ぼす使用材料の影響, 土木学会論文報告集, No. 326, pp. 129-140, 1982.