

膨張コンクリートを用いた壁高欄のひび割れ抵抗性の定量化の検討

日本車輛製造株式会社 正会員 ○山田 真衣・神頭 峰磯
日本車輛製造株式会社 非会員 小出 英司

1. はじめに

橋梁に用いられる壁高欄コンクリートは、床版コンクリートにより拘束されるため、乾燥収縮によってひび割れが発生しやすい。このひび割れを抑制するために、壁高欄には単位量 20kg/m^3 とする膨張コンクリートによる施工が一般的に行われている。既往の研究では、膨張コンクリートの効果を定量的に評価して、膨張材の単位量を 20kg/m^3 以上の配合で施工することにより、ひび割れ抵抗性を高めた事例がある¹⁾。しかし、膨張コンクリートの効果の定量化は、適用範囲が構造物の断面が対称となっている場合に限定されており、壁高欄のような非対称断面を有する構造物への適用が難しかった。そのため、非対称断面においても膨張材の効果を定量化できる方法が検討されてきた²⁾。本論文では、非対称断面構造である壁高欄に単位量 20kg/m^3 以上の膨張材を使用した膨張コンクリートに対するひび割れ抵抗性を定量的に検討した結果を報告する。

2. 膨張コンクリートの効果の定量化

2.1. 検討概要

本橋は、橋長 193m、幅員 9.22m の連続合成鋼桁橋であり、壁高欄は、普通コンクリートで施工する計画であった。そのため、膨張コンクリートを積極的に使用し、壁高欄のひび割れ抵抗性を高めることで、ひび割れ抑制を行う計画とした。膨張材の単位量は、過膨張による圧縮強度の低下に配慮して、膨張率の上限を 300×10^{-6} とし、膨張材の効果である付加圧縮応力度（以下、ケミカルプレストレス）を解析から求め、ひび割れ抵抗性を検討して決定した。図-1 に示すように解析モデルは幅員の半分を対象とし、検討の着目点は壁高欄地覆部と床版の境界面とした。また、膨張材の単位量を膨張率との関係から決めるため、膨張材の単位量が異なる配合において試験練りを行った。

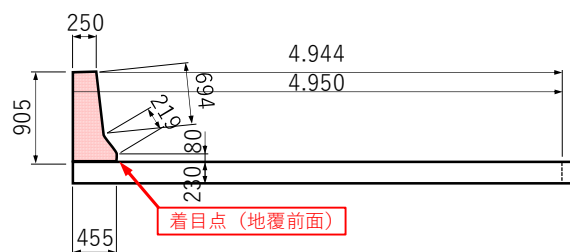


図-1 解析モデル概要図

表-1 コンクリートの配合 (24-12-25N)

Case	W/B (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)					
			W	C	Ex	S	G	Ad
1	55.0	45.1	166	282	20	802	1009	3
2	54.9	45.0	166	280	22.5	799	1009	3
3	55.0	45.0	166	277	25	799	1009	3

表-2 試験練りの結果

膨張材 単位量	20kg/m ³ 22.5kg/m ³ 25kg/m ³	スランブ (cm)	空気量 (%)	圧縮強度 (N/mm ²)	膨張率 ($\times 10^{-6}$)	割裂引張 強度 (N/mm ²)
		14.0	5.1	34.5	245	2.6
13.5	5.1	33.5	358	2.8		
12.0	4.5	34.5	455	2.6		

2.2. 試験練り

壁高欄の試験練りの配合を表-1 に示す。使用したコンクリートの呼び名は 24-12-25N であり、膨張材の単位量は標準的な単位量 20kg/m^3 と、 2.5kg/m^3 ごとに膨張材を増量した 22.5kg/m^3 、 25kg/m^3 の 3 配合とした。セメントは普通ポルト

ランドセメント、骨材は砕砂、砕石とし、膨張材はエトリンガイト・石灰複合系の 20 型膨張材とした。表-2 に試験練りの結果を示す。膨張材の単位量が 20kg/m^3 の場合の膨張率は 245×10^{-6} であり、単位量が増加すると膨張率も増えている。一方、本壁高欄のコンクリートでは、膨張率が 455×10^{-6} まで増加しても圧縮強度の低下は見られなかった。そのため、本壁高欄の施工では、膨張率が 450×10^{-6} 程度まで膨張材の単位量を増加することが可能と考えられる。また、表-2 には、各配合における割裂引張強度試験の結果も記した。

2.3. 膨張材による付加圧縮応力度の検討

図-2に膨張材の単位量と膨張率の関係を示す。図-2のから求められる線形近似式より、膨張率が前提条件
キーワード ケミカルプレストレス、壁高欄、膨張率、定量化、ひび割れ抑制

連絡先 〒475-0831 愛知県半田市 11 号地 20 番地 日本車輛製造株式会社 TEL 0569-47-6163

の上限値に近い、 290×10^{-6} となる 21 kg/m^3 を施工する壁高欄の膨張材の単位量とし、その効果を検討した。

膨張材の標準的な単位量である 20 kg/m^3 の場合と 21 kg/m^3 の場合について、既往の研究方法²⁾から算出した図-1の解析モデルに対するケミカルプレストレスの計算結果を図-3に示す。図-3では、縦軸に壁高欄の高さ、横軸にケミカルプレストレスの分布を示している。ケミカルプレストレスは、床版との拘束が大きい壁高欄下端から高さ方向に向けて徐々に小さくなる。ケミカルプレストレスは、壁高欄下端において単位量 20 kg/m^3 の場合が -2.07 N/mm^2 、単位量 21 kg/m^3 の場合が -2.45 N/mm^2 となった。この結果から膨張材の単位量を 1 kg/m^3 増量することにより、18%程度ケミカルプレストレスが増加し、壁高欄に作用する引張応力度を多く相殺することができる。

3. 膨張材の効果の検証

コンクリート標準示方書によるひび割れ対策レベルを参考に、算出したケミカルプレストレスを使用してひび割れ抵抗性の比較を行った。表-3は、膨張材の単位量ごとにひび割れ発生確率を求めたものである。このとき、壁高欄に作用する引張応力度は、図-1に示す着目点における床版上の応力度が地覆に作用し、壁高欄に対する乾燥収縮ひずみ分 (200×10^{-6}) の引張応力度が加算されると仮定した。

壁高欄に発生する引張応力度は、膨張材によって導入されるケミカルプレストレスによって相殺されるため、ひび割れ発生確率は、膨張材の各単位量に対して、それぞれ 94.5%、8.0%、2.6%と単位量を増すごとに小さくなる。この検討結果から、膨張材を使用しない場合は、ひび割れ抵抗性が非常に低くなるのに対して、膨張材の使用によりひび割れ発生確率が 1/10 程度以下まで抑制される。また、表-4に示すように、膨張材を標準的な単位量である 20 kg/m^3 から 1 kg/m^3 増量することにより、対策レベルのランクが 1 つ向上していることがわかる。これは、本検討によって、膨張材の効果について定量評価した結果である。

4. まとめ

対称断面を持たない構造物である壁高欄に、膨張材の単位量 20 kg/m^3 以上で、膨張率 250×10^{-6} 以上の膨張コンクリートを適用し、ひび割れ抑制効果の定量化による検討を行った。本検討より、以下のことが示された。

- (1) ケミカルプレストレスを定量評価することにより、壁高欄のひび割れ抑制効果の見える化が可能となる。
- (2) 標準的な膨張材の単位量である 20 kg/m^3 を超える膨張材を積極的に採用した膨張コンクリートにすることにより、ひび割れ対策レベルが向上することが客観的に示された。

5. 参考文献

- (1) 神頭峰磯，松永誠：ケミカルプレストレスを活用した鋼コンクリート合成床版の耐久性向上に関する取り組み，令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会，VI-1055（2019）
- (2) 栖原健太郎，辻幸和，李春鶴，西崎辰治，五十嵐数馬，神頭峰磯：膨張コンクリートを用いた対称軸の無いCPC部材の膨張ひずみ分布の推定方法，土木学会論文集E2，Vol. 77，No. 2，pp25-36，2021。

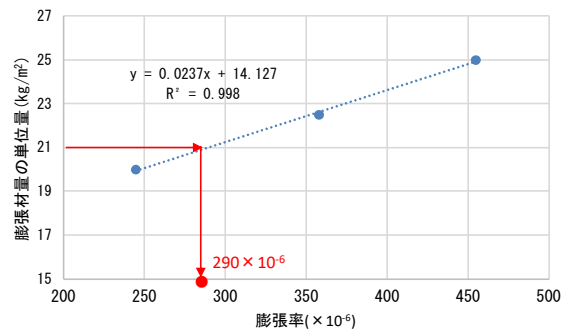


図-2 膨張率と膨張材の単位量の関係

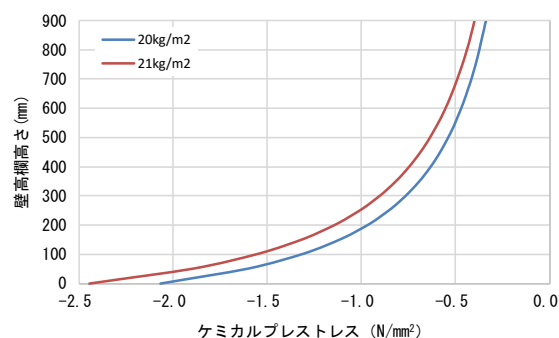


図-3 ケミカルプレストレスの解析結果

表-3 ひび割れ抵抗性の検討結果

膨張材 単位量	膨張材 単位量	引張強度	引張	ケミカル	補正後	ひび割れ	ひび割れ
		(N/mm^2)	応力度	プレストレス	応力度	指数	発生確率
	0 kg/m^3	2.64	3.68	0.00	3.68	0.72	94.5
	20 kg/m^3			-2.07	1.61	1.64	8.0
	21 kg/m^3			-2.45	1.23	2.15	2.6

表-4 ひび割れ対策レベルの区分

対策レベル	ひび割れ 発生確率	ひび割れ 指数	備考 (今回の結果)
ひび割れを防止したい場合	※5%	1.85以上	21 kg/m^3
ひび割れの発生をできる限り制限したい場合	15%	1.40以上	20 kg/m^3
ひび割れの発生を許容するが、ひび割れ幅が過大とならないように制限したい場合	50%	1.0以上	