

コンクリート工事の施工計画照査に関する研究

大林組 正会員 ○高橋 敏樹
 大林組 正会員 入矢 桂史郎
 大林組 フェロー 十河 茂幸

1. はじめに

コンクリート工事の施工計画は、品質、安全、環境等の工事要件を満足した上で、早くかつ経済的になるよう適切に作成しなければならない。ところが、建設工事では、構造物が高度化、複雑化するにつれ、ジャンカやひび割れといった初期欠陥が発生し、問題となる場合がある。2002年制定コンクリート標準示方書「施工編」では、工事において予想される変動に対して、施工計画が十分な余裕を持つよう施工計画の照査を行なうよう定めているが、これまで施工の定量化は行われず、施工計画の立案は経験に基づいた判断によるところが大きかった。そこで本研究では、施工を定量的に評価し、最適な施工計画を立案するための支援システムを考案し、試算を行なった。

2. 初期欠陥の要因

コンクリート工事の一連の流れを図-1のように考えると、鉄筋・型枠工や、コンクリート打設といった実施工上の作業が直接的な初期欠陥の発生要因となっていることが考えられる。しかし、より上流の施工計画の段階で、不適切な計画が立案され、初期欠陥の発生が決定付けられている場合が考えられる。そのため、施工計画の照査を事前に行ない、修正を加えて適切な施工計画とする必要がある。

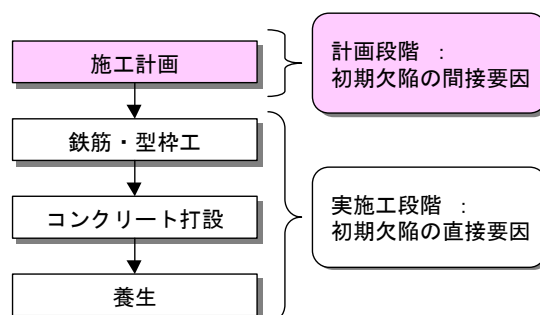


図-1 初期欠陥の要因

3. 施工計画の照査手法

施工計画の照査は、その施工計画に従って施工を行なった場合の、初期欠陥発生危険度により評価することとした。図-2はジャンカの初期欠陥発生危険度の例であるが、本システムでは、施工計画の各項目を入力値とし、初期欠陥毎に中間評価項目を危険ポイントとして計算して、最終的に初期欠陥の発生危険度が算出される。中間評価項目は、各初期欠陥毎に、その初期欠陥の要因となる項目をあらかじめ設定したものであり、入力値よりシステム内で自動計算される。図-2のジャンカの例では、材料分離、締固め、間隙通過の特性を中間評価項目としてあらかじめ定めた。本システムでは、初期欠陥発生危険度が小さい施工計画ほど

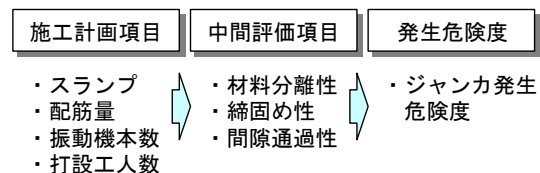


図-2 初期欠陥発生危険度の計算

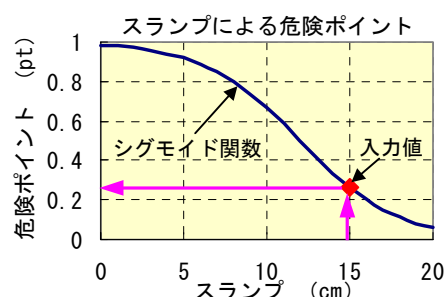


図-3 危険ポイントの計算

表-1 施工計画の入力項目

環境	配合	鉄筋・型枠	運搬	打設	養生
外気温	単位水量 単位セメント量 呼び強度 スランプ 空気量 粗骨材最大寸法	配筋量 最小鉄筋あき 純かぶり スペーサ密度	運搬時間 運搬方法 配管径 配管長 ポンプ性能	振動機本数 打設工人数 打設時落下高さ 1層の打上高さ 打設ペース	仕上げ方法 養生温度 養生湿度 養生期間

キーワード：コンクリート工事，施工計画，照査，初期欠陥，発生危険度

連絡先：〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 大林組 技術研究所 土木構造・材料研究室 TEL:0424-95-0950

優れた施工計画とした。

施工計画の入力項目には、表-1 に示す、環境、配合、鉄筋・型枠、運搬、打設、養生の各段階における項目を用いることとした。

中間評価項目の危険ポイントおよび初期欠陥発生危険度は0から1の間のポイントにより表示し、1が最も危険度が高いとし、0.5を標準的な方法による施工の場合のポイントとした。入力項目から中間評価項目への関連付けは、図-3 に示すシグモイド関数を用いて行なった。初期欠陥 k に関して、入力項目 i の入力値が x であった場合の、中間評価項目 j に対する危険ポイント P_{ij} を以下の式(1)で表した。

$$P_{ij} = \frac{1}{1 + e^{a_{ij} \times (x - b_{ij})}} \quad (1)$$

ここで、 a_{ij} , b_{ij} はシグモイド関数の形状を決める係数で、初期欠陥種類と中間評価項目より決定した。中間評価項目 j に関する入力項目が n_i 個の場合、中間評価項目 j の危険ポイント Q_j は、 ω_{ij} を入力項目 i の重みとして、式(2)で表した。

$$Q_j = \sum_{i=1}^{n_i} (P_{ij} \times \omega_{ij}) \quad (2)$$

初期欠陥 k の中間評価項目が n_j 個ある場合、最終的な初期欠陥 k の発生危険度 R_k は、式(3)により計算した。ただし ω_j は中間評価項目 j の重みを表す。

$$R_k = \sum_{j=1}^{n_j} (Q_j \times \omega_j) \quad (3)$$

4. ジャンカ発生危険度の試算例

上記の手法を用いて初期欠陥のうち、ジャンカの発生危険度の試算を行なった結果を示す。表-2 の入力値を用いて計算を行ない、表-3 のような発生危険度が算定された。重み付けは各項目で均等とした。中間評価項目を見ると、材料分離性と間隙通過性の危険ポイントが大きく、危険性が高いことがわかる。これは、配筋量が多い構造物で、スランプが大きく、ポンプ打設による切り回し時の骨材分離が懸念されることから、材料分離の危険性が高いことを表す。また、配筋量が多く、最小鉄筋空きが小さいことから、コンクリートの鉄筋間隙通過が困難という結果になった。それに対し、締固め性に関しては、打設工人数がやや不足しているものの、スランプが大きく、打設ペースに対して振動機本数が充分であることから、危険性が低い結果となった。この結果を元に、スランプを小さくする、打設工の人数を増やす等の施工計画の修正を行なうことが可能となる。このように、設計者が施工計画の修正と再照査を繰り返すことにより、適切な施工計画の立案が可能となる。

5. まとめ

初期欠陥の発生危険度という指標を用いたコンクリート工事の施工計画照査の手法を示した。初期欠陥発生危険度を用いて施工計画の照査を精度良く行なうためには、施工計画の各項目が持つ初期欠陥発生への影響を正確に把握する必要があり、また、入力項目間および中間評価項目間の因果関係や、施工計画立案時に暗黙に理解されているルールを定式化することがあることが考察された。

参考文献

- ・2002 年制定土木学会コンクリート標準示方書「施工編」

表-2 ジャンカ発生危険度入力値

入力項目	値	単位
スランプ	18	cm
配筋量	900	kg/m ³
最小鉄筋あき	5	cm
粗骨材最大寸法	25	mm
打設時落下高さ	1.5	m
運搬方法	ポンプ	-
振動機本数	3	本
打設工人数	5	人
打設ペース	30	m ³ /h

表-3 ジャンカ発生危険度

・材料分離性		
スランプ	0.74	pt
打設時落下高さ	0.57	pt
配筋量	0.72	pt
運搬方法	0.64	pt
材料分離性危険ポイント	0.66	pt
・締固め性		
スランプ	0.26	pt
振動機本数	0.20	pt
打設工人数	0.67	pt
締固め性危険ポイント	0.38	pt
・間隙通過性		
配筋量	0.72	pt
最小鉄筋あき	0.80	pt
粗骨材最大寸法	0.50	pt
間隙通過性危険ポイント	0.67	pt
ジャンカ発生危険度	0.57	pt