

PFⅠ導入の際のコンクリート構造物の劣化や欠陥等のリスクの評価に関する考察

Consideration on evaluation of risk in introducing PFI for concrete structure with deterioration and defect

北見工業大学 正員 桜井 宏(Hiroshi SAKURAI)

北見工業大学 正員 岡田 包儀(Kaneyoshi OKADA)

北見工業大学大学院 学員 上延 幸司(Kouji UENOBE)

北海道大学工学研究科 フェロー 佐伯 昇(Noboru SAEKI)

(株)西村組 川合邦広(Kunihiro KAWAI)

(株)西村組 高橋伸次郎(Shinjiro TAKAHASHI)

1. はじめに

1.1 背景 近年、財政の悪化が深刻化するにつれ財政負担の縮減に向けた公共事業の見直しが急務となり、民間の資金、技術力を取り入れる PFI 事業に注目が集まっている。我が国における PFI は、今後より推進される事が予想され、PFI 事業で発生するリスクを評価する手法の検討が早急に必要とされている。

1.2 目的 本研究ではPFI事業の実施の際に想定される際のリスクを考察し、主に技術的なリスクを抽出し検討を行う。また既存のコンクリート構造物の施工環境による強度、クラックの有無、維持管理時期を算定するためのデータベースを作成する。また施工初期の水和熱の膨張によるひび割れによ

る欠陥が発生するリスクを把握するため、汎用構造解析プログラム(MARK)を使用し、有限要素法(FEM)による温度応力錬成解析を加えた欠陥リスク低減の流れを検証する。

2.研究方法

1)PFI 事業実施の際に想定される全般のリスクを抽出、法規、技術、財政の各々の事例からの調査検討を行なう。また技術的欠陥リスクの低減を図るために今までに施工されたコンクリート構造物のデータを入力する。データ入力項目は Table1 に示す。その後、データを数値化し重回帰分析を行い検討、考察を行なう。

2)クラックが発生しやすいケースについて、汎用構造解析プログラム(MARC)を使用し、有限要素法(FEM)による温度応力連成解析を行う。

Table 1 データベース作成におけるデータ入力内容およびクラックに対する相関性の判定

項目	各変数	単位	クラックに対する 相関係数	判定
施工年(西暦)		年	0.24455	-
構造物所在地	地名	英字	0.53314	△
構造物の種類	鉄筋配置の有無	有:1,無:0	0.53314	△
	断面形状(形状同形)	m ²	0.05024	-
構造物の形状	スパン長(隣発目地までの長)	m	-	-
	高さ	m	0.03135	-
	かぶり(鉄筋配置の場合)	cm	-	-
	セメント種類		0.27438	△
コンクリート配合	単位セメント量	kg/m ³	-0.0553	-
	単位水量	kg/m ³	-0.0295	△
	水セメント比	%	0.11554	◎
	空気量	%	-0.0427	△
	呼び強度	kef/cm ²	-0.0579	-

項目	各変数	単位	クラックに対する 相関係数	判定
コンクリート配合	スランプ	cm	-0.038	-
	打設月日	月 日	-	-
気象状況	打設日最高気温	℃	0.0008	-
	打設日最低気温	℃	-0.07	-
	打設日平均気温 $\sigma \sim 0 \sim 3$	℃	-0.041	△
	打設日平均気温 $\sigma \sim 0 \sim 7$	℃	-0.063	△
	打設日平均気温 $\sigma \sim 0 \sim 1$	℃	-0.081	△
	打設日平均風速 $\sigma \sim 0 \sim 3$	m/sec	0.225	○
	打設日平均風速 $\sigma \sim 0 \sim 7$	m/sec	0.3131	○
	打設日平均風速 $\sigma \sim 0 \sim 1$	m/sec	0.2358	◎
コンクリート打設	コンクリート打設温度	℃	-0.088	-
養生	養生日数	日	-	-
	型枠脱型日数	日	-	-

項目	各変数	単位	クラックに対する 相関係数	判定
養生	型枠材質	別記4参照	-	-
	脱型後の養生方法	別記5参照	-	-
ひびわれ	ひび割れ発生有無	有1,無0	1	-
	ひび割れ発生確認材齢	日	-	-
	ひび割れ幅(最大値)	mm	-	-
	ひび割れ方向	別記6参照	-	-
	同方向当りのひび割れ本数	本	-	-
スケーリング	ひび割れ貫通の有無	有1,無0	-	-
	スケーリング発生有無	有1,無0	-	-
	ひび割れ発生確認材齢	越冬年、回数	-	-
	スケーリング面積	%	-	-
	スケーリング深さ	mm	-	-
	スケーリング平均被覆深さ	mm	-	-

Table2 PFI 事業の事例およびその問題点

3. 検討結果及び考察

3. 1 PFI 事業の事例およびその問題点

PFI 事業が実施されるようになり、いくつかの問題となるリスクも発生してる。ここでは PFI 事業で想定されるリスクを検討し PFI 事業で発生した事例を想定されるリスクと照らし合わせ Table2 を示した。

3. 2 PFI 事業事例およびその問題点における考察

事例で発生した問題点の最大の原因は計画と将来性の運営管理上の視点との間の誤差と考える。長期間運営であるため

[illegible]

に経済や人口の将来性を見極めた上での計画と現段階の需要の差によってPFI事業者側は、十分な事業展開ができず、公共側も従来と違う事業方法の十分な理解と適切な対応しきれずにいるように考えられる。また技術上のリスクが顕在し難いのはPFI事業がまだまだ始まったばかりであると考え、事業自体が長期のため技術上のリスクが顕在化するのこれからであるとする。リスク低減を目指すためには現段階ではあらゆる事を想定した事業計画が重要と考えられる。

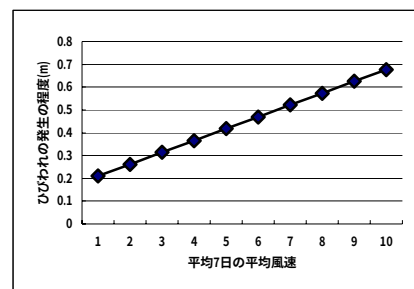
3.3 技術的リスク定量化のためのデータベース作成における検討結果および考察

今回、データベース作成の一例としてISO9000で抽出したコンクリート構造物の簡易データベースの作成したが、実際にデータベースを作成上の問題点が2点挙げられる。

第1にはひび割れやクラック等の欠陥データが少ないことである。次にデータが、1995年以降のデータがほとんどであるということが挙げられる。より数多くのデータを集め解析することでそれらの問題点は自動的に改善されると思う。今回のクラックと他の条件との相関性解析の結果、クラック発生と気象条件の関係性など数値化が可能という成果を得ることができた。その結果をTable3に示す。

Table3 重回帰分析結果

重回帰式: $Y = aX_1 + bX_2 + cX_3 + dX_4 + \alpha$		変数	相関係数	分散分析値 (有水位率)	工学的判断 (交互作用なし)	係数
目的変数	Y: ひび割れ発生の程度					
説明変数	X_1 : セメントの水硬度	風速7日の平均値	0.2378	0.0001	☆☆	0.0520
	X_2 : 推定28日強度	セメントの種類(水硬率)	0.5209	0.0001	☆☆☆☆	0.4512
	X_3 : 風速7日平均値	水セメント比	0.0988	0.0470		-
	X_4 : 単位水量	推定28日強度	-0.3690	0.0010	☆☆☆	-0.0287
	α : 切片	現場28日の強度	-0.1737	0.0047		-
重相関係数	a: 0.451	風速14日の平均値	0.1558	0.0017		-
	b: -0.0287	スランプ	-0.1151	0.0208		-
	c: 0.0520	単位セメント量	-0.1300	0.0090		-
	d: -0.0001	単位水量	-0.1318	0.0081	☆	-0.0001
		風速3日の平均値	-0.1698	0.0006		-
		切片				0.459256279



3.4 有限要素法温度応力連成解析結果

FEM 温度応力連成解析の温度、材令7日の主歪み、応力変化の結果を以下の図3.4.1～3に示す。温度は材令2日ではほぼピークを示し、材令7日の主歪みは胸壁中心から上部にかけて大きい。応力は温度のピークを過ぎる材令2日に一時低下し、その後、残留

応力が発生する。冬期間の外気の低下で所により大きな引張り応力が発生しクラックが発生する傾向があると見られる。これらの解析結果より、ひびわれ発生のリスクを予想でき、温度上昇を防ぎ、内部応力を減少し補修等の処置を回避するため、配合、養生日数、打ち込み間隔等の調整実施の情報となる。

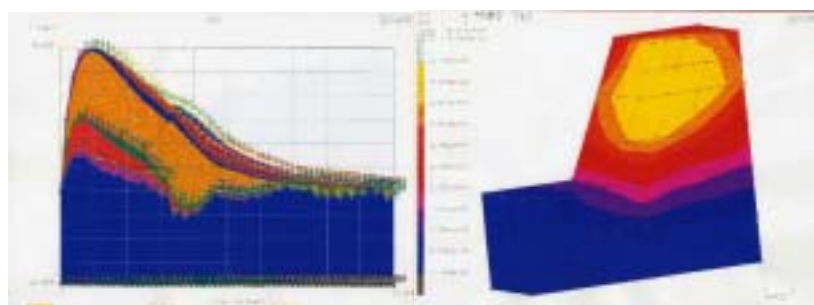


図3.4.1 温度の経時変化(縦軸温度℃)

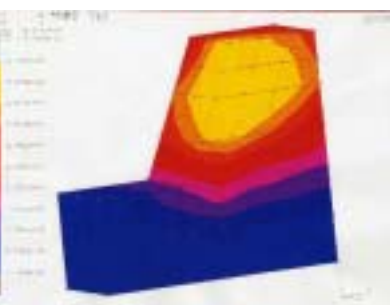


図3.4.2 材令7日主ひずみ(明部歪み大)

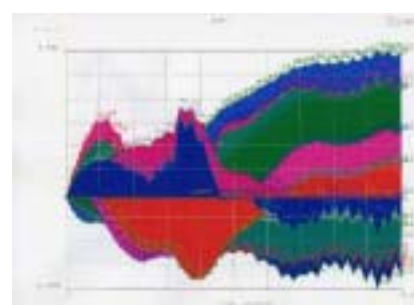


図3.4.3 応力経時変化(縦軸応力)

4. 結論 ISO9000 等による品質管理データをデータベース化し解析すると、リスク定量化の一例として、クラックと施工時の風速等に相関性が見られ、必要によっては有限

要素法による温度応力連成解析等で、適切な対策を取れば、クラック等の欠陥発生が抑制でき、さらにデータ収集、整理、解析を進めると、PFI導入のリスク低減が可能である。