

P F I 導入の際のコンクリート構造物のリスク評価に関する基礎的考察

北見工大 正員 桜井 宏 岡田包儀

北見工科大学院 学生員 上延幸司

北大 フィロ 佐伯 昇

(株)西村組 川合邦広 高橋伸次郎

雄武レミコン(株)橋詰啓史 川村公人

千葉窯業(株)森田 秀明 田端憲章

1. はじめに

1.1 背景 近年、公共の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きた。日本における PFI は、今後より推進が予想され今後 PFI 事業を取り巻く諸制度及び伴うリスク評価の早急な手法の検討が必要とされている。また近年地震などの大規模災害が多発する中でリスク分担の重要性が再認識されてきており、早急な対応なくしては今後の P F I 事業の浸透は見込めなくなっている。

1.2 目的 本研究では PFI 事業の実施の際法規、技術、財政のそれぞれの観点から調査し、特に技術上想定されるリスクを抽出し検討を行う。また既存の大型コンクリート構造物の施工環境による強度、ひび割れの有無、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と共に、F E M温度応力解析を行い初期ひび割れ抑制のシミュレーションを行う。

2. 研究方法 PFI 事業実施の際に想定されるリスクを抽出、法規、技術、財政の各々の事例からの調査、各々の検討を行なう。また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、その結果をもとにしF E M温度応力解析を行い、検討、考察を行う。

Table 1 データベース作成におけるデータ入力内容およびひび割れ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		
構造物の種類	鉄筋配置の有無	有1無0	0.53314	-
	断面積(形状同形)	m ²	0.05024	-
構造物の形状	スパン長(誘発目地までの長)	m	-	-
	高さ	m	0.03135	-
	かぶり(鉄筋配置の場合)	cm	-	-
	モメント種類		0.27438	-
コンクリート配合	単位モメント量	kg/m ³	-0.0553	-
	単位水量	kg/m ³	-0.0295	-
	水モメント比	%	0.11554	-
	空気量	%	-0.0427	-
	呼び強度	kgf/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	-
	打設日	月 日	-	-
	打設日最高気温		0.0008	-
	打設日最低気温		-0.07	-
気象状況	打設日平均気温σ0-3		-0.041	-
	打設日平均気温σ0-7		-0.063	-
	打設日平均気温σ0-14		-0.081	-
	打設日平均風速σ0-3m/sec		0.225	○
	打設日平均風速σ0-7m/sec		0.3131	○
	打設日平均風速σ0-14m/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	-	-	-
	ひび割れ貫通の有無	有1無0	-	-
スケーリング	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害深さ	mm	-	-

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いる。ここでは PFI 事業で想定されるリスクを検討、同時に PFI 事業で発生した事例を想定されるリスクと照合し Table2 を示す。

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とはこれからであると考え、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 地震等の災害リスクに関する考察 近年地震などの自然災害における土木構造物の被害が頻出している。その一例を Table3 に示

Table2 PFI 事業の事例およびその問題点

		PFI事業概要	事業名	東京事務所建設事業					衆議院議員宿舎建設事業					学校給食センター事業					ごみ処理事業									
			施設内容	公共施設と民間施設の合築建設					宿舎と民間施設の合築建設					給食の供給施設					ごみ処理事業									
			事業方式	B O O					B T O					B O T					B O O									
			事業年数	20					30					16					17									
事業課題	経済	設計	設計	施工	所有	移転	維持管理	経済	設計	設計	施工	所有	移転	維持管理	経済	設計	設計	施工	所有	移転	維持管理	経済	設計	設計	施工	所有	移転	維持管理
リスクの種類	技術	制度化リスク																										
		政治リスク																										
		法令リスク																										
		支払リスク																										
		第三者賠償リスク																										
		住民対応リスク																										
		事故の発生リスク																										
		測量地権調査の遅延リスク																										
		設計リスク																										
		工事遅延リスク																										
		工事費増大リスク																										
		性能リスク																										
		一般廃棄物リスク																										
		運営費上昇リスク																										
		施設損傷リスク																										
		財政	施設の性能リスク																									
施設の維持リスク																												
採掘廃棄物リスク																												
物産廃棄物リスク																												
金銭流動リスク																												
応急コストリスク																												

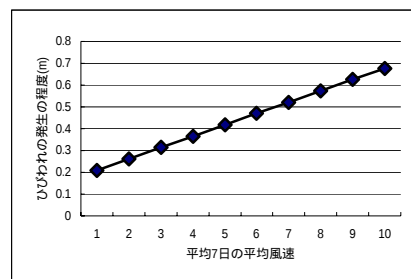
す．自然災害による被害は甚大でPFI事業で行った場合一企業が負うリスクとしては大きく、事業存続ができないほどになる場合が想定される．そのような状況を回避するためにも契約段階で自然災害におけるリスク分担を明確にしておく必要がある．具体的には設計条件で想定以上の災害が起こった場合のリスクを公共で負うなどの検討が必要だと思われる．

Table3 近年の自然災害における被害

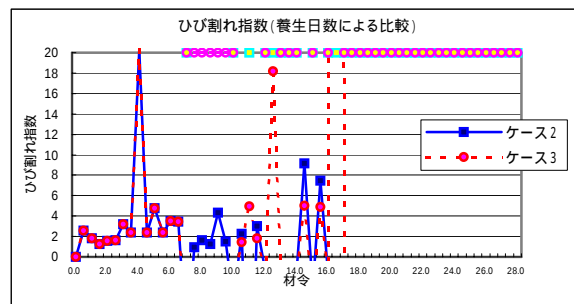
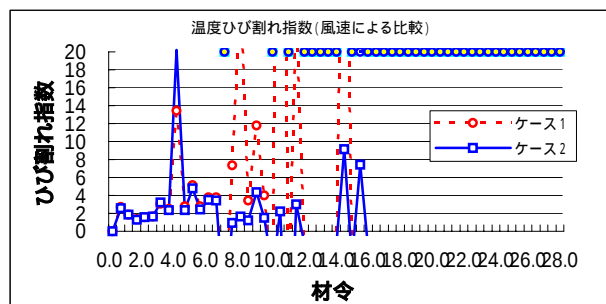
地震リスク	場所	被害状況	ほぼ健全	損傷	機能喪失	原因	
国道17号和南津トンネル	新潟県川口町	覆工コンクリートの崩落、剥離	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査 日経コンストラクション
新幹線魚野川橋梁	新潟県川口町	コンクリート剥離鉄筋降伏	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査 日経コンストラクション
新幹線東大新江高梁橋	新潟県長岡市南部	コンクリート剥離鉄筋降伏	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査 日経コンストラクション
国道17号JR上越線隣接部	新潟県川口町天納	地すべりによる崩壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査 技術士会緊急提言
荒谷トンネル	新潟県小千谷市R-117	側壁の崩壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	技術士会緊急提言
山辺橋(鋼アーチ橋)	新潟県長岡市妙見区	地盤沈下による崩壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	技術士会緊急提言
風通岩石崩落	新潟県長岡市妙見区	岩石崩落(親子3人遭難の内男児救出)	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査 技術士会緊急提言
国道17号	新潟県川口町牛島	地すべりによる崩壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	技術士会緊急提言
国道17号	新潟県川口町西倉地区	地すべりによる崩壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	技術士会緊急提言
斜面(アンテナ設置)	越後川口駅裏側	斜面の崩落	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	技術士会緊急提言
国道229号大森大橋	北海道神恵内村	橋げた落下	○	○	○	台風18号	日経コンストラクション
高架橋(JR越美北線)	福井県	流出	○	○	○	新潟県福井豪雨	日経コンストラクション
高架橋(JR越美北線)	愛媛県新居浜市	土砂崩れ	○	○	○	台風21号	日経コンストラクション
高架橋(JR越美北線)	兵庫県豊岡市	決壊し4000haが浸水	○	○	○	台風23号	日経コンストラクション
新幹線トンネル	新潟県魚沼トンネル	覆工コンクリートの剥落	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	日経コンストラクション
新幹線高架橋(第一和南津)	新潟県	橋脚のせん断破壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	日経コンストラクション
関越自動車道陸橋(魚野川付近)	新潟県川口町	桁間の上部コンクリート一部破壊	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査
柏崎原子力発電所	新潟県柏崎市	被害報告無し定常運転	○	○	○	新潟県中越地震(震度6)	研究室現地調査(海岸側より視察)
国道17号和南津橋梁	新潟県川口町	鋼主桁端部破損橋脚の一部ひびわれ	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査
JR上越線橋梁(魚野川)	新潟県川口町	枕木を留めているボルトが落下	○	○	○	新潟県中越地震(震度7)	研究室現地調査

3.4 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考える．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．その結果を以下に示す．

重回帰式: $Y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_4 + b_5x_5$	変数	相関係数	分散分析値 (有水位水準)	工学的判断 (交互作用なし)	係数
目的変数 Y : ひび割れ発生程度					
説明変数 x_1 : セメントの水硬率	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
重相関係数 α : 切片	現場28日の強度	-0.1737	0.0047		-
a : 0.451	風速14日の平均値	0.1558	0.0017		-
b_1 : -0.0287	スランプ	-0.1151	0.0208		-
b_2 : 0.0520	単位セメント量	-0.1300	0.0090		-
b_3 : -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



3.5 FEM解析 上の表の結果から風速7日の平均値を用いてFEM解析を行う．具体的には実際の打設環境と風速7日平均値を大きくした場合、さらに養生期間を延長した場合のひび割れ指数をFEM解析によって求め、比較、検討を行った．結果を以下に示す．(ひび割れが発生する可能性のひびわれ指数1.5以上を超過する条件等も含めて考察を要する)



4. 結論 PFI導入の際のコンクリート構造物のリスク評価に関する基礎的考察より以下の結果を得た．

PFI事業に対する事前照査不十分によるリスクが多くみられ、特に技術的なリスクに関しては事業期間が長期化により今後発生にしていると考えられる．各企業がISO9000を取得した企業はその品質管理データをベース化し、活かすことでリスクの低減が可能である．リスク定量化に向けたデータベース作成についてはまだ不十分であったがひび割れと施工時の風速に関するデータの相関性が見られた．また、施工前にFEM解析を導入することで打設環境に応じて初期ひび割れのリスクを相当程度軽減できると考えられる．今後データ収集が進むことで今後行なわれるPFI事業に対してだけでなく土木事業全体に関して活かすことのできる可能性のある研究であると考えられる．

謝辞 本研究は(株)西村組吉田氏、大原健一氏、山角浩一氏北見工大長屋君等の多数の方の協力を得た．