

プレキャストコンクリートの大型化が温度応力に与える影響

大成建設 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○臼井 達哉 村田 裕志
大成建設 技術センター 生産技術開発部 正会員 武田 均

1. はじめに

国土交通省は、2015年12月に i-Construction を打ち立て、造成工事、コンクリート工事を対象として生産性の向上に取り組んでおり、この中で大規模工事におけるプレキャスト部材の適用が例示されている。現場施工のコンクリートよりも品質が安定すること、工期の短縮が可能であることから今後活用が期待されている。このような背景があり、近年、プレキャストコンクリート(以下、PCaと記載)の部材の大型化が進んでいる¹⁾のだが、部材製作の大型化による温度応力(初期応力)の検討に関する報告はほとんどない。そのため、本研究では、PCa 部材厚さ、W/C をパラメータとし温度応力を対象とした感度解析を実施し、PCa 部材の大型化が温度応力に与える影響を検証した。

2. 解析条件

解析条件を表-1 に示す。PCa 部材高さ:1.5m, 長さ:3.0m とし、部材厚さを 0.25-1.25m の 0.25m 毎、5水準とした。W/C(膨張材が添加のケースでは W/B) は、0.3, 0.4, 0.5 の3水準とした。膨張材は、セメントの内割とし、添加の有無によって結合材量は変化しない条件とした。セメントは OPC とし、コンクリートの各種物性、指針²⁾に基づき設定した。解析期間は、コンクリート温度が外気温まで低下する材齢12日までとした。解析メッシュは、1/1モデル(図-1)とした。拘束条件は、解析メッシュの端部にダミーのヤング係数が非常に小さい(0.001N/mm²)要素を設け、その要素の下端を固定境界とした。そうすることで、PCa 部材は外部拘束を受けない解析条件となり内部拘束応力のみ

表-1 解析条件

項目	条件
部材厚(B)	0.25-1.25m 0.25m毎 5水準
H, L	H:1.5m、L:3.0m(固定)
W/B, W	0.3, 0.4, 0.5 3水準 W:165kg/m ³
膨張材	有, 無 2水準
C.T, A.T	20°C, 15°C
熱伝達率	14W/m ² °C(鋼製型枠, 脱型)

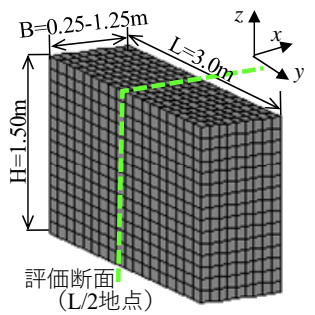


図-1 解析メッシュ

を評価対象とすることができる。

表-2 部材厚さの影響 (W/C50%, 膨張材無し)

部材厚	最高温度 [°C]	中央部 最小指数	表層部 最小指数	中央部 最大引張応力 [N/mm ²]	表層部 最大引張応力 [N/mm ²]
0.25m	30.6	5.40	9.66	0.36	0.04
0.5m	41.3	2.22	3.42	1.09	0.18
0.75m	48.8	1.44	2.33	1.89	0.34
1.0m	54.2	1.15	1.9	2.51	0.48
1.25m	57.9	1.02	1.64	2.92	0.60

3. 解析結果

3. 1 部材厚さの影響

W/C:0.5, 膨張材無しの各部材厚さの解析結果を表-2 に、部材厚さ 1.25m の最小ひび割れ指数の分布を図-2 に示す。図-2によると、コンクリート表層のみならずコンクリート中央部のひび割れ指数も低下して

いることがわかる。0.50m, 1.25m のコンクリート温度、応力の経時変化を図-3, 図-4 に示す。一般的な内部拘束応力は、コンクリート温度上昇期にコンクリート内部と外部の温度差に対応してひずみ分布が内部と表層部で異なることに起因し、表層のコンクリートが内部のコンクリートに拘束されて表層に引張応力、内部に圧縮応力が発生するものである。本解析においても温度上昇期に引張応力が発生している期間 I は、一般的な内部拘束応力によってひび割れ指数が低下していると考えられる。

一方、材齢が経過しコンクリート温度が外気温まで低下している材齢(期間 II)にてコンクリート内部に引張応力が発生していることがわかる。応力の経時変化を見ると、温度低下に伴い内部に引張応力が発生している。このような温度降下に伴う引張応力の発生は一般的に外部拘束応力の発生傾向と一致している。しかし本解析では、外部拘束を受けていない条件としていることか

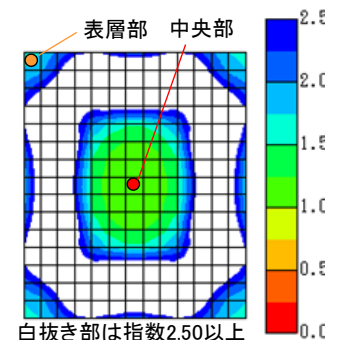


図-2 最小ひび割れ指数の分布

キーワード プレキャストコンクリート, 大型化, 温度応力, 内部拘束応力

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設 技術センター TEL045-814-7228

ら、外部拘束応力は発生しない。その要因として期間Ⅱにおける内外の温度降下量の差に着目した。図-3によると、内部の温度降下量が大きく、表面ほど小さくなっていることがわかる。期間Ⅰの温度上昇時とは逆に、内部の温度降下に伴う温度

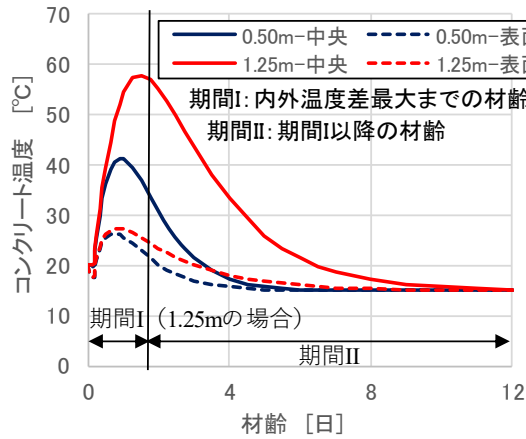


図-3 コンクリート温度の経時変化

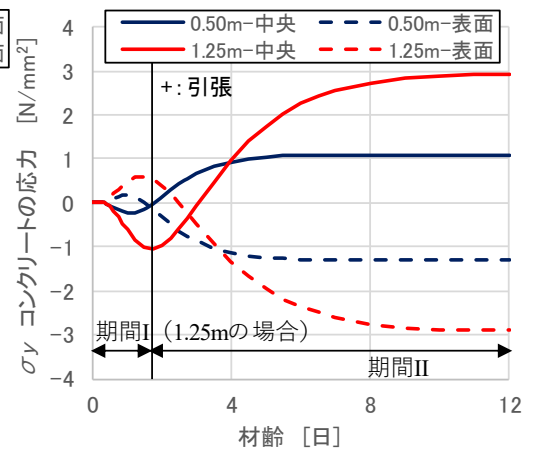


図-4 コンクリート応力の経時変化

収縮が表面のコンクリートに拘束されることによってコンクリート内部には引張応力、表面には圧縮応力が発生(図-4)したと考えられる。この結果は、内部拘束応力は温度降下時には内部にも発生することだけではなく、一般的な外部拘束応力と発生時期と発生箇所が同様であることから外部拘束応力と評価されていた事例の中にも、この内外の温度降下量の差に起因する内部拘束応力が含まれていたことを示している。

3.2 W/Cの影響

部材厚 1.25m, 膨張材無しの場合の各 W/C における解析結果を表-3 に示す。この結果から、W/C:0.5 の方がひび割れ指数が小さくなっている。発生している応力は、W/C が小さい方が大きくなっており、そのためコンクリートの応力の発生材齢と強度発現性のバランスによりこのような結果となっていると考えられる。一般的には、W/C が低く、単位セメント量が多いほど温度ひび割れが発生しやすいといわれているが、内部拘束のみを対象とした場合には、一般的な傾向と逆の傾向を示す可能性があることがわかった。

表-3 W/Cの影響 (部材厚 1.25m, 膨張材無し)

W/C	最高温度 [°C]	中央部 最小指数	表層部 最小指数	中央部 最大引張応力 [N/mm ²]	表層部 最大引張応力 [N/mm ²]
0.5	57.9	1.02	1.64	2.92	0.60
0.4	66.5	1.06	1.83	3.66	0.79
0.3	76.5	1.21	2.44	4.42	1.06

3.3 膨張材の影響

W/B:0.4 における膨張材有無の解析結果を表-4 に示す。この解析結果から膨張材を添加した方が添加していないものよりも、表層部、中央部ともにひび割れ指数が低下していることがわかる。これは、膨張材の効果として、解析では膨張ひずみを有効材齢で入力している²⁾のだが、コンクリート最高温度到達までは内部の方が温度が高い

表-4 膨張材の有無の影響 (W/B:0.4)

部材厚	膨張材	最高温度 [°C]	中央部 最小指数	表層部 最小指数	中央部 最大引張応力 [N/mm ²]	表層部 最大引張応力 [N/mm ²]
0.25m	無し	34.8	4.84	8.08	0.54	0.06
	有り	34.8	4.27	6.11	0.65	0.11
0.75m	無し	56.5	1.36	2.60	2.65	0.44
	有り	56.5	1.23	1.91	2.93	0.61
1.25m	無し	66.5	1.06	1.83	3.66	0.79
	有り	66.5	0.99	1.40	0.97	3.92

ため、有効材齢が進行し膨張ひずみが大きくなる。一方、表層は、外気温の放熱により温度が低いいため有効材齢の進行が遅く膨張ひずみが内部よりも小さくなる。そのため、内外におけるひずみ差を助長する、つまりは見かけ上内外温度差が大きくなるような状態となるため、表層のひび割れ指数が低下してしまう。終局膨張ひずみ量は部材内で同じであることから温度低下時には、有効材齢の進行過程から残存する膨張ひずみは内部ほど少なく、表層ほど多くなる。そのため、温度上昇期とは逆に相対的に内部の温度降下量が大きくなるような状態となり、内部の引張応力が大きくなったと考えられる。以上から、PCa 部材に膨張材を添加することは必ずしも温度応力低減に寄与しない可能性が示された。

4. まとめ

本研究では、PCa 部材を対象とし内部拘束応力のみを考慮した温度応力解析を行った。その結果、部材厚さが大きくなるほど、コンクリートの内外温度差によって、温度上昇時にはコンクリート表面、温度降下時には内部のひび割れ指数が低下することが明らかになった。加えて、W/C が大きい条件の方がひび割れ指数が低下する場合があることが確認された。

参考文献

- 1)土木学会:コンクリートライブラリー148 コンクリート構造物における品質を確保した生産性向上に関する提案, 2016.12
- 2)コンクリート工学会:マスコンクリートのひび割れ制御指針 2016, 2016.11