

鋼コンクリート合成床版の凍害に関する実験的研究

技術委員会 床版小委員会

[久保 圭吾/皆田 龍一/酒井 武志/入部 孝夫]

発表内容

1. 研究の背景と検討項目
2. 実験供試体
3. 床版コンクリート内部の水分量
4. 温度変化による熱伝導実験と熱伝導解析
5. 床版形状供試体による凍結融解試験
6. 拘束を受ける凍結融解試験
7. まとめ

本発表は、北海道大学、寒地土木研究所、日本橋梁建設協会による共同研究の成果の一部を報告するものである。

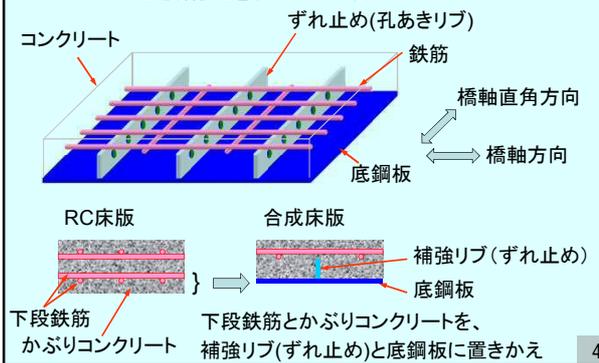
研究の背景

寒冷地における床版の劣化要因とは……



合成床版の構造概要

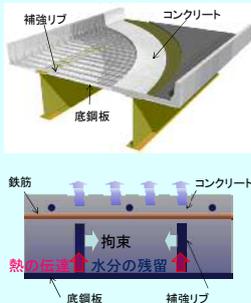
コンクリートと底鋼板とをずれ止めで合成



本研究での検討項目

鋼コンクリート合成床版の凍害

- ① 下面からの水分の発散がない → コンクリート中の水分量が多い?
- ② 内部に熱伝導率の高い鋼材が多い → 温度変化が早い?
- ③ リブなどによるコンクリートの拘束 → 凍害損傷が早い?

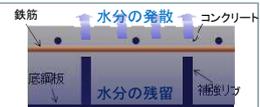


RC床版に比べて凍害の進行が早くなる懸念される

各項目に対する比較実験を実施

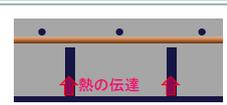
本研究での検討項目

- ① 下面からの水分の発散がない → コンクリート中の水分量が多い?



3章. 床版内部の水分量計測

- ② 内部に熱伝導率の高い鋼材が多い → 温度変化が大きい?



4章. 熱伝導実験と熱伝導解析

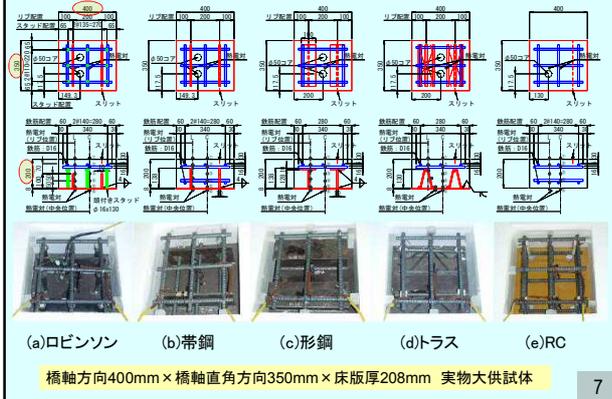
- ③ リブなどによるコンクリートの拘束 → 凍害損傷が早い?



6章. 拘束を受ける凍結融解試験

5章. 実物大試体による凍結融解試験

2. 実験供試体



7

供試体の種類と試験ケース

床版タイプ	コンクリート	スリット	試験ケース		
			水分量計測 (第3章)	温度変化 (第4章)	凍結融解 (第5章)
合成床版	ロビンソン	無	○	○	○
	帯鋼	無	○	○	○
	形鋼	有	○	○	○
	トラス	無	○	○	○
	RC床版	有	○	○	○
RC床版		24-8-20N W/C:54.9%	無	○	○
			有	○	○

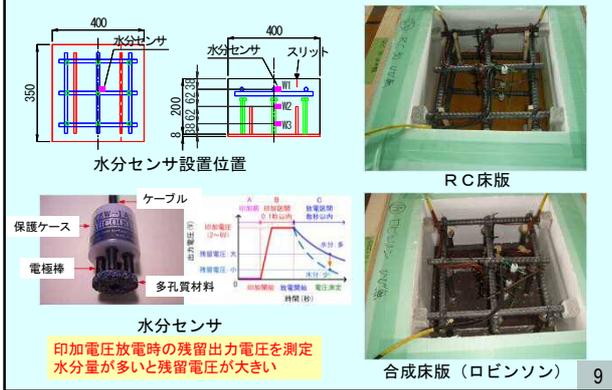
スリットなし供試体で実施



スリット (幅:約1mm、深さ:約30mm)

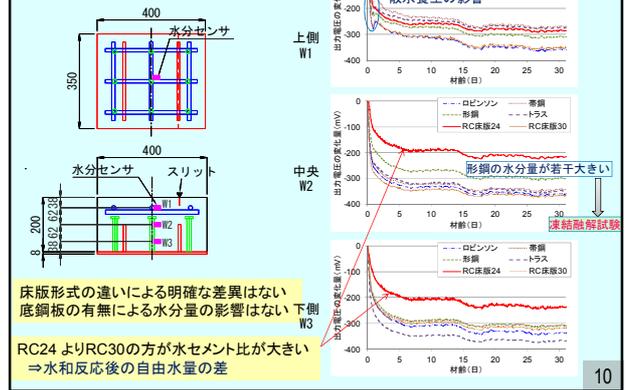
8

3.1 床版内の水分量計測



9

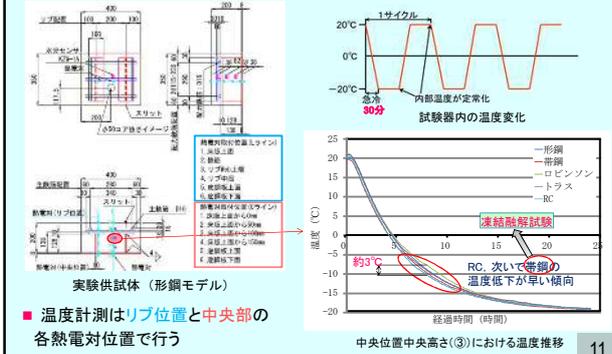
3.2 水分量計測結果



10

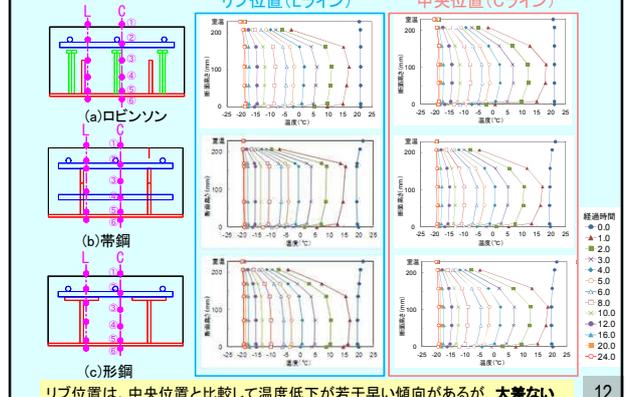
4.1 熱伝導実験の概要

コンクリート中の鋼材が温度分布に及ぼす影響を確認

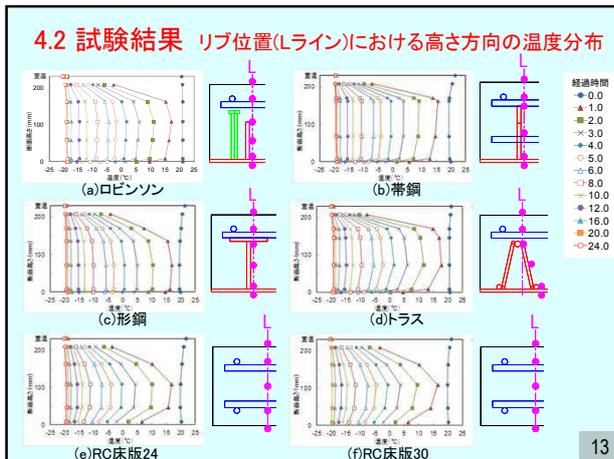


11

4.2 試験結果



12



4.3 熱伝導解析の概要

形鋼 帯鋼 ロビンソン トラス RC床版 有限要素モデル

- 熱伝導解析ソフト: MSC.Marc
- 24時間の非定常熱伝導解析
- 供試体に種類: 形鋼、帯鋼、ロビンソン、トラス、RC床版の5種類
- 供試体の寸法: 橋軸方向400mm × 橋軸直角方向350mm × 床版厚208mmの実物大モデル
- コンクリート: すべて8節点ソリッド要素
- 鋼材: 8節点ソリッド要素、梁要素
- 鉄筋: Stud: 梁要素

4.3(1) 解析モデル

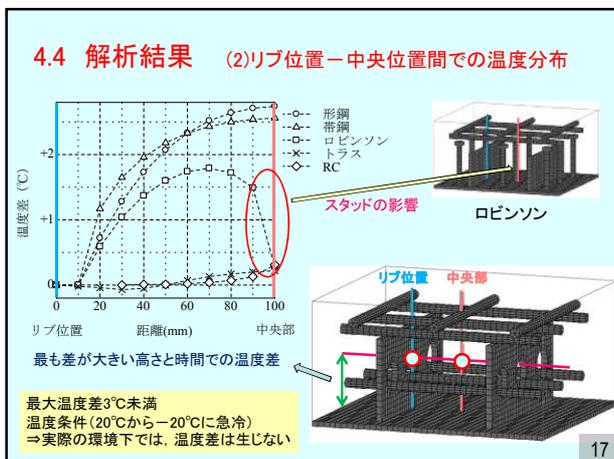
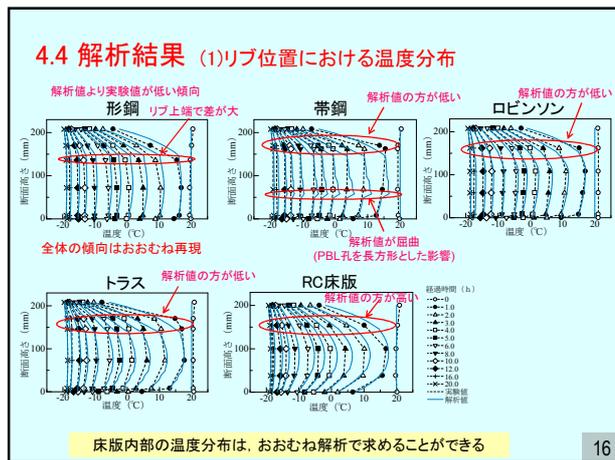
◆有限要素モデル

材料特性	
コンクリート	鋼材
熱伝導率 (W/m・K)	1.5 50
比熱 (J/kg・K)	1050 460
密度 (kg/m ³)	2300 7800

鉄筋の断面積		
鋼材名	直径 (mm)	断面積 (mm ²)
D16	15.9	198.6
Stud (鋼)	29	660.52
Stud (鋼)	16	201.062
斜材SWRM	8	50.265

- 24時間の非定常熱伝導解析
- 初期条件: 全ての節点を20°Cに設定
- 境界条件: 床版上面と底鋼板上面の節点温度を実験値に合わせて -20°Cまで変化
- 熱的材料特性は、0°C~常温で使用される値を参考に決定

実験で計測している、中央位置とリブ位置の温度を取得



5. 床版形状供試体による凍結融解試験

水分の発散
水分の残留
湿潤リブ
熱の伝達

RC床版に比べて凍害の進行が早くなることが懸念される

各種ずれ止め形状、コンクリート強度などを考慮し、凍結融解試験結果に及ぼす影響の把握

床版形状供試体による凍結融解試験を実施

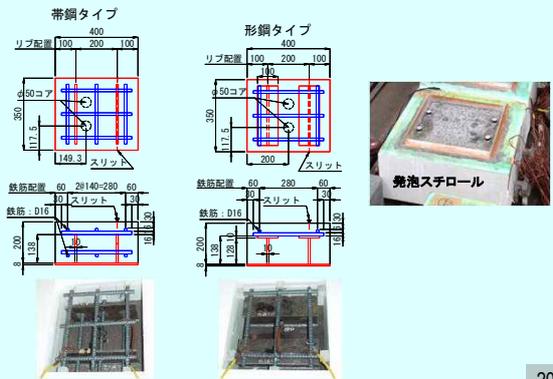
供試体の種類と試験ケース

実施した供試体

床版タイプ	コンクリートの種類 水セメント比	スリット 有無	供試体名
合成床版	30-8-20N(膨張材) 47.8%	無	—
		有	—
		無	帯鋼ひびなし
		有	帯鋼ひびあり
RC床版	24-8-20N 54.9%	無	—
		有	—
		無	RC30
		有	RC24ひびなし
		有	RC24ひびあり

19

供試体



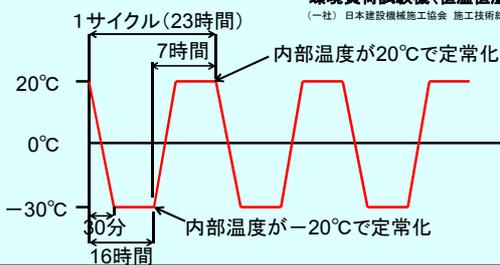
20

試験方法

20°Cから-30°Cまで30分で急冷
-30°Cに達した後は供試体内部
温度が-20°Cで定常化するまで
器内温度を維持

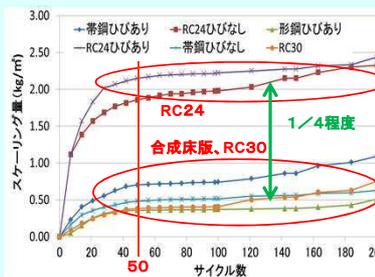


環境負荷試験機(恒温恒湿槽)
(一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所



21

試験結果 ①スケールン量

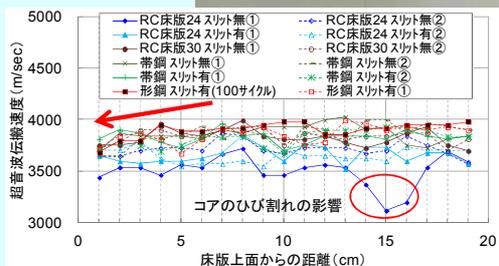


コンクリートの種類が大きく影響
合成床版とRC30では有意差なし

22

試験結果

②超音波伝播速度



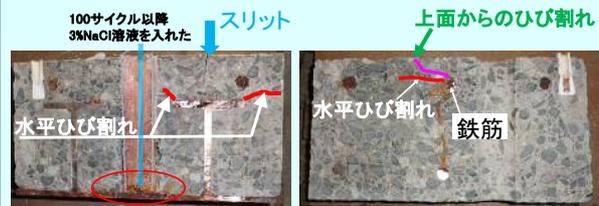
合成床版とRC床版の差はほとんど見られない

23

試験結果 ③断面観察

形鋼ひびあり

RC24ひびなし



100サイクル以降 3%NaCl溶液を入れた

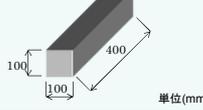
RC床版, 合成床版ともに,
上側から生じたひび割れが上側鋼材に到達し,
その後, 水平に進展していく

24

6. 拘束を受ける凍結融解試験

コンクリートの凍結融解試験法
(JIS A 1148)

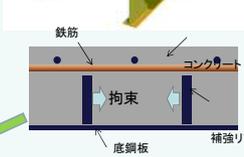
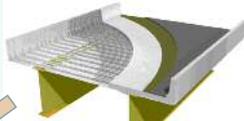
供試体容器はゴム製



単位(mm)

鋼コンクリート合成床版

- ・コンクリートが鋼板で拘束されている
- ・薄板構造で供試体採取長さが制限される



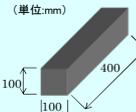
一般的なコア採取寸法(φ100mm×200mm)で凍結融解作用に対する抵抗性を評価できる試験方法が望まれる。

鋼板がコンクリートを拘束することにより凍害の進行が早くなることが懸念される？

材質、形状を変えた、容器、供試体を用いた凍結融解試験を実施

25

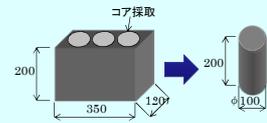
供試体



角柱供試体



円柱供試体



コア抜き供試体

粗骨材最大寸法 [mm]	目標スラップ [cm]	水セメント比W/C [%]	空気量 [%]	単位量 [kg/m ³]				
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 Ad
20	8±2.5	50.0	5	149	298	860	1,017	2.98

(注) RC-4 呼び強度:27 セメント:普通ポルトランドセメント 混和剤:AE減水剤

26

供試体容器と試験ケース



ゴム製 鋼製 供試体容器

JIS試験

容器材質	形状	外径寸法 (mm)	厚さ
ゴム製	角柱	115×115×560	3mm
	円柱	φ115×530	3mm
鋼製	角柱	120×120×500	2mm
	円柱	φ120×500	2mm

	供試体形状	容器材質	容器形状
A	角柱	ゴム製	角柱
B	円柱		
C	円柱コア		
D	角柱		
E	円柱	鋼製	角柱
F	円柱コア		
G	円柱	ゴム製	円柱
H	円柱コア		
I	円柱		
J	円柱コア	鋼製	円柱



各試験ケースの模式図

27

試験方法

JIS A 1148(A法)に準拠

試験までの養生		20°C±2°C 水中
凍結融解試験	凍結:温度	水中:-18±2°C
	融解:温度	水中:5±2°C
	所要時間	1サイクル 3時間以上 4時間以内
	測定項目	たわみ振動による一次共鳴振動数、質量
	測定時間	30サイクルを越えない間隔
	試験終了	800サイクルか、相対動弾性係数60%以下になるサイクル数

28

試験状況



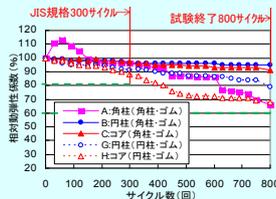
凍結融解試験機

(一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所

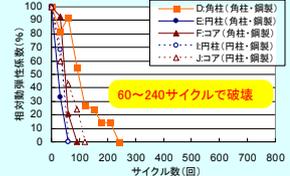
29

試験結果 ①容器材質の影響

ゴム製容器



鋼製容器

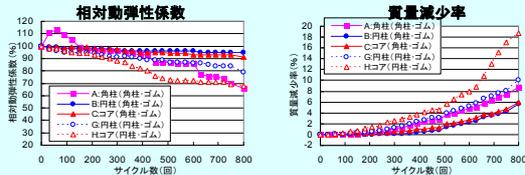


外部拘束力が供試体に作用して凍害劣化が早まった



30

試験結果 ②容器形状と供試体形状の影響

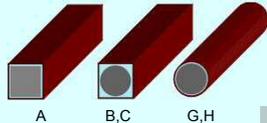


ケースBとCは、ケースAと比べ、相対動弾性係数、質量減少率ともに小さい

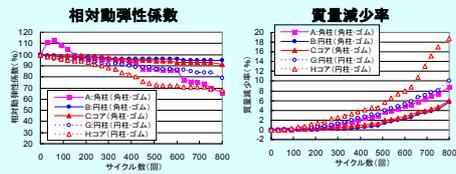
外部拘束力が小さいケース (B・C) は凍害劣化が生じにくい

ケースGとHは、他の結果と比べ、相対動弾性係数、質量減少率が大きい

外部拘束力が大きいケース (G・H) は凍害劣化が生じやすい



試験結果 ③コア抜き供試体の影響



円柱形状のケースGとHを比較すると、ケースHの相対動弾性係数、質量減少率が大きい

骨材が外部に露出している面積が大きいため

JIS規格のケースAと比較して、角柱容器にコア抜き供試体を入れたケースCでは相対動弾性係数、質量減少率ともに小さい

コア抜き供試体を角柱ゴム容器に入れて凍結融解試験を行うと、凍害劣化を危険側に評価する可能性がある



800サイクル後の状況

まとめ

1. コンクリート内部の水分量計測では、底鋼板の有無による水分量の違いは見られなかった。

3章. 床版内部の水分量計測



2. 熱伝導実験と熱伝導解析の結果、底鋼板やリブ鋼材がコンクリート内部の温度変化に与える影響は小さいことがわかった。

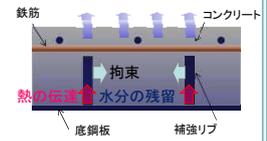
4章. 熱伝導実験と熱伝導解析



まとめ

3. 凍結融解が合成床版に与える影響は、標準的な配合のRC床版に比べて小さいことがわかった。これは、コンクリート強度(W/C)の影響が大きいと考えられる。
4. 凍結融解により上面から進展したひび割れは、上側鉄筋等に到達すると、RC床版、合成床版ともに水平にひび割れが進展する可能性があることがわかった。

5章. 実物大試体による凍結融解試験



まとめ

5. 拘束を受ける凍結融解試験では供試体容器の外部拘束力が凍害劣化に与える影響が大きく、コア抜き供試体は外部拘束力が大きい場合、凍害劣化が促進されることがわかった。

6章. 拘束を受ける凍結融解試験



今後の課題

本研究において、外部拘束を受けると凍害劣化が促進されることが明らかとなったが、**実物大供試体による凍結融解試験では、ほとんど影響がないことが確認された。**

このため、床版内部の拘束状態を模した凍結融解試験を実施し、外部拘束が凍害に与える影響を調査する予定である。

終

ご清聴ありがとうございました