

論 文

[2115] 高耐久性コンクリート永久型枠を用いたPCはりの曲げ挙動

正会員 堀 孝司（北海道開発局開発土木研究所）

正会員○八島 洋（日鐵セメント研究開発部）

1. はじめに

海岸にある鉄筋あるいはプレストレスコンクリート構造物は、飛来塩分による鋼材の腐食をさけるために、一般には十分なかぶりを確保しなければならない。しかしながら、過大なかぶりは自重の増加を招き、構造物の設計上好ましくない。飛来塩分のコンクリート中への浸透の程度は、コンクリートの品質によって大きく異なる。著者らは、これまで高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートに関する検討を行ってきた[1]。この高耐久性コンクリートを遮塩目的でコンクリート構造物に利用する一つの方法として、永久型枠が考えられる。しかしながら、永久型枠と構造本体のコンクリートの一体化など、解明すべきいくつかの問題点がある。

本研究では、高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートをPCはりの永久型枠として利用することを目的に、それらの一体性に関する検討を載荷試験により行った。また、載荷試験に先立ち、高耐久性コンクリートの遮塩性の評価のために、塩分浸透促進試験を行った。

2. 実験概要

2. 1 使用材料

高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートには最大粒径 $10\mu\text{m}$ 以下の高炉スラグ微粉末、早強ポルトランドセメント、高炉スラグ細骨材を重量比で30、30、40%としたプレミックスドライモルタル（NEM）を用いた。配合では、高炉スラグ微粉末+早強ポルトランドセメントを結合材とした。

その他の普通コンクリートには普通ポルトランドセメント（○PC）を用いた。粗骨材は、最大寸法15mmの敷生川産碎石、細骨材は登別産陸砂を用いた。

2. 2 試験体

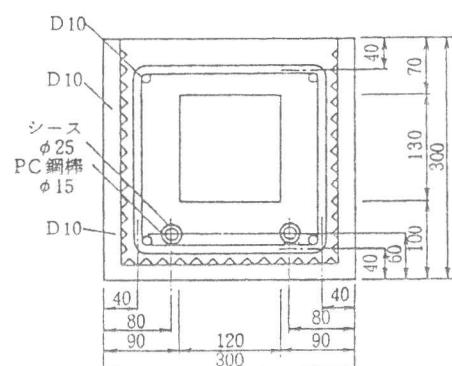
塩分浸透促進試験に用いたコンクリートの概要を表1に示す。供試体は、 $10\times10\times40\text{cm}$ に成形したコンクリートを 20°C の水中で養生した。厚さによる影響を調べるために、材令7日で2、4、6cmに切断した後、材令28日で試験に供した。

永久型枠の形状は $45\times30\text{cm}$ および $90\times30\text{cm}$ の2種類とし、厚さは2cmとした。また、付着性を改善するために、高さ1cmの四角錐状突起を設けた。

PCはり供試体は、長さ180cm、断面 $30\times30\text{cm}$ である。断面は $12\times13\text{cm}$ の中空部をもつ箱型断面である。断面の一例を図1に示す。永久型枠には、高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートを、またはり本体には、普

表-1 コンクリートの概要

Nn	結合材種類	水結合材比(%)	材令28日圧縮強度(kgf/cm ²)
1	OPC	60.0	264
2	OPC	30.0	675
3	NEM	37.5	750
4	NEM	28.3	798
5	NEM	26.5	994



通コンクリートを用い、その配合を表2に示す。

永久型枠は20°Cの水中で養生し材令28日ではりの製作に供した。はりは、2日間60°C蒸気養生後、試験まで気中にて養生した。載荷時の圧縮強度は、高炉スラグ微粉末を用いた永久型枠コンクリートでは1139~1252 kgf/cm²、はり本体に用いたコンクリートでは639~674 kgf/cm²であった。

2.3 塩分浸透促進試験

塩分浸透促進試験装置は、定電圧直流電源装置、塩素イオン透過セル、電流計から構成されており、試験は60Vの一定電圧下で行い、コンクリート中を流れる電流を経時的に1mA単位で測定した。また、試験終了後供試体中の全塩分量分析を行った。

2.4 永久型枠を用いたPCはり載荷試験

永久型枠を用いる場合、次に示す問題点を明らかにする必要がある。
i) 永久型枠と本体コンクリートの一体性。
ii) 永久型枠の使用がはりの耐力、剛性に与える影響。
iii) 永久型枠接合部の位置がはり挙動に与える影響。
iv) 破壊形式と永久型枠の挙動の関係。本試験において、これらの点を確認するために、表3に示すように各供試体の内容を計画した。

永久型枠の接合部は、曲げモーメントが最大となるはり中央部、あるいはせん断スパン内に設けた。また、はり上下面および側面のすべてに永久型枠を配置して製作することが不可能なため、載荷時において永久型枠が引張および圧縮縁を持つように製作した。

載荷方法は、土木学会の式に基づき、No.1~5の供試体では曲げ破壊、No.6、7はせん断破壊を起こすように決定した。プレストレスは、有効プレストレスによる桁下縁応力が75 kgf/cm²程度になるよう、ポストテンション方式で導入した。はり載荷試験は、各荷重レベルで2~3回繰り返す静的2点載荷で行った。載荷方法を図2に示す。ひびわれの観察と共に、ひずみおよびたわみの測定を行った。

3. 実験結果と考察

3.1 塩分浸透促進試験

電流を時間で積分した電気量(クーロン)と、浸透塩分量の関係を図3に示す。電気量が小さいと浸透塩分量が少ないことが明らかである。すなわち、電気量が小さいと遮塩性が良いことを意味する。

表-2 はりコンクリートの配合

No.	結合材種類	水結合材比(%)	単位量(kg/m ³)					備考
			W	OPC	NEM	S	G	
1	NEM	28.3	136	—	800	550	981	永久型枠用
2	OPC	47.9	163	340	—	781	1173	はり本体用

表-3 はり供試体の計画

供試体No.	永久型枠の有無	永久型枠接合位置	引張側永久型枠	圧縮側永久型枠	設計破壊型式
1	無	—	—	—	曲げ破壊
2	有	はり中央	有	無	曲げ破壊
3	有	はり中央	無	有	曲げ破壊
4	有	せん断スパン	有	無	曲げ破壊
5	有	せん断スパン	無	有	曲げ破壊
6	無	—	—	—	せん断破壊
7	有	せん断スパン	有	無	せん断破壊

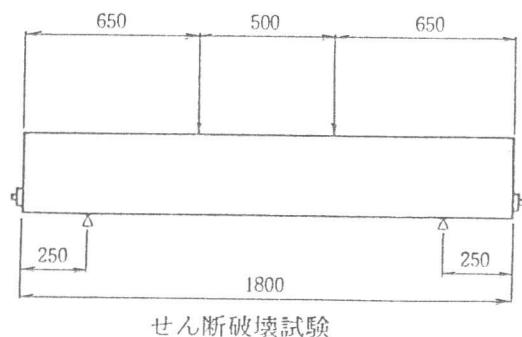
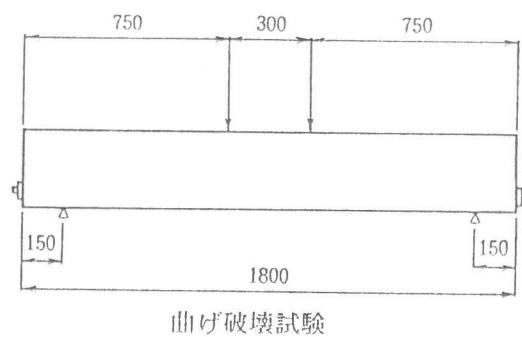


図-2 載荷方法

水結合材比と電気量の関係を図4に示す。図4から、厚さ2、4および6cmでは高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートは

普通コンクリートよりも電気量が極めて小さい。また、水結合材比37.5%の高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートと水比30%の普通コンクリートでは、それぞれの供試体の厚さで前者の方が1/2程度の電気量であった。これらの結果は、高炉スラグ微粉末をコンクリートに利用することにより優れた遮塩性を示すと言える。

3.2 永久型枠を用いたPCはり載荷試験

載荷試験による曲げひびわれ発生荷重、破壊荷重、破壊形式を表4に示す。これらの計算には、すべてのはりについて、永久型枠を用いないNo.1のはり断面と、それぞれのはり内部コンクリートの圧縮強度を用いた。

破壊性状については、No.1～6では、曲げ圧縮部の圧壊、No.7では、曲げ圧縮部の圧壊を伴うせん断破壊であった。

曲げひびわれ発生荷重については、No.1～5について、ほぼ同じ値を示した。破壊荷重についても同じ傾向であった。したがって、表3に示す要因は曲げ破壊荷重あるいは曲げひびわれ、発生荷重に大きな影響を与えていない。せん断破壊を想定したNo.6および7のはりについては破壊荷重が計算値と大きく異なり、また、No.6はせん断破壊を起こさなかった。

これは、せん断耐力を求めた計算式において、本実験のようにプレストレスが大きくなる場合には、軸力の影響が過少評価されたことによるものと考えられる。永久型枠とはりの一体性を確認するために行ったはり上面における永久型枠と本体の各荷重レベルにおけるひずみの測定結果を

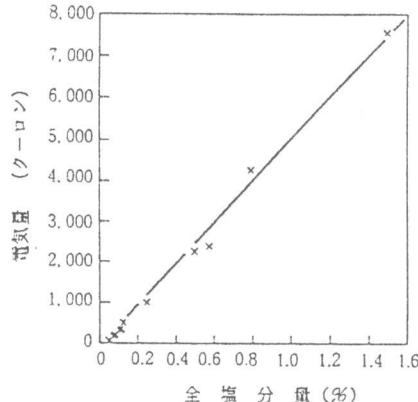


図-3 全塩分量と電気量の関係

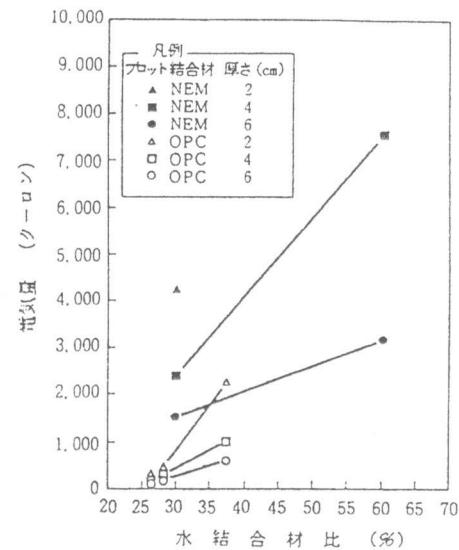


図-4 水結合材比と電気量の関係

表-4 載荷試験結果

はり供試体 No.	計 算 値		実 测 値		破壊 形 式	
	曲げひびわれ 発生荷重	曲げ耐力	せん断 耐 力	曲げひびわれ 発生荷重		
1	22 ton	37	47	20	42	MCF
2	22	38	47	20	42	MCF
3	22	38	47	20	42	MCF
4	22	38	47	22	42	MCF
5	22	38	47	21	44	MCF
6	32	56	45	29	64	MCF
7	33	56	45	24	63	SCF

MCF: 曲げ圧縮破壊、SCF: せん断圧縮破壊

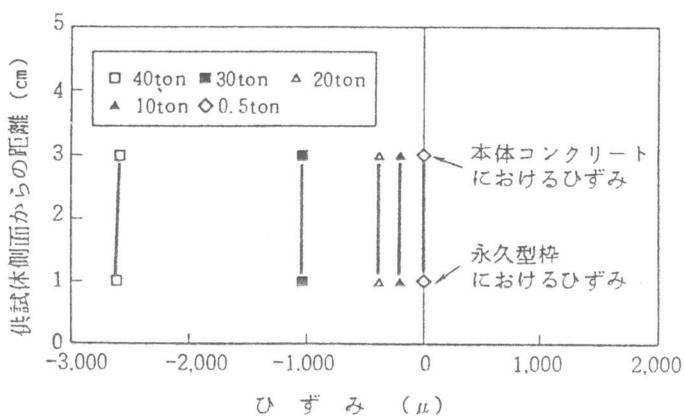


図-5 はり上面のひずみ

図5に示す。測定値を結ぶ直線が傾いてくると、界面を挟んでのひずみに差が生じていることを示している。破壊荷重に近い40 tonでは、ひずみ差が若干現れているが30 ton以下では、ひずみ差はほとんどなく、内部、と永久型枠は一体となり挙動していることがわかる。図6に示すように、はり側面と底面の永久型枠との間で、ひずみは連続している。これも、永久型枠と内部コンクリートの一体化を示すものである。

また、本実験に用いた永久型枠の強度および厚さ程度では、それらが曲げ破壊荷重に大きな影響を与えたかった。

永久型枠は、はりのたわみを小さくする傾向がみられた。図7にはり中央部のたわみ量と荷重の関係の例を示す。永久型枠を用いないはりに対して、破壊直前において、最大で20%程度の減少であった。永久型枠の使用は、はりの破壊荷重にはほとんど影響しないが、剛性を大きくし、たわみを小さくしていると思われる。また、破壊直前における代表的なひびわれ性状を図8に示す。永久型枠の有無によるはりのひびわれ性状には、明らかな差が見られる。永久型枠を用いたはりは、曲げひびわれのみの発生となっている。これは、永久型枠を用いた場合、その高強度のためにせん断ひびわれが生じなかったものと考えられる。

4. まとめ

- 1) 高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートの遮塩性は、同じ水セメント比の場合普通コンクリートより極めて優れている。
- 2) 永久型枠の使用は、PCはりの破壊荷重に対し影響を与えないが、剛性に影響を与え、たわみを小さくする。
- 3) 永久型枠と内部コンクリートは破壊直前まで一体に挙動している。
- 4) 永久型枠を用いたPCはりのひびわれ性状は、通常のPCはりとひびわれ性状が異なる。

<参考文献>

- 1) 斎藤、堺、小出、下林；高炉スラグを利用した高耐久性コンクリートに関する研究（その3）、北海道開発局開発土木研究所月報、No.425、pp.1-12、1988.10

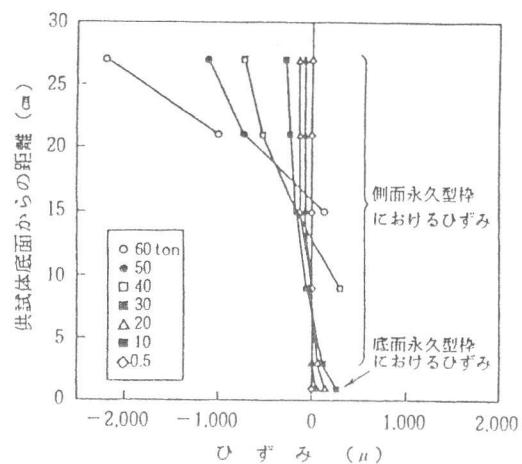


図-6 はり側面のひずみ

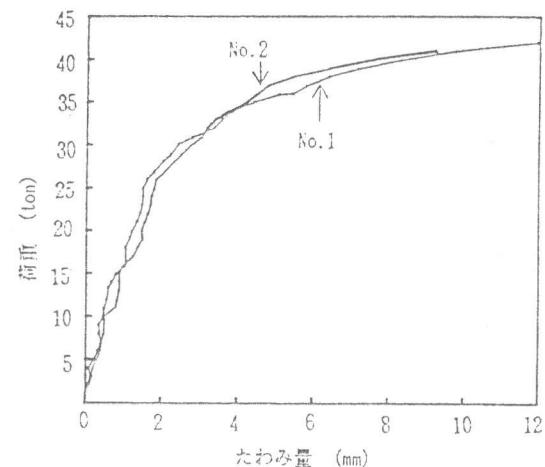


図-7 荷重とたわみ量の関係

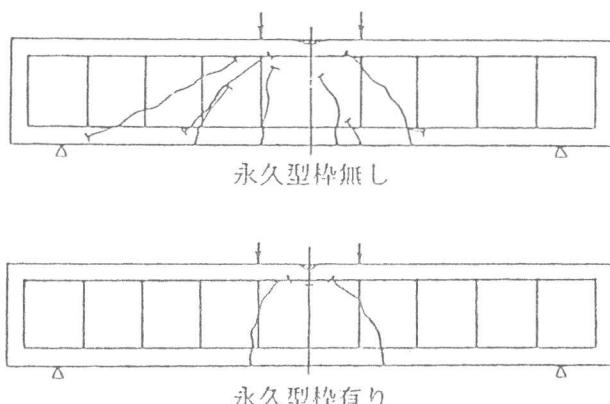


図-8 ひびわれ性状