

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
—
PARIS
—

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 585 981

②1 N° d'enregistrement national :

86 10746

⑤1 Int Cl⁴ : B 28 C 5/00.

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 24 juillet 1986.

③0 Priorité : JP, 9 août 1985, n° 174275/1985.

④3 Date de la mise à disposition du public de la
demande : BOPI « Brevets » n° 7 du 13 février 1987.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux appa-
rentés :

⑦1 Demandeur(s) : Société dite : MITSUBISHI JUKOGYO
KABUSHIKI KAISHA. — JP.

⑦2 Inventeur(s) : Kazumi Tamura et Hideo Fujita.

⑦3 Titulaire(s) :

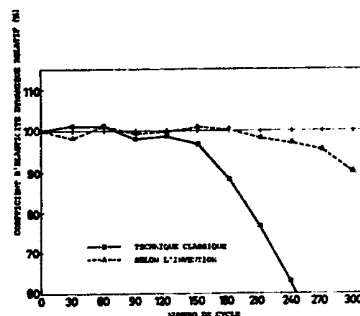
⑦4 Mandataire(s) : Cabinet Pierre Herrburger, ancienne-
ment Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger.

⑤4 Procédé pour fabriquer du béton, permettant de renforcer sa résistance au gel ou au dégel.

⑤7 a. Procédé pour fabriquer du béton, permettant de ren-
forcer sa résistance au gel ou au dégel;

b. Procédé caractérisé en ce qu'il comprend les différentes
étapes consistant à mélanger 20 % à 100 % du poids total
du ciment utilisé, avec de l'eau en proportion de 20 % à
50 % de ce poids de ciment, et avec un granulat grossier, de
manière à faire adhérer la pâte de ciment à consistance ferme
sur le granulat grossier, à mélanger ensuite 80 % à 0 % du
poids total du ciment utilisé avec du sable, en commençant par
le ciment et en continuant par le sable, ou en mélangeant les
deux en même temps, et à mélanger ensuite le reste de l'eau
nécessaire pour faire prendre l'ensemble du ciment;

c. L'invention concerne un procédé pour fabriquer du béton,
permettant de renforcer sa résistance au gel ou au dégel.



PROCEDE POUR FABRIQUER DU BETON, PERMETTANT DE RENFORCER
SA RESISTANCE AU GEL OU AU DEGEL

L'invention concerne un
15 procédé pour fabriquer du béton, permettant d'améliorer
considérablement la coulée du béton. Le béton selon
l'invention peut s'appliquer à la fabrication de béton
ordinaire ou de béton léger utilisable dans toutes les
structures de béton telles que les structures de béton
20 marines, les bâtiments, les fondations ou analogues.

Jusqu'à maintenant, le
béton a le plus souvent été fabriqué par le procédé
ci-après s'utilisant d'une façon générale dans les
usines de béton brut ou ailleurs:

25 Processus (1). Tout d'abord, on mélange ensemble du
ciment, de l'eau, du sable, et un matériau supplémentaire.
Processus (2). On ajoute et on mélange ensuite un
granulat grossier tel que du gravier, du macadam (pierre
concassée), ou un granulat léger destiné à la fabrication
30 de béton léger.

L'invention a pour but de
créer un procédé de fabrication de béton destiné à
améliorer les performances d'un béton ordinaire ou d'un
béton léger fabriqués par un procédé classique.

35 L'amélioration des performances,

comme indiqué ci-dessus, consiste à améliorer notablement les caractéristiques de coulée du béton et à obtenir des performances de résistance égales ou supérieures à celles d'un béton classique.

5 Dans le cas du béton léger,
le granulats léger mélangé au béton présente de nombreux
vides (le volume des vides intérieurs occupant 50% du
volume total du béton), et son absorption d'eau est
remarquablement élevée, ce qui rend très difficile le
10 contrôle de qualité du béton. Cette absorption d'eau
élevée présente une grande influence sur la qualité
d'un béton léger frais et d'un béton léger durci. Parmi
les facteurs concernant la qualité, les facteurs les
plus importants sont le comportement au gel et dégel,
15 et le comportement à la pression de la pompe d'alimentation
ou de transfert. En particulier, le comportement au gel
et dégel varie considérablement en fonction du processus
de contrôle du granulats léger, ce qui rend très difficile
la manipulation de ce granulats. D'autre part, concernant
20 le comportement à la pression d'alimentation de la pompe,
il est interdit par les normes de la Société de Construc-
tion Japonaise de fournir le granulats léger sous pression
au moyen d'une pompe, car ce granulats léger absorbe
fortement l'eau de sorte que la pompe risque d'être
25 bouchée par le granulats qu'elle contient en rendant
ainsi impossible la fourniture du béton.

Un procédé de malaxage
classique (procédé de fabrication) du béton léger comprend
une première étape consistant à mélanger uniformément
30 du sable au ciment et à ajouter de l'eau à ce mélange
pour préparer un mortier, puis une seconde étape
consistant à mélanger le mortier à un granulats léger
pour former le béton. Dans ce cas cependant, il existe
une grande quantité d'eau libre dans le mortier et
35 lorsqu'on ajoute le granulats léger à ce mortier, l'eau

libre est absorbée par celui-ci, ce qui détériore la fluidité du mortier (ce phénomène rendant impossible la fourniture du mortier par la pompe sous pression) et ce qui détériore également la résistance au gel et au dégel du béton. On peut concevoir une autre manière de procéder dans laquelle on laisse précédemment le granulats léger absorber l'eau autant qu'il peut le faire, mais même dans ce cas, la fourniture sous pression par la pompe ne peut être réalisée et les propriétés au gel et au dégel deviennent également médiocres.

Par suite, l'invention a pour but de créer un procédé perfectionné de préparation d'un béton léger, dans lequel le processus de malaxage du béton léger est modifié de manière à supprimer les inconvénients ci-dessus de la technique classique. Plus précisément, le procédé selon l'invention permet de renforcer la résistance au gel et au dégel, et de fournir le béton léger sous pression au moyen d'une pompe, comme dans le cas d'un béton ordinaire.

A cet effet, l'invention concerne un procédé pour fabriquer du béton, procédé caractérisé en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant à mélanger 20% à 100% du poids total du ciment utilisé, avec de l'eau en proportion de 20% à 50% de ce poids de ciment, pour préparer une pâte de ciment à consistance ferme, à mélanger ensuite la pâte de ciment ainsi préparée avec un granulats grossier, à mélanger ensuite 80% à 0% de la quantité totale de ce ciment avec du sable, en commençant par le ciment et en continuant par le sable, ou en mélangeant les deux simultanément, puis à mélanger enfin le reste de l'eau nécessaire pour faire prendre l'ensemble du ciment.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, le procédé de fabrication du béton est caractérisé en ce qu'il comprend les différentes

étapes consistant à mélanger 20% à 100% du poids total du ciment utilisé, avec de l'eau en proportion de 20% à 50% de ce poids de ciment, et avec un granulat grossier, de manière à faire adhérer la pâte de ciment
5 à consistance ferme sur le granulat grossier, à mélanger ensuite 80% à 0% du poids total du ciment utilisé avec du sable, en commençant par le ciment et en continuant par le sable, ou en mélangeant les deux en même temps, et à mélanger ensuite le reste de l'eau nécessaire pour
10 faire prendre l'ensemble du ciment.

De plus, une forme préférée de réalisation de l'invention consiste à ajouter de 0 à 60% de la quantité totale d'un produit chimique supplémentaire de mélange, en préparant la pâte de ciment
15 à consistance ferme des deux paragraphes précédents, et à mélanger le reste de ce produit chimique en mélangeant le reste de l'eau au cours de la dernière étape. Une autre forme préférée de réalisation de l'invention consistant à mélanger un matériau de mélange supplémentaire
20 en mélangeant de 0 à 80% du ciment total avec le sable, comme indiqué dans les deux paragraphes précédents.

L'invention sera décrite en détails en se référant aux dessins de la figure unique ci-jointe représentant un diagramme des données relatives
25 à la résistance au gel et au dégel d'un béton préparé selon l'invention, c'est-à-dire la relation entre le coefficient d'élasticité dynamique relatif et le numéro de cycle ayant été obtenu dans l'Exemple 6.

30 Les points de nouveauté de l'invention sont les suivants :

(1) Les matériaux (ciment, eau, sable, gravier et autres) du béton ne sont pas mélangés en même temps, mais séparément.

35 (2) Tout d'abord, le ciment

et l'eau sont mélangés partiellement pour préparer un matériau en forme de pâte, puis le gravier et autres sont ensuite mélangés directement au matériau en forme de pâte ainsi préparé.

- 5 (3) Pour préparer la pâte de ciment, l'eau est ajoutée séparément.

Dans l'invention, le terme de granulats grossiers désigne un gros granulats (gravier, macadam et autres) pour béton ordinaire, et le terme de granulats légers désigne un granulats pour béton léger.

Les granulats légers comprennent par exemple les granulats légers naturels tels que les lapilli, la pierre ponce et la cendre volcanique; les granulats légers de sous-produit tels que les escarbilles expansées et les cendres de charbon; et les granulats artificiels tels que le schiste, l'argile et l'ardoise.

Selon l'invention, lorsqu'on prépare la pâte de ciment à consistance ferme, on mélange uniformément 20 à 100% de la quantité totale de ciment avec l'eau en proportion de 20 à 50% en poids du ciment, pour la raison ci-après.

L'invention présente la caractéristique que des membranes de pâte de ciment se forment autour des grains du granulats grossiers, mais que 20% ou moins de la quantité totale de ciment est insuffisante pour former uniformément ces membranes, du fait que la quantité de membrane de pâte de ciment devient insuffisante. En outre, lorsqu'on fabrique la pâte de ciment à consistance ferme, la quantité totale de ciment peut être préalablement mélangée sans le moindre problème. Cependant, lorsque la quantité de ciment est trop importante, un phénomène d'écoulement (dans lequel une certaine quantité d'eau flottant dans

le béton augmente) se produit parfois, de sorte que la limite supérieure de la teneur en eau est de l'ordre de 50% ou analogue.

5 Lorsque la quantité d'eau est insuffisante, l'état de pâte ne peut être obtenu de sorte qu'on ne peut obtenir de pâte de ciment adhérent autour des grains de granulat grossier. Inversement, lorsque la quantité d'eau est trop importante, la pâte de ciment devient liquide de sorte qu'on ne
10 peut obtenir la consistance ferme de cette pâte de ciment. Par suite, on ne peut faire adhérer la pâte de ciment autour des grains de granulat grossier et l'on ne peut de plus améliorer la résistance du béton. Par suite, il est important que la quantité d'eau soit
15 comprise entre 20% et 50% en poids du ciment.

Lorsqu'on prépare la pâte de ciment à consistance ferme indiquée ci-dessus, on peut ajouter un produit chimique de mélange supplémentaire en proportion de 0 à 60% en poids de la quantité totale
20 de ce produit chimique supplémentaire. Ce produit chimique est un agent dont on ne tient pas compte du volume dans le volume du béton ou autre, et des exemples classiques de tels produits chimiques de mélange supplémentaire comprennent les agents d'entraînement d'air
25 destinés à entraîner de fines bulles d'air dans le béton, et les agents de réduction d'eau destinés à disperser fortement les grains de ciment pour obtenir un effet de réduction d'eau, ce dernier produit étant considéré comme le produit chimique de mélange dans la présente
30 invention. Lorsqu'on mélange ce produit chimique supplémentaire, on peut réduire de 10 à 20% la quantité d'eau par unité de volume, comparativement au cas du béton ne contenant pas de produit chimique supplémentaire (la consistance du béton étant la même dans les deux cas).

35

Comme produit chimique de

mélange supplémentaire on peut utiliser le Mighty 150 (marque de fabrique de Kao Soap Co., Ltd; sel de sodium de produit de condensation de -naphthalene-sulfonique dans l'acide formaline), le NL-4000
5 (marque de fabrique; Nippon Soda Master Builders Co., Ltd; composé de triazine fortement condensée); et autres.

La raison pour laquelle le produit chimique de mélange supplémentaire est utilisé
10 séparément en proportion de 0 à 60 % de son poids total, est la suivante:

Si l'on désire augmenter la fluidité du béton obtenu (pour ramollir ce béton), on ne doit pas ajouter de produit chimique de mélange
15 supplémentaire (c'est-à-dire utiliser la proportion de 0%) pour fabriquer la pâte de ciment, sauf dans la dernière étape. Ce procédé qui est le plus efficace, est appelé l'effet par "post-addition" du produit chimique de mélange supplémentaire. Cependant, dans le
20 cas de la post-addition, le phénomène d'écoulement indiqué ci-dessus a plus de chance d'apparaître, de sorte qu'on ne peut fabriquer un béton d'excellente qualité.

Si l'on ajoute 60% ou plus du produit chimique de mélange supplémentaire dans
25 l'étape initiale, l'effet de la post-addition par le produit chimique de mélange supplémentaire, est réduit de sorte que l'addition du reste de ce produit chimique dans un étape ultérieure n'a plus de signification.
30 C'est la raison pour laquelle, dans la présente invention, on ajoute de 0 à 60% du produit chimique de mélange supplémentaire au moment de la préparation de la pâte de ciment à consistance ferme. De plus, si la quantité de produit chimique de mélange supplémentaire à ajouter se
35 trouve dans la plage préférable de 25 à 50%, le ciment

est facilement dispersé et l'on obtient un ciment de bonne qualité ne présentant pas de phénomène d'écoulement.

Selon l'invention, lorsque
5 la pâte de ciment à consistance ferme a été préparée, on peut mélanger le granulat grossier à la pâte de ciment ainsi préparée, de façon que cette pâte de ciment puisse adhérer autour des grains de granulat, ou l'on peut en variante mélanger initialement le granulat
10 grossier avec d'autres matériaux pour préparer la pâte de façon que celle-ci puisse adhérer autour des grains de granulat en même temps que la préparation de la pâte. Cette dernière manière de procéder présente l'avantage qu'on peut supprimer le processus de mélange
15 du granulat grossier.

Ensuite, selon l'invention, on mélange à la pâte le ciment restant, c'est-à-dire de l'ordre de 80% à 0% de la quantité totale de ciment et de sable. Dans ce cas, les produits peuvent être mélangés
20 en commençant par le ciment puis en ajoutant le sable, ou en mélangeant les deux en même temps.

On décrira maintenant le principe de l'invention en suivant le cours des processus de fabrication fondamentale.

25 Processus (1). Tout d'abord, on ajoute à environ 20 à 100% de la quantité totale de ciment utilisée, de l'eau en proportion d'environ 20 à 50% de ce poids de ciment. Ensuite ou simultanément, on ajoute au mélange la quantité totale de granulat grossier,
30 pour le mélanger au mélange précédent. A ce moment, le produit chimique de mélange supplémentaire peut être ajouté au mélange en proportion de 0 à 60% de son poids total.

Processus (2). On ajoute
35 au mélange préparé dans le processus (1), 80% à 0% de

la quantité totale de ciment utilisée et la quantité totale de sable, en commençant par le ciment pour continuer par le sable, ou en ajoutant les deux simultanément pour les mélanger ensuite. A ce moment, on peut
5 ajouter la quantité totale de matériau de mélange supplémentaire.

Processus (3). On ajoute et on mélange le reste de l'eau et le reste du produit chimique supplémentaire.

10 Dans les différentes étapes qui viennent d'être décrites, un mélange uniforme est nécessaire. Dans chaque étape mentionnée ci-dessus, on peut ajouter du matériau de mélange supplémentaire
15 (son volume étant compté dans celui du béton). L'addition du matériau de mélange supplémentaire permet d'améliorer la fluidité du béton, de contrôler la chaleur d'hydratation de ce béton, de renforcer la solidité par adjonction de ce matériau lui-même, etc.

20 Des exemples de matériaux de mélange supplémentaires utilisables sont fournis par la cendre volante et la silice de fumée.

La résistance du béton dépend du rapport entre l'eau et le ciment, c'est-à-dire du
25 rapport eau/ciment (E/C). Cela indique que lorsqu'on augmente la quantité d'eau unitaire (E) dans l'intention d'augmenter la fluidité, il faut également augmenter la quantité de ciment (C) si l'on veut obtenir la même résistance. Par suite, du point de vue économique, il
30 est préférable de réduire la quantité de ciment (quantité d'eau unitaire) autant que possible pour obtenir la même résistance, mais dans ce cas, la fluidité est naturellement détériorée. Pour améliorer cette fluidité, il est nécessaire d'ajouter un produit chimique de
35 mélange supplémentaire tel qu'un agent de réduction d'eau ou analogue.

Au contraire, si l'on augmente le rapport eau/ciment (E/C), la quantité d'eau unitaire est importante et une fluidité prédéterminée peut être obtenue sans utiliser en particulier de produit chimique de mélange supplémentaire. En d'autres termes, le béton de faible résistance peut être fabriqué de façon satisfaisante sans utiliser de produit chimique de mélange supplémentaire.

De plus, on peut utiliser, lorsque cela est nécessaire, un matériau de mélange supplémentaire tel que la cendre volante indiquée ci-dessus.

(1) Dans le processus (1) indiqué ci-dessus, une membrane de pâte de ciment est formée sur la surface de chaque grain de granulat grossier.

(2) De plus, dans le processus (2) indiqué ci-dessus, l'eau en supplément du processus (1) est absorbée par le ciment nouvellement ajouté, de sorte que la membrane dure de pâte de ciment est formée sur chaque surface des grains de granulet grossier. En outre, les membranes de pâte de ciment sont encore renforcées par le sable ajouté au cours de ce processus (2).

(3) Ainsi, bien que l'eau restante soit ajoutée au cours du processus (3), les membranes de pâte de ciment obtenues ne se brisent pas facilement.

(4) En ce qui concerne le granulat léger du processus (1), les membranes de pâte de ciment à travers lesquelles l'eau pénètre difficilement, sont formées sur toutes les surfaces des grains de granulat léger. De plus, dans le processus (2) on mélange 80% à 0% de la quantité de ciment totale, ce qui renforce la solidité des membranes (car l'eau en excédent est absorbée par le ciment ce qui renforce le béton).

En résumé, l'absorption de l'eau par le granulats léger est empêchée par les membranes de pâte de ciment ayant été formées sur les surfaces de grains de granulats léger, ce qui évite de détériorer la qualité du béton.

5 La fluidité (caractéristique de coulée) du béton varie avec la proportion de mélange des matériaux, mais lorsqu'on considère le ciment et l'eau dans une certaine formulation, plus la quantité d'eau est importante meilleure est naturellement la fluidité.
10 (Plus la quantité de ciment est faible meilleure est la fluidité si la quantité d'eau est constante).

Lorsque le mélange est effectué selon l'invention, la teneur en ciment des membranes de pâte de ciment formées sur les surfaces de grains
15 de granulats grossiers, semble être réduite par rapport à la quantité totale de ciment (la quantité de ciment diminuant en fait par rapport à une certaine quantité d'eau). Par suite, l'invention permet d'améliorer la fluidité, même si l'on utilise la même formulation
20 (mêmes quantités de ciment et d'eau) que dans un cas classique.

De plus, dans le béton réalisé par le procédé selon l'invention, la force de collage entre les grains de granulats grossiers et le
25 matériau de mortier, est renforcée par les membranes de la pâte de ciment se formant sur la surface des grains de granulats grossiers, ce qui améliore la résistance au gel et dégel, c'est-à-dire la durée de vie, la résistance du béton devenant également égale ou supérieure
30 à celle d'un béton classique.

De plus, le béton selon l'invention peut contenir une moins grande quantité de ciment que dans le procédé classique, ce qui présente un avantage économique.

35 Dans le cas du béton léger

les membranes de pâte de ciment formées sur la surface des grains de granulat grossier présentant la plus forte absorption d'eau, peuvent empêcher le granulat léger d'absorber l'eau supplémentaire, même lorsqu'on ajoute et mélange l'eau restante et le sable. Par suite, l'invention permet de fournir le granulat léger sous pression au moyen d'une pompe, bien que cette fourniture ait été considérée comme difficile du fait de la grande absorption d'eau du granulat. On considérerait jusqu'à maintenant que le granulat léger présentait une faible résistance en présence d'un cycle de gel et dégel, du fait de sa forte absorption d'eau, mais l'invention permet également d'améliorer ce point.

Exemple 1

Du ciment, de l'eau et du sable sont malaxés en utilisant la formulation du Tableau 1, et en mettant en oeuvre les processus (a) à (d) ci-après:

Tableau 1 (Formulation)			
<u>Ciment</u>	<u>Eau</u>	<u>Sable</u>	<u>Granulat grossier</u> * (Kg/50l)
20	10	41	44

* Macadam d'Hiroshima Japon

(a) Procédé classique

Processus (1). Les quantités totales de ciment, d'eau et de sable sont mélangées ensemble.

Processus (2). Le granulat grossier est ajouté au mélange puis mélangé.

(b) Procédé 1 selon l'invention

Processus (1). On mélange 10 kg (50% du poids total) de ciment, 3 kg (30% des

Processus (2). On ajoute
et on mélange les 10 kg du ciment restant et la quantité
5 totale de sable.

(c) Procédé 2 selon l'invention

Processus (2). On ajoute
et on mélange le granulat grossier.

Processus (4). On ajoute et on mélange 5 kg (50% de la quantité totale) de l'eau restante.

Processus (1). On mélange
5 kg (25% du poids total) de ciment, 2,5 kg (50% des
5 kg de ciment) d'eau, et la quantité totale de granulat
grossier.

Processus (3). On ajoute et on mélange 7,5 kg (75% du poids total) de l'eau restante.

35 Pour les différents bétons
fabriqués en mélangeant les matériaux selon les différents
procédés ci-dessus, on mesure respectivement la mollesse
et la solidité de ces bétons par un essai de coulée et

un essai de compression. Les résultats sont donnés dans le Tableau 2 ci-après.

Tableau 2 (Résultats)

5		Coulée (cm)	Résistance à la compression (kg/cm ²)	
			<u>7e jour</u>	<u>28e jour</u>
	(a) Procédé classique	6,0	338	408
	(b) Procédé 1 de			
10	l'invention	9,5	349	442
	(c) Procédé 2 de			
	l'invention	6,5	340	422
	(d) Procédé 3 de			
	l'invention	9,2	345	438

15

Exemple 2

Les matériaux sont malaxés en utilisant la formulation indiquée dans le Tableau 3, et en mettant en oeuvre les processus (a) à (d) ci-après:

20

Tableau 3 (Formulation)

<u>Ciment</u>	<u>Eau</u>	<u>Sable</u>	<u>Granulat grossier*</u>	(kg/50l) <u>Prod. Chim. Suppl.**</u>
22,5	8,55	41	45	0,225

25

* Identique à l'Exemple 1

** Mighty 150 (marque de fabrique; Kao Soap Co., Ltd; agent de réduction d'eau à haute performance)

30 (a) Procédé classique

Processus (1). On mélange les quantités totales de ciment d'eau et de sable.

Processus (2). On ajoute et on mélange le granulat grossier.

35

(b) Procédé 1 selon l'invention

Processus (1). On mélange
5 kg (22% de la quantité totale) de ciment, 2,5 kg
(50% des 5 kg de ciment) d'eau, et 0,1 kg (environ
5 50% de la quantité totale) de produit chimique de mélange
supplémentaire.

Processus (2). On ajoute
et on mélange le granulats grossier.

Processus (3). On ajoute
10 et on mélange 1,75 kg du ciment restant et la quantité
totale de sable.

Processus (4). On ajoute
et on mélange 6,505 kg (environ 71% de la quantité
totale) de l'eau restante, et 0,125 kg du produit
15 chimique de mélange supplémentaire.

(c) Procédé 2 selon l'invention

Processus (1). On mélange
la quantité totale de ciment et 5 kg (22% de la quantité
totale de ciment) d'eau.

Processus (2). On ajoute
20 et on mélange le granulats grossier.

Processus (3). On ajoute
et on mélange la quantité totale de sable.

Processus (4). On ajoute
25 et on mélange 3,55 kg (environ 42% de la quantité totale)
de l'eau restante, et la quantité totale de produit chimique
de mélange supplémentaire.

(d) Procédé 3 selon l'invention

Processus (1). On mélange
30 ensemble 11 kg (environ 50% de la quantité totale) de
ciment, 3 kg (environ 27% des 11 kg de ciment) d'eau,
et 0,1 kg (environ 50% de la quantité totale) de produit
chimique de mélange supplémentaire, et le granulats
grossier.

35 Processus (2). On ajoute

et on mélange 11,5 kg de ciment restant, et la quantité totale de sable.

Processus (3). On ajoute et on mélange 5,55 kg (environ 65% de la quantité totale) de l'eau restante, et 0,125 kg de produit chimique de mélange supplémentaire.

Pour les différents bétons fabriqués en mélangeant les matériaux suivant les différents procédés ci-dessus, les essais sont effectués de la même manière que dans l'Exemple 1. Les résultats sont portés dans le Tableau 4.

Tableau 4 (Résultats)

	Coulée (cm)	Résistance à la compression (kg/cm ²)	
		<u>7e jour</u>	<u>28e jour</u>
(a) Procédé classique	7,5	465	522
(b) Procédé 1 de l'invention	18,5	477	542
(c) Procédé 2 de l'invention	19,1	468	529
(d) Procédé 3 de l'invention	18,7	478	546

Exemple 3

Les matériaux sont malaxés en utilisant la formulation indiquée dans le Tableau 5, et en mettant en oeuvre les processus A et B ci-après:

Tableau 5 (Formulation)

	<u>Cas</u>	<u>Ciment</u>	<u>Eau</u>	<u>Sable</u>	(kg/30l)		
					<u>Granulat grossier*</u>	<u>Mat. Mel. Suppl.**</u>	<u>Mat. Chim. Suppl.***</u>
35	A-1	15	4,95	17,7	32,2	1,68	0,15
	A-2	13,5	5,13	19,7	31,0	1,50	0,135

* Identique à l'Exemple 1

** Identique à l'Exemple 2

*** Cendre volante (cendre volante Johban)

5 A. Procédé classique

Processus (1). On mélange les quantités totales de ciment, d'eau, de sable, de matériau de mélange supplémentaire, et de produit chimique de mélange supplémentaire.

10 Processus (2). On ajoute et on mélange le granulats grossier.

B. Procédé selon l'invention

(1) Cas A-1

15 Processus (1). On mélange 7,5 kg (50% de la quantité totale) de ciment, 2,25 kg (30% des 7,5 kg de ciment) d'eau, et 0,075 kg (environ 50% de la quantité totale) de produit chimique de mélange supplémentaire.

20 Processus (2). On ajoute et on mélange le granulats grossier.

Processus (3). On ajoute et on mélange 7,5 kg du ciment restant.

25 Processus (4). On ajoute et on mélange les quantités totales de sable et de matériau de mélange supplémentaire.

Processus (5). On ajoute et on mélange 2,7 kg (environ 55% de la quantité totale) de l'eau restante, et 0,075 kg de produit chimique de mélange supplémentaire.

30 (2) Cas A-2

35 Processus (1). On mélange 6 kg (environ 44% de la quantité totale) de ciment, 1,5 kg (25% des 6 kg de ciment) d'eau, et 0,06 kg (environ 44% de la quantité totale) de produit chimique de mélange supplémentaire.

Processus (3). On ajoute
et on mélange les 7,5 kg de ciment restant.

Processus (5). On ajoute et on mélange 2,88 kg (environ 56% de la quantité totale) de l'eau restante, et 0,075 kg de produit chimique de mélange supplémentaire.

Pour les différents bétons fabriqués en effectuant les mélanges suivant les différents procédés ci-dessus, les essais sont effectués de la même manière que dans l'Exemple 1. Les résultats sont indiqués dans le Tableau 6.

Tableau 6 (Résultats)

20	Cas	Procédé de fabrication	Coulée (cm)	Résistance à la compression (kg/cm ²)	
				7e jour	28e jour
25	A-1	Procédé classique	4,0	526,1	567,7
		Procédé de			
		l'invention	11,2	537,6	582,4
	A-2	Procédé classique	7,7	468,8	523,5
		Procédé de			
		l'invention	18,8	476,9	539,3

Exemple 4

Les matériaux sont malaxés en utilisant la formulation indiquée dans le Tableau 7, et en mettant en oeuvre les processus (a) à (g) ci-après:

Tableau 7 (Formulation)

	<u>Ciment</u>	<u>Eau</u>	<u>Sable</u>	(kg/50l) <u>Granulat léger</u>
5	15	9,75	43	22

Nota : Tous les granulats légers sont dans l'état
parfaitement sec.

10

(a) Procédé classique

Processus (1). On mélange
les quantités totales de ciment, d'eau et de sable.

15

Processus (2). On ajoute
et on mélange le granulat léger.

(b) Procédé 1 selon l'invention

Processus (1). On ajoute
et on mélange 7,5 kg (50% de la quantité totale) de
ciment, et 1,9 kg (25% des 7,5 kg de ciment).

20

Processus (2). On ajoute
et on mélange la quantité totale de granulat léger.

Processus (3). On ajoute
et on mélange 7,5 kg du ciment restant et la quantité
totale de sable.

25

Processus (4). On ajoute
et on mélange 7,85 kg (environ 81% de la quantité totale)
de l'eau restante.

(c) Procédé 2 selon l'invention

30

Processus (1). On mélange
la quantité totale de ciment et 3,75 kg (25% de la quantité
totale de ciment) d'eau.

Processus (2). On ajoute et
on mélange le granulat léger.

35

Processus (3). On ajoute et
on mélange la quantité totale de sable.

Processus (4). On ajoute et

on mélange 6 kg (environ 62% de la quantité totale)
de l'eau restante.

(d) Procédé 3 selon l'invention

Processus (1). On mélange
5 4 kg (27% de la quantité totale) de ciment, et 2 kg
(50% des 4 kg de ciment) d'eau.

Processus (2). On ajoute et
on mélange le granulats léger.

Processus (3). On ajoute et
10 on mélange 11 kg de ciment restant et la quantité
totale de sable.

Processus (4). On ajoute et
on mélange 7,5 kg (environ 79% de la quantité totale)
de l'eau restante.

15 (e) Procédé 4 selon l'invention

Processus (1). On mélange
7,5 kg (50% de la quantité totale) de ciment, 1,9 kg
(25% des 7,5 kg de ciment) d'eau, et la quantité totale
de granulats léger.

20 Processus (2). On ajoute
et on mélange 7,5 kg de ciment restant, et la quantité
totale de sable.

Processus (3). On ajoute
et on mélange 7,85 kg (environ 82% de la quantité totale)
25 de l'eau restante.

(f) Procédé 5 selon l'invention

Processus (1). On mélange
la quantité totale de ciment, 3,75 kg (25% de la quantité
totale de ciment) d'eau, et le granulats léger.

30 Processus (2). On ajoute
et on mélange la quantité totale de sable.

Processus (3). On ajoute
et on mélange 6 kg (environ 62% de la quantité totale)
de l'eau restante.

35 (g) Procédé 5 selon l'invention

Processus (1). On mélange
4 kg (environ 27% de la quantité totale) de ciment,
2 kg (50% des 4 kg de ciment) d'eau, et la quantité
totale de granulat léger.

5

Processus (2). On ajoute
et on mélange 11 kg de ciment restant et la quantité
totale de sable.

Processus (3). On ajoute
et on mélange 7,75 kg (environ 79% de la quantité totale)
de l'eau restante.

10

Pour les différents bétons
fabriqués en mélangeant les matériaux selon les différents
procédés ci-dessus, les essais sont effectués de la même
manière que dans l'Exemple 1. Les résultats sont indiqués
dans le Tableau 8.

15

Tableau 8. (Résultats)

	Coulée (cm)	Résistance à la compression (kg/cm ²)
		28e jour
(a) Procédé classique	4,4	210
25 (b) Procédé 1 de l'invention	6,8	232
(c) Procédé 2 de l'invention	5,0	223
(d) Procédé 3 de l'invention	7,0	234
30 (e) Procédé 4 de l'invention	6,5	235
(f) Procédé 5 de l'invention	4,9	225
(g) Procédé 6 de l'invention	6,5	229

35

Exemple 5

Les matériaux sont malaxés en utilisant la formulation indiquée dans le Tableau 9, et en mettant en oeuvre les processus (a) à (g) ci-après;

Tableau 9 (Formulation)

	<u>Ciment</u>	<u>Eau</u>	<u>Sable</u>	<u>Granulat léger</u>	<u>Prod. Chim. Suppl.*</u>	(kg/50l) <u>Matériau Suppl.**</u>
10	21	84	31	26	0,21	21

Nota : Tous les granulats légers se trouvent dans l'état parfaitement sec.

* identique à l'Exemple 2

** identique à l'Exemple 3

(a) Procédé classique

Processus (1). On mélange les quantités totales de ciment, d'eau, de sable, de matériau de mélange supplémentaire, et de produit chimique supplémentaire.

Processus (2). On ajoute et on mélange le granulat léger.

(b) Procédé 1 selon l'invention

Processus (1). On ajoute et on mélange la quantité totale de ciment, 5 kg (environ 24% de la quantité totale de ciment) d'eau, et 0,01 kg (environ 50% de la quantité totale) de produit chimique de mélange supplémentaire.

Processus (2). On ajoute et on mélange les granulats légers.

Processus (3). On ajoute et on mélange le sable et la quantité totale de matériau de

mélange supplémentaire.

Processus (4). On ajoute
et on mélange 3,4 kg (environ 40% de la quantité
totale) de l'eau restante, et 0,11 kg de produit chimique
de mélange supplémentaire.

5

(c) Procédé 2 selon l'invention

Processus (1). On mélange
ensemble 5 kg (environ 24% de la quantité totale) de
ciment, 2,5 kg (25% des 5 kg de ciment) d'eau, et 0,05 kg
(environ 25% de la quantité totale) de produit chimique
de mélange supplémentaire.

10

Processus (2). On ajoute et
on mélange le granulats léger.

Processus (3). On ajoute et
on mélange 16 kg de ciment restant et les quantités
totales de sable et de matériau de mélange supplémentaire.

15

Processus (4). On ajoute et
on mélange 5,9 kg (environ 70% de la quantité totale)
de l'eau restante, et 0,16 kg de produit chimique de
mélange supplémentaire.

20

(d) Procédé 3 selon l'invention

Processus (1). On mélange
10 kg (environ 50% de la quantité totale) de ciment et
5 kg (50% des 10 kg de ciment) d'eau.

25

Processus (2). On ajoute et
on mélange le granulats léger.

Processus (3). On ajoute et
on mélange 11 kg de ciment restant et les quantités
totales de sable et de matériau de mélange supplémentaire.

30

Processus (4). On ajoute
et on mélange 3,4 kg (environ 40% de la quantité totale)
de l'eau restante, et la quantité totale de produit chi-
mique de mélange supplémentaire.

(e) Procédé 4 selon l'invention

Processus (1). On mélange

35

Processus (3). On ajoute
et on mélange 3,4 kg (environ 40% de la quantité totale)
35 de l'eau restante, et la quantité totale de produit

chimique de mélange supplémentaire.

Pour les différents bétons fabriqués en mélangeant les matériaux selon les différents procédés ci-dessus, les essais sont effectués de la même manière que dans l'Exemple 1. Les résultats sont indiqués dans le Tableau 10.

Tableau 10 (Résultats)

		Coulée (cm)	Résistance à la compression (kg/cm ²) 28e jour
	(a) Procédé classique	7,1	484
15	(b) Procédé 1 de l'invention	11,5	513
	(c) Procédé 2 de l'invention	17,8	562
20	(d) Procédé 3 de l'invention	22,0	507
	(e) Procédé 4 de l'invention	12,0	510
	(f) Procédé 5 de l'invention	18,7	574
25	(g) Procédé 6 de l'invention	21,2	505

Exemple 6.

Les matériaux sont malaxés en utilisant la formulation indiquée dans le Tableau 11, et en mettant en oeuvre les processus (a) et (b) ci-après pour préparer des échantillons d'essais (10 cm x 10 cm x 40 cm) pour l'essai de gel et dégel, et cet essai est effectué ensuite en utilisant ces échantillons

d'essais:

Tableau 11 (Formulation)

5	<u>Ciment</u>	<u>Eau</u>	<u>Sable</u>	<u>Granulat léger</u>	Prod. Chim. <u>Suppl.*</u>	(kg/501) Matériau <u>Suppl.**</u>
	26	7,8	25,3	24,5	0,39	2,6

10 Nota : Tous les granulats légers se trouvent dans
l'état parfaitement sec.

* Identique à l'Exemple 2

** Identique à l'Exemple 3

(a) Procédé classique

15 Processus (1). On mélange
les quantités totales de ciment, d'eau, de sable, de
matériau de mélange supplémentaire et de produit
chimique de mélange supplémentaire.

20 Processus (2). On ajoute
et on mélange le granulat léger.

(b) Procédé selon l'invention

25 Processus (1). On ajoute
et on mélange 13 kg (50% de la quantité totale) de ciment,
3,9 kg (30% des 13 kg de ciment) d'eau et 0,19 kg (environ
50% de la quantité totale) de produit chimique de mélange
supplémentaire.

Processus (2). On ajoute
et on mélange le granulat léger.

30 Processus (3). On ajoute
et on mélange 13 kg de ciment restant et les quantités
totales de sable et de matériau de mélange supplémentaire.

35 Processus (4). On ajoute
et on mélange 3,9 kg (environ 50% de la quantité totale)
de l'eau restante, et 0,2 kg de produit chimique de

mélange supplémentaire.

L'essai de gel et de dégel est effectué sur les différents bétons préparés en mélangeant les matériaux suivant les différents processus ci-dessus. Cet essai de gel et de dégel est effectué conformément à l'essai de gel et de dégel rapide sous l'eau (répétition d'un cycle de $-17,8^{\circ}\text{C}$ à $+4,4^{\circ}\text{C}$) du processus ASTM C-666A. En fait, le coefficient d'élasticité dynamique est mesuré tous les 30 cycles jusqu'à ce qu'on ait atteint 300 cycles.

La procédure de l'essai de gel et de dégel n'a pas été réglementée au Japon, de sorte qu'on applique le processus ASTM indiqué ci-dessus de Public Works Society, Building Society et autres.

Les résultats des mesures sont indiqués sur la figure 1. Sur cette figure, l'axe des abscisses représente le numéro de répétition du cycle de gel et dégel et l'axe des ordonnées représente le module d'élasticité dynamique relatif. Ce module d'élasticité dynamique relatif est représenté par la formule ci-après:

Module d'élasticité dynamique relatif = $E_n/E_o \times 100$ (%)

Dans laquelle E_o est le module d'élasticité dynamique juste avant le début de l'essai, et E_n est le module d'élasticité dynamique pour chaque numéro de cycle.

Par suite, si une valeur de ce module d'élasticité dynamique relatif s'approche du niveau de 100%, le béton présentant cette valeur peut être considéré comme moins détérioré par la répétition du cycle de gel et dégel. En d'autres termes, ce béton peut être considéré comme excellent (en durée de vie).

Les résultats de la figure

1 montrent que dans le béton selon l'invention, le module d'élasticité dynamique relatif peut être maintenu à un niveau de 90% ou plus tous les 300 cycles, alors que dans le cas du béton réalisé par le
5 procédé classique, le coefficient ci-dessus tombe au-dessous du niveau de 60% au voisinage d'environ 240 cycles. Cela signifie que le béton selon l'invention présente une excellente résistance au gel et dégel. Dans le processus ASTM mentionné ci-dessus, l'essai
10 doit être poursuivi jusqu'à ce que le module d'élasticité dynamique relatif soit tombé au-dessous de 60%, ou jusqu'à ce qu'on ait atteint 300 cycles de gel et dégel. Généralement, une résistance satisfaisante au gel et
15 dégel se situe à un niveau de 60% ou plus du module dynamique relatif (à 300 cycles).

REVENDEICATIONS

- 5 1- Procédé pour fabriquer
du béton, procédé caractérisé en ce qu'il comprend
les différentes étapes consistant à mélanger 20% à
100% du poids total du ciment utilisé, avec de l'eau
en proportion de 20% à 50% de ce poids de ciment, pour
préparer une pâte de ciment à consistance ferme, à mélanger
10 ensuite la pâte de ciment ainsi préparée avec un granulat
grossier, à mélanger ensuite 80% à 0% de la quantité
totale de ce ciment avec du sable, ou en mélangeant
les deux simultanément, puis à mélanger enfin le reste
de l'eau nécessaire pour faire prendre l'ensemble du
15 ciment.
- 2- Procédé selon la
revendication 1 pour fabriquer du béton, procédé caractérisé
en ce qu'il comprend les différentes étapes consistant
à mélanger 20% à 100% du poids total du ciment utilisé,
20 avec de l'eau en proportion de 20% à 50% de ce poids de
ciment, et avec un granulat grossier, de manière à faire
adhérer la pâte de ciment à consistance ferme sur le
granulat grossier, à mélanger ensuite 80% à 0% du poids
total du ciment utilisé avec du sable, en commençant
25 par le ciment et en continuant par le sable, ou en
mélangeant les deux en même temps, et à mélanger ensuite
le reste de l'eau nécessaire pour faire prendre l'ensemble
du ciment.
- 3- Procédé pour fabriquer
30 du béton selon l'une quelconque des revendications 1
et 2, caractérisé en ce qu'on ajoute de 0% à 60% de la
quantité totale d'un produit chimique de mélange
supplémentaire, en préparant la pâte de ciment à
consistance ferme, et en ce qu'on mélange le reste du
35 produit chimique de mélange supplémentaire au reste de

l'eau nécessaire pour faire prendre l'ensemble du ciment.

5 4- Procédé pour fabriquer du béton, selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on mélange un matériau de mélange supplémentaire en mélangeant simultanément ou tour à tour les 80% à 0% de ciment et de sable.

10 5- Procédé pour préparer du béton, selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le granulat grossier est un granulat léger.

FIG. 1

